CONTRIBUIÇÕES TÉCNICAS DA VAZ DE MELLO
UMA RETROSPECTIVA DOS 35 ANOS

35 anos
VAZ DE MELLO

35
anos
VAZ DE MELLO

Referência
EM AVALIAÇÕES
E PERÍCIAS

É com grande alegria que comemoramos os 35 anos da Vaz de Mello Consultoria com esta publicação. Uma homenagem ao talento dos nossos colaboradores.

Sempre acreditamos na capacidade da nossa equipe e incentivamos a participação de todos em congressos, com a constante atualização e apresentação de trabalhos. Nos últimos três congressos realizados no Brasil, os nossos trabalhos foram premiados.

Com destaque para a premiação como melhor trabalho de Perícia de Engenharia apresentado no XX COBREAP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, realizado em Salvador-BA, no período de 21 a 25.10.2019, recebendo a Medalha Eurico Ribeiro, premiação máxima. Trabalho: "Análise Fundiária e de valor de avaliação para escolha de área para implantação de subestação elétrica - aplicação do Método AHP", incluído nesta publicação.

Nossos trabalhos também foram selecionados e apresentados nos últimos Congressos Panamericanos de Avaliações. Além de artigos de variados temas, compartilhamos momentos marcantes, lições aprendidas e soluções para desafios enfrentados com muito trabalho e dedicação.

Que estas páginas sirvam como um testemunho do nosso eterno compromisso com a excelência, inovação e crescimento e, inspirem futuras gerações a continuar a escrever a história da Vaz de Mello. O agradecimento aos nossos clientes pela confiança.

Ao longo desta jornada enfrentamos desafios, conquistamos vitórias e construímos relações sólidas que nos trouxeram até aqui. Resultado do trabalho de uma grande Equipe. Vamos prosseguir contando com todos.

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello

Engenheiro Civil, Fundador e
diretor-executivo da Vaz de Mello Consultoria

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Contribuições técnicas da Vaz de Mello - [livro eletrônico] : uma retrospectiva dos 35 anos. -- Belo Horizonte, MG : Vaz de Mello Consultoria em Avaliações e Perícias, 2024.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-983465-0-8

1. Engenharia - Brasil 2. Engenharia civil 3. Engenharia civil - Brasil - História 4. Perícias

24-207069 CDD-624.15

Índices para catálogo sistemático:

1. Vaz de Mello Consultoria em Avaliações e Perícias : Engenharia civil : Historia 624.15

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

[2024]
Todos os direitos desta edição reservados à
Vaz de Mello Consultoria
Rua Gonçalves Dias, nº 1.181 • 9º andar
CEP: 30140-091 • Belo Horizonte/MG
vazdemello@vmc.eng.br
+55 (31) 3226-6066
www.vmc.eng.br
www.linkedin.com/vaz-de-mello-consultoria-em-avaliações-e-perícias

sumário

Contribuições técnicas da Vaz de Mello: *Uma retrospectiva de 35 anos*

parte **01**

Trabalhos de *Congresso* 12

perícias 14

ANÁLISE FUNDIÁRIA E DE VALOR DE AVALIAÇÃO PARA ESCOLHA DE ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA - APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP 16

VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE VIBRAÇÕES PROVENIENTES DO TRÁFEGO DE VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS PESADOS EM MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE EDIFICAÇÕES 34

PERÍCIA TÉCNICA PARA A VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE VIBRAÇÕES PROVENIENTES DE DESMONTES COM EXPLOSIVOS EM MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES PRÓXIMAS 50

INFOGRAFIA COMO FERRAMENTA FOMENTADORA EM TRABALHOS DE PERÍCIAS DE ENGENHARIA 76

A UTILIZAÇÃO DA FOTOGRAFIA PANORÂMICA IMERSIVA EM 360 GRAUS: UM AVANÇO TECNOLÓGICO PARA A PRODUÇÃO DE PROVAS TÉCNICAS EM AVALIAÇÕES E PERÍCIAS 96

ANÁLISE TÉCNICA DA DEFORMAÇÃO EXCESSIVA DA TUBULAÇÃO DE AÇO CORRUGADO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE PILHA DE ESTÉRIL, EM UMA MINERADORA SITUADA NO ESTADO DE MINAS GERAIS 104

CONTROLE E TECNOLOGIA DO CONCRETO EM PERÍCIAS DE ENGENHARIA – ESTUDO DE CASO COM VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE DO CONCRETO 122

PERÍCIA DE ENGENHARIA PARA ANÁLISE DE DESLIZAMENTO DE TALUDE URBANO 146

VISTORIA DE EDIFICAÇÕES EM ÁREAS DE RISCO 164

A TECNOLOGIA COMO FERRAMENTA NAS INSPEÇÕES DE GALERIAS PLUVIAIS: VÍDEO INSPEÇÃO ROBOTIZADA 184

sumário

avaliações 198

ERROS E IMPLICAÇÕES DECORRENTES DA FALTA DE QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS: UM ESTUDO DE CASO 200

TRANSFORMANDO A AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA COM O USO DO *POWER BI* E *BIG DATA*: UMA ABORDAGEM INOVADORA PARA A ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO DE DADOS 216

A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE VARIÁVEIS EM AVALIAÇÕES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS 226

A INFLUÊNCIA DE NEGOCIAÇÕES SUCESSIVAS E CONTINUADAS NA FORMAÇÃO DO VALOR DE MERCADO PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS - ESTUDO DE CASO NO SERTÃO NORDESTINO 240

AVALIAÇÃO DE ARENAS ESPORTIVAS PELO MÉTODO COMPARATIVO DIRETO DE DADOS DE MERCADO, COM A APLICAÇÃO DO TRATAMENTO CIENTÍFICO 258

METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA DETERMINAÇÃO DO VALOR DE INDENIZAÇÃO DE TERRENOS SITUADOS NA REGIÃO DE GARIMPO DO NORTE DO BRASIL PARA REASSENTAMENTO INVOLUNTÁRIO 272

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TIKTOK NA INDÚSTRIA MUSICAL ATRAVÉS DA ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES 292

AVALIAÇÃO DE JOGADORES DE FUTEBOL PELO MÉTODO COMPARATIVO DE DADOS DE MERCADO COM A APLICAÇÃO DO TRATAMENTO CIENTÍFICO 306

arbitragens 334

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE PLEITOS DE CONSTRUÇÃO DECORRENTES DE PREJUÍZOS CAUSADOS POR CHUVAS 336

RDO UNIFICADO COM APLICAÇÃO DE RECONHECIMENTO ÓPTICO DE CARACTERES PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS 352

parte **02** Artigos da *Revista Técnica* do IBAPE-MG

362

perícias

364

FOTOGRAFIA PANORÂMICA IMERSIVA EM 360º:
UMA TECNOLOGIA EMERGENTE NA ÁREA DE VISTORIAS CAUTELARES 365

A RESPONSABILIDADE E A COMPLEXIDADE DO TRABALHO PERICIAL
DE AVALIAÇÃO EXIGEM A APRESENTAÇÃO DE LAUDO 368

ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA 372

A RELAÇÃO ENTRE O PERITO OFICIAL E OS ASSISTENTES TÉCNICOS 374

avaliações

377

ANÁLISE DA TABELA DE FUNDAMENTAÇÃO DA ANBT NBR 14653-2:2011 378

IMPACTO DA MUDANÇA DO PLANO DIRETOR DE BELO HORIZONTE NA
FORMAÇÃO DO VALOR DE MERCADO DE UMA GLEBA URBANA 382

AVALIAÇÃO DO VALOR DE LOCAÇÃO MENSAL DE IMÓVEIS
COMERCIAIS ATÍPICOS, APLICANDO O MÉTODO DA REMUNERAÇÃO DO CAPITAL 386

A IMPORTÂNCIA DA DETERMINAÇÃO CORRETA DO FATOR DE COMERCIALIZAÇÃO
NAS AVALIAÇÕES REALIZADAS PELO MÉTODO EVOLUTIVO 390

ESTUDO DA TAXA DE RENTABILIDADE DE IMÓVEIS RESIDENCIAIS
E COMERCIAIS EM BELO HORIZONTE 394

ASPECTOS POLÊMICOS DA REVISÃO DO
PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE 398

AVALIAÇÕES, PARA DESAPROPRIAÇÃO, DE LOTES URBANOS
SITUADOS PRÓXIMOS A CURSOS DE ÁGUA 400

parte **01**

Trabalhos de *Congresso*

"Ao longo dos 35 anos de existência da Vaz de Mello, nossos colaboradores têm participado ativamente de diversos congressos, contribuindo com seus conhecimentos para o avanço das suas respectivas áreas de atuação. Nesta seção, exibiremos uma seleção dos trabalhos técnicos apresentados em congressos renomados, no Brasil e Exterior, refletindo o nosso compromisso com a inovação e o compartilhamento de conhecimento. As contribuições apresentadas neste livro são de autoria exclusiva de nossos colaboradores atuais e também daqueles que, em algum momento, fizeram parte de nossa equipe e contribuíram para a nossa história."

1 RIO DE JANEIRO/RJ

2016 - XXX Congresso Panamericano de Avaliação (Rio de Janeiro/Brasil)

2 SALVADOR/BA

2019 - XX COBREAP (Bahia/Brasil)

3 GOIÂNIA/GO

2021 - XXI COBREAP (Goiás/Brasil)

4 SAN JOSÉ/COSTA RICA

2022 - XXXVI Congresso Panamericano de Avaliação e II Congresso Mundial de Avaliação (San José/Costa Rica)

5 ASSUNÇÃO/PARAGUAI

2023 - XXXVII Congresso Panamericano de Avaliação (Assunção/ Paraguai)

6 SÃO PAULO/SP

2023 - XXII COBREAP (São Paulo/Brasil)

Trabalhos de *Congresso*

PERÍCIAS

ANÁLISE FUNDIÁRIA E DE VALOR DE AVALIAÇÃO PARA ESCOLHA DE ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA – APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP

RESUMO

A implantação de subestações de energia elétrica passa por várias etapas, sendo que, após o estudo prévio das especificações técnicas realizado pela concessionária de energia, é necessário avaliar qual a área mais indicada para receber a subestação, levando em consideração a localização, as condições do terreno, a possibilidade de aquisição da área, entre outros fatores. Para a escolha desta área, usualmente são apresentadas pela concessionária, ou mesmo pelo permissionário ou autorizado, alternativas de áreas com diferentes características. Este trabalho apresenta uma metodologia de estudo dessas alternativas de áreas para escolha da mais indicada para implantação da subestação, com aplicação do método de análise hierárquica AHP, desenvolvido por Thomas Saaty. Como conclusão é apresentado que, entre os fatores que mais influenciam na escolha dessa área, estão as condições da documentação do imóvel, o interesse do proprietário em negociá-la e as restrições ambientais e políticas.

Autores:

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello;

Antônio
Cláudio Andrade Brum;

Efigênia
Guariento Palhares Ferreira;

Igor
Almeida Fassarella.

Palavras-chave:
Avaliação, Gestão fundiária, Método AHP, Tomada de decisão, Viabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Uma das etapas que compõem o planejamento para implantação de uma subestação de energia elétrica (SE) é a escolha do local onde ela será construída. Inicialmente a concessionária de energia estabelece algumas premissas técnicas e apresenta algumas possibilidades de áreas para construção da SE, sendo então necessário analisar as condições dessas áreas em seus aspectos fundiários, como regularidade da documentação, direito da propriedade, possíveis restrições ambientais, políticas, sociais, entre outros fatores. O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia utilizada para estudo desses aspectos e determinação da área mais indicada para implantação de uma SE.

Vários são os fatores que influenciam na escolha da área de terreno ideal ou mais próxima da ideal. Não existe uma regulamentação normativa para esse procedimento, sendo necessário que a empresa executora do estudo prévio desenvolva a sua própria metodologia. Entretanto, devido à complexidade cada vez maior das condições em que se apresentam as áreas estudadas, tem sido cada vez mais recorrente a necessidade de desenvolvimento de uma matriz de tomada de decisão que permita abarcar todos os itens necessários ao estudo.

Com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento desta metodologia, são apresentados alguns critérios de influência discutidos na literatura, além dos aplicáveis ao estudo de caso realizado, para implantação da SE Ouro Branco. No estudo foram analisadas quatro áreas pré-determinadas pela concessionária de energia elétrica, localizadas no município de Ouro Branco, Minas Gerais. A partir da análise dos fatores de influência foi aplicado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido por Thomas Saaty, e realizada uma análise de consistência, para então se concluir qual a área mais indicada para construção da SE.

O método AHP se baseia na comparação paritária dos critérios, subcritérios e das alternativas estabelecidas, quantificando-os de acordo com uma escala de valores pré-estabelecida. De acordo com Briozo e Musetti (2015), para a construção do método é necessário seguir três passos: (i) decomposição do problema em critérios e subcritérios; (ii) análise comparativa paritária entre os critérios, por meio de uma escala numérica; e (iii) síntese de prioridades por meio do cálculo de autovetores; sendo o processo repetido para cada nível da hierarquia, até a decisão final.

2. METODOLOGIA

Inicialmente foi consultada a literatura disponível, para definição dos critérios e subcritérios que influenciam na determinação da área mais adequada para implantação de uma SE. A partir desse estudo e da experiência dos autores, foi realizada a análise comparativa pelo método AHP.

2.1. Definição dos critérios

LIMA, MOTTA E GUIMARÃES (2008) citam, como fatores de influência na determinação da área a ser construída uma SE, o uso e ocupação do terreno na região de implantação; o relevo; as condições de acesso; e o custo de aquisição. Uma importante informação que deve ser fornecida pela concessionária de energia é sobre a possibilidade de expansão da SE. De acordo com os autores, os aspectos de ocupação da região de implantação que devem ser avaliados são:

- Tendência de crescimento urbano: para se evitar um possível "ilhamento", a área para a nova subestação deve se manter desimpedida com relação a loteamentos futuros para permitir a conexão de novas linhas de distribuição (LD) ou de transmissão (LT);
- Infraestrutura básica, como acessos, rede de água e esgoto, entre outros, sendo que a qualidade, as dimensões e declividade dos acessos devem ser verificadas com maior atenção, devido ao tráfego de transporte pesado para equipamentos, como transformador de potência, regulador de tensão, reatores, etc.;
- Relevo e escoamento de águas pluviais. Devem ser evitados terrenos que impliquem em grandes volumes de movimentação de terra na terraplenagem ou que resultem na formação de altos taludes. É desejável que haja local natural para captação da saída de águas pluviais da SE;
- Disponibilidade de terreno para faixa de

servidão aérea da LT que alimentará a SE. Proximidade com a LT tronco, quanto menor, maior a redução do custo do empreendimento;

- Posicionamento do futuro pátio com relação à chegada de LT e saída de alimentadores;
- Proximidade com distritos industriais, áreas contaminadas, aeródromos, áreas de preservação ambiental, de reflorestamento, áreas cultivadas, nascentes, áreas de exploração mineral, sítios arqueológicos, reservas indígenas, entre outros;
- Possibilidades de conflitos de interesses público, histórico, estético ou com plano diretor de desenvolvimento da região ou do município;
- Necessidade de se murar a SE e instalar sistema de vigilância eletrônica;
- Consultas aos proprietários, sendo que no momento da escolha da área deve ser evitada a expectativa de valorização do terreno.

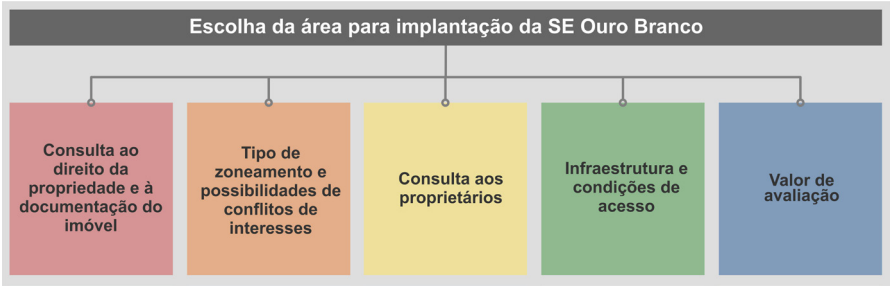
Outros autores também relacionaram alguns fatores, como COSTA *et al* (2009), que citaram as restrições de espaço físico, o custo de terrenos, os requisitos ambientais e os aspectos legais do uso das diversas áreas. No estudo realizado pelos autores foram avaliados os seguintes aspectos:

- Disponibilidade de espaço físico;
- Impacto da instalação no entorno;
- Acesso viário para a equipe de transporte pesado;
- Direito da propriedade;
- Tipo de zoneamento definido pela legislação municipal;
- Infraestrutura existente;
- Possibilidade de compartilhamento entre subestação e instalação comercial ou de serviços.

Alguns dos critérios citados são analisados previamente pela própria concessionária de energia elétrica, como os relacionados à praticidade e ao funcionamento futuro da SE; as características do relevo e o escoamento de águas pluviais; a disponibilidade de terreno para faixa de servidão aérea da LT que alimentará a SE; o posicionamento do futuro pátio com relação à chegada de LT e saída de alimentadores; e a possibilidade de compartilhamento entre subestação e instalação comercial ou de serviços.

Já outros fatores devem ser analisados em campo e na consulta às documentações e terceiros, como no estudo de caso apresentado. Portanto, os critérios considerados significativos e avaliados na fase de análise fundiária, para determinação da melhor área a ser implantada a SE Ouro Branco, foram os seguintes:

Figura 1 *- Fatores considerados na análise fundiária - Elaborada pelos Autores, 2019.*



2.1.1. Definição dos subcritérios

Cada um dos critérios descritos na figura 1 podem ser divididos em subcritérios, que determinam com maiores detalhes cada uma das categorias analisadas. A divisão desses subcritérios é apresentada nesse tópico.

2.1.1.1. Valor de avaliação

O valor de avaliação para a área onde será implantada a SE pode ou não ser igual ao valor de mercado praticado na região, sendo esse um subcritério de análise.

Para determinação do valor de avaliação deve ser adotada a metodologia descrita na norma ABNT NBR 14653-3:2019. E a definição das faixas adotadas para os subcritérios deste estudo levaram em conta o *Campo de Arbítrio*, que é definido na ABNT NBR 14653-1:2019 como o "*Intervalo de variação no entorno do estimador pontual adotado na avaliação, dentro do qual pode-se arbitrar o valor do bem, desde que justificado pela existência de características próprias não contempladas no modelo*". Portanto, o subcritério relacionado ao valor de avaliação apresenta cinco catergorias, que variam dentro da margem de mais ou menos 15%, conforme apresentado:

***Tabela 1** - Subcritérios para determinação do valor de avaliação.*

Item
Superior a 15% do valor médio de mercado
Até 15% acima do valor médio de mercado
Igual ao valor de mercado (μ)
Até 15% abaixo do valor médio de mercado
Inferior a 15% do valor médio de mercado

***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

2.1.1.2. Infraestrutura básica e condições de acesso

Como, em geral, as áreas em estudo possuem localização próxima umas das outras, tem-se normamente a disponibilização da mesma infraestrutura básica, sendo as condições de acesso o item de maior interesse neste critério.

Para a construção de uma subestação são necessários equipamentos pesados e é importante que seja identificado o local onde será construído o acesso já na fase inicial. LIMA (2011) apresenta um quadro sintetizando a solução proposta pelo engenherio Octávio T. Mendes Sobrinho sobre a escala de valores de terras, segundo a situação e viabilidade de circulação:

***Tabela 2** - Escala de Valores de Terras Segundo a Situação e Viabilidade de Circulação*

Situação	Circulação			
	Tipo de estrada	Importância das distâncias	Praticabilidade durante ano	Escala de valor (%)
Ótima	Asfaltada	Limitada	Permanente	100
Muito boa	Primeira classe não asfaltada	Relativa	Permanente	95
Boa	Não pavimentada	Significativa	Permanente	90
Desfavorável	Estradas e servidões de passagem	Vias e distâncias se equivalendo	Sem condições satisfatórias	80
Má	Fechos nas servidões	Distâncias e classes se equivalendo	Problemas sérios na estação chuvosa	75
Péssima	Fechos e interceptadas por córregos sem pontes	-	Problemas sérios mesmo na seca	70

***Fonte:** LIMA (2011).*

A situação apresentada na primeira coluna da escala acima é usada como subcritério para a infraestrutura básica e condições de acesso, no presente estudo.

2.1.1.3. Consulta ao proprietário

As áreas para implantação de subestações normalmente são adiquiridas pela concessionária de energia elétrica, mediante acordo administrativo ou por procedimento judicial, conforme Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941:

> *"Art. 2º Mediante declaração de utilidade pública, todos os bens poderão ser desapropriados pela União, pelos Estados, Municípios, Distrito Federal e Territórios."*
> *"Art. 3º Os concessionários de serviços públicos e os estabelecimentos de carater público ou que exerçam funções delegadas de poder público poderão promover desapropriações mediante autorização expressa, constante de lei ou contrato."*

Sendo assim, o interesse do proprietário na venda do imóvel é um dos fatores determinantes para escolha da área onde será implantada a SE, pois caso não exista o interesse na venda do terreno, é necessária medida judicial para aquisição pela concessionária de energia, sendo despendido um período maior de tempo, o que afeta o projeto de implantação da SE.

Como o interesse do proprietário na negociação do imóvel é um dos critérios estabelecidos, esse pode ser dividido entre os seguintes subcritérios, de acordo com os níveis de interesse do proprietário do imóvel na negociação:

***Tabela 3** - Subcritérios para determinação da consulta ao proprietário.*

Item
Não interessado
Indiferente
Interessado

***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

2.1.1.4. Tipo de zoneamento e possibilidades de conflitos de interesses público, ambiental e histórico

É necessária uma vasta pesquisa para análise de interferências ambientais, po-

líticas e sociais que possam existir, como a proximidade das áreas a distritos industriais, áreas de preservação ambiental, nascentes, cavidades, reserva legal, entre outros. Algumas dessas situações inviabilizam a implantação da SE, como a proximidade com aeródromos, com área de interesse minerário, com sítios arqueológicos, reservas indígenas ou quilombolas, por exemplo.

A lei n.º 7.565, de 19 de dezembro de 1986, que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica, apresenta:

> *"Art. 27 Aeródromo é toda área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves."*

Pela mesma lei, tem-se a zona de proteção em relação aos aeródromos (privado ou público):

> *"Art. 43. As propriedades vizinhas dos aeródromos e das instalações de auxílio à navegação aérea estão sujeitas a restrições especiais.*
> *Parágrafo único. As restrições a que se refere este artigo são relativas ao uso das propriedades quanto a edificações, instalações, culturas agrícolas e objetos de natureza permanente ou temporária, e tudo mais que possa embaraçar as operações de aeronaves ou causar interferência nos sinais dos auxílios à radionavegação ou dificultar a visibilidade de auxílios visuais."*

Portanto, faz-se necessária a realização de consulta à ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) para identificação de aeródromos próximos às áreas requeridas.

Outras possíveis interferências que podem inviabilizar a implantação da SE remetem à Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, a qual identifica como bens da União:

> *"Art. 20. São bens da União:*
> *...*
> *IX - os recursos minerais, inclusive os do subsolo;*
> *X - as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos;*
> *XI - as terras tradicionalmente ocupadas pelos índios."*

Assim sendo, é importante a caracterização das áreas desejadas quanto aos aspectos citados acima.

Sobre os recursos minerais, é possível consultar, no site do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), através do Sigmine (Sistema de Informações Geográficas da Mineração), se as áreas estão inseridas em regiões registradas por mineradoras.

Em relação às cavidades naturais subterrâneas, a Resolução n.º 347 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, de 10 de setembro de 2004, que dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico, apresenta:

> *"Art. 4º A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente, nos termos da legislação vigente.*
> *...*
> *§ 2º A área de influência sobre o patrimônio espeleológico será definida pelo órgão ambiental competente que poderá, para tanto, exigir estudos específicos, às expensas do empreendedor.*
> *§ 3º Até que se efetive o previsto no parágrafo anterior, a área de influência das cavidades naturais subterrâneas será a projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno de duzentos e cinquenta metros, em forma de poligonal convexa."*

Já os sítios arqueológicos são definidos e protegidos pela lei n.º 3.924, de 26 de julho de 1961, a qual dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. Deve-se, ainda, consultar a Portaria do IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) n.º 230, de 17 de dezembro de 2002.

As terras tradicionalmente ocupadas pelos índios, também consideradas como bens da união, são definidas pelo artigo 231 da Constituição Federal de 1988 e devem ser consultadas no site da Funai (Fundação Nacional do Índio):

> *"Art. 231. São reconhecidos aos índios sua organização social, costumes, línguas, crenças e tradições, e os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, competindo à União demarcá-las, proteger e fazer respeitar todos os seus bens.*
> *§ 1º São terras tradicionalmente ocupadas pelos índios as por eles habitadas em caráter permanente, as utilizadas para suas atividades produtivas, as imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e as necessárias a sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições.*
> *§ 2º As terras tradicionalmente ocupadas pelos índios destinam-se a sua posse permanente, cabendo-lhes o usufruto exclusivo das riquezas do solo, dos rios e dos lagos nelas existentes."*

Outras possíveis interferências são as terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos. O Decreto n.º 4.887, de 20 de novembro de 2003, informa que compete ao INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) regulamentar os procedimentos administrativos para identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas pelos remanescentes das comunidades dos quilombos. É possível consultar os territórios quilombolas através do site da SEPPIR/PR (Secretaria de Políticas de Promoção da Igualdade Racial da Presidência da República).

As áreas de preservação ambiental também

precisam de atenção para análise da cobertura vegetal e das possíveis restrições ambientais, sendo classificadas como:

a) Inserida em reserva legal ou em área de preservação permanente. Pela lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, tem-se que:

> *"Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:*
> *II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;*
> *III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa;"*
> *"Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:*
> *IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;"*
> *"Art. 12. Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel, excetuados os casos previstos no art. 68 desta Lei:*
> *II - localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento).*
> *§ 7º Não será exigido Reserva Legal relativa às áreas adquiridas ou desapropriadas por detentor de concessão, permissão ou autorização para exploração de potencial de energia hidráulica, nas quais funcionem empreendimentos de geração de energia elétrica, subestações ou sejam instaladas linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica."*
> *"Art. 17. A Reserva Legal deve ser conservada com cobertura de vegetação nativa pelo proprietário do imóvel rural, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado."*
> *"Art. 65. Na regularização fundiária de interesse específico dos núcleos urbanos informais inseridos em área urbana consolidada e que ocupem Áreas de Preservação Permanente não identificadas como áreas de risco, a regularização ambiental será admitida por meio da aprovação do projeto de regularização fundiária, na forma da lei específica de regularização fundiária urbana.*
> *§ 1º O processo de regularização ambiental, para fins de prévia autorização pelo órgão ambiental competente, deverá ser instruído com os seguintes elementos:*
> *VII - a indicação das faixas ou áreas em que devem ser resguardadas as características típicas da Área de Preservação Permanente com a devida proposta de recuperação de áreas degradadas e daquelas não passíveis de regularização;"*

b) Com cobertura vegetal (árvores imunes a corte). Devem ser analisadas as legislações estaduais e municipais com o intuito de verificar as árvores imunes a cortes da região. A título de exemplo, em Minas Gerais, de acordo com a Lei Estadual n.º 20.308, de 27 de julho de 2012:

> *Art. 1º Os arts. 1º e 2º da Lei nº 10.883, de 2 de outubro de 1992, passam a vigorar com a seguinte redação:*
> *Art. 1º Fica declarado de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte no Estado o pequizeiro (Caryocar brasiliense).*
> *Parágrafo único. O disposto nesta Lei não se aplica ao plantio de pequizeiros com finalidade econômica, exceto em caso de plantio decorrente do cumprimento das exigências previstas nesta Lei.*
> *Art. 3º Os arts. 1º e 2º da Lei nº 9.743, de 15 de dezembro de 1988, passam a vigorar com a seguinte redação:*
> *"Art. 1º Fica declarado de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte no Estado o ipê-amarelo.*
> *Parágrafo único. As espécies protegidas nos termos deste artigo são as essências nativas popularmente conhecidas como ipêamarelo e paud'arcoamarelo, pertencentes aos gêneros Tabebuia e Tecoma.*

Partindo-se das situações descritas acima, foram estabelecidos os subcritérios para o item *tipos de zoneamento e possibilidades de conflitos de interesses público, ambiental e histórico*, de acordo com a possibilidade e com a complexidade de resolução das interferências:

***Tabela 4** - Subcritérios para determinação das interferências ambientais, políticas e sociais.*

Item	Situação
Aeródromo	Inviabiliza a implantação de SE
Área de exploração mineral	Inviabiliza a implantação de SE
Árvores imunes a cortes	Inviabiliza a implantação de SE
Área quilombola	Inviabiliza a implantação de SE
Reservas indígenas	Inviabiliza a implantação de SE
Sítio arqueológicos	Inviabiliza a implantação de SE
APP	Dificulta a implantação de SE
Reserva legal	Dificulta a implantação de SE
Distrito industrial	Dificulta a implantação de SE
Livre e desimpedida	-

***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

Além dos critérios citados, deve ser consultada a legislação municipal para identificação do impacto da instalação no entorno e da tendência de crescimento urbano da área.

2.1.1.5. Consulta ao direito da propriedade e à documentação do imóvel

Conforme citado, normalmente há a compra do terreno onde será construída a SE, sendo necessário realizar uma pesquisa nos cartórios da

região onde estão inseridas as áreas em estudo, para análise da situação dos imóveis.

LIPORONI e BENITE (2008) definiram posse como sendo a detenção física da porção de terra ou de um imóvel, sendo considerado possuidor todo aquele que tem de fato o exercício, pleno ou não, de algum dos poderes inerentes à propriedade. Já ter o domínio é ter o direito de propriedade desse imóvel ou, como assim conceituado: "*Direito de propriedade é o direito complexo, absoluto, perpétuo e exclusivo, pelo qual uma coisa fica submetida à vontade de uma pessoa, observadas as limitações da Lei*".

Diante do exposto, os subcritérios considerados para a situação da documentação do imóvel são apresentados na tabela a seguir:

***Tabela 5** - Subcritérios para determinação do direito da propriedade e da documentação do imóvel.*

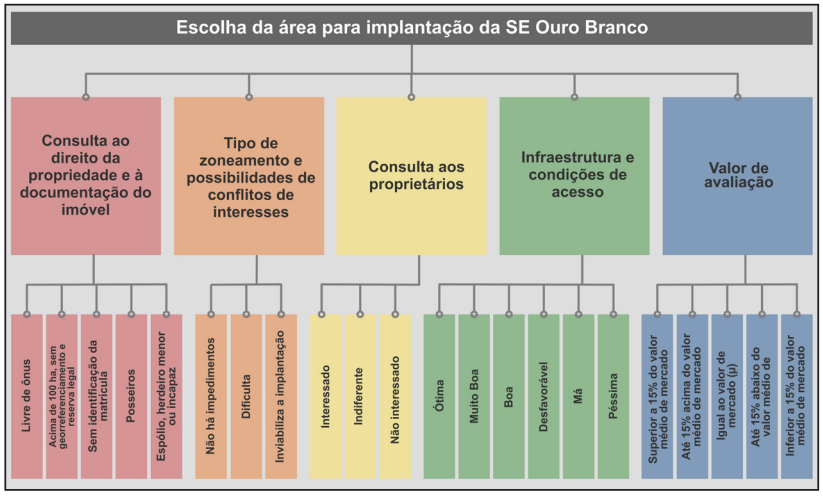
Item
Imóvel com espólio, herdeiro menor ou incapaz
Imóvel com posseiros
Imóvel sem identificação da matrícula na qual o polígono de interesse da SE está inserido
Imóvel acima de 100 ha (cem hectares) sem georreferenciamento e/ou sem averbação de reserva legal
Imóvel livre de ônus

***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

2.1.2. Resumo dos critérios e subcritérios

Conforme exposto, os principais critérios e subcritérios que devem ser considerados no estudo de alternativa de áreas para implantação da SE Ouro Branco são os seguintes:

***Figura 2** - Critérios e subcritérios considerados na análise - Elaborada pelos Autores, 2019.*



2.2. Análise comparativa pelo Método AHP

O método de análise de decisão *Analitic Hierarquic Process* (AHP), desenvolvido pelo matemático Thomas Saaty em 1980, fundamenta-se na comparação de alternativas de escolhas, sempre em pares, na qual o decisor realiza comparações relativas a duas alternativas da estrutura de decisão, avaliando qual elemento satisfaz mais e o quanto mais (Azeredo, Paula, Santos, Barreto, & Gonçalves, 2009), com o estabelecimento de matrizes de comparações paritárias.

Para realização da comparação, Saaty propôs uma Escala Fundamental de valores, que são atribuidos aos elementos que estão em comparação. Esses valores vão de 1 a 9, sendo que 1 representa a comparação entre elementos igualmente importantes e 9 indica a importância absoluta de um elemento em relação ao outro. A tabela a seguir apresenta a escala completa:

***Tabela 6** - Escala fundamental de Saaty.*

Escala de Saaty	
Definição	**Intensidade de Importância**
Igual preferência (importância)	1
Preferência (importância) moderada	3
Preferência (importância) forte	5
Preferência (importância) muito forte	7
Preferência (importância) absoluta	9
Valores intermediários entre os valores adjacentes	2, 4, 6 e 8

***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019 a partir de Briozo e Musetti (2015).*

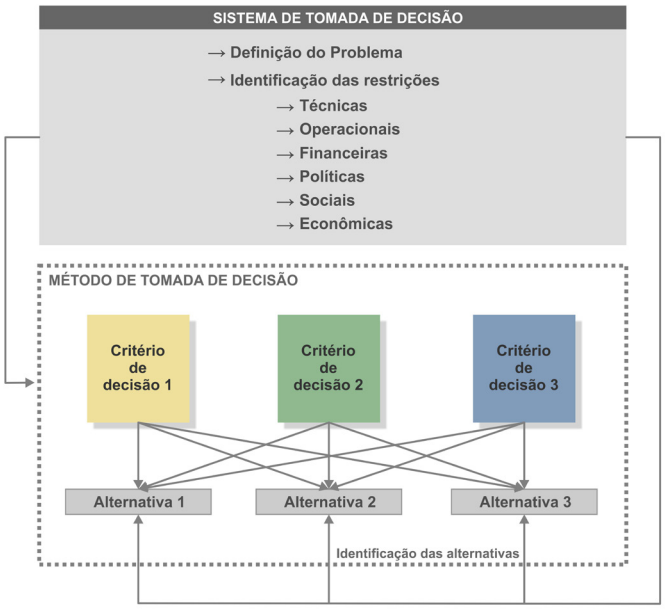
Segundo Andrade e Albuquerque (2012), o método apresenta três qualidades importantes e que compõem o princípio básico do pensamento análitico: a estruturação hierárquca; a obtenção de prioridades; e a consistência lógica. Com a estruturação hierárquica, o decisor define seus objetivos; as suas alternativas e os critérios relevantes para o problema de decisão. Diante de tais definições, avalia as alternativas em relação aos critérios e também a importância de cada critério.

O método AHP já foi utilizado para definição do melhor local para diversos tipos de instalações, como unidade de pronto atendi-

mento (Briozo e Musetti, 2015); e alternativas de traçado de rodovias (Lisboa e Waisman, 2007).

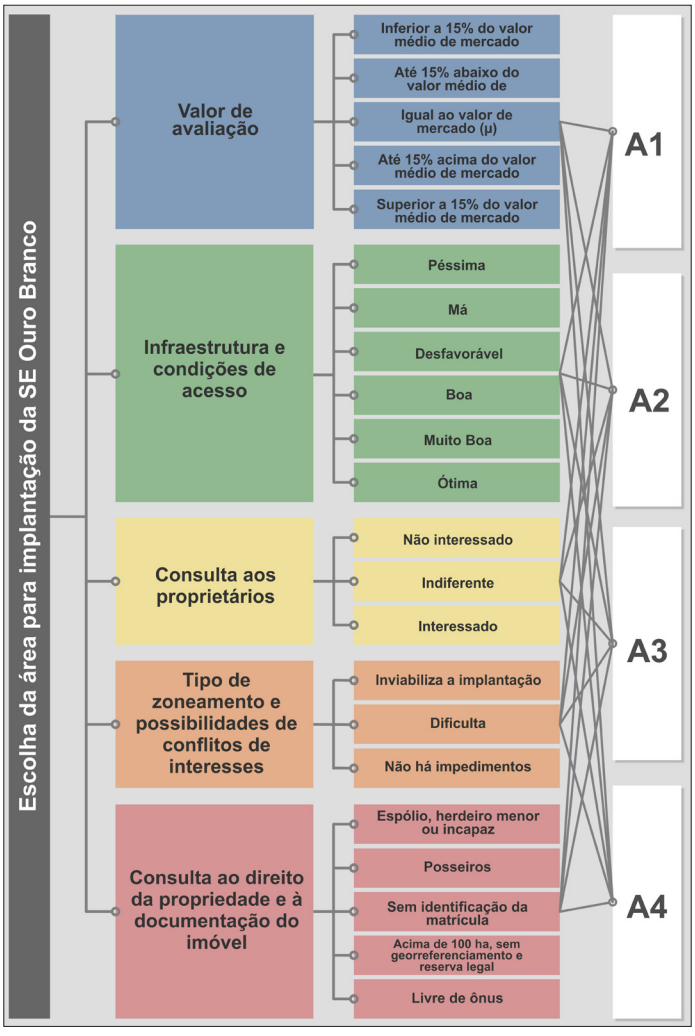
De acordo com Briozo e Musetti (2015), dentro de todas as possibilidades para a utilização de métodos multicritérios de tomada de decisão, surge a utilização do método AHP para a localicação de instalações devido a sua flexibilidade, podendo o problema ser definido com a participação de pessoas responsáveis pela execução. E em particular, se torna interessante para o setor público, no qual os gestores tem que tomar decisões para a sociedade como um todo, sem a priorização de um determinado grupo, abrindo a possibilidade da decisão ser mais participativa, contemplando diferentes interesses. A figura ao lado apresenta um modelo genérico de montagem do sistema decisório:

Figura 3 *- Estrutura básica do sistema de tomada de decisão. Elaborada pelos Autores (2019) a partir de Briozo e Musetti (2015).*



De acordo com a figura apresentada acima, o sistema decisório de tomada de decisão se inicia com a definição do problema e com a identificação das restrições relacionadas. São estabelecidos então os critérios e subcritérios de decisão e as possibilidade de alternativas de cada um deles. No caso em estudo, a figura ao lado pode ser representada da seguinte forma:

Figura 4 *- Estrutura do sistema de tomada de decisão do presente trabalho. Elaborada pelos Autores (2019).*



2.3. ESTUDO DE CASO REALIZADO

Neste item é apresentado um estudo de caso: a implantação da SE Ouro Branco, cuja área mínima de pátio requerida corresponde a aproximadamente 14.400,00 m² (quatorze mil e quatrocentos metros quadrados) ou 1,4400 ha (um hectare, quarenta e quatro ares). De acordo com a Instrução Especial Incra n.º 50, de 26 de agosto de 1997, esta área é inferior à Fração Mínima de Parcelamento (FMP), a qual para a microrregião do município em questão é de 2,0000 ha (dois hectares). Entretanto, conforme já mencionado, por ser área de interesse público, é possível, através de acordo administrativo, averbar a área desejada inferior à FMP.

Para o estudo foram realizadas vistorias nas áreas, de acordo com as determinações do item 7.3 da ABNT NBR 14653-3:2019, com o objetivo de analisar os critérios e subcritérios estabelecidos previamente.

2.3.1. Descrição das Áreas Estudadas

I. Área 1

A área está localizada no final de um bairro residencial, próximo à esquina entre duas ruas. O acesso é pavimentado, mas com aclive bastante acentuado, provavelmente inviável para transporte dos equipamentos pesados para a SE.

***Figura 5** - Imagem satélite da localização da Área 1.*

***Fonte:** Google Earth, 2019*

Possui topografia plana (campo de futebol de terra), porém com área insuficiente para a construção da SE. Este campo fica no topo de um morro e ao lado de vales com profundidade acentuada. Apresenta vegetação rasteira esparsa e casas ao redor.

Tal área foi descartada pelo próprio Relatório de Escolha apresentado pela concessionária de energia elétrica, devido às características do local: não possui extensão suficiente para comportar a subestação, muito próxima a um bairro residencial, com risco de ilhamento da SE no futuro e acesso inviável.

II. Área 2

A área está localizada às margens da estrada de terra, que é continuação da estrada de acesso à Casa de Tiradentes. O acesso é bom e se dá pela estrada para Carreiras, sentido Carreiras, município de Ouro Branco/MG.

***Figura 6** - Imagem satélite da localização da Área 2.*

***Fonte:** Google Earth, 2019*

Possui topografia plana, mas com declividade, sendo necessária obra de terraplanagem. A vegetação é utilizada como pasto. Não há vizinhança ao redor da área, que está inserida em fazenda de propriedade de pessoa jurídica. Por ocasião da busca cartorial não foi possível identificar precisamente em quais certidões está a referida área. Foram relacionadas três certidões de matrícula, sendo constada a averbação de reserva legal em cada uma delas. A área está arrendada para terceiros.

***Figura 7** - Fotografia da Área 2. Fonte: Autores, 2019.*

***Fonte:** Autores, 2019.*

III. Área 3

A área está localizada próxima à Área 2, às margens da estrada de terra, que é continuação da estrada de acesso à Casa de Tiradentes. Assim como a anterior, possui topografia plana, mas com necessidade de obra de terraplanagem. O terreno não é usado como pasto, mas possui muitas árvores de pequeno porte, que podem ser um empecilho para o licenciamento ambiental. Por ocasião da vistoria, observou-se que a vegetação foi atingida por queimada.

Figura 8 *- Imagem satélite da localização da Área 3.*

Fonte: *Google Earth, 2019*

Trata-se de área rural situada no lugar denominado "Fazenda 3", com matrícula n.º 10, lavrada pelo Cartório de Registro de Imóveis da Comarca do município e registrado em nome de pessoa jurídica. De acordo com infomações colhidas por ocasião da vistoria, a empresa possuía dois sócios, porém um deles faleceu e deixou um herdeiro de menor idade. A área total da "Fazenda 3" é de 30,0000 ha (trinta hectares). Não existe averbação de reserva legal na certidão.

Figura 9 *- Fotografia da Área 3*

Fonte: *Autores, 2019.*

IV. Área 4

A área está situada próxima às torres da *LD 138 kV Lafaiete 1 - Açominas*. O acesso é ótimo e se dá pela Avenida Fernão Dias Paes Leme, que é pavimentada. Possui topografia plana, sem necessidade de grandes movimentações de terra. O terreno é utilizado como pasto. A vizinhança é um bairro residencial localizado no oposto da Avenida.

Figura 10 *- Imagem satélite da localização da Área 4.*

Fonte: *Google Earth, 2019*

Trata-se de uma área rural inserida no imóvel denominado "Fazenda 4", com matrícula n.º 17 lavrada pelo Cartório de Registro de Imóveis da Comarca e registrado em nome de pessoa física. A área total da "Fazenda 4" é de 127,0162 ha. Foi constatada averbação de reserva legal.

Figura 11 *- Fotografia da Área 4.*

Fonte: *Autores, 2019.*

2.3.2. Determinação do valor de avaliação das áreas

Juntamente à vistoria foram coletados elementos para composição de uma amostra representativa dos imóveis rurais com características semelhantes às áreas em estudo para se determinar o valor de avaliação, sendo aplicado o Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, preconizado pela ABNT NBR 14653-3:2019. Foram coletados elementos de terrenos, considerando-se a dimensão da área requerida para implantação da SE, de 1,4400 ha.

O tratamento estatístico resultou da pesquisa mercadológica de 19 (dezenove) imóveis à venda na época da avaliação, localizados na região das áreas avaliandas, sendo consideradas como variáveis independentes (i) a área de cada dado e (ii) a sua topografia. Todos os pressupostos básicos e testes previstos na norma ABNT NBR 14653, em suas partes 1 e 3 (2019 e 2019) foram atendidos na regressão linear realizada. Assim, o resultado final da avaliação determinou um valor médio unitário de R$ 55.118,62/ha (cinquenta e cinco mil, cento e dezoito reais e sessenta e dois centavos, por hectare).

Este valor foi adotado para as Áreas 2 e 3. Portanto, o valor de mercado arredondado destas duas áreas corresponde a R$ 80.000,00 (oitenta mil reais).

Conforme já mencionado, a localização da Área 4 é superior em relação às demais áreas. Assim sendo, foi adotado o valor unitário máximo obtido pelo resultado do método comparativo, que corresponde a R$ 62.543,72/ha (sessenta e dois mil, quinhentos e quarenta e três reais e setenta e dois centavos, por hectare). Logo, a Área 4 possui o valor de mercado arredondado de R$ 90.000,00 (noventa mil reais).

Como não é objetivo deste trabalho apresentar nem discutir as técnicas de avaliação estabelecidas pelas normas vigentes, foram apresentados apenas os resultados obtidos no tratamento estatístico.

2.3.3. Resumo dos critérios e subcritérios para as áreas em estudo

Conforme apresentado nas descrições feitas nos itens 2.3.1 e 2.3.2, pode-se resumir as áreas em estudo de acordo com a tabela 7 apresentada, com exclusão da Área 1:

***Tabela 7** - Resumo dos critérios e subcritérios das áreas em estudo.*

CRITÉRIOS	ÁREA 2 - A1	ÁREA 3 - A2	ÁREA 4 - A3
Determinação do valor de avaliação da área	μ	μ	μ ≥ 15%
Infraestrutura básica e condições de acesso	Boa	Boa	Boa
Consulta aos proprietários	Não interessado	Não interessado	Não interessado
Tipo de zoneamento definido pela legislação e possibilidades de conflitos de interesses público, ambiental e histórico	Livre	Dificulta	Livre
Consulta ao direito da propriedade e à documentação do imóvel	Sem idenificação da matrícula	Imóvel com espólio, herdeiro ou incapaz	Acima de 100 ha, sem georreferenciamento ou reserva legal

***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

2.3.4. Aplicação do Método AHP

De acordo com a tabela 7 apresentada no item 2.3.3, têm-se duas análises hierárquicas a serem feitas pelo Método AHP:

i. julgamento de desempenho das alternativas, em relação a cada critério estabelecido;
ii. julgamento de preferência dos critérios em relação ao objetivo principal, de escolha da área.

Após a conclusão das análises citadas, é necessário calcular a prioridade global (PB), para determinação da área mais indicada para a SE.

2.3.4.1. Julgamento de desempenho das alternativas, em relação a cada critério estabelecido

Para realização dos julgamentos, os autores responderam aos formulários apresentados no Apêndice A, seguindo a Escala de Saaty apresentada na tabela 6, conforme o modelo apresentado a seguir, do julgamento das alternativas à luz do critério *valor de avaliação*. De acordo com a tabela 7, as áreas 2 e 3 (A1 e A2, respectivamente) receberam o mesmo julgamento na Escala de Saaty, pois os valores de suas avaliações correspondem ao valor médio de mercado. Já a Área 4 (A3) possui valor de avaliação superior ao valor de mercado, o que torna as áreas 2 e 3 fortemente preferentes à área 4. Esse julga-

mento deve ser realizado aos pares, conforme trecho do formulário apresentado:

Figura 12 *- Trecho do formulário apresentado no Apêndice A – elaborada pelos Autores, 2019.*

Critério / Alternativas	A1	Julgamento	A2
Valor de avaliação	(1)	(1) Igual preferência	(1)
		(3) Preferência moderada	
		(5) Preferência forte	
		(7) Preferência muito forte	
		(9) Preferência absoluta	

Critério / Alternativas	A1	Julgamento	A3
Valor de avaliação	(5)	(1) Igual preferência	(1/5)
		(3) Preferência moderada	
		(5) Preferência forte	
		(7) Preferência muito forte	
		(9) Preferência absoluta	

Critério / Alternativas	A2	Julgamento	A3
Valor de avaliação	(5)	(1) Igual preferência	(1/5)
		(3) Preferência moderada	
		(5) Preferência forte	
		(7) Preferência muito forte	
		(9) Preferência absoluta	

E os resultados dos julgamentos realizados foram elencados em matrizes de julgamentos:

Tabela 8 *- Matriz de julgamentos - desempenho das alternativas à luz do critério Valor de Avaliação.*

Desempenho das alternativas à luz do critério *Valor de Avaliação*			
Valor de Avaliação	**A1**	**A2**	**A3**
A1	1	1	3
A2	1	1	3
A3	1/3	1/3	1

Fonte: *Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

Das matrizes elaboradas, sobre o desempenho da alternativa em relação a cada critério estabelecido, são calculados os autovetores máximos:

a. Somam-se os pesos dos julgamentos realizados:

Tabela 9 *- Matriz de julgamentos - desempenho das alternativas à luz do critério Valor de Avaliação.*

Desempenho das alternativas à luz do critério *Valor de Avaliação*			
Valor de Avaliação	**A1**	**A2**	**A3**
A1	1,00	1,00	3,00
A2	1,00	1,00	3,00
A3	0,33	0,33	1,00
Soma	**2,33**	**2,33**	**7,00**

Fonte: *Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

b. Calcula-se a matriz de comparação par a par normalizada, dividindo-se cada elemento da matriz original pelo somatório dos pesos dos julgamentos:

Tabela 10 *- Quadro normalizado - desempenho das alternativas à luz do critério Valor de Avaliação.*

Quadro normalizado			
Desempenho das alternativas à luz do critério *Valor de Avaliação*			
Valor de Avaliação	**A1**	**A2**	**A3**
A1	0,43	0,43	0,43
A2	0,43	0,43	0,43
A3	0,14	0,14	0,14
Soma	**1,00**	**1,00**	**1,00**

Fonte: *Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

c. Calcula-se a prioridade média local (PML) para cada alternativa:

Tabela 11 *- PMLs - desempenho das alternativas à luz do critério Valor de Avaliação.*

Desempenho das alternativas à luz do critério *Valor de Avaliação*				
Valor de Avaliação	**A1**	**A2**	**A3**	**PML**
A1	0,43	0,43	0,43	(0,43+0,43+0,43)/3 = 0,43
A2	0,43	0,43	0,43	(0,43+0,43+0,43)/3 = 0,43
A3	0,14	0,14	0,14	(0,14+0,14+0,14)/3 = 0,14

Fonte: *Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

A PML em relação ao desempenho das alternativas à luz do critério valor de avaliação é (0,43; 0,43; 0,14). Isso significa que, em relação ao critério valor de avaliação, as alternativas A1 e A2 possuem pesos iguais e maiores que a alternativa A3.

O mesmo julgamento deve ser realizado para cada um dos critérios estabelecidos na Figura 1, para o que se obteve os seguintes resultados:

***Tabela 12** - Matriz de julgamentos - desempenho das alternativas em relação aos demais critérios.*

Desempenho das alternativas à luz do critério *Infraestrutura e acesso*				
Valor de Avaliação	**A1**	**A2**	**A3**	**PML**
A1	0,14	0,14	0,14	0,14
A2	0,14	0,14	0,14	0,14
A3	0,71	0,71	0,71	0,71
Soma	**1,00**	**1,00**	**1,00**	-

Desempenho das alternativas à luz do critério *Consulta aos proprietários*				
Valor de Avaliação	**A1**	**A2**	**A3**	**PML**
A1	0,33	0,33	0,33	0,33
A2	0.33	0.33	0.33	0.33
A3	0,33	0,33	0,33	0,33
Soma	**1,00**	**1,00**	**1,00**	-

Desempenho das alternativas à luz do critério *Zoneamento e conflitos de interesse*				
Valor de Avaliação	**A1**	**A2**	**A3**	**PML**
A1	0,47	0,47	0,47	0,47
A2	0,05	0,05	0,05	0,05
A3	0,47	0,47	0,47	0,47
Soma	**1,00**	**1,00**	**1,00**	-

Desempenho das alternativas à luz do critério *Direito da propriedade e documentação do imóvel*				
Valor de Avaliação	**A1**	**A2**	**A3**	**PML**
A1	0,45	0,45	0,45	0,45
A2	0,09	0,09	0,09	0,09
A3	0,45	0,45	0,45	0,45
Soma	**1,00**	**1,00**	**1,00**	-

***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

2.3.4.2. Julgamento de preferência dos critérios em relação ao objetivo principal, de escolha da área

O mesmo procedimento descrito no item anterior deve ser realizado para julgamento de preferência dos critérios em relação ao objetivo principal. Assim sendo, os autores responderam aos formulários apresentados no Apêndice B, seguindo a Escala de Saaty apresentada na tabela 6; foi elaborada a matriz de julgamentos dos critérios à luz do objetivo principal; e, então foram calculados os autovetores máximos:

***Tabela 13** - Matriz de julgamentos - importância dos critérios à luz da escolha da área.*

Importância dos critérios à luz da escolha da área					
Escolha da área	**VA**	**IA**	**CP**	**ZC**	**DD**
VA	1,00	0,33	0,20	0,14	0,14
IA	3,00	1,00	0,20	0,33	0,33
CP	5,00	5,00	1,00	0,33	0,33
ZC	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00
DD	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00

***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

***Tabela 14** - Matriz de julgamentos - importância dos critérios à luz da escolha da área.*

Escolha da área	**VA**	**IA**	**CP**	**ZC**	**DD**
VA	1,00	0,33	0,20	0,14	0,14
IA	3,00	1,00	0,20	0,33	0,33
CP	5,00	5,00	1,00	0,33	0,33
ZC	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00
DD	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00
Soma	**23,00**	**12,33**	**7,40**	**2,81**	**2,81**

***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

***Tabela 15** - Quadro normalizado - importância dos critérios à luz da escolha da área.*

Quadro normalizado					
Importância dos critérios à luz da escolha da área					
Escolha da área	**VA**	**IA**	**CP**	**ZC**	**DD**
VA	0,04	0,03	0,03	0,05	0,05
IA	0,13	0,06	0,03	0,12	0,12
CP	0,22	0,41	0,14	0,12	0,12
ZC	0,30	0,24	0,41	0,36	0,96
DD	0,30	0,24	0,41	0,36	0,36

***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

***Tabela 16** - PMLs - importância dos critérios à luz da escolha da área.*

Importância dos critérios à luz da escolha da área					
Escolha da área	**VA**	**IA**	**CP**	**ZC**	**DD**
VA	0,04	0,03	0,03	0,05	0,05
IA	0,13	0,06	0,03	0,12	0,12
CP	0,22	0,41	0,14	0,12	0,12
ZC	0,30	0,24	0,41	0,36	0,96
DD	0,30	0,24	0,41	0,36	0,36
Soma	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	-

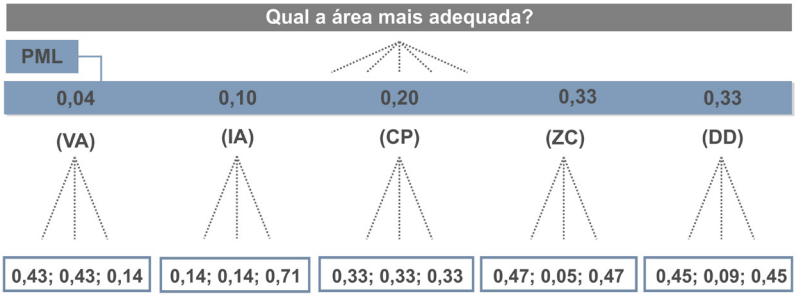
***Fonte:** Tabela elaborada pelos Autores, 2019.*

A PML em relação à importância dos critérios à luz do foco principal é (0,04; 0,10; 0,20; 0,33; 0,33). Isso significa que, em relação à escolha da área, os critérios relacionados à documentação do imóvel e ao zoneamento e conflitos de interesse são os que possuem maior relevância, ao passo que o valor de avaliação é o critério de menor relevância.

2.3.4.3. Definição da área mais indicada para implantação da SE

A junção das PMLs encontradas nos itens 2.3.4.1 e 2.3.4.2 determinam a prioridade global (PG), ou seja, a alterantiva mais indicada para implantação da SE. Essa junção pode ser feita da seguinte forma:

Figura 13 *- Junção das PMLs encontradas para os critérios e subcritérios - elaborada pelos Autores, 2019.*



Nesse sentido, o cálculo da PG de cada uma das alternativas é apresentado a seguir:

$$PG_{A1} = (0{,}04 * 0{,}43) + (0{,}10 * 0{,}14) + (0{,}20 * 0{,}33) + (0{,}33 * 0{,}47) + (0{,}33 * 0{,}45) = 0{,}4008$$

$$PG_{A2} = (0{,}04 * 0{,}43) + (0{,}10 * 0{,}14) + (0{,}20 * 0{,}33) + (0{,}33 * 0{,}05) + (0{,}33 * 0{,}09) = 0{,}1434$$

$$PG_{A3} = (0{,}04 * 0{,}14) + (0{,}10 * 0{,}71) + (0{,}20 * 0{,}33) + (0{,}33 * 0{,}47) + (0{,}33 * 0{,}45) = 0{,}4462$$

Portanto, a alternativa mais viável para implantação da SE Ouro Branco é a A3, que corresponde à Área 4, pois possui o maior peso PG.

3. CONCLUSÕES

São vários os fatores que influenciam na escolha da área para construção de uma SE, sendo que no aspecto fundiário, os principais são:

- a determinação do valor de avaliação da área;
- a infraestrutura básica e as condições de acesso;
- a consulta aos proprietários; o tipo de zoneamento definido pela legislação municipal;
- as possibilidades de conflitos de interesses público, ambiental e histórico;
- a consulta ao direito da propriedade e à documentação do imóvel.

Para todos estes critérios, tem-se o tempo de negociação e aquisição da área, incluindo a sua regularização, como um dos itens mais importantes, além da determinação de um terreno livre e desimpedido em relação às questões ambientais, políticas e sociais. Neste sentido, é razoável afirmar que a determinação do valor de avaliação do terreno não é um ponto conclusivo/decisivo, mas apenas o ponto de partida para escolha da área.

A aplicação do método AHP permitiu uma análise paritária sobre os critérios e subcritérios estabelecidos, com flexibilidade e sem a priorização de análises específicas.

Portanto, devem ser analisados todos os critérios mencionados neste trabalho que, dependendo da situação, podem dificultar ou até mesmo inviabilizar o projeto de implantação de uma SE. Esta análise fundiária torna-se, então, parte intrínseca do planejamento e, como sugestões de trabalhos futuros, pode-se citar o aprofundamento da pesquisa realizada para contemplar mais itens que interfiram na implantação de uma SE.

4. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Thiago Willy de Carvalho; ALBUQUERQUE, Pedro Henrique Melo. **Tomada de Decisão Usando o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para a Seleção de um Curso para Concurso Público.** Tac, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, art. 2, pp.19-32, Jan/Jun. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS

TÉCNICAS. **NBR 14653-1:** Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-3:** Avaliação de bens Parte 3: Imóveis rurais e seus componentes. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 48 p.

AZEREDO, Jeanderson da Silva; PAULA JUNIOR, Geraldo Galdino de; SANTOS, Raphael de Brito Oliveira dos; BARRETO, Denise Nunes Sodré; GONÇALVES, Tiago José Menezes. **Utilização do Método de Análise Hierárquica (AHP) para a Seleção de um Sistema Integrado de Gestão (ERP).** XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, 06 a 09 de outubro de 2009.

BRASIL. Constituição . Constituição Federal, de 05 de outubro de 1998. **Constituição da República Federativa do Brasil.**

BRASIL. Decreto nº 4.887, de 20 de novembro de 2003. **Regulamenta O Procedimento Para Identificação, Reconhecimento, Delimitação, Demarcação e Titulação das Terras Ocupadas Por Remanescentes das Comunidades dos Quilombos de Que Trata O Art. 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias.**

BRASIL. Decreto-lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941. **Dispõe Sobre Desapropriações Por Utilidade Pública.**

BRASIL. Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961. **Dispõe Sobre Os Monumentos Arqueológicos e Pré-históricos.**

BRASIL. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. **Dispõe Sobre O Código Brasileiro de Aeronáutica.**

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe Sobre A Proteção da Vegetação Nativa; Altera As Leis nos 6.938, de 31 de Agosto de 1981, 9.393, de 19 de Dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de Dezembro de 2006; Revoga As Leis nos 4.771, de 15 de Setembro de 1965, e 7.754, de 14 de Abril de 1989, e A Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de Agosto de 2001; e Dá Outras Providências.**

BRIOZO, Rodrigo Amancio; MUSETTI, Marcel Andreotti. **Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h.** Gest. Prod., São Carlos, v. 22, n. 4, p. 805-819, 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004. **Dispõe Sobre a Proteção do Patrimônio Espeleológico.**

COSTA, Paulo Roberto Freitas C.; LAMEIRAS, Carolina Rodrigues Lemos; MIYAZAWA, Shigeru; HAMADA, Seiichiro. A**spectos Legais, Ambientais e Técnicos Para Implantação de Subestações Urbanas Subterrâneas:** Caso Exemplo de Subestação 138/13,8KV para a Região Central de Belo horizonte. XX SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 2009, Recife – Pernambuco.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL - IPHAN. Portaria n.º 230, de 17 de Dezembro de 2002. **Resolve: Fase de obtenção de licença prévia (EIA/RIMA); Fase de obtenção de licença de instalação (LI); Fase de obtenção da licença de operação.** Diário Oficial da União n.º 244, Brasília, DF, 18 dez. 2002. 240 p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA-INCRA. Instrução Especial nº 50, de 26 de agosto de 1997. **Estabelece As Zonas Típicas de Módulo - ZTM e Estende A Fração Mínima de Parcelamento - FMP, Prevista Para As Capitais dos Estados Para Outros Municípios.**

MINAS GERAIS (Estado). Lei nº 20.308, de 27 de julho de 2012. **Altera a Lei nº 10.883, de 2 de outubro de 1992, que declara de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte, no Estado de Minas Gerais, o pequizeiro (Caryocar brasiliense), e a Lei nº 9.743, de 15 de**

dezembro de 1988, que declara de interesse comum, de preservação permanente e imune de corte o ipê-amarelo. Altera A Lei nº 10.883, de 2 de Outubro de 1992, Que Declara de Preservação Permanente, de Interesse Comum e Imune de Corte, no Estado de Minas Gerais, O Pequizeiro (caryocar Brasiliense), e A Lei nº 9.743, de 15 de Dezembro de 1988, Que Declara de Interesse Comum, de Preservação Permanente e Imune de Corte O Ipê-amarelo.

LIMA, Alessandro F.; MOTTA, Igor Luiz de M.; GUIMARÃES, Maurissone F. **Escolha de Área para Subestações de Distribuição:** Metodologia da Cemig Distribuição e Experiências Práticas. XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, 2008, Olinda – Pernambuco.

LIMA, Marcelo Rossi de Camargo. **Avaliação de propriedades rurais:** Manual Básico: A Engenharia de Avaliações Aplicada às Fazendas. 3. Ed. São Paulo: Leud, 2011. 280 p.

LIPORONI, Antônio Sérgio; BENITE, Odair Martins. **Posse e Domínio:** Aspectos Pertinentes à Perícia Judicial. 2. Ed. São Paulo: Leud, 2008. 184 p.

LISBOA, Marcus Vinicius; WAISMAN, Jaime. **Análise Multicritério Aplicada ao Estudo de Alternativas de Traçado de Rodovias: Uma Abordagem Sócio Ambiental.** Boletim Técnico da FATEC-SP - BT/ 22 – pág. 28 a 33 – Julho/2007.

APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS

Critério/Alternativas	A1	Julgamento	A2
Valor de avaliação	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Infraestrutura e condições de acesso	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Consulta aos proprietários	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Zoneamento e conflito com interesses público, ambiental e histórico	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Direito da propriedade e à documentação do imovel	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )

Critério/Alternativas	A1	Julgamento	A3
Valor de avaliação	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Infraestrutura e condições de acesso	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Consulta aos proprietários	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Zoneamento e conflito com interesses público, ambiental e histórico	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Direito da propriedade e à documentação do imovel	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )

Critério/Alternativas	A2	Julgamento	A3
Valor de avaliação	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Infraestrutura e condições de acesso	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Consulta aos proprietários	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Zoneamento e conflito com interesses público, ambiental e histórico	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )
Direito da propriedade e à documentação do imovel	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta	( )

APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE COMPARAÇÃO ENTRE CRITÉRIOS

Objetivo: Escolha de área	Valor de avaliação	Julgamento
Infraestrutura e condições de acesso	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Consulta aos proprietários	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Zoneamento e conflito com interesses público, ambiental e histórico	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Direito da propriedade e à documentação do imovel	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta

Objetivo: Escolha de área	Infraestrutura e condições de acesso	Julgamento
Valor de avaliação	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Consulta aos proprietários	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Zoneamento e conflito com interesses público, ambiental e histórico	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Direito da propriedade e à documentação do imovel	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta

Objetivo: Escolha de área	Consulta aos proprietários	Julgamento
Valor de avaliação	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Infraestrutura e condições de acesso	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Zoneamento e conflito com interesses público, ambiental e histórico	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Direito da propriedade e à documentação do imovel	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta

Objetivo: Escolha de área	Zoneamento e conflito com interesses público, ambiental e histórico	Julgamento
Valor de avaliação	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Infraestrutura e condições de acesso	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Consulta aos proprietários	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Direito da propriedade e à documentação do imovel	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta

Escolha da área	Direito da propriedade e à documentação do imovel	Julgamento
Valor de avaliação	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Infraestrutura e condições de acesso	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Consulta aos proprietários	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta
Zoneamento e conflito com interesses público, ambiental e histórico	( )	(1) Igual preferência (3) Preferência moderada (5) Preferência forte (7) Preferência muito forte (9) Preferência absoluta

VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE VIBRAÇÕES PROVENIENTES DO TRÁFEGO DE VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS PESADOS EM MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE EDIFICAÇÕES

RESUMO

As reclamações de moradores próximos às vias que apresentam tráfego de veículos e/ou equipamentos pesados estão se tornando cada vez mais frequentes no país. Apesar das vistorias técnicas realizadas nas edificações indicarem que a causa dos problemas são basicamente falhas e deficiências construtivas, somado a uma manutenção deficiente e precária, fica a dúvida se o alegado tráfego poderia de alguma maneira influenciar nesses problemas. Para evitar esse tipo de questionamento, o mais recomendável seria a realização de vistorias cautelares, que poderiam compor os rotogramas de obras de grande porte. Entretanto, muitas vezes a falta de planejamento ou o tempo escasso inviabilizam a execução desse tipo de vistoria. A bibliografia nacional, relacionada à influência de vibrações em edificações, é extremamente limitada e há poucos estudos. Diante desse cenário, apresenta-se este trabalho, cujo objetivo é contribuir para a análise da influência de vibrações em edificações, provenientes do tráfego de veículos e equipamentos pesados. Foram realizados monitoramentos e análise de vibrações provocadas pelo trafego de veículos e equipamentos em 15 pontos de vias de um distrito do interior do estado de Minas Gerais, que possuíam três tipos de pavimentação. Os resultados permitiram concluir que são vários os fatores de influência.

AUTORES:

Eduardo
Almeida Veneroso;

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello;

Efigênia
Guariento Palhares Ferreira;

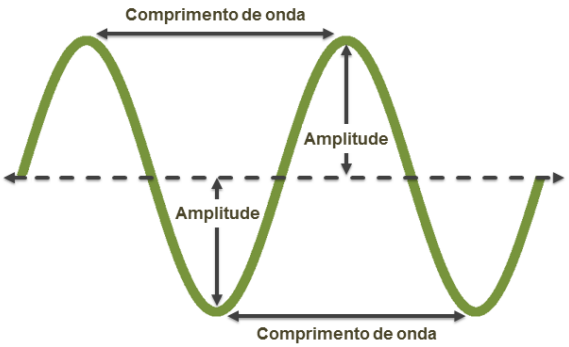
Wallace
Rezende Costa.

Palavras-chave:
Manifestações patológicas; Monitoramento; Veículos pesados; Vibrações.

1 INTRODUÇÃO

As “vibrações” são ondas mecânicas que se propagam em meio específico, conduzindo energia. Recebem o nome de “vibrações sísmicas”, ou “sísmica”, quando propagadas no terreno (solo ou rocha). Em geral as ondas podem ser representadas por dois parâmetros principais definidos por amplitude de propagação (em mm) e frequência de oscilação (em Hz), vide imagem abaixo:

Figura 1 *- Parâmetros principais constituintes da onda sísmica.*



Fonte: *(CECAV, 2016).*

O parâmetro amplitude está associado à quantidade de energia gerada pela fonte emissora, a qual se propaga no meio sob a forma de ondas. O parâmetro frequência está associado ao número de ondas em um determinado período de tempo.

Caso a onda se propagasse em um cenário fictício de terreno homogêneo e isotrópico, a interferência do meio na atenuação da onda sísmica ao longo da propagação pelo terreno seria nula e a energia sísmica liberada sofreria atenuação somente pelo efeito do espalhamento esférico da onda. À medida que a onda sísmica se propaga, a expansão da área "esférica" de propagação resulta na atenuação natural de amplitude da onda, ainda que a energia permaneça constante. Este é um dos motivos pelo qual, ao se afastar do local da atividade emissora, o nível de vibração sísmica se reduz.

Em casos reais, além do efeito de atenuação sísmica decorrente do espalhamento esférico, a propagação da onda é influenciada pela composição não homogênea e anisotrópica do terreno. Os aspectos geomorfológicos, topográficos e estratigráficos da área de abrangência da propagação da onda sísmica influenciam diretamente na atenuação da vibração.

Sendo assim, a composição geológica e as descontinuidades existentes no terreno têm grande potencial de interferência no grau de atenuação, pois tendem a propiciar a dispersão da vibração (CECAV, 2016).

Há diversas fontes de vibração que podem resultar em incomodidade ao ser humano; danos estruturais em edificações; ou prejudicar o funcionamento de equipamentos sensíveis; sendo necessário estudar os seus efeitos e determinar parâmetros aceitáveis para essas vibrações.

Os esforços dinâmicos suportados pelas estruturas de uma edificação dependem das características da vibração emitidas pelos agentes externos, como amplitude, frequência, tempo de exposição e periodicidade da vibração. O critério de segurança para as estruturas deve ser capaz de levar em conta também a sensibilidade diferenciada de cada estrutura, além dos distintos aspectos das vibrações proveniente das diferentes atividades existentes no entorno.

Já a resposta humana aos efeitos de vibrações é uma mistura de fatores fisiológicos e psicológicos que mudam de pessoa para pessoa sendo, portanto, subjetiva. Raina (2004) defende que o corpo humano difere das estruturas, bem como na frequência natural, e, de maneira peculiar, cada pessoa pode responder à vibração e à sobre pressão diferentemente, por meio de diferentes posturas, ao sofrer influência como elemento de um ambiente psicossocial. Além disso, as faixas de sensibilidade humana são muito inferiores aos níveis de vibração suportados pelas estruturas, isto é, as pessoas sentem, desconfortavelmente, vibrações que não causam danos às estruturas.

Para Nojiri (2001), não existe um consenso sobre valores admissíveis de vibrações em função da resposta humana. E, em geral, a legislação brasileira e as normas internacionais não determinam de forma clara o que seria desconforto ambiental e dano estrutural em diferentes níveis.

Diante das informações apresentadas, constatou-se a necessidade de se realizar um estudo comparativo entre publicações que discutem os limites aceitos para determinadas vibrações. Este trabalho, apresenta ainda, uma metodologia adotada para verificar se as manifestações patológicas ocorridas em edificações localiza-

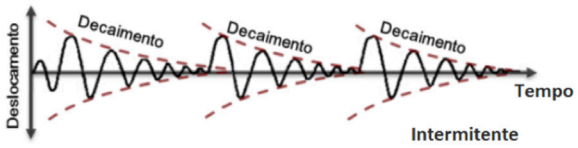
das em um pequeno distrito do interior de Minas Gerais, reclamadas por moradores, estão relacionadas à circulação de veículos e equipamentos pesados em vias próximas dessas edificações, em consequências de obras de grande porte que são realizadas nas proximidades desse distrito.

1.1 Classificação das vibrações quanto à sua duração e ao período de repetição

CECAV (2006) classifica a vibração emitida por uma dada atividade de acordo com o seu período de operação (longa, média ou curta duração); e com a sua magnitude, podendo ser subdividida em três grupos principais:

- **Vibração intermitente:** caracterizada pela sucessão de eventos vibratórios, de curta duração – caso da detonação de explosivos por meio de microrretardos, da atividade de cravação de estacas por impacto e da atividade de compactação dinâmica por batimento:

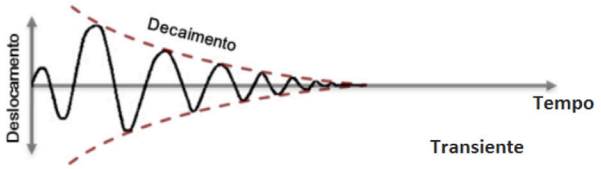
Figura 2 *- Classificação das vibrações sísmicas – vibração intermitente.*



Fonte: *(CECAV, 2016).*

- **Vibração transiente:** quando os níveis de vibração resultam de um impacto súbito, seguido de um tempo de repouso relativamente prolongado – por exemplo, as vibrações decorrentes de atividades como tráfego de veículos de carga em vias de acesso rodoviário, da passagem de um comboio ferroviário, bem como as decorrentes do carregamento ou descarregamento de material:

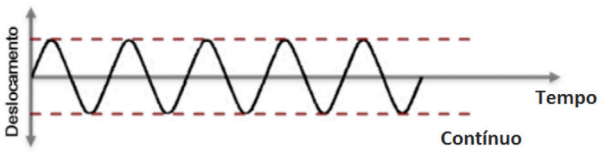
Figura 3 *- Classificação das vibrações sísmicas – vibração transiente.*



Fonte: *(CECAV, 2016).*

- **Vibração contínua:** quando um nível de vibração aproximadamente constante é mantido por um período de tempo significativo (são os casos, por exemplo, das vibrações originadas pelo funcionamento de maquinários pesados em geral tais como as existentes nos processos de britagem):

Figura 4 *- Classificação das vibrações sísmicas – vibração contínua.*



Fonte: *(CECAV, 2016).*

Na classificação apresentada, o CECAV (2016) afirma que a excitação estrutural decorrente de vibrações contínuas tende a ser mais prejudicial às estruturas que as vibrações de caráter transiente, uma vez que o período de tempo de exposição a que as estruturas ficam sujeitas à excitação vibracional é mais prolongado. Por esse motivo, os limites de segurança são mais restritivos para vibrações contínuas do que para vibrações transientes; e ambos são inferiores aos limites para vibrações intermitentes.

1.2. Parâmetros de medição

Nos locais situados no entorno da fonte de vibração, a energia transmitida ao terreno é pressentida na forma de uma vibração, que corresponde à passagem, através dos materiais, de ondas sísmicas cuja frente se desloca radialmente a partir do ponto de excitação. Estas ondas produzem um movimento de partículas nos materiais.

Os parâmetros de medição da vibração mais utilizados compreendem a velocidade, a aceleração e o deslocamento da partícula no terreno, juntamente com sua respectiva frequência.

As vibrações do terreno são medidas através da Velocidade de Vibração de Partícula de Pico (Vp) expressa em milímetro por segundo (mm/s). Esse número é o valor máximo instantâneo da velocidade de uma partícula em um ponto durante um determinado intervalo de tempo, considerado como sendo o maior valor dentre os valores de pico das componentes de velocidade de vibração de partícula para o mes-

mo intervalo de tempo. É este valor que se utiliza para avaliar o potencial de danos das vibrações. Por sua vez, o Pico da Componente de Velocidade de Vibração de Partícula é o máximo valor de qualquer uma das três componentes ortogonais de velocidade de vibração de partícula medida durante um dado intervalo de tempo.

Enquanto uma perturbação ocasionada por uma fonte de vibrações se propaga a partir desta com uma dada velocidade de onda, as partículas do terreno oscilam com uma velocidade de partícula variável. Em qualquer ponto ao longo do percurso, o movimento pode ser definido em termos de três componentes mutuamente perpendiculares (geralmente transversal, vertical e longitudinal ou radial). Para garantir que a velocidade de vibração de partícula de pico seja medida corretamente, as três componentes devem ser medidas simultaneamente.

A velocidade de vibração de partícula de pico consiste no parâmetro recomendado pela legislação nacional e internacional, e por normas técnicas em todo o mundo, concernente à avaliação da potencialidade de danos em estruturas. Corresponde ao maior nível de vibração, em mm/s, identificado ao longo de todo o período de uma medição.

1.3. Principais normas e estudos existentes

No Brasil não são encontradas normas técnicas que estabeleçam os limites para eventos relacionados a vibrações provocadas por equipamentos e ou veículos.

A única norma brasileira relacionada às vibrações e aos danos em edificações é a ABNT NBR-9653:2018 - Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas.

Existem diversas normas técnicas internacionais que dispõe sobre o controle, os transtornos e danos devido às vibrações. Dentre elas, será apresentada nesse trabalho a norma Alemã DIN 4150-3 – Effects of vibration on structures, amplamente aceita e utilizada em vários países, entre eles o Brasil.

1.3.1. ABNT NBR-9653/2018

A ABNT NBR-9653:2018 estabelece os procedimentos para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações próximas a áreas urbanas; e fixa a metodologia para reduzir os riscos inerentes ao desmonte de rocha com uso de explosivos em minerações, estabelecendo parâmetros a um grau compatível com a tecnologia disponível para a segurança das populações vizinhas, referindo-se a danos estruturais e procedimentos recomendados, quanto ao conforto ambiental.

Entretanto, a referida norma abrange apenas as vibrações provocadas por detonações, que são diferentes das provocadas pelo tráfego de veículos, caso do presente estudo.

A norma determina que os riscos de ocorrência de danos induzidos por vibrações de terreno devem ser avaliados levando-se em consideração a magnitude e a frequência de vibração de partícula.

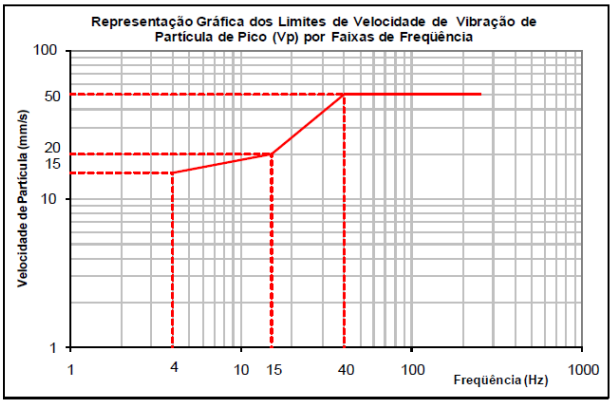
Os limites para a velocidade de vibração de partícula de pico acima dos quais podem ocorrer danos induzidos por vibrações do terreno são apresentados numericamente na TAB. 1 e graficamente na FIG. 1.

***Tabela 1** - Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.*

Faixa de Frequência	Limite de Velocidade de vibração de partícula de pico
4 Hz a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s aumenta linearmente até 20 mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20 mm/s aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s
NOTA - Para valores de frequência abaixo de 4 Hz deve ser utilizado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6 mm (de zero a pico)	

***Fonte:** ABNT – NBR 9653/2018.*

***Figura 5** - Representação Gráfica dos Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.*



***Fonte:** ABNT – NBR 9653/2018.*

1.3.2. Norma Alemã DIN 4150-3

A norma alemã DIN 4150-3 fornece valores limites de referência para vibrações e defende que, caso não sejam ultrapassados, não são verificados efeitos adversos na funcionalidade das estruturas.

Ela fornece os valores limites de velocidade de vibração de partículas, em mm/s, considerando o tipo de estrutura civil e o intervalo de frequência, em Hz; e classifica as edificações em três tipos:

- Edificações bem estruturadas (Prédios, Indústrias, etc.);
- Edificações normais;
- Edificações sensíveis.

As frequências analisadas na norma DIN 4150-3 estão situadas em três intervalos: valores menores que 10Hz; valores entre 10-50 Hz; e valores entre 50-100 Hz. Para frequências acima de 100Hz, a norma afirma que a estrutura suporta níveis altos de vibração.

As figuras abaixo são tabelas extraídas da norma DIN 4150-3, com limites de vibração transiente:

***Figura 6** - Limites de vibração transiente (de curta duração) em edificações.*

Line	Type of structure	Guideline values for velocity, v_i, in mm/s			
		Vibration at the foundation at a frequency of			Vibration at horizontal plane of highest floor
		1 Hz to 10 Hz	10 Hz to 50 Hz	50 Hz to 100 Hz*)	at all frequencies
1	Buildings used for commercial purposes, industrial buildings, and buildings of similar design	20	20 to 40	40 to 50	40
2	Dwellings and buildings of similar design and/or occupancy	5	5 to 15	15 to 20	15
3	Structures that, because of their particular sensitivity to vibration, cannot be classified under lines 1 and 2 and are of great intrinsic value (e.g. listed buildings under preservation order)	3	3 to 8	8 to 10	8
*) At frequencies above 100 Hz, the values given in this column may be used as minimum values.					

***Fonte:** DIN 4150-3.*

***Figura 7** - Representação gráfica dos Limites de vibração transiente (de curta duração) em edificações.*

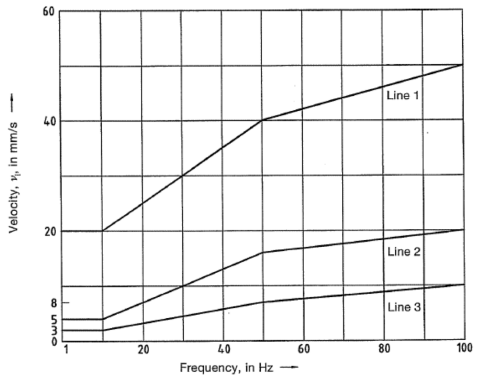


Figure 1: Curves for guideline values specified in table 1 for velocities measured at the foundation

***Fonte:** DIN 4150-3.*

Destaca-se que a norma DIN 4150-3 também foi utilizada como referência para os limites adotados pela Norma Portuguesa NP-2074 e pela Norma Italiana UNI 9916. Os limites de vibração estabelecidos por ela apresentam critérios diferenciados para vibrações transientes e contínuas, e considera variações quanto à fragilidade estrutural de edificações.

1.3.3. Norma Alemã DIN 4150-2

A Norma DIN 4150-2 – Human exposure to vibration in buildings – fornece os valores limites de velocidade de vibração de partículas em mm/s em relação a incômodos e transtornos; sendo considerados basicamente a localização da edificação e o período do dia: diurno e noturno. Também são consideradas quatro tipos de áreas:

***Tabela 2** – Valores de critérios de avaliação para seres humanos expostos a vibração em edificações.*

LOCALIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	KBFmax LIMITE INFERIOR*	
	Diurno	Noturno
Área predominantemente industrial	0,4	0,3
Área predominantemente comercial	0,3	0,2
Áreas que não são predominantemente comerciais ou residenciais	0,2	0,15
Área predominantemente residencial	0,15	0,1
Áreas especialmente protegidas como hospitais	0,1	0,1

**Valores de KBFmax inferiores aos apresentados atendem a norma DIN 4150 – 2. Quando o valor de KBFmax calculado for superior ao apresentado, deve-se adotar outro critério de avaliação, conforme estabelecido na norma DIN 4150 – 2, utilizando o parâmetro denominado "Avaliação de Severidade de Vibração" (KBFTr)*

***Fonte:** Norma DIN 4150-02 (adaptado)*

1.3.4. Estudo CECAV – 2016

O documento intitulado "Sismografia Aplicada à Proteção do Patrimônio Espeleológico - Orientações Básicas à Realização de Estudos Ambientais" foi apresentado pelo CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas) com o objetivo de estabelecer diretrizes e apresentar orientações técnicas minimamente necessárias ao controle das emissões de vibração de atividades operacionais com vistas a subsidiar os termos de referência para a elaboração dos estudos no processo de licenciamento ambiental de empreendimentos capazes de afetar o patrimônio espeleológico ou a sua área de influência (CECAV, 2016).

O estudo apresentado pelo CECAV se baseou nos limites de vibração estabelecidos pela norma DIN 4150-3 e propôs o parâmetro de 3,0 mm/s como critério de segurança preliminar a

cavernas de relevância máxima sujeitas a atividades emissoras de vibração transiente (curta duração); e o nível de 2,5 mm/s como critério de segurança preliminar a cavernas de relevância máxima sujeitas a atividades emissoras de vibração contínua (longa duração).

1.3.5. Decisão CETESB nº 215/2007/E, de 07 de novembro de 2007

A decisão da Diretoria da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo) nº 215/2007/E, de 07 de novembro de 2007, dispõe sobre a sistemática para a avaliação de incômodo causado por vibrações geradas em atividades poluidoras e os seus limites. O Artigo 1º estabelece os critérios para as ações de controle ambiental das atividades poluidoras que emitam vibrações contínuas:

I - Os limites de velocidade de vibração de partículas (pico), considerando os tipos de áreas e período do dia, estão descritos na tabela a seguir:

***Tabela 3** - Limites de Velocidade de Vibração de Partícula – pico (mm/s), conforme tipos de áreas habitacionais e horários.*

Limites de Velocidade de Vibração de Partícula – Pico (mm/s)		
Tipos de áreas	Diurno (7:00 às 20:00)	Noturno (20:00 às 7:00)
Áreas de hospitais, casas de saúde, creches e escolas	0,3	0,3
Área predominantemente residencial	0,3	0,3
Área mista, com vocação comercial e administrativa	0,4	0,3
Área predominantemente industrial	0,5	0,5

Obs.:
1. *Estes valores não se aplicam às avaliações de vibração de partícula gerada pela atividade de desmonte de rocha mediante utilização de explosivos (fogo primário).*
2. *Os limites são valores de referência para avaliação do incômodo. Caso os valores medidos, após a adoção de medidas de controle, forem superiores a estes, mas o incômodo cessar, não há necessidade da continuidade das ações de controle.*
Fonte: *CETESB, 2007.*

II - os valores de vibração apresentados deverão ser aplicados utilizando, quando existente, o zoneamento urbano do município ou, quando inexistente, observando a real ocupação do solo e os tipos de áreas descritos na tabela
III – as avaliações de vibrações devem ser realizadas conforme descrito no Anexo 1 desta Decisão.
Artigo 2º: Esta Decisão de Diretoria entra em vigor na data de sua publicação

1.3.6. Estudo sobre incomodidade e danos em conjunto

Dos estudos existentes sobre os impactos das vibrações induzidas pela atividade humana ao meio ambiente, destaca-se o realizado por WHIFFIN A C e DR LEONARD, A survey of traffic-induced vibrations, Report LR 418, Design Division, Transport and Road Research Laboratory, UK, 1971, que é amplamente utilizado no Brasil, principalmente para a Elaboração de EIA-RIMA.

Na conclusão desse estudo americano é apresentada uma tabela com os limites de velocidade de partícula, em (mm/s), dividido em seis intervalos; e a Reação Humana e os Efeitos sobre as construções/edificações, nesses intervalos. A seguir são apresentadas as tabelas original (tabela 4) e a adaptada (tabela 5) desse estudo, que também é utilizada neste trabalho:

***Tabela 4** - Effects of Vibration on People and Buildings according to TRRL.*

PPV[a] (mm/s)	Human Reaction	Effect on Buildings[c]
0 – 0.15	Imperceptible	Unlikely to cause damage of any type
0.15 – 0.3[b]	Threshold of perception	Unlikely to cause damage of any type
2.0	Vibrations perceptible	Recommended upper level to which ruins and ancient monuments should be subjected
2.5	Continuous exposure to vibrations begins to annoy[d]	Virtually no risk of "architectural" damage to normal buildings
5	Vibrations annoying to people in buildings	Threshold for risk of "architectural" damage in houses with plastered walls and ceilings
10 - 15	Continuous vibrations unpleasant and unacceptable	Would cause "architectural" and possibly minor structural damage.

[a] Peak Particle Velocity in the vertical direction. For human reaction, the value applies at the point at which the person is situated. For buildings, the value refers to the ground motion (but without an allowance for the amplifying effect of structural components). It is assumed that the frequency of vibration is in the range of 5 to 20 Hz.
[b] This level applies to a continuous sinusoidal vibration. However, truck induced vibration is of shorter duration(about 2 to 3 seconds) and thus higher levels appear to be applicable.
[c] The criteria for buildings recognize that the building damage will result from a fatigue failure over a long period of time (not from a one-time event) .
[d] Vibration levels causing annoyance may be lower for occurrences during night time and for occurrences that are very frequent.
Fonte: *WHIFFIN A C e DR LEONARD, 1971.*

***Tabela 5** - Níveis Recomendáveis de Vibrações.*

Velocidade de Partícula – Pico (mm/s)	Reação Humana	Efeitos sobre as Construções/ Edificações
0 - 0,15	Imperceptível pela população. Não incomoda	Não causam danos de nenhum tipo
0,15 a 0,30	Limiar de percepção. Possibilidade de incômodo	Não causam danos de nenhum tipo
2	Vibração perceptível	Vibrações máximas recomendadas para ruínas e monumentos antigos
2,5	Vibrações contínuas. Produzem incômodos na população	Virtualmente, não há risco de dano arquitetural às construções normais
5	Vibrações incomodativas.	Limiar, no qual existe risco de danos às construções
10 – 15	Vibrações desagradáveis.	Causam danos arquiteturais às residências

Observações:
- Os valores de velocidade referem-se ao componente vertical da vibração.
- A medição para avaliação da resposta humana é feita no ponto onde está se localiza.
- Para edificações, o valor refere-se à medição realizada no solo.
- Consideram-se, na aplicação destes parâmetros, os movimentos vibratórios com frequência acima de 3 Hz.
- As recomendações de níveis de vibração realçadas em amarelo são adotadas por agências de controle ambiental para avaliações de vibração induzidas à vizinhança.
Fonte: *WHIFFIN A C e DR LEONARD, 1971 (adaptada).*

2. METODOLOGIA

Foi escolhido um determinado município de

Minas Gerais que possui vias com tráfego significativo de veículos e equipamentos pesados; além de três tipos de pavimento: asfalto, bloquete e paralelepípedo.

Nessas vias foram instalados acelerômetros/sismógrafos para o monitoramento das vibrações, considerando-se distâncias variáveis do eixo da via, entre 0,20 a 11,0 metros.

Durante o monitoramento também foram realizados registros fotográficos dos veículos e dos equipamentos que circulavam nas vias, para auxiliar a sua caracterização.

2.1. Equipamentos e software

Os instrumentos utilizados nas medições foram três sismógrafos de engenharia, modelo Micromate, do fabricante canadense INSTANTEL INC., que possuíam certificados de calibração dentro da validade.

Durante os períodos de monitoramento das vibrações, os sismógrafos foram regulados para dispararem a partir de velocidades de vibração de partícula acima de 0,25 mm/s ou 0,30 mm/s, dependendo da intensidade do trânsito local. O tempo mínimo de permanência dos sismógrafos em cada um dos pontos de monitoramento ao longo do dia foi de 6 horas.

Para a análise e apresentação dos sismogramas foram utilizados os softwares BLASTWARE 10 e THOR, também do fabricante INSTANTEL INC. A análise dos dados levou em consideração os resultados de vibração do terreno, correlacionando-os com as distâncias aos pontos mais próximos com ocorrência de fontes geradoras das vibrações, que eram a pista de rolamento das estradas, os acessos e as ruas.

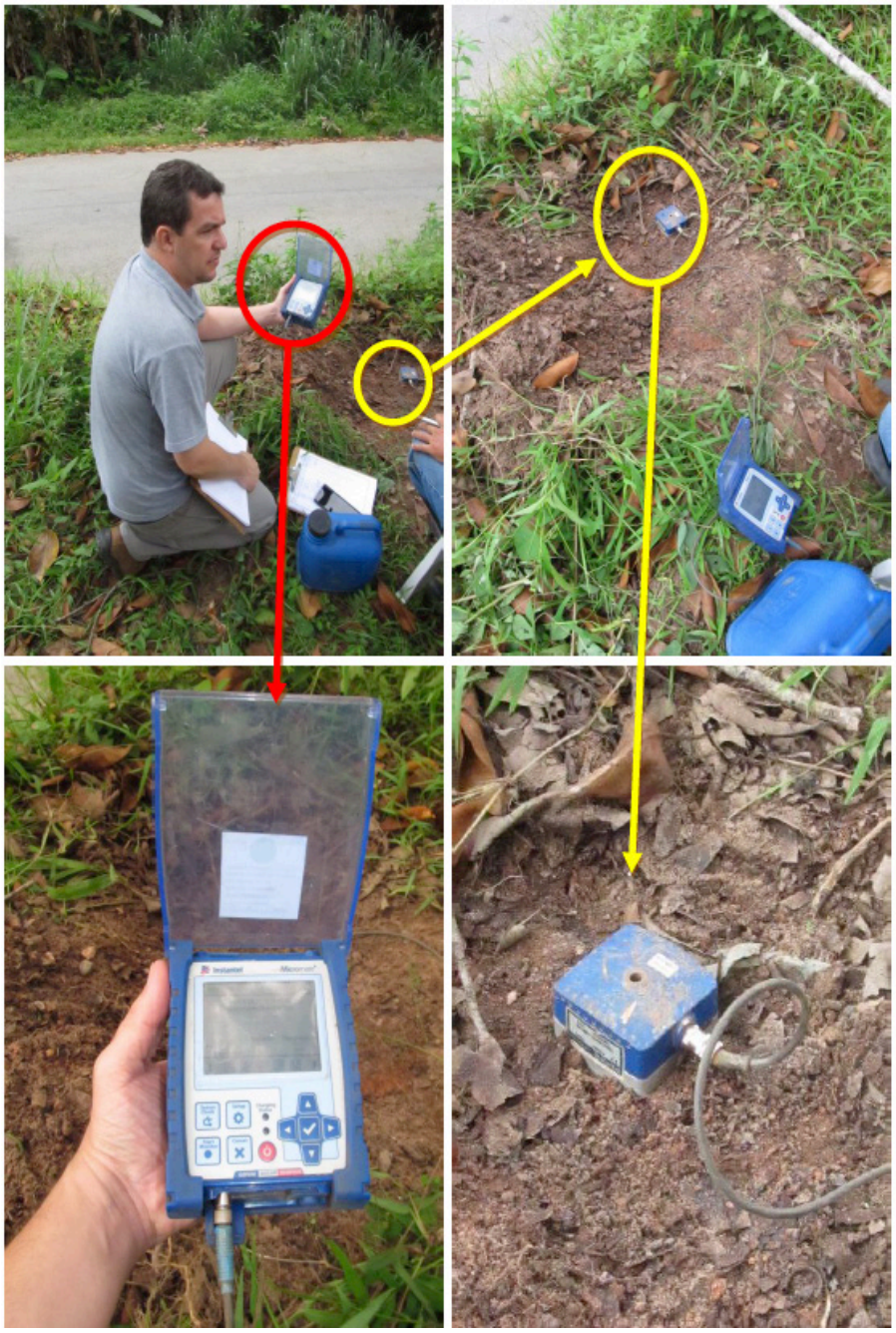


Figura 8 *- Imagens mostrando os equipamentos utilizados para a medição das vibrações nos 15 (quinze) pontos de monitoramento (geofones).*

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

2.2. Fixação dos instrumentos

Para o monitoramento das vibrações de máquinas e equipamentos, os geofones foram nivelados e orientados na direção das fontes de vibrações e afixados diretamente sobre o terreno ou sobre o pavimento, de acordo com as condições do local, mas sempre de modo a representar as vibrações que atingissem a fundação dos imóveis mais próximos. Quando o terreno ou o pavimento era composto de solo, foram utilizados cravos de fixação. Já quando o terreno ou pavimento era composto de concreto ou asfalto, foi utilizado gesso.

***Figura 9** - Imagens mostrando o posicionamento e a fixação dos instrumentos para o monitoramento.*

***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

2.3. Fontes móveis de vibração

Durante o período de monitoramento foram medidas as vibrações relativas ao tráfego de veículos e equipamentos pesados representativos dos mesmos tipos e porte daqueles em atuação nas obras que eram realizadas na proximidade do distrito.

Com exceção das 2 pranchas (escavadeira e rolo compactador), na maioria dos pontos a velocidade de tráfego dos veículos e equipamentos foi a máxima permitida para o local. Assim, para a alça do distrito foi de 20 km/h e para o restante dos pontos foi de 30 km/h a 40 km/h. Na estrada de acesso à comunidade vizinha, o caminhão basculante chegou a 50 km/h, enquanto os demais equipamentos trafegaram até a 40 km/h. Na comunidade vizinha, devido às condições ruins do pavimento e à declividade da via, a velocidade não passou de 20 km/h. As pranchas foram limitadas a 10 km/h na cidade e a 30 km/h na estrada.

Procurou-se representar todos os tipos de pavimento presentes ao longo do trajeto. Para alguns tipos, foram feitas medições próximas aos quebra-molas, o que, notadamente, pode ser causa de valores de vibração mais elevadas, devido à desaceleração brusca e ao baque originado na parte descendente do quebra-molas.

Apenas em dois pontos de monitoramento, localizados na comunidade vizinha, a Escavadeira hidráulica e o Rolo Compactador trafegaram foram da prancha, se movimentando diretamente sobre o pavimento. Destacamos que nesse caso se configura uma situação eventual e não pode ser classificada como trafego de veículos.

Em alguns dias o caminhão basculante circulou durante um período com a caçamba vazia e em outro com a caçamba completamente cheia, permitindo avaliar se essa característica tem influência na magnitude da vibração gerada.

Além das vibrações dos equipamentos e veículos a serviço da empresa que estava realizando obras no local, foram medidas as vibrações de todos os outros veículos e equipamentos que transitaram pelas vias no momento do monitoramento, classificados como trânsito local.

***Tabela 6** - Características e imagens das principais fontes móveis monitoradas durante o estudo.*

EQUIPAMENTO E/OU VEÍCULO DE CARGA FONTE MÓVEL	IMAGEM
MOTONIVELADORA (NEW HOLLAND MODELO 140B DE 15 T)	
CAMINHÃO BASCULANTE (MERCEDES-BENZ AXOR 2831 COM CAÇAMBA DE 12.500 KG)	
PÁ-CARREGADEIRA (NEW HOLLAND 12C DE 10 T)	
RETROESCAVADEIRA SOBRE PNEUS (JCB MODELO 3C DE 6,5 T)	
CONJUNTO CAMINHÃO VOLVO 420 COM PRANCHA + RETROESCAVADEIRA HIDRÁULICA KOMATSU PC 200 – PESO BRUTO TOTAL DO CONJUNTO 76 T;	
CONJUNTO CAMINHÃO SCANIA R420 COM PRANCHA + ROLO COMPACTADOR DYNAPAC CA250 – PESO BRUTO TOTAL DO CONJUNTO 66 T	
ESCAVADEIRA HIDRÁULICA KOMATSU PC 200 – 21 T	
ROLO COMPACTADOR DYNAPAC CA250 – 13,3 T	

***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

2.4. Características dos pontos de monitoramento e das fontes de vibração

2.4.1. Posicionamento dos Instrumentos

Os equipamentos utilizados nas medidas das vibrações referentes ao tráfego de veículos e equipamentos pesados foram distribuídos em 15 (quinze) pontos distintos, sendo 12 (doze) deles na área central do distrito e os outros 03 (três) nas estradas de acesso às comunidades vizinhas.

***Figura 10** - Imagens mostrando (02) dois dos 15 (quinze) pontos de monitoramento realizados durante o estudo.*

***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

3. RESULTADOS

As vibrações geradas pelas fontes móveis que trabalhavam para a empresa que realizava obras no local foram coletadas ao longo de 6 dias, em 15 pontos.

Foram realizadas tabelas que apresentam o horário em que a vibração de cada fonte móvel foi registrada, ou o horário em que a fonte de vibração passou pelo ponto, para os casos em que não tenham sido registradas vibrações. Para esse último caso, é apresentado na tabela que o valor de vibração é inferior ao valor mínimo programado para disparo do instrumento de medição (trigger).

Também foi apresentado o valor da Velocidade de Vibração de Partícula de Pico (Vp) e a sua frequência registrada no momento da passagem do veículo/equipamento. Esse é o valor utilizado para controle, conforme já explicado.

Para os veículos classificados como trânsito local ou para qualquer veículo que gerasse vibrações capazes de serem registradas pelos sismógrafos, além do valor máximo de vibração e do horário captado, também foram feitos registro fotográficos dessas fontes móveis.

3.1. Análise dos resultados das medições de vibração por ponto de monitoramento

A tabela a seguir apresenta os valores máximos de Velocidade de Vibração de Partícula de Pico (Vp) medidos em cada ponto de monitoramento, para cada um dos tipos de fontes móveis trafegando naqueles locais. Esses valores são também correlacionados com o tipo de pavimento existente no local e a distância do ponto de monitoramento à via de tráfego. Os valores em destaque são para os maiores Vps medidos para cada ponto:

***Tabela 7** - Valores máximos de Velocidade de Vibração de Partícula de Pico (Vp) por ponto de monitoramento.*

QUANT.	PONTO	PAVIMENTO	DISTANCIA DA VIA EM (M)	TIPO DE EQUIPAMENTO	VP (MM/S)	FREQUENCIA (HZ)	IMAGENS DO LOCAL E DOS VEICULOS/EQUIPAMENTOS COM MAIORES VIBRACOES
1	MH-01	CHAO BATIDO	2,00	MOTONIVELADORA	<0,25		
				CAMINHAO CACAMBA CHEIO	<0,25		
				PA CARREGADEIRA	<0,25		
				RETROESCAVADEIRA	<0,25		
				PRANCHA COM ROLO COMPACTADOR	<0,25		
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	0,310	15	
				CAMINHAO CARROCERIA	**0,530**	**13,8**	
2	MH-02	CHAO BATIDO	1,5	MOTONIVELADORA	0,426	3,4	
				CAMINHAO CACAMBA VAZIO	0,370	8,8	
				PA CARREGADEIRA	0,465	3,9	
				RETROESCAVADEIRA	0,441	7,5	
				PRANCHA COM ROLO COMPACTADOR	0,828	14,00	
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	0,843	9,1	
				CAMINHAO CACAMBA	**1.695**	**13,0**	
3	MH-03	CHAO BATIDO	1,0	MOTONIVELADORA	0,290	16,0	
				CAMINHAO CACAMBA VAZIO	0,880	19,0	
				PA CARREGADEIRA	0,500	14,6	
				RETROESCAVADEIRA	0,300	8,5	
				PRANCHA COM ROLO COMPACTADOR	0,770	15,5	
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	0,480	14,6	
				CAMINHAO PIPA	**0,960**	**17,1**	
4	MH-04	CHAO BATIDO	3,0	MOTONIVELADORA	<0,30		
				CAMINHAO CACAMBA VAZIO	<0,30		
				PA CARREGADEIRA	<0,30		
				RETROESCAVADEIRA	<0,30		
				PRANCHA COM ROLO COMPACTADOR	0,331	9,3	
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	**0,481**	**7,1**	
				PRANCHA COM PERFURATRIZ	0,402	28,0	
5	MH-05	CHAO BATIDO	0,2	MOTONIVELADORA	<0,30		
				CAMINHAO CACAMBA CHEIO	**1.080**	**17,7**	
				PA CARREGADEIRA	0,300	6,4	
				RETROESCAVADEIRA	0,520	7,6	
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	0,700	9,3	
				CAMINHAO GADO	1.001	12,5	
6	MH-06	ASFALTO	2,00	MOTONIVELADORA	<0,25		
				CAMINHAO CACAMBA VAZIO	**0,740**	**18,3**	
				PA CARREGADEIRA	<0,25		
				RETROESCAVADEIRA	<0,25		
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	0,36	16,0	
				MICRO ONIBUS	1,12	17,1	
7	MH-07	ASFALTO	2,50	MOTONIVELADORA	<0,25		
				CAMINHAO CACAMBA VAZIO	**0,275**	**12,00**	
				PA CARREGADEIRA	<0,25		
				RETROESCAVADEIRA	<0,25		
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	<0,25		
				LOCAL	<0,25		
8	MH-08	ASFALTO	2,00	MOTONIVELADORA	<0,25		
				PA CARREGADEIRA	<0,25		
				RETROESCAVADEIRA	<0,25		
				ROLO COMPACTADOR	1,25	20,5	
				ESCAVADEIRA HIDRAULICA	**1,79**	**51,2**	
				LOCAL	<0,25		
9	MH-09	CALCAMENTO DE PEDRA	1,00	MOTONIVELADORA	<0,25		
				PA CARREGADEIRA	<0,25		
				RETROESCAVADEIRA	<0,25		
				ROLO COMPACTADOR	1.553	34,1	
				ESCAVADEIRA HIDRAULICA	**2.120**	**46,5**	
				CAMINHAO CARROCERIA	0,41	39,4	
10	MH-10	BLOQUETE	1,5	MOTONIVELADORA	<0,25		
				CAMINHAO CACAMBA CHEIO	0,434	>100	
				PA CARREGADEIRA	<0,25		
				RETROESCAVADEIRA	<0,25		
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	<0,25		
				CAMINHAO CARROCERIA	**0,500**	**10,2**	

11 E 12	MH-12A-B	BLOQUETE	0,5	MOTONIVELADORA	<0,25		
				CAMINHAO CACAMBA CHEIO	0,63	17,7	
				PA CARREGADEIRA	0,26	16,0	
				RETROESCAVADEIRA	0,32	4,3	
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	<0,25		
				CAMINHAO CARROCERIA - GAS	**1,47**	**42,7**	
13	MH-14	ASFALTO	0,4	MOTONIVELADORA	<0,25		
				CAMINHAO CACAMBA CHEIO/VAZIO	<0,30		
				PA CARREGADEIRA	<0,30		
				RETROESCAVADEIRA	0,36	3,1	
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	**0,51**	**16,5**	
				ONIBUS	0,26	10,0	
14	MH-15	ASFALTO	1,2	MOTONIVELADORA	0,25	4,0	
				CAMINHAO CACAMBA CHEIO	0,42	2,6	
				PA CARREGADEIRA	<0,25		
				RETROESCAVADEIRA	**0,55**	**2,6**	
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	<0,25		
				CAMINHAO CARROCERIA	0,38	9,1	
15	MH-16	ASFALTO	1,0	MOTONIVELADORA	<0,30		
				CAMINHAO CACAMBA CHEIO	0,40	6,4	
				PA CARREGADEIRA	<0,30		
				RETROESCAVADEIRA	0,42	7,6	
				PRANCHA COM ROLO COMPACTADOR	**0,63**	**14,2**	
				PRANCHA COM ESCAVADEIRA HIDRAULICA	0,552	13,5	
				ONIBUS	0,552	11,4	

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

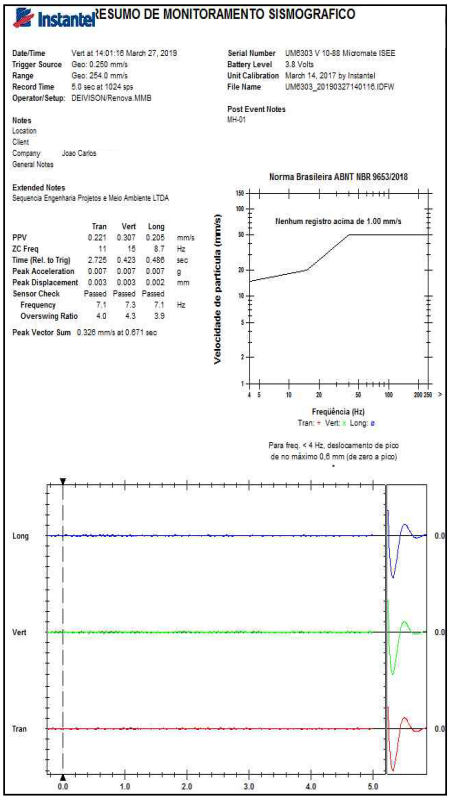
3.1.1. Análise dos resultados no ponto de monitoramento MH-01

Como exemplo sobre as conclusões obtidas, é apresentada a análise dos resultados no ponto MH-01. Nesse ponto, a fonte móvel de vibração que registrou o maior valor de velocidade de partícula, de 0,53 mm/s; e frequência de 13,8 Hz, foi um caminhão carroceria.

O conjunto prancha com escavadeira hidráulica registrou vibrações acima do limite para disparo do instrumento de medição, sendo o valor máximo igual a 0,31 mm/s, com frequência de 15 Hz.

Destaca-se que no local, apesar de ser um cruzamento de grande movimento, não existem quebra-molas próximos.

Figura 11 *- Imagens mostrando em destaque um dos pontos de monitoramento e a medição da passagem de uma das fontes.*



Fonte: *Elaborada pelos autores.*

3.2. Análise dos resultados das medições de vibração por tipo de fonte móvel

A tabela abaixo apresenta os valores máximos de Velocidade de Vibração de Partícula de Pico (Vp) medidos para cada tipo de fonte móvel analisado ao longo da campanha de monitoramento. Esses valores são também correlacionados com o ponto de monitoramento e o tipo de pavimento existente no local.

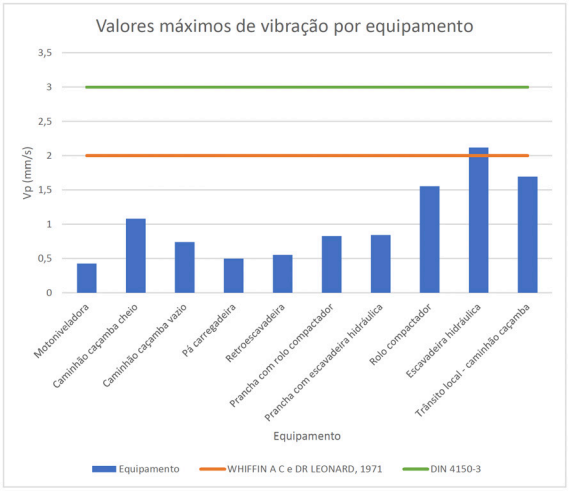
***Tabela 8** - Valores máximos de vibração por equipamento.*

Tipo de equipamento	Ponto	Pavimento	Vp (mm/s)	Frequência (Hz)
Motoniveladora	MH-02	Chão batido	0,426	3,4
Caminhão caçamba cheio	MH-05	Chão batido	1,08	17,7
Caminhão caçamba vazio	MH-06	Asfalto	0,74	18,3
Pá carregadeira	MH-03	Chão batido	0,5	14,6
Retroescavadeira	MH-15	Asfalto	0,55	2,6
Prancha com rolo compactador	MH-02	Chão batido	0,828	14
Prancha com escavadeira hidráulica	MH-02	Chão batido	0,843	9,1
Rolo compactador	MH-09	Calçamento de pedra	1,553	34,1
Escavadeira hidráulica	MH-09	Calçamento de pedra	2,12	46,5
Trânsito local - caminhão caçamba	MH-02	Chão batido	1,695	13

***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

Os dados da tabela 8 são apresentados no gráfico a seguir, que também contém os valores de referência, de 3,0 mm/s para a norma DIN 4150-3; e de 2,0 mm/s para o estudo de WHIFFIN A C e DR LEONARD (1971). Pelo gráfico, pode-se observar que apenas a escavadeira hidráulica apresentou valores de Vp maior que 2,0 mm/s, que é o parâmetro mais restritivo em relação a danos em edificações estabelecido por WHIFFIN A C e DR LEONARD (1971). Entretanto, destaca-se que não é usual o tráfego desse tipo de equipamento em contato com pedras (material abrasivo), situação que só ocorre durante a carga e descarga do equipamento e que não caracteriza o tráfego de equipamentos/veículos, que é o objeto desse trabalho.

***Figura 12** – Gráfico com os valores máximos de vibração por equipamento.*



***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

O caminhão caçamba foi uma das fontes móveis que mais gerou registro ao longo de toda a campanha, tanto pelo número de dados que foram registrados, quanto pelo fato de ser o veículo, a serviço da empresa, que podia trafegar com a maior velocidade e sem necessidade de batedor. Foi coletado um número quase igual de dados para o caminhão caçamba cheio e vazio, em vários pontos de monitoramento, o que permitiu se concluir que, de modo geral, o caminhão caçamba cheio foi capaz de produzir um nível de vibração maior do que o caminhão caçamba vazio.

Para a prancha com rolo compactador, com exceção do ponto MH-01, nas poucas vezes em que o conjunto trafegou nos 5 dos pontos de monitoramento foram registradas vibrações com valores médios a altos. Isso demonstra que essa é uma fonte que tem grande potencial de geração de vibrações.

O rolo compactador trafegou fora da prancha apenas nos 2 pontos da comunidade vizinha e nessas ocasiões produziu alguns dos maiores valores de vibração registrados ao longo de toda a campanha. Isso confirmou o que já se esperava, que essa talvez seja uma das, senão a fonte móvel de maior potencial de geração de vibrações, somente perdendo para a escavadeira hidráulica.

A escavadeira hidráulica trafegou fora da prancha apenas nos 2 pontos da comunidade vizinha e nessas ocasiões produziu os maiores valores de vibração registrados ao longo de toda a campanha. Relaciona-se o fato ao peso do equipamento e à esteira metálica em contato direto com o terreno.

Foram registradas vibrações do chamado trânsito local em quase todos os pontos de monitoramento, com exceção dos pontos MH-07 e MH-08, onde ou o volume de tráfego de veículos pesados era muito pequeno (MH-08) ou as condições da pista não favorecem a geração de vibrações (MH-07). Dentre os 15 pontos de monitoramento, em alguns deles os valores de velocidade de vibração de partícula

registrados para o trânsito local foram superiores aos valores registrados para todas as fontes móveis a serviço da empresa terceirizada. Quando isso não aconteceu, os valores máximos do trânsito local ficaram muito próximos ao valor máximo registrado para as fontes móveis a serviço da empresa. O maior valor de velocidade de vibração de partícula registrado para um veículo do trânsito local ocorreu para um caminhão caçamba no ponto MH-02, caminhão de gás, tendo sido igual a 1,695 mm/s com uma frequência de 13 Hz.

3.3. Análise dos resultados da atenuação das vibrações no ponto duplo MH-12A-B

Os pontos MH-12A e MH-12B foram escolhidos próximos para que se pudesse, ao se medir as vibrações simultaneamente em 2 pontos muito próximos, avaliar qual o fator de atenuação da vibração no terreno ao se distanciar da fonte de vibração em um ponto representativo da área central do distrito.

Dessa forma, foi escolhido o ponto MH-12B situado na Rua Alexandre Alves, a cerca de 11 m de distância, aproximadamente na perpendicular à sua esquina com a via principal Rua Benigno Idelfonso Correa, onde se situava o ponto MH-12A. A figura abaixo ilustra a localização desses dois pontos de monitoramento em relação a via:

Figura 13 *- Vista do posicionamento do ponto MH-12B na via secundária a 11m do ponto MH-12A situado na esquina com a via principal onde trafegaram as fontes móveis cujas vibrações foram registradas.*

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

A tabela abaixo apresenta apenas os valores de velocidade de vibração de partícula que foram registrados simultaneamente nos pontos MH-12A e MH-12B e o percentual de atenuação verificado em cada um desses registros simultâneos.

Ocorreram registros simultâneos de vibrações nesses 2 pontos em 9 ocasiões. Observa-se que o percentual de atenuação variou de um mínimo de 10,3% para um máximo de 51,6%:

Tabela 9 *- Valores de velocidade de vibração de partícula medidos simultaneamente nos pontos de monitoramento MH-12A e MH-12B e seu percentual de atenuação.*

Registro	Tipo de equipamento	Vp (mm/s)	Frequência (Hz)	Vp (mm/s)	Frequência (Hz)	Atenuação (%)
1	Caminhão caçamba cheio	0,62	19,0	0,30	26,9	51,6
2	Caminhão caçamba cheio	0,39	17,7	0,24	25,6	37,4
3	Caminhão de gás	1,57	42,7	0,94	34,1	40,1
4	Caminhão caçamba cheio	1,54	16,5	0,27	19,7	82,5
5	Caminhão de gás	1,15	34,1	0,85	32,0	26,1
6	Caminhão de gás	0,5	56,9	0,38	51,2	24,0
7	Caminhonete	0,51	42,7	0,36	51,2	29,4
8	Kombi	0,46	51,2	0,41	51,2	10,9
9	Caminhão caçamba cheio	0,49	16,0	0,33	17,7	32,7

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

3.4. Análise global dos resultados das medições de vibração das fontes móveis

Analisando-se os dados das tabelas apresentadas, conclui-se que:

- As condições do ponto MH-02, constituído por chão batido, em condições ruins de conservação e que apresenta um quebra-mola; foram determinantes na intensidade máxima das vibrações registradas. Portanto, as condições da via é um fator determinante na intensidade das vibrações;
- A velocidade da fonte móvel influencia diretamente na intensidade da vibração medida, uma vez que os veículos que trafegaram com velocidades maiores apresentaram valores de vibração mais altos;
- O peso do equipamento/veículo também influencia na intensidade das vibrações, uma vez que as pranchas, muito mais pesadas, porém mais lentas, apresentaram valores de vibração maiores do que os dos demais equipamentos sobre pneus. Destaca-se também que o caminhão caçamba totalmente carregado apresentou valores de vibrações, em média, mais altos do que o mesmo caminhão com a caçamba vazia;
- O pavimento asfáltico sem irregularidades induz muito pouca vibração no tráfego dos veículos/equipamentos pesados. Esse tipo de pavimento somente apresentou níveis de vibração medianos, quando associado a alguma irregularidade no piso ou a algum quebra-molas posicionado em zona de maior velocidade. A maioria dos valores altos de vibrações está associada ao piso de chão batido e/ou com problemas de conservação;
- Para fontes móveis trafegando dentro do limite máximo de velocidade permitido para a via, o piso de bloquetes não se mostrou um indutor de valores de vibração elevados, mas permitiu o registro de vibrações de quase todas as fontes, mesmo que em intensidades baixas;
- Em várias ocasiões o trânsito local gerou níveis de vibração maiores ou muito próximos dos níveis mais altos registrados para as fontes móveis a serviço da empresa terceirizada.
- Os equipamentos trafegando diretamente sobre suas partes metálicas, no caso o rolo compactador e a escavadeira hidráulica, confirmaram o seu potencial de geradores de altos níveis de vibração, tendo sido os responsáveis pelos maiores valores de velocidade de vibração de partícula medidos ao longo de toda a campanha. A escavadeira hidráulica trafegando fora da prancha produziu o maior valor de velocidade de vibração de partícula de pico de toda a campanha de monitoramento, registrado no ponto MH-09 e igual a 2,12 mm/s com uma frequência de 46,5 Hz;
- Apenas como comparação com as normas de referência citadas, se for considerado o maior valor de velocidade de vibração registrado, de 2,12 mm/s, e compará-lo com os limites da norma alemã DIN 4150, cujo menor limite para vibrações consideradas contínuas é de 2,5 mm/s, tem-se que o maior valor registrado ao longo da campanha de monitoramento seria 15,2% menor do que o limite mais restritivo da norma DIN 4150.

4. CONCLUSÕES

Para realização deste estudo foram realizadas medições das vibrações geradas pelas fontes móveis trabalhando a serviço da empresa terceirizada e do trânsito local. Essas medições foram coletadas ao longo de 6 dias de monitoramento em 15 pontos distintos.

Os resultados dessas medições foram analisados levando-se em consideração os valores máximos de velocidade de vibração de partícula registrados em cada ponto. Esses valores foram correlacionados com as características dos pavimentos das vias de tráfego, as distâncias aos pontos de monitoramento, a existência de quebra-molas e irregularidades na via, a velocidade máxima de deslocamento das fontes móveis, etc.

Além disso, com a medição das vibrações em 2 pontos simultâneos e muito próximos, foi possível demonstrar a atenuação das vibrações à medida que o ponto de medição se distância da via de tráfego. Foi determinado um coeficiente de amortecimento médio de cerca de 33% para uma distância de 11 m entre um ponto e outro.

A análise global dos resultados mostrou que os valores obtidos estão totalmente coerentes com as expectativas para as características das fontes móveis monitoradas e dos locais de monitoramento, o que valida os resultados das medições e as análises realizadas.

Por fim, o maior valor de vibração registrado ao longo de toda a campanha de monitoramento, de 2,12 mm/s para a escavadeira hidráulica trafegando fora da prancha, foi comparado ao limite de vibração mais restritivo existente na norma alemã DIN 4150, para o que se concluiu que o valor encontrado para a escavadeira hidráulica está 15,2% abaixo do limite mais restritivo da norma.

Portanto, o critério de danos estruturais da norma DIN 4150-3 não foi superado em nenhum momento, mesmo nos casos excepcionais de um equipamento esteira e de um rolo compactador trafegando com materiais metálicos sobre pedras e asfalto, o que só ocorre de forma eventual durante o carregamento e descida desses equipamentos da prancha, não configurando uma situação de tráfego de veículos.

Finalmente, conclui-se que o tráfego de veículos e/ou equipamentos pesados geram vibrações que podem causar incômodos e transtornos aos moradores mais próximos, mas essas vibrações não são capazes de gerar, potencializar ou mesmo antecipar o aparecimento de anomalias e/ou manifestações patológicas nas edificações, mesmo as mais precárias. Entende-se que essa última opção só seria possível em situações extremamente severas de tráfego, somado a edificações muito precárias e que estejam posicionadas muito próximas às vias de tráfego.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, – 2005 – **NBR 9653**: Guia para Avaliação dos Efeitos Provocados pelo Uso de Explosivos nas Minerações em Áreas Urbanas. Rio de Janeiro.

ATTEWELL, P. B.; SELBY, A. R.; O'DONNELL, L. **Estimation of Ground Vibration Form Driving Piling Based on Statistical Analyses of Recorded Data**. Geotechnical and Geological Engineering, v. 10, n. 1, p. 41-59, 1992.

ATTEWELL, P. B.; SELBY, A. R.; UROMEIHY, A. **Appraisal of Ground Vibration Form Civil Engineering Construction International Journal of Mining and Geological Engineering**, v. 7, p. 183-208, 1989.

BACCI, D. C., ESTON, S. M., IRAMINA, W. S., SOARES, L. E. C. – 2003 – **Considerações Sobre o Monitoramento Sismográfico de Vibrações Provocadas por Detonações**. Revista Areia & Brita, nº 21. São Paulo.

BACCI, D. L. C.et al. **Principais Normas e Recomendações Existentes Para Controle de Vibrações Provocadas Pelo Uso de Explosivos em Áreas Urbanas: parte I**. Revista Escola de Minas, v. 56, n. 1, p. 51-57, 2003

BRITO, L. A. P. F. de. **Avaliação da Vibração Gerada pelo Tráfego Rodoviário e Ferroviário no Hospital Universitário de Taubaté**. In: ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., Búzios, 2011. Anais... Búzios, 2011.

BRITO, L. A. P. F. de. **Vibração, Fonte de Incômodo a População e Danos às Edificações no Meio Urbano**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 129-141, jan./mar. 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Decisão de Diretoria nº 215/2007/E**. Diário Oficial do Estado de São Paulo - Caderno Executivo I, p. 38, 2008.

DIN-DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG – 1999 – **DIN 4150-3: Structural Vibration – Part 3: Effects of Vibration on Structures**. Berlim.

HUNAIDI, O. AND TREMBLAY, M. **Traffic-induced building vibrations in Montréal**. Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 24, No. 5, 1997, pp. 736–753.

HUNAIDI, O. **Evaluation of human response to building vibration caused by transit buses. Journal of Low Frequency Noise and Vibration**, Vol. 15, No. 1, 1996, pp. 25–42.

HUNAIDI, O., RAINER, J.H. AND PERNICA, G.**Measurement and analysis of traffic-induced vibrations**. Proceedings of 2nd International Symposium on Transport Noise and Vibration, St. Petersburg, Russia, 1994, pp. 103–108.

ICMBIO – 2016 - **Sismografia Aplicada à Proteção do Patrimônio Espeleológico: Orientações Básicas à Realização de Estudos Ambientais**. ICMBIO. Brasília.

WHIFFEN, A. C. 1971. **A survey of traffic-induced vibrations. (Report LR419.)** Crowthorne, Berkshire, England: United Kingdom Department of Environment, Road Research Laboratory.

PERÍCIA TÉCNICA PARA A VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE VIBRAÇÕES PROVENIENTES DE DESMONTES COM EXPLOSIVOS EM MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES PRÓXIMAS

RESUMO

As mineradoras localizadas próximos a centros urbanos constantemente sofrem com reclamações dos imóveis vizinhos, com fiscalizações de órgãos públicos e com judicializações devido a impactos gerados com a sua operação, principalmente devido a realização de desmontes com explosivos. Nas explosões para o desmonte de rochas, são geradas vibrações induzidas pelo solo, propagação de onda aérea e grandes formações de poeiras. Assim, existem condicionantes para resguardar a sociedade do risco de danos decorrentes da ação das vibrações provenientes do desmonte de rochas. Como não é tecnicamente possível a eliminação da propagação de vibrações, é necessário o controle e monitorização destes fenômenos, com o intuito de garantir os limites impostos pelas normas técnicas e órgãos ambientais. Diante desse cenário, apresentamos este trabalho, cujo objetivo é contribuir para a verificação da influência de vibrações provenientes de desmontes com explosivos em manifestações patológicas e/ou anomalias em edificações posicionadas próximas as mineradoras. Para a realização desse trabalho foi feito um estudo das vibrações provenientes do desmontes por explosivos, vistorias nos imóveis que alegaram problemas devido ao efeito das vibrações e diversos monitoramentos com sismógrafos de engenharia.

AUTORES:

Antônio
Cláudio Andrade Brum

Eduardo
Almeida Veneroso

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello

Rosiane
Lucindro

Wallace
Rezende Costa

Palavras-chave:
Vibrações; Explosivos; Danos em Estruturas; Monitoramento.

1. INTRODUÇÃO

Os valores limites do nível de vibração do terreno não dependem apenas dos danos que a velocidade de vibração de partícula pode causar nas construções civis, mas também do tipo de construção em si, tendo sido provado que, com freqüência, a vibração gerada por explosivos é apenas o instante detonador de um processo de instabilidade atribuído a outras causas, como recalque, dilatação térmica, insuficiência de material, erro de cálculo de projeto, etc. (FORNARO, 1980).

Também é importante considerar as características próprias das vibrações, ou seja, a freqüência, a repetitividade e a duração do fenômeno. Pode-se dizer que um edifício sofre danos, se os impulsos dinâmicos provocados pelas vibrações sobrepõem-se aos impulsos estáticos, levando a uma superação das condições de resistência da estrutura. Quando não é possível, partindo apenas das medidas de velocidade, atingir os valores de deslocamento e os impulsos, é necessário recorrer-se a tabelas empíricas de danos, correlacionando, de vários modos, as características mais evidentes do fenômeno. Esse é o caminho sugerido pela maior parte das normas (FORNARO, 1980).

1.1. Desmonte

O desmonte consiste na fragmentação e desagregação de um maciço rochoso previamente existente.

Este é conseguido introduzindo tensões no terreno que, quando são superiores às tensões de ruptura do material, originam a sua fracturação e consequente desagregação. Promove-se o desmonte quando se pretende a criação de um vazio num maciço rochoso, bem como quando é necessário a extração de uma substância útil existente na rocha tendo em vista o seu beneficiamento.

O desmonte de maciços rochosos é realizado essencialmente em duas situações:

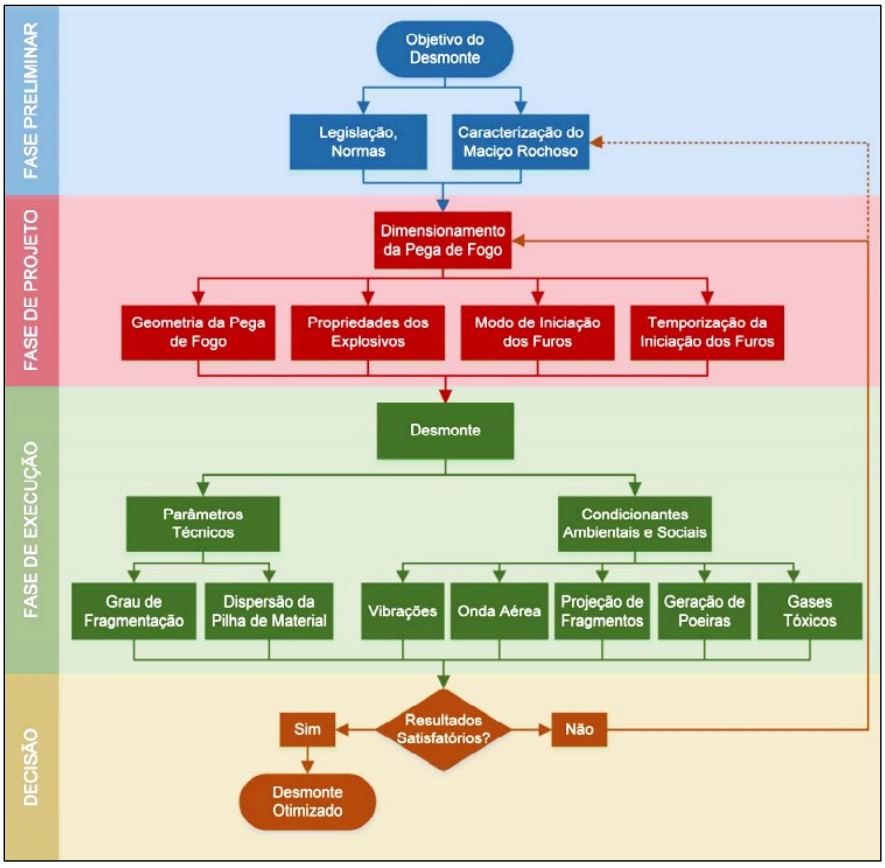
- Operações mineiras;
- Obras geotécnicas.

1.2. Desmonte com recurso de explosivos

Os critérios para a escolha do método de desmonte devem ter em conta o propósito para o qual vão ser executados, bem como a escavabilidade do maciço. A aplicação de explosivos em desmontes é o método mais eficiente quando o maciço é bastante competente, ou seja, quando o recurso a meios mecânicos não é exequível em tempo útil e a um custo aceitável. Como contrapartida, é o método que acarreta mais impactes durante e imediatamente após a sua execução.

Para a execução de um desmonte, é necessário a estudar as condicionantes, com o intuito de calibrar as variáveis, como se pode analisar na Figura 1.

Figura 1 *- Fluxograma da Execução de um Desmonte com Recurso a Explosivos.*



Fonte: *GOMES, JOSÉ PEDRO MOREIRA ANDRADE. Metodologia para análise de vibrações provocadas por desmontes com recurso a explosivos.*

2. FENÔMENO VIBRATÓRIO

Do ponto de vista mecânico, uma vibração é o movimento oscilatório de uma partícula em torno da sua posição de equilíbrio, provocado por um impulso. Este impulso é gerado, geralmente, por forças exteriores, que são transmitidas pelas partículas envolventes. A vibração pode ser decomposta num somatório de ondas periódicas elementares, cuja natureza depende do meio físico em que se propagam.

As vibrações são uma resposta elástica do terreno, quando este é sujeito à passagem de uma onda de tensão, com origem direta ou indireta numa solicitação dinâmica de origem artificial ou natural (BERNARDO, 2004).

A detonação de uma carga explosiva confinada induz no terreno uma quantidade considerável de energia sob a forma de pressão. Esta, por sua vez, gera tensões concêntricas ao furo, que são responsáveis pela formação de vibrações.

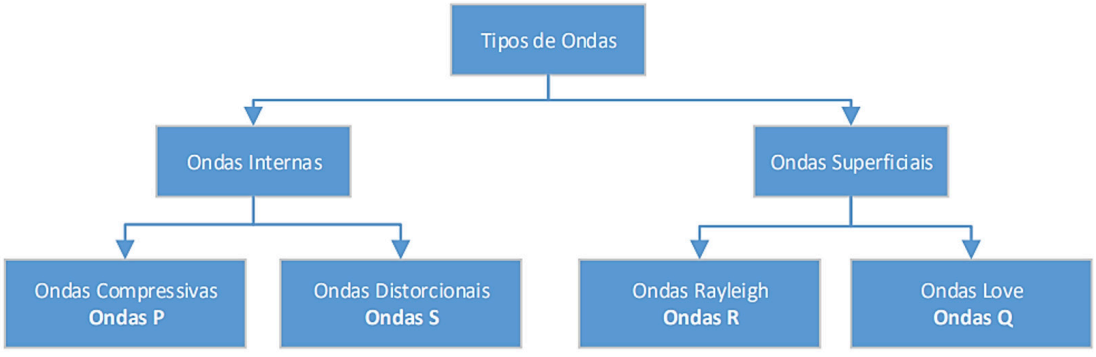
2.1. Caracterização de uma onda

As vibrações produzidas por desmontes podem ser, de uma ótica simplificada, analisadas como ondas sinusoidais, que se propagam radialmente em torno da pega de fogo. Quando estas se propagam em regime elástico, não existe movimento irreversível de material, verificando-se apenas a transferência de energia de um ponto para outro.

2.2. Tipos de onda

As vibrações elásticas que se propagam no terreno são compostas por ondas com diferentes caraterísticas, as quais aliadas à heterogeneidade dos meios de propagação, conferem à vibração um padrão pseudoaleatório. Estas podem ser divididas em dois grupos, como se explicita na Figura 2. Esta divisão é realizada com base no tipo de propagação.

Figura 2 *- Tipos de ondas.*



Fonte: *GOMES, JOSÉ PEDRO MOREIRA ANDRADE.*
Metodologia para análise de vibrações provocadas por desmontes com recurso a explosivos.

Importa sublinhar que as características da propagação das ondas sísmicas no terreno dependem das particularidades do meio onde se propagam. O tipo de material, bem como a existência de heterogeneidades no terreno são os fatores que representam maior importância na alteração no modo de propagação à medida que as ondas progridem no meio.

As velocidades de propagação das ondas são variáveis, assumindo valores consoante o tipo de onda bem como o tipo de meio onde se propagam.

A Tabela 1, compara as velocidades de propagação, com base nos parâmetros atrás enunciados:

Tabela 1 *- Velocidades de propagação das Ondas P e S em diferentes meios; adaptado de (Standford Rock Physics Laboratory).*

MEIOS DE PROPAGAÇÃO	ONDAS P	[M/S]	ONDAS S	[M/S]
Solo vegetal	300	700	100	300
Seixos	300	700	100	300
Areias secas	400	1200	100	500
Areias saturadas	1500	2000	400	600
Argila saturada	100	2500	200	800
Xisto fino saturado	100	2500	200	800
Margas	200	3000	750	1500
Arenitos porosos saturados	2000	3500	800	1800
Calcário	3500	6000	2000	3300
Giz	2300	6000	1100	1300
Sal-gema	4500	5500	2500	3100
Anidrite	4000	5500	2200	3100
Dolomite	3500	6500	199	3600
Granito	4500	6000	2500	3300
Basalto	5000	6000	2800	3400
Gneisse	4400	5200	2700	3200
Carvão	2200	2700	1000	1400
Água	1450	1500		
Gelo	3400	3800	1700	1900
Óleo	1200	1250		

Fonte: *GOMES, JOSÉ PEDRO MOREIRA ANDRADE. Metodologia para análise de vibrações provocadas por desmontes com recurso a explosivos.*

- Ondas Internas

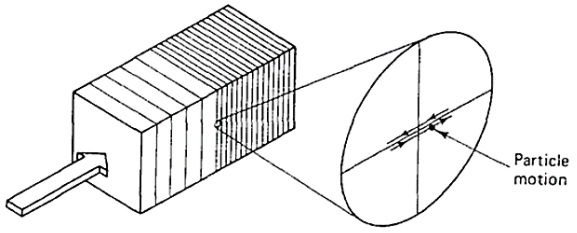
As ondas internas são caracterizadas por se propagarem esfericamente no interior da massa rochosa e induzirem nas partículas do solo movimentos unidirecionais. Estas assumem uma maior importância, ao nível da energia libertada, na proximidade da fonte que as gera. As ondas internas são compostas por ondas compressivas, denominadas doravante por ondas P, e por ondas transversais, ou ondas S.

- Ondas P

As ondas P propagam-se induzindo no terreno uma deformação longitudinal na direção da sua propagação, até intersectarem outro meio onde vão ocorrer alterações, nomeadamente, no surgimento de ondas de corte e de superfície. Para além de se tratarem das ondas com maior velocidade de propagação, estas são ainda caracterizadas pelas suas pequenas amplitudes e altas frequências.

A Figura 3 demonstra o movimento da onda P no terreno.

Figura 3 *- Ondas P*



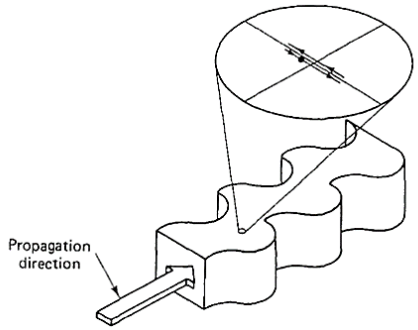
Fonte: *DOWDING, 1985 apud GOMES, 2016.*

- Ondas S

As ondas S geram no terreno uma deformação transversal à direção da sua propagação. A sua velocidade de difusão situa-se entre 60-70% da velocidade das ondas P. Estas apenas se propagam em corpos sólidos uma vez que os fluidos não suportam tensões de corte.

A Figura 4 demonstra o movimento da onda-S no terreno.

***Figura 4** - Ondas S*



***Fonte:** DOWDING, 1985 apud GOMES, 2016.*

- Ondas Superficiais

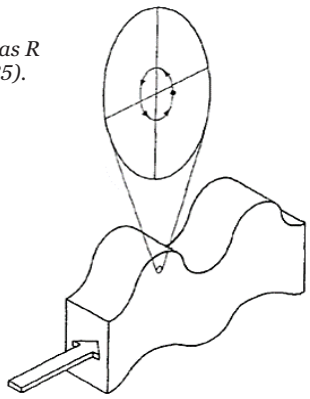
As ondas superficiais são caracterizadas por se propagarem nas interfaces do terreno, como por exemplo nas falhas, contactos geológicos e na superfície do terreno, induzindo vibrações bidimensionais. Na génese destas ondas está a transformação das ondas internas quando intersectam essas interfaces decorrentes da anisotropia nos materiais. São caracterizadas como tendo grande amplitude e duração, bem como baixa frequência. Assim sendo, tendencialmente estas gozam de um carácter mais destrutivo, e adquirem uma maior importância com distâncias de transmissão maiores. As ondas superficiais mais importantes são as ondas Rayleigh, denominadas doravante por ondas R, e as ondas Love, ou ondas Q.

- Ondas R

As ondas R propagam-se elipticamente em planos verticais, tendo o mesmo sentido que a direção de propagação. A amplitude destas ondas é mais elevada do que as ondas internas, contudo, esta diminui rapidamente com o aumento da distância à interface. A velocidade de difusão destas ondas é aproximadamente 90% da velocidade das ondas S.

A Figura 5 demonstra o movimento da onda-R no terreno.

***Figura 5** - Ondas R (Dowding, 1985).*



***Fonte:** DOWDING, 1985 apud GOMES, 2016.*

- Ondas Q

As ondas Q propagam-se em planos horizontais, sendo o tipo de oscilação elíptico. Tal como as ondas R, estas possuem amplitudes elevadas e frequências baixas, diferindo apenas na velocidade de propagação, que é ligeiramente superior.

- Reflexão e Refração de Ondas

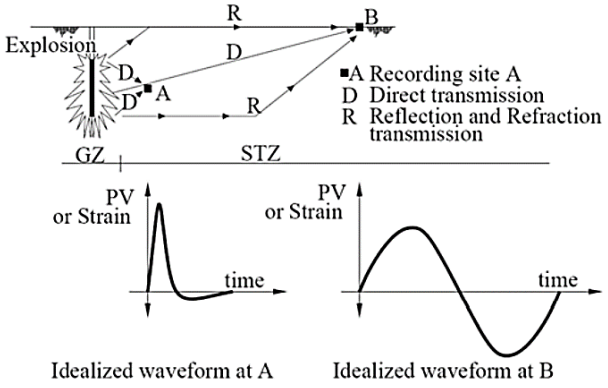
A heterogeneidade do meio de propagação de uma vibração conduz à alteração do fenómeno vibratório.

Quando é realizada a detonação da carga explosiva, ondas de tensão propagam-se em todas as direções.

Na proximidade do furo, a vibração aproxima-se a um impulso de Dirac. Com o aumento da distância ao furo, a vibração adquire a forma sinusoidal, devido à combinação das propagações direta, refletida e refratada (DOWDING, 1985).

Na Figura 6 compara-se a forma das vibrações, de acordo com a localização do transdutor.

***Figura 6** - Idealização da forma da onda num desmonte (Silva-Castro, 2012).*



***Fonte:** DOWDING, 1985 apud GOMES, 2016.*

3. PRINCIPAIS NORMAS E ESTUDOS EXISTENTES

No Brasil a ABNT NBR 9653 (ABNT,2018), estabelece os procedimentos para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas.

3.1 ABNT NBR 9653

O objetivo da ABNT NBR 9653 (ABNT,2018) é fixar a metodologia para reduzir os riscos inerentes ao demonte de rocha, com o uso de explosivos em indústria de minerações e construção em geral, estabelecendo parâmetros a um

grau compatível com a tecnologia disponível. Assim, proporciona segurança das populações vizinhas, referindo-se a danos estruturais e procedimentos recomendados quantos à resposta humana.

No item 5 dessa norma são estabelecidos os requisitos de avaliação para operações de desmonte de rocha por explosivos.

Nesse item também é informado que "em orperações de desmonte de rocha por explosivos, devem ser observadas as condições estabelecidas em 5.1 a 5.3:

- 5.1 Ultralançamento:

O ultralançamento não pode ocorrer além da área operacional do empreendimento, respeitadas as normas internas de segurança referebntes à operação de desmonte;

- 5.2 Pressão acústica:

A pressão acústica, medida além da área de operação, não pode ultrapassar o valor de 100Pa, o que corresponde a um nível de pressão acústica de 134 dBL pico;

- 5.3 Velocidade de vibração de partícula de pico:

Os riscos de ocorrência de danos induzidos pelas vibrações transmitidas pelo meio físico devem ser avaliados levando-se em consideração a magnitude e a frequência de vibração de partícula.

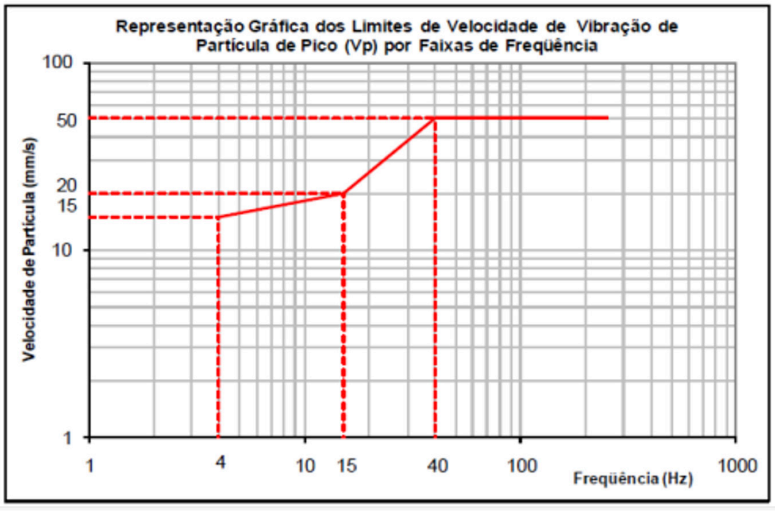
Os limites para velociade de vibração de partícula de piso acima dos quais podem ocorrer danos induzidos pelas vibrações transmitidas pelo meio físico são apresentados numericamente na Tabela 2 e graficamente na Figura 7.

***Tabela 2** - Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.*

Faixa de Frequência	Limite de Velocidade de vibração de partícula de pico
4 Hz a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s aumenta linearmente até 20 mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20 mm/s aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s
NOTA - Para valores de frequência abaixo de 4 Hz deve ser utilizado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6 mm (de zero a pico)	

***Fonte:** ABNT, 2018.*

***Figura 7** - Representação gráfica dos limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.*



***Fonte:** ABNT, 2018.*

3.2. CETESB / D7.013 (fev/2015)

A CETESB estabeleceu critérios de avaliação de problemas ambientais através da norma interna D7.013, de 1992, na qual se fixam as condições exigíveis para a atividade de mineração a céu aberto que utiliza explosivos no desmonte do minério, no que se refere ao controle de poluição e à conservação do meio ambiente. Esse critério avalia o incômodo gerado à população e não se refere aos danos em estruturas civis, como a NBR 9653.

A velocidade resultante de vibração de partícula é calculada do mesmo modo que na norma NBR 9653, a qual estabelece como valor máximo de Vp 3mm/s, medido na componente vertical.

Quando a medição for realizada com utilização de instrumentos cujos resultados sejam a integração das três componentes, o valor máximo permitido para a velocidade de partícula é de 4,2mm/s, para que não haja incômodo à população. Em ambos os casos, a medição deve ser feita fora dos limites da propriedade da mineração.

Quanto à instalação dos sensores, estes devem ser fixados rigidamente no solo, a uma distância inferior a 10m da edificação mais atingida.

3.3. Norma Norte- Americana – USBM (RI 8507) e OSMRE

O Bureau of Mines americano sempre se destacou como pioneiro nos estudos das vibrações, tendo como preocupação o estabelecimento de um limite de segurança que não causasse danos estruturais em construções civis.

A maioria dos seus trabalhos correlaciona os parâmetros deslocamento, freqüência, velocidade máxima de partícula e distância segura com a energia liberada na detonação.

Duvall e Fogelson (1962) concluíram que danos em residências são proporcionais à velocidade de vibração de partícula e que danos maiores (queda de reboco ou rachaduras) podem ser esperados a partir de Vp de 190mm/s (7,6pol/s).

Já danos menores (trincas no reboco, abertura de rachaduras preexistentes) podem ser esperados a partir de Vp de 140mm/s (5,6pol/s) e que 50mm/s (2,0pol/s) representa um valor razoável de separação entre zona de segurança e uma zona de prováveis danos.

O Boletim 656, publicado pelo Bureau of Mines em 1971, intitulado "Blasting Vibrations and Their Effects of Structures", propôs uma velocidade máxima de partícula de 50mm/s (2,0pol/s) como o nível de segurança para as construções civis. A probabilidade de danos a uma estrutura residencial varia conforme aumenta ou diminui, em proporção, o nível de vibração acima ou abaixo de 50mm/s.

O critério atual de danos desenvolvido pelo United States Bureau of Mines (USBM) baseia-se nas pesquisas realizadas em minerações a céu aberto e publicadas em 1980 no Report of Investigation RI 8507, intitulado "StructureResponse & Damage Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting" (Siskind et al., 1980). Nesse trabalho, foi constatado que existe um sério problema com a ressonância estrutural, originada em resposta à vibração de baixa freqüência propagada no terreno, apresentando como resultado aumentos em deslocamentos e deformações, o que veio reforçar a idéia de que danos podem ser ocasionados pela freqüência.

Os limites de danos adotados no RI 8507 foram definidos para "danos cosméticos do tipo mais superficial", ou seja, fissuras internas que se desenvolvem em todas as residências, independentemente das vibrações geradas pela detonação de explosivos.

Os níveis de vibração de partícula seguros foram definidos como "níveis com improbabilidade de produzir fissuras no interior de residências ou quaisquer outros danos". Esses níveis são apresentados na Tabela 1 e são definidos como limites conservativos. Os valores foram muito criticados pela indústria das pedreiras por serem considerados desfavoráveis à produção.

O United States Bureau of Mines (USBM) e o Office for Surface Mining Reclamation (OSRME) estabeleceram dois critérios para o controle dos danos provocados pelas vibrações no terreno.

Os dois critérios, mostrados na tabela 3, constituem uma referência de velocidade máxima de vibração de partícula (Vp) em função da freqüência.

***Tabela 3** - Níveis seguros de velocidades de vibração da partícula para estruturas civis.*

TIPO DE ESTRUTURA	VP (MM/S)	
	A BAIXAS FREQÜÊNCIAS F < 40 HZ	A ALTAS FREQÜÊNCIAS F > 40 HZ
Casas modernas – paredes interiores pré-moldadas em gesso, sem revestimento	19	50
Casas velhas – paredes interiores com gesso ou revestimento de madeira	12,7	50

***Fonte:** Bacci, 2000, adaptado de Siskind et al., 1980.*

3.4. Norma Australiana

Os critérios australianos para limitar os níveis de vibração a partir de desmontes com explosivos em rochas são baseados nas especificações dos seguintes órgãos:

- Comissão Estadual de Controle da Poluição (SPCC) do Manual de Controle de Perturbação Ambiental (New South Wales) – 1980;
- Conselho Ambiental Australiano (AEC) - Norma AS2187, Parte 2 de 1983 - uso de explosivos;
- U.S. Bureau of Mines (USBM) - Relatório RI 8485.

O critério adotado pela SPCC para velocidade de vibração da partícula era o de não exceder 7mm/s e as detonações deveriam ser realizadas no período das 9 às 15 horas, para se evitarem inversões térmicas, sendo requisitado o monitoramento de todos os desmontes de um empreendimento.

A norma AS2187 (1983) adotou critérios referentes ao pico de velocidade de vibração da partícula, medido no terreno próximo à fundação da estrutura, como mostra a Tabela 4.

***Tabela 4** - Valores máximos de velocidade de vibração da partícula, adotados pela Norma AS2187, segundo os tipos de construções civis*

TIPOS DE CONSTRUÇÕES	VELOCIDADE MÁXIMA DE VIBRAÇÃO DE PARTÍCULA (MM/S)
Construções históricas e monumentos de especial valor ou significado	2
Casas e prédios residenciais de baixa altura	10
Prédios comerciais ou industriais ou estruturas de concreto armado ou ferro	25

***Fonte:** Bacci, 2000, adaptado de Scott, 1996.*

A norma foi reeditada em 1993, não considerando limites de Vp para as construções históricas e monumentos, mas ressaltando que esses requerem considerações especiais, muitas vezes resultado em medições adicionais na sua própria estrutura.

Em abril de 1986, o Environmental Noise Control Committee of the Australian Environmental Council (AEC) editou um documento intitulado "Draft Technical Basis for the Control of Noise and Vibration from Blasting", sugerindo as seguintes restrições:

a. Nível máximo permitido de velocidade de vibração da partícula de 5mm/s;
b. O nível máximo pode ser excedido em 5% dos desmontes em um período de 12 meses, não ultrapassando nunca o valor de 10mm/s;
c. Recomenda o valor de 2mm/s para o controle das vibrações;
d. Os desmontes são permitidos das 9 às 15h, de segunda à sábado, sendo proibidos nos domingos e feriados;
e. Os desmontes não podem ocorrer mais de uma vez ao dia, excetuando-se desmontes secundários;
f. As restrições quanto ao tempo e à freqüência dos desmontes não se aplicam a locais onde os efeitos das vibrações não são perceptíveis e a minas subterrâneas metalíferas.

***Tabela 5** - Valores admitidos pela norma alemã DIN 4150 para danos em edifícios*

Tipos de estrutura	Fundação			Andar mais alto dos edifícios
	Frequência (Hz)			Qualquer frequência
	<10	10-50	50-100	
Industrial	20mm/s	20-40mm/s	40-50mm/s	40mm/s
Habitações	5mm/s	5-15mm/s	15-20mm/s	15mm/s
Edifícios particularmente delicados	3mm/s	3-8mm/s	8-10mm/s	8mm/s

***Fonte:** Bacci, 2000, adaptado de Berta, 1985.*

3.5. Norma Alemã (DIN 4150)

As três classes de edifício definidas pela Norma Alemã (DIN 4150) são:

a. Edifícios estruturais;
b. Habitações;
c. Monumentos e construções delicadas.

As freqüências são analisadas em três intervalos, ou seja, valores menores que 10Hz, valores entre 10-50Hz e valores entre 50-100Hz. A norma prevê que, para freqüências acima de 100Hz, a estrutura suporta níveis altos de vibração.

Os valores de velocidade de vibração de partícula definidos variam de 3mm/s, no caso de monumentos e construções delicadas com freqüência inferior à 10Hz, até 50mm/s, no caso de estruturas industriais com freqüência entre 50 -100Hz.

Na avaliação dos danos estruturais causados pelas vibrações do terreno, os valores limites de Vp admitidos para diversos tipos de construções, em função da freqüência, são apresentados na Tabela 5.

Valores de freqüências acima de 100Hz podem ser aceitos nas partes mais altas dos edifícios. Outros valores, medidos abaixo dos limites especificados anteriormente, são considerados não danosos

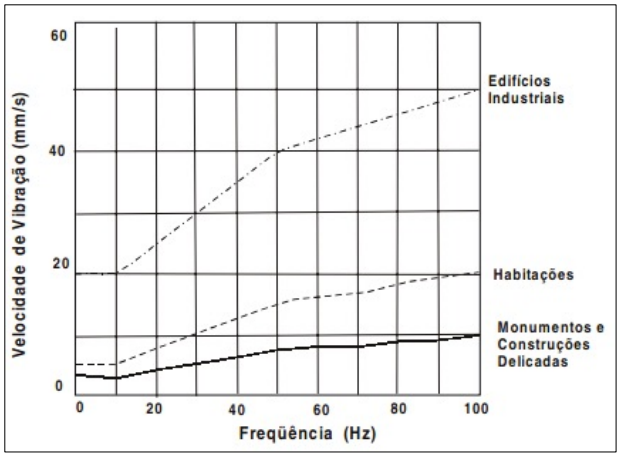
à estrutura civil.

Essa norma é aceita em toda comunidade européia como norma-padrão.

Muitos países europeus desenvolveram suas próprias normas, baseando-as na DIN 4150 ou relacionando-as a ela.

A Figura 8 representa graficamente os valores de Vp dados pela norma alemã DIN 4150.

***Figura 8** - Norma alemã DIN 4150. Estão representados os valores de velocidade de vibração em mm/s em função da freqüência em Hz e das características estruturais dos edifícios.*



***Fonte:** Fonte: Bacci, 2000, modificado de Berta, 1985.*

3.6. Norma Italiana (UNI 9916)

Trata-se de uma norma de 1991, referente à metodologia de indagação e, portanto, não estabelece valores limites.

A norma fornece um guia para a escolha do método apropriado de medida, de tratamento de dados e de avaliação dos fenômenos vibratórios produzidos nos edifícios, com os seguintes objetivos:

- ***a.*** Avaliar se o tipo de vibração pode afetar a estrutura do edifício;
- ***b.*** Verificar a presença ou não de danos estruturais atribuídos à superação dos limites de vibração;
- ***c.*** Avaliar o comportamento do edifício quando submetido a cargas dinâmicas acidentais, como, por exemplo, terremotos.

A norma tem um caráter geral e não se refere aos efeitos das vibrações. Considera os fenômenos vibratórios não necessariamente produzidos por desmontes, com cargas explosivas caracterizadas por gamas de freqüência compreendidas entre 0,1 e 150Hz, levando em conta que fenômenos vibratórios, caracterizados por freqüências superiores a 150Hz, não influenciam significativamente a resposta de um edifício qualquer à vibração.

Os parâmetros seguidos para a caracterização das vibrações são:

- ***a.*** Duração e amplitude da vibração;
- ***b.*** Campo de freqüência de interesse;
- ***c.*** Características dimensionais do elemento estrutural do qual é avaliada a resposta, em função do tipo de edifício, da interação solo-rocha, das características do terreno e das freqüências naturais.

Em relação ao posicionamento do aparelho de registro, a norma sugere a verificação do nível de vibração na base da estrutura, a qual é escolhida em função da fundação, ou, na ausência desta, na base do muro de sustentação. É aconselhável, além dos registros das três componentes ortogonais entre si, o registro do vetor resultante da velocidade de vibração.

Para edifícios com menos de quatro andares, sugere-se dispor os geofones próximo à fundação e no último andar, enquanto que, para edifícios com mais de quatro andares, é aconselhável colocar os geofones em andares intermediários. Os geofones devem estar fixados sobre a estrutura, evitando-se o uso de suportes, de modo que se permita a reprodução fiel do fenômeno vibratório, impedindo alterações atribuídas ao sistema geofone-superfície de medição.

A norma italiana não apresenta novidades e segue os conceitos básicos e limites da DIN 4150.

3.7. Norma Suíça (SN 640312 a)

Antes de 1992, a Suíça adotava uma norma referente aos valores para salvaguardar a integridade dos edifícios; referia-se ela à componente vertical da velocidade, medida na fundação dos edifícios.

Os limites de intensidade de velocidade de vibração de partícula variavam de 25mm/s para museus até 100mm/s para construções em concreto armado.

Estudos posteriores introduziram a freqüência como parâmetro a ser avaliado, resultando na elaboração da Tabela 3, na qual o tipo de estrutura e o tipo de fonte de vibração são atualmente considerados.

A norma introduzida em abril de 1992

abrange os efeitos nos edifícios, acrescentando critérios de avaliação dos danos materiais, mantendo, no entanto, os valores de Vp mostrados na Tabela 6.

Essa norma, utilizada mais para escavações em subterrâneo, no período diurno, diferencia as classes de edifícios, as classes de repetitividade do fenômeno (ocasional, freqüente e permanente) e os campos de freqüência de velocidade da partícula. Acrescenta a distinção dos efeitos das vibrações, nas pessoas, no terreno e nos aparelhos que se encontram nos edifícios e propõe, ainda, uma atualização da metodologia de coleta de dados e dos critérios de determinação e avaliação dos danos materiais.

3.8. Norma Portuguesa (NP-2074)

Datada de 1983, a norma portuguesa segue, em linhas gerais, a norma alemã DIN 4150, determinando, em particular, um critério de controle dos parâmetros característicos das vibrações produzidas em minerações e seus efeitos nos edifícios.

Os valores limites são estabelecidos de acordo com as características das condições da fundação, do tipo de construção e das forças dinâmicas.

Esteves (1994) propôs, além da consideração das características anteriormente mencionadas, a consideração da freqüência. O parâmetro usado para avaliar o nível de vibração é a soma vetorial das três componentes ortogonais da velocidade de partícula, ou simplesmente tomando-se o valor máximo de cada eixo.

O resultado desse estudo é mostrado na Tabela 7.

3.9. Norma Sueca (SS4604866)

A norma sueca foi aprovada em 1989 e revisada em 1991.

Essa norma prevê a medida da componente vertical do vetor de velocidade de vibração da partícula como parâmetro de controle das vibrações nos edifícios (Borla, 1993).

Os níveis estipulados não consideram, entretanto, a perturbação nos seres humanos ou possíveis danos em aparelhos sensíveis.

Em particular, o valor da velocida de medido deve resultar menor que a velocidade V calculada como segue:

V = V0 Fk Fd Ft (2) onde:

V0 = velocidade em mm/s, extraída de uma tabela, variando entre 18 e 70mm/s.

***Tabela 6** - Valores sugeridos pela norma suíça. Os valores de Vp foram medidos para fontes de vibração de tipo ocasional.*

Tipos de estrutura	Frequência (Hz)	Velocidade máxima de vibração da partícula (mm/s)
I. Edifícios de concreto armado	10-60 60-90	30 40
II. Construções normais de edifícios	10-60 60-90	18 18-25
III. Habitações	30-90	12-18
IV. Edifícios delicados	10-60 60-90	8 8-12

***Fonte:** Bacci, 2000, adaptado de Borla, 1993.*

***Tabela 7** - Limites dos valores de vibração de partícula em mm/s.*

	Tipo de solo		
	Solos incoerentes (areias inconsolidadas)	Solos de consistência muito dura, dura e média; solos compactos incoerentes	Solos de alta coerência e rochas
Velocidade da onda	Cp < 1000 m/s	1000 < Cp< 2000 m/s	Cp > 2000 m/s
Tipos de construção	< 10	Frequência 10 a 40	> 40
Construções que requerem cuidados especiais (monumentos históricos, museus, prédios muito altos)	3	5	10
Construções normais (habitações)	5	10	20
Construções reforçadas (prédios a prova de terremotos)	15	30	60

***Fonte:** Bacci (2000), adaptado de Esteves, 1994.*

Fk = tipo de construção (por exemplo: edifício industrial, habitação, edifício histórico, etc.) e do material usado na construção.
Fd = distância entre o ponto de detonação e a captação.
Ft = ambiente de trabalho (galeria, cava, etc.)

Todos os coeficientes definidos anteriormente são extraídos de tabelas, as quais foram elaboradas a partir de trabalhos práticos.

Não estão previstos coeficientes específicos que levem em conta a freqüência de vibração ou que considerem o tipo de fonte de vibração (irregular ou contínua). No entanto, os parâmetros Fd e Ft levam essas questões em consideração, uma vez que a freqüência principal é função da distância e da natureza do terreno, e a duração e repetitividade dos eventos dependem do tipo de explosivo utilizado, ou seja, a fonte de energia.

A Tabela 8 mostra a compilação dos limites recomendados, usados na Suécia para desmontes em rochas em áreas residenciais normais, definidas como aquelas que são ocupadas por casas com fundação e vigas de concreto, paredes externas de tijolos com reboco ou concreto leve.

***Tabela 8** - Valores-limites para Vp na componente vertical (mm/s), para danos em estruturas civis.*

Areia Cascalho Silte	Ardósia Calcários	Granito Gnaisse Calcários duros Quartzitos arenosos Diabásios	Possíveis danos observados em residências
18	35	70	Nenhum tipo de rachadura
30	55	110	Rachaduras finas e queda de reboco
40	80	160	Rachaduras maiores
60	115	230	Sérias rachaduras

***Fonte:** Bacci, 2000, adaptado de Langefors e Kihlstrom, 1963; in Persson et al., 1994.*

Para casas antigas, com fundações de baixa qualidade, o valor de Vp permitido é reduzido de 70mm/s para 50mm/s e, no caso de edifícios de concreto leve, o limite chega a 35mm/s. Muitos valores que ultrapassaram 110mm/s, nos estudos de definição dessa norma, foram registrados sem causar nenhum tipo de dano em construções com fundações sólidas. Construções de concreto armado, escavadas diretamente em rocha, puderam suportar valores de Vp acima de 150mm/s.

O valor-limite recomendado para áreas residenciais normais é de 50mm/s para freqüências acima de 40 Hz.

3.10. Norma Indiana

O limite de vibração suportado pelas estruturas civis na Índia nos arredores das minas a céu aberto foi determinado pelo Central Mining Research Institute (CMRI), em 1991, através de um monitoramento da resposta estrutural de diversas construções.

A Tabela 9 apresenta os resultados de tal estudo.

***Tabela 9** - Valores-limites estabelecidos pelo CMRI para vibrações na fundação a diferentes níveis de freqüência.*

Tipo	Especificações da estrutura	Valores de Vp (mm/s	
		< 24 Hz	> 24 Hz
(a)	Construções domésticas, paredes interiores pré-moldadas em gesso; estruturas com reboco; pontes.	5	10
(b)	Prédios industriais, estruturas de concreto armado ou aço.	12,5	25
(c)	Estruturas de importância histórica; estruturas muito sensíveis; com mais de 50 anos de idade; estruturas em baixo estado de conservação e sem reparações.	2	5

***Fonte:** Adaptado de Pal Roy, 1998.*

Os estudos apontam que um valor de Vp de 5mm/s, medido na fundação das estruturas, é seguro a baixas freqüências para qualquer tipo de estrutura residencial, mesmo se este se amplifica no nível mais alto, devido à ressonância.

A Tabela 10 mostra os valores mínimos de vibração e os danos que podem ser gerados nas estruturas, segundo estudos do CMRI, em diversos tipos de residências.

***Tabela 10** - Valores mínimos de vibrações produzidas por desmontes nos quais ocorreram danos, medidos nas estruturas, segundo CMRI (1991).*

	Vp (mm/s)	Local de medição	Tipo de estrutura
Ocorrência das primeiras trincas	50	Solo	Estrutura de tijolo
Ocorrência das primeiras trincas	76	Primeiro andar	Estrutura de tijolo
Ocorrência das primeiras trincas	400	Paredes laterais	Estrutura de concreto
Alargamento de trincas existentes	90	Solo	Estrutura de tijolo
Rachaduras	240	-	Estrutura de tijolo
Queda de reboco	280	-	Estrutura de tijolo
Fissuras profundas	192	Paredes laterais e cantos e cantos	Construções de sapê *(mud houses)*

***Fonte:** Bacci (2000), adaptado de Esteves, 1994*

Os valores propostos nesse estudo foram monitorados em residências, escolas, construções pobres e demais locais de interesse. Muitas dessas residências encontravam-se em mau estado de conservação e foram construídas sem nenhuma supervisão e com material de baixa qualidade.

3.11. Recomendações Francesas

Atualmente, estão em vigor na França duas recomendações diferentes. A recomendação sugerida pela AFTES (Association Fraçaise des Travaux en Souterrain), de 1974, e a Circular, proposta pelo Ministério do Ambiente, em julho de 1986, ampliada em setembro de 1993.

A recomendação AFTES subdivide os edifícios em três classes:

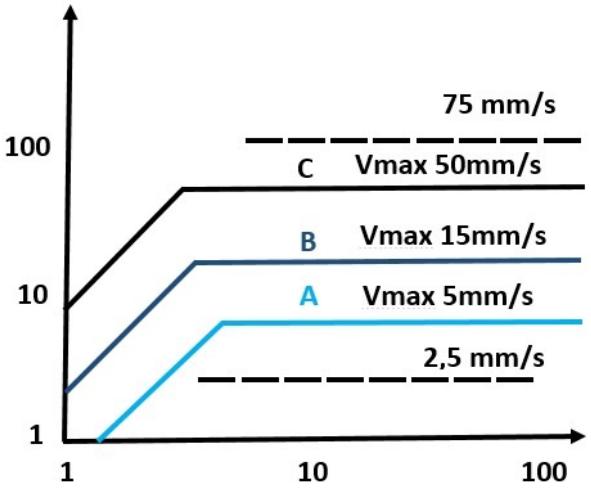
a. Tipo A - edifício de baixa qualidade mecânica (muros deformados);

b. Tipo B - construções de média qualidade mecânica (sem deformações aparentes);

c. Tipo C - construções de boa qualidade mecânica (fundações profundas).

Os limites sugeridos de velocidade são mostrados na Figura 9.

***Figura 9** - Diagrama proposto pela AFTES das vibrações admitidas para as três classes de estrutura (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Anon,1974; in Borla, 1993).*



***Fonte:** Bacci, 2000, adaptado de Anon,1974; in Borla, 1993.*

3.12. Estudo sobre incomodidade e danos em conjunto

Dos estudos existentes sobre os impactos das vibrações induzidas pela atividade humana ao meio ambiente, destaca-se o realizado por WHIFFIN A C e DR LEONARD, A survey of traffic-induced vibrations, Report LR 418, Design Division, Transport and Road Research Laboratory, UK, 1971, que é amplamente utilizado no Brasil, principalmente para a Elaboração de EIA-RIMA.

Na conclusão desse estudo americano é apresentada uma tabela com os limites de velocidade de partícula, em (mm/s), dividido em seis intervalos; e a Reação Humana e os Efeitos sobre as construções/edificações, nesses intervalos. A seguir são apresentadas as tabelas original (tabela 11) e a adaptada (tabela 12) desse estudo, que também é utilizada neste trabalho.

Tabela 11 *- Effects of Vibration on People and Buildings according to TRRL.*

PPV[a] (mm/s)	Human Reaction	Effect on Buildings[c]
0 – 0.15	Imperceptible	Unlikely to cause damage of any type
0.15 – 0.3[b]	Threshold of perception	Unlikely to cause damage of any type
2.0	Vibrations perceptible	Recommended upper level to which ruins and ancient monuments should be subjected
2.5	Continuous exposure to vibrations begins to annoy[d]	Virtually no risk of "architectural" damage to normal buildings
5	Vibrations annoying to people in buildings	Threshold for risk of "architectural" damage in houses with plastered walls and ceilings
10 - 15	Continuous vibrations unpleasant and unacceptable	Would cause "architectural" and possibly minor structural damage.

[a] Peak Particle Velocity in the vertical direction. For human reaction, the value applies at the point at which the person is situated. For buildings, the value refers to the ground motion (but without an allowance for the amplifying effect of structural components). It is assumed that the frequency of vibration is in the range of 5 to 20 Hz.
[b] This level applies to a continuous sinusoidal vibration. However, truck induced vibration is of shorter duration (about 2 to 3 seconds) and thus higher levels appear to be applicable.
[c] The criteria for buildings recognize that the building damage will result from a fatigue failure over a long period of time (not from a one-time event).
[d] Vibration levels causing annoyance may be lower for occurrences during night time and for occurrences that are very frequent.
Fonte: *WHIFFIN A C e DR LEONARD, 1971.*

Tabela 12 *- Níveis Recomendáveis de Vibrações.*

Velocidade de Partícula – Pico (mm/s)	Reação Humana	Efeitos sobre as Construções/ Edificações
0 – 0.15	Imperceptível pela população. Não incomoda	Não causam danos de nenhum tipo
0.15 – 0.30	Limiar de percepção. Possibilidade de incômodo	Não causam danos de nenhum tipo
2	Vibração perceptível	Vibrações máximas recomendadas para ruínas e monumentos antigos
2.5	Vibrações contínuas. Produzem incômodos na população	Virtualmente, não há risco de dano arquitetural às construções normais
5	Vibrações incomodativas.	Limiar, no qual existe risco de danos às construções
10 - 15	Vibrações desagradáveis.	Causam danos arquiteturais às residências

Observações: *- Os valores de velocidade referem-se ao componente vertical da vibração.*
- A medição para avaliação da resposta humana é feita no ponto onde está se localiza.
- Para edificações, o valor refere-se à medição realizada no solo.
- Consideram-se, na aplicação destes parâmetros, os movimentos vibratórios com frequência acima de 3 Hz.
- As recomendações de níveis de vibração realçadas em amarelo são adotadas por agências de controle ambiental para avaliações de vibração induzidas à vizinhança.
Fonte: *WHIFFIN A C e DR LEONARD, 1971 (adaptada).*

3.13. Incomodidade das vibraões aos seres humanos

Destacamos que as avaliações da resposta humana, diante dos efeitos da vibração, são todas muito subjetivas. Elas são a mistura de fatores fisiológicos e psicológicos, que mudam de pessoa para pessoa.

Convém notar que as faixas de sensibilidade humana são muito inferiores dos níveis de vibração suportados pelas estruturas, isto é, as pessoas sentem desconfortavelmente, vibrações que não causam danos às estruturas.

Para Nojiri (2001), não existe um consenso sobre valores admissíveis de vibrações em função da resposta humana. E, em geral, as normas internacionais, assim como as brasileiras, não tratam com base clara as relações de causa e efeito: não existe uma definição clara do que realmente é desconforto ambiente e dano estrutural em diferentes níveis e nem quais as normas que se aplicam para cada caso em si.

Noriji (2001) cita que nos Estados Unidos, no Relatório Interno da USBM RI-9455 de 1993, a velocidade da partícula é de 12,7 mm/s, com duração igual ou menor do que é tolerada por 95% das pessoas. Esse valor tem como respaldo as consultas que foram realizadas com a população antiga, que relatou apenas uma discreta percepção.

Raina (2004) defende que o corpo humano difere das estruturas, bem como na frequência natural, e de maneira peculiar, cada pessoa pode responder à vibração e à sobre-pressão diferentemente, por meio de diferentes posturas, ao sofrer influência, como elemento de um ambiente psicossocial.

Uma observação importante sobre as virações é que normalmente elas se dissipam com o aumento da distância à origem, ou seja, quanto mais distante uma estrutura ou pessoa se encontra do ponto de origem da vibração, menor o efeito da viração sobre a pessoa.

4. METODOLOGIA

Com a finalidade de quantificar os níveis das intensidades de vibrações, para análise dos riscos estruturais, conforto das comunidades vizinhas e impactos ambientais foram realizados monitoramentos sismográficos das detonações da mineradora ocorridas no período do dia 01/01/2021 a 31/01/2021, para verificação dos níveis de intensidades de vibrações que estariam atingindo as áreas internas e externas da mineração, bem como dos possíveis danos causados às estruturas nas imediações da mineração.

Os resultados foram compilados e analisados, tendo como objetivo verificar a situação atual dos impactos provocados pelo desmontes praticado pela Mineradora.

4.1. Descrição do local

O local de estudo é uma mineradora, localizada em um município do estado de Minas Gerais. A Figura 10 mostra a localização da mineradora, e o bairro próximo, vizinho a mina e motivo dos estudos.

***Figura 10** - Localizações da Mineradora e do bairro onde se encontram as edificações vistoriadas.*

***Fonte:** Relatório Técnico forneceido pela mineradora.*

A geologia local e a topografia são fatores com grande influência nas vibrações, juntamente com os parâmetros do plano de fogo. Devido a proximidade de áreas de desmonte de rochas por explosivos, é necessário determinar a influência da execução desses desmontes nas casas e habitantes do bairro em destaque.

4.2. Equipamentos

A Tabela 13 expõe os dados dos equipamentos utilizados durante o estudo:

***Tabela 13** - Dados dos equipamentos.*

Código do sismógrafo	Descrição	Número certificado	Próxima calibração
UM16914	Micromate	UM169142020626	26/06/2021
UM16728	Micromate	UM167282020430	30/04/2021
UM16734	Micromate	UM167342020430	30/04/2021
UM16735	Micromate	UM167352020430	30/04/2021
UM17024	Micromate	UM170342020723	23/07/2021
UM6187	Micromate	UM6187VMA22/12/2020 e UL1372VMA22/12/2020	22/12/2021

***Fonte:** Relatório Técnico forneceido pela mineradora.*

Figura 11 apresenta um sismógrafo de engenharia, esses equipamentos possuem um canal tri-ortogonal para registro de vibrações pelo terreno e um canal para medida de pressões acústicas provenientes de detonações. Podem ser acionados por um evento de magnitude selecionável pelo operador, ficando instalado aguardando sua inicialização por longos períodos de tempo.

***Figura 11** – Sismógrafo de engenharia.*

***Fonte:** Relatório Técnico fornecido pela mineradora.*

O sismógrafo apresenta, inicialmente, os resultados em um display que mostra a máxima velocidade de partícula registrada em um canal, através de comunicação com microcomputadores tipo PC e software específico obtém-se automaticamente os valores máximos de deslocamento, velocidade e aceleração de partícula em cada canal. Para o item de velocidade de partícula, calcula-se ainda para cada máximo a frequência (em hertz) medida de zero a pico e o instante de ocorrência (em milissegundos) a partir do início de seu acionamento. Obtém-se ainda a resultante vetorial da velocidade de partícula, analisada em incrementos de tempo de um milissegundo e apresentando-se o valor máximo em todo o evento, bem como seu instante de ocorrência, a forma da onda é também impressa sob o comando do usuário.

Com o uso de programas adicionais, interpreta-se o espectro de frequência através de análise de Fast Fourier Transform, bem como se executam estudos sobre a precisão de acessórios utilizados, e ainda se realizam comparações e interpretações com normas e regulamentações de diferentes procedências. Esse equipamento contém memória interna para registrar, analisar e arquivar o resultado de até 400 eventos de 1 segundo de duração.

4.3. Metodologia de análise dos dados registrados

O Relatório Técnico de monitoramento contratado pela Mineradora seguiu a norma da ABNT NBR 9653:2018 “Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas”.

Os valores estabelecidos pela ABNT NBR 9653:2018 para vibração de partícula estão descritos na Tabela 14, faixa de frequência x velocidade de partícula individual por canal.

***Tabela 14** - Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixa de frequência.*

Faixa de Frequência	Limites de velocidade de vibração de partícula de pico
4 a 15 (Hz)	Iniciando em 15 mm/s, aumenta linearmente até 20 (mm/s)
15 a 40 (Hz)	Acima de 20 mm/s, aumenta linearmente até 50 (mm/s)
Acima de 40 (Hz)	50 (mm/s)

Para valores de frequência abaixo de 4 Hz, deve ser utilizado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6 mm (de zero a pico).
***NOTA:** 1Hz corresponde a uma oscilação por segundo*
***Fonte:** Norma ABNT NBR 9653, 2018.*

Segundo a norma acima citada, cada valor de frequência corresponde a um limite máximo de vibração para as faixas de 4 a 40 Hz.

4.4. Parâmetros dos desmontes

A tabela 15 destaca o período e local dos desmontes realizados na área interna da mineradora:

***Tabela 15** - Local de realização dos desmontes.*

Período	Local	Número do desmonte
05/01/2021	BANCO 820	21-01-01
05/01/2021	BANCO 810	21-01-03
07/01/2021	BANCO 795	21-01-03
07/01/2021	BANCO 810	21-01-04
12/01/2021	BANCO 795	21-01-06
12/01/2021	BANCO 810	21-01-05
14/01/2021	BANCO 795	21-01-07
19/01/2021	BANCO 810	21-01-08
21/01/2021	BANCO 795	21-01-09
21/01/2021	BANCO 840	21-01-10
26/01/2021	BANCO 795	21-01-11
28/01/2021	BANCO 810	21-01-12
28/01/2021	BANCO 795	21-01-13
05/01/2021	BANCO 820	21-01-01

***Fonte:** Relatório Técnico forneceido pela mineradora.*

4.5. Relatórios Técnicos

Os estudos apresentados neste trabalho foram realizados devido às reclamações dos moradores em relação as detonações realizadas nas operações da mineradora localizado em um município do interior de Minas Gerais.

Até a época das vistorias a empresa responsável pelo monitoramento já havia disponibilizado um total de 4 (quatro) relatórios técnicos.

1. O Relatório Técnico Número 157/20 disponibilizado pela empresa responsável pelo monitoramento foi realizado durante as detonações ocorridas no período do dia 01/10/2020 a 30/10/2020, em 01(um) ponto localizado na rua mais próxima da área da mineradora. Nesse período foram realizados 12 desmontes, sendo que o VpI máx. = 2,29 mm/s, com frequência de pico de 27 Hz, registrada no canal transversal; PA = 120,5 dB (L) ou 21,27 Pa.
2. O Relatório Técnico Número 188/20 disponibilizado pela empresa responsável pelo monitoramento foi realizado durante as detonações ocorridas no período do dia 01/11/2020 a 30/11/2020, em 01(um) ponto localizado na rua mais próxima da área da mineradora. Nesse período foram realizados 13 desmontes, sendo que o VpI máx. = 2,14 mm/s, com frequência de pico de 16 Hz, registrada no canal transversal; PA = 110,3 dB (L) ou 6,5 Pa.
3. O Relatório Técnico Número 218/20 disponibilizado pela empresa responsável pelo monitoramento foi realizado durante as detonações ocorridas no período do dia 01/12/2020 a 31/12/2020, em 01(um) ponto localizado na rua mais próxima da área da mineradora. Nesse período foram realizados 13 desmontes, sendo que o VpI máx. = 3,23 mm/s, com frequência de pico de 21 Hz, registrada no canal transversal; PA = 126,1 dB (L) ou 40,5 Pa

O Relatório Técnico Número 218/21 disponibilizado pela empresa responsá-

vel pelo monitoramento foi realizado durante as detonações ocorridas no período do dia 01/01/2021 a 31/12/2021, em 01(um) ponto localizado na rua mais próxima da área da mineradora. Nesse período foram realizados 14 desmontes, sendo que o VpI máx. = 1,93 mm/s, com frequência de pico de 12 Hz, registrada no canal transversal; PA = 111,5 dB (L) ou 7,5 Pa.

As conclusões apresentadas nos resumos desses relatórios elaborados pela empresa responsável pelo monitoramento foram as seguintes:

"Com base nos planos de desmonte fornecidos pela contratante e nos sismogramas dos ensaios realizados pôde-se observar que os níveis de vibrações pelo terreno e os níveis de pressões acústicas mantiveram-se dentro os limites estabelecidos pela legislação aplicável, norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR) 9653:2018 "Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas", não gerando portanto, riscos estruturais e impactos ambientais nos locais que foram alvo deste monitoramento."

***Tabela 16** - Resumo dos principais valores encontrados de velocidade de vibração de partícula de pico nos Monitoramentos da VMA em comparação com os limites de danos estabelecidos pela ABNT NBR 9653:2018*

RELATÓRIOS MONITORAMENTO VMA	VALORES MEDIDOS		LIMITES DA NORMA ABNT NBR 9653 VPL - (DANOS)	
	VPL MÁXIMA (MM/S)	FREQUÊNCIA (HZ)	ABNT NBR 9653 (MM/S)	PERCENTUAL ATINGIDO DA ABNT NBR 9653 (%)
RT Número 157/20	2,29	27	34,4	**6,66**
RT Número 188/20	2,14	16	21,2	**10,09**
RT Número 218/20	3,23	21	27,2	**11,88**
RT Número 012/21	1,93	12	18,6	**10,37**

***Fonte:** Laudo de Vistoria Pericial realizado pelos autores.*

***Tabela 17** - Resumo dos principais valores encontrados de velocidade de vibração de partícula de pico nos Monitoramentos da VMA em comparação com os limites de incômodos estabelecidos pela CETESB, na D7.013 de fevereiro de 2015.*

RELATÓRIOS MONITORAMENTO VMA	VALORES MEDIDOS		LIMITES DA NORMA ABNT NBR 9653 VPL - (DANOS)	
	VPL MÁXIMA (MM/S)	FREQUÊNCIA (HZ)	CETESB (MM/S)	PERCENTUAL ATINGIDO DA D7.013 CETESB
RT Número 157/20	2,29	27	4,2	**54,52**
RT Número 188/20	2,14	16	4,2	**50,95**
RT Número 218/20	3,23	21	4,2	**76,90**
RT Número 012/21	1,93	12	4,2	**45,95**

***Fonte:** Laudo de Vistoria Pericial realizado pelos autores.*

***Tabela 18** - Resumo dos principais valores encontrados de PRESSÃO ACÚSTICA nos Monitoramentos da VMA em comparação com os limites de danos estabelecidos pela ABNT NBR 9653:2018*

RELATÓRIOS MONITORAMENTO VMA	VALORES MEDIDOS PRESSÃO ACÚSTICA		LIMITES DA ABNT NBR 9653 PRESSÃO ACÚSTICA		PERCENTUAL ATINGIDO DA ABNT NBR 9653 (%)
	dB(L)	Pa	dB(L)	Pa	
RT Número 157/20	120,5	21,27	134	100	**21,27**
RT Número 188/20	110,3	6,5	134	100	**6,5**
RT Número 218/20	126,1	40,5	134	100	**40,5**
RT Número 012/21	111,5	7,5	134	100	**7,5**

***Fonte:** Laudo de Vistoria Pericial realizado pelos autores.*

***Tabela 19** - Resumo dos principais valores encontrados de PRESSÃO ACÚSTICA nos Monitoramentos da VMA em comparação com os limites de incômodos estabelecidos pela CETESB, na D7.013 de fevereiro de 2015.*

RELATÓRIOS MONITORAMENTO VMA	VALORES MEDIDOS PRESSÃO ACÚSTICA		LIMITES DA CETESB, D07.013 - FEVEREIRO DE 2015 (INCÔMODOS)		PERCENTUAL ATINGIDO DA D7.013 CETESB (%)
	dB(L)	Pa	dB(L)	Pa	
RT Número 157/20	120,5	21,27	128	50,24	**42,34**
RT Número 188/20	110,3	6,5	128	50,24	**12,94**
RT Número 218/20	126,1	40,5	128	50,24	**80,61**
RT Número 012/21	111,5	7,5	128	50,24	**14,93**

***Fonte:** Laudo de Vistoria Pericial realizado pelos autores.*

Os monitoramentos realizados pela empresa responsável confirmam que os níveis de vibrações que atingiram os imóveis vistoriados, em consequência das detonações que ocorreram na mineradora, ficaram bem abaixo do limiar de risco estabelecido pela Norma Técnica ABNT NBR 9653 -2018. Portanto, essas vibrações não tiveram nenhuma influência nos danos e anomalias constatados.

4.6. Ensaios realizados

A amostragem dos ensaios realizados foi obtida através da seleção de 01 (um) ponto de monitoramento solicitado pela contratante (ponto externo). Este ponto foi tomado como referência para identificação dos possíveis efeitos secundários provocados, e cuja finalidade foi a de identificar quantificar a intensidade dos dois fenômenos gerados: Vibrações pelo terreno e Níveis de pressões acústicas. As coordenadas utilizadas nestes ensaios tiveram como referência geodésica o DATUM WGS84.

Para a realização do ensaio, a VMA utilizou 06 (seis) sismógrafos instalados em 01 (um) ponto de monitoramento solicitado pela contratante, totalizando uma série de 14 (quatorze) registros individuais, distribuídos conforme a tabela 20.

***Tabela 20** - Local de realização dos ensaios.*

PERÍODO	LOCAL	LIMITES DA CETESB, D07.013 - FEVEREIRO DE 2015 (INCÔMODOS)		Nº DE REGISTROS
		N	E	
01/01/2021 à 31/01/2021	Rua X	7839229	594577	13

***Fonte:** Relatório Técnico forneceido pela mineradora.*

A figura 12 apresenta o ponto dos ensaios.

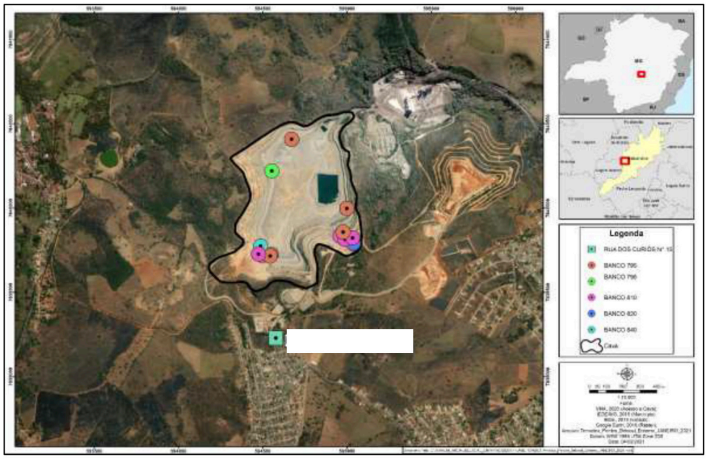
4.7. Resultados dos ensaios

As distâncias (D) dos ensaios monitorados estiveram na faixa de D = 486 a 1183 m com média de 711 m. A carga média por espera variou de 60,2 a 100 kg com média de 77,5 kg. A carga total variou de 775 a 4.725 kg com média de 2.405 kg.

4.8. Fixação dos instrumentos

Para o monitoramento das vibrações devido as detonações, os sismógrafos foram nivelados e orientados

***Figura 12** - Ponto de ensaio.*



***Fonte:** Relatório Técnico fornecido pela mineradora.*

na direção das fontes de vibrações e afixados diretamente sobre o terreno ou sobre o pavimento, de acordo com as condições do local. Quando o terreno ou o pavimento era composto de solo, foram utilizados cravos de fixação. Já quando o terreno ou pavimento era composto de concreto ou asfalto, foi utilizado gesso.

A amostragem dos ensaios realizados foi obtida através da seleção de 01 (um) ponto de monitoramento localizado próximo a uma das edificações vistoriadas.

Figura 13 *- Área da lavra e local dos imóveis vistoriados.*

Fonte: *Próprio autor.*

Figura 14 *- Local dos imóveis vistoriados e o ponto de instalação do sismógrafo.*

Fonte: *Próprio autor.*

4.9. Ensaio Fotográfico dos locais de detonação e monitoramento com sismógrafo

Figura 15 *- Vista da extensão da bancada do desmonte realizado no dia 07/01/2021*

Figura 16 *- Vista da lateral esquerda da bancada do desmonte realizado no dia 19/01/2021*

Figura 17 *- Sismógrafo instalado no ponto 01 da Rua X.*

Figura 18 *- Sismógrafo instalado no ponto 01 da Rua X (outro ângulo).*

Fontes: *Relatório Técnico forneceido pela mineradora.*

4.10. Resultados dos ensaios

As distâncias (D) dos ensaios monitorados estiveram na faixa de D = 486 a 1183 m com média de 711 m. A carga média por espera variou de 60,2 a 100 kg com média de 77,5 kg. A carga total variou de 775 a 4.725 kg com média de 2.405 kg. A tablea 21 apresenta os valores registrados nos pontos, quanto às vibrações pelo terreno.

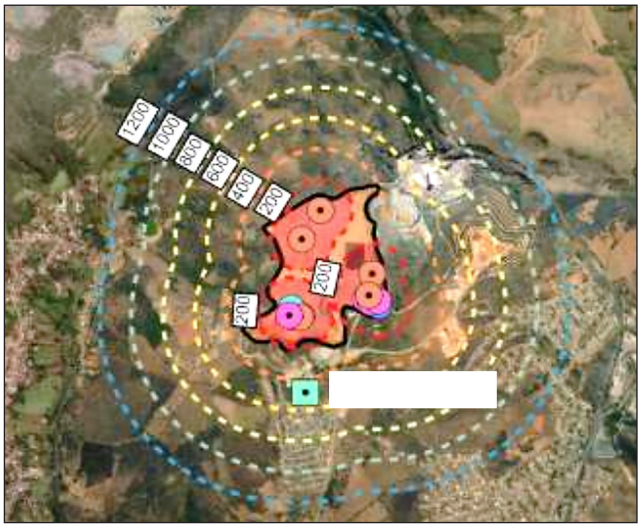
Tabela 21 *- Faixa de valores de medição de vibrações pelo terreno.*

Item	Máxima	Média	Mínima
Vp Resultante (mm/s)	2,60	1,24	0,26
Vp Individual (mm/s)	1,93	0,95	0,20
Frequência de Pico ZC (Hz)	Faixa de 9,50 à 47,0 (Hz) com média de 19,2 (Hz)		
Frequência Dominante FFT (Hz)	Faixa de 5,13 à 78,38 (Hz) com média de 12,4 (Hz)		

Fonte: *Relatório Técnico forneceido pela mineradora.*

Para esta simulação foi utilizado a maior carga média por espera apresentada no plano de desmonte que foi de 100 kg. Os valores registrados nos pontos de ensaio podem ser comparados aos da simulação.

Figura 19 *- Intensidades de vibrações pelo terreno.*



Fonte: *Relatório Técnico forneceido pela mineradora.*

A tabela 22 apresenta os valores registrados nos pontos dos ensaios, quanto aos níveis das pressões acústicas.

Tabela 22 *- Faixa de valores de medição dos níveis das pressões acústicas.*

Item	Máxima	Média	Mínima
Vp Resultante (mm/s)	2,60	1,24	0,26
Vp Individual (mm/s)	1,93	0,95	0,20
Frequência de Pico ZC (Hz)	Faixa de 9,50 à 47,0 (Hz) com média de 19,2 (Hz)		
Frequência Dominante FFT (Hz)	Faixa de 5,13 à 78,38 (Hz) com média de 12,4 (Hz)		

Fonte: *Relatório Técnico forneceido pela mineradora.*

4.11. Interpretação e análise das vibrações registradas

As vibrações, registradas nas detonações realizadas pela mineradora tiveram características normais quando comparadas com eventos de outras regiões em área semelhantes.

Na interpretação dos sismogramas registrados, não foram verificados associação da intensidade dos eventos com carga superposta, fazendo com que as detonações se processassem com a eficiência desejada, não comprometendo os desmontes, que são essenciais na vida da mineração.

Existe um amortecimento rápido das intensidades de vibração pelo terreno à medida que aumenta a distância, o que tornam as situações dos desmontes da mineradora considerados como normais.

a. Quanto às frequências das velocidades individuais podemos dizer:

As frequências de pico (ZC) das vibrações pelo terreno para as distâncias do ponto em relação aos desmontes, estiveram divididas entre baixa e alta frequência, sendo que a maior parte ficou na faixa de baixa frequência, o que representou 97,36 % dos valores inferiores a 40 Hz.

Já as frequências dominantes (FFT) das vibrações pelo terreno para as distâncias do ponto em relação aos desmontes, também estiveram divididas entre baixa e alta frequência, sendo que a maior parte ficou na faixa de baixa frequência, o que representou 97,43 % dos valores inferiores a 40 Hz.

b. Quanto às frequências da pressão acústica podemos dizer:

As frequências de pico (ZC) das pressões acústicas, para as distâncias do ponto em relação aos desmontes, estiveram classificadas na sua totalidade na a faixa de não audíveis, o que representou 100 % dos valores inferiores a 20 Hz.

Já as frequências dominantes (FFT) das pressões acústicas para as distâncias do ponto em relação aos desmontes também estiveram classificadas na sua totalidade na a faixa de inaudíveis, o que representou 100 % dos valores inferiores a 20 Hz.

4.12. Ensaio Fotográfico das vistorias realizadas nas edificações localizadas próximo à mineradora.

***Figura 20** - Imóvel 01*

***Fonte:** Laudo de Vistoria Pericial realizado pelos autores.*

***Figura 21** - Imóvel 02*

***Fonte:** Laudo de Vistoria Pericial realizado pelos autores.*

Figura 22 *- Imóvel 03*

Fonte: *Laudo de Vistoria Pericial realizado pelos autores.*

Figura 23 *- Imóvel 04*

Fonte: *Laudo de Vistoria Pericial realizado pelos autores.*

5. RESULTADOS

Apesar dos problemas observados nos imóveis vistoriados serem decorrentes das falhas construtivas e da inadequada e deficiente manutenção preventiva e/ou corretiva, ao longo de sua vida útil, temos que considerar e analisar se as detonações que estão ocorrendo na mineração posicionada na mesma região do imóvel originaram ou agravaram manifestações patológicas identificadas no imóvel, conforme reclamações do proprietário/ocupante.

Os estudos técnicos referentes aos impactos das vibrações em edificações esclarecem que as vibrações normalmente se dissipam com o aumento da distância à origem, ou seja, quanto mais distante uma estrutura se encontra do ponto de origem da vibração, menor o efeito da vibração sobre ela.

Outra informação importante observada nestes estudos é que as avaliações da resposta humana, diante dos efeitos de vibração, são subjetivas e dependem de fatores fisiológicos e psicológicos, que mudam de pessoa para pessoa. Assim as faixas de sensibilidade humana são muito inferiores aos níveis de vibração suportados pelas estruturas, isto é, as pessoas se sentem desconfortáveis com vibrações que não causam nenhum dano às estruturas.

Ressaltamos que as investigações empreendidas em diversos países são concordantes em admitir que os danos em estruturas se correlacionam melhor com a velocidade de vibração das partículas, que é o parâmetro atualmente adotado para definir limites de danos provocados em estruturas em todo o mundo.

Ao analisar os vários estudos técnicos sobre os efeitos das vibrações provocadas por detonações para os desmontes de rochas, tem-se que são diversas as variáveis que influenciam na intensidade dessas vibrações, sendo que as mais destacadas nesses estudos são: as características do solo; o tipo e a carga de explosivos utilizados e a distância entre a fonte e o receptor.

A NBR-9653:2018 estabelece os procedimentos para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. O objetivo dessa norma é fixar a metodologia para reduzir os riscos inerentes ao desmonte de rocha com uso de explosivos em indústria de mineração e construção em geral. Estabelece parâmetros a um grau compatível com a tecnologia disponível, para a segurança das populações vizinhas, referindo-se a danos estruturais e procedimentos recomendados quanto à resposta humana.

Essa norma estabelece que os riscos de ocorrência de danos induzidos pelas vibrações transmitidas pelo meio físico devem ser avaliados levando-se em consideração a magnitude e a frequência de vibração de partícula.

Os limites para velocidade de vibração de partícula de pico acima dos quais podem ocorrer danos induzidos pelas vibrações transmitidas pelo meio físico são apresentados numericamente na Tabela 23.

***Tabela 23** - Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência"*

Faixa de Frequência [a]	Limite de Velocidade de vibração de partícula de pico
4 Hz a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s aumenta linearmente até 20 mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20 mm/s aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s
Para valores de frequência abaixo de 4 Hz deve ser utilizado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6 mm (de zero a pico) - NOTA 1 Hz corresponde a uma oscilação por segundo	

***Fonte:** Norma ABNT NBR 9653, 2018.*

Já a CETESB, em fevereiro de 2015, publicou a D7.013 que é uma norma que fixa as condições mínimas exigíveis para o controle da operação de desmonte de rochas com uso de explosivos e seus acessórios, no que se refere à prevenção e mitigação de impactos ao meio ambiente e estabelece limites para avaliação do incômodo de pressão acústica e velocidade de vibração de partículas gerados pelas operações de desmonte de rochas com uso de explosivos e seus acessórios.

No item 9 (Critérios de Avaliação) dessa norma, que será reproduzido abaixo, são apresentados os limites para o Nível de Pressão Acústica – Lpl e da Velocidade Resultante de Vibração de Partícula – VR. Lembrando que esses são os

limites para avaliação do incômodo gerado pelas operações de desmonte de rochas com uso de explosivos e seus acessórios relacionados à pressão acústica e vibração.

- 9.1 Nível de Pressão Acústica – Lpl:

O nível de pressão acústica (Lpl) proveniente das operações de desmonte de rocha com o uso de explosivos não poderá ser superior a 128 dB Linear - pico, no local de medição estabelecido no item 8.1;

- 9.2 Velocidade Resultante de Vibração de Partícula – VR:

A velocidade resultante de vibração de partícula (VR) proveniente das operações de desmonte de rocha com o uso de explosivos não poderá ser superior a 4,2 mm/s - pico, no local de medição estabelecido no item 8.1.Conclusões

Para realização deste estudo foram realizadas medições das vibrações geradas pela mineradora localizada no interior de Minas Gerais.

Os estudos de monitoramento das vibrações foram contratados devido às reclamações dos moradores em relação as detonações realizadas pela mineradora em suas operações.

A empresa responsável pelos monitoramentos disponibilizou um total de 4 (quatro) relatórios técnicos.

Os monitoramentos realizados pela empresa responsável confirmam que os níveis de vibrações que atingiram os imóveis localizados próximo ao bairro vizinho à mineradora, em consequência das detonações que ocorreram, ficaram bem abaixo do limiar de risco estabelecido pela Norma Técnica ABNT NBR 9653 -2018. Portanto, essas vibrações não tiveram nenhuma influência nos danos e anomalias constatados.

Os resultados dessas medições foram analisados levando-se em consideração os valores máximos de velocidade de vibração de partícula registrados em cada ponto.

Valores máximos registrados:

Ponto 1 – Rua X:

- VpI máx. = 1,93 mm/s, com frequência de pico de 12 Hz, registrada no canal vertical;
- PA = 111,5 dB (L) ou 7,5 Pa;

Os valores com registros citados acima podem ser classificados da seguinte maneira quanto à norma ABNT NBR 9653:2018:

Ponto 1 – Rua auX

- VpI – representou de 10,37 % do limite máximo estipulado, que é de 18,6 mm/s para a frequência de 12 Hz citada no item “a” acima. Portanto, pode-se concluir que os desmontes efetuados pela mineração estão dentro dos limites permitidos para velocidade de vibração de partícula de pico.
- PA – representou 7,5 % do limite máximo em Pa, sendo que o limite estabelecido pela norma é de 134 dB (L) ou 100 Pa. Portanto, pode-se concluir que os desmontes efetuados pela mineração estão dentro destes limites permitidos.

Sendo assim, as detonações que foram realizadas atendem, aos critérios estabelecidos na ABNT NBR 9653:2018 “Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas”, no que tange as vibrações pelo terreno e atmosfera.

No que diz respeito ao incômodo da população nas comunidades vizinhas as detonações na sua maioria produziram vibrações pelo terreno que foram perceptíveis no ponto de monitoramento. As vibrações pela atmosfera também foram perceptíveis ou audíveis em algumas detonações, mas sem nenhum valor que possa causar um incômodo maior.

Podemos concluir que as manifestações patológicas e/ou anomalias existentes nos imóveis vistoriados são em decorrência exclusiva de falhas ou vícios construtivos, somado a uma manutenção deficiente e precária e, por isso, não possuem nenhuma relação com as vibrações provocadas pelas detonações que ocorreram na mineradora.

6. CONCLUSÕES

Os monitoramentos realizados confirmam que os níveis de vibrações que atingiram os imóveis localizados próximo ao bairro vizinho à mineradora, em consequência das detonações que ocorreram, ficaram bem abaixo do limiar de risco estabelecido pela Norma Técnica ABNT NBR 9653 -2018. Portanto, essas vibrações não tiveram nenhuma influência nos danos e anomalias constatados.

Sendo assim, as detonações que foram realizadas atendem, aos critérios estabelecidos na ABNT NBR 9653:2018 "Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas", no que tange as vibrações pelo terreno e atmosfera.

No que diz respeito ao incômodo da população nas comunidades vizinhas as detonações na sua maioria produziram vibrações pelo terreno que foram perceptíveis no ponto de monitoramento. As vibrações pela atmosfera também foram perceptíveis ou audíveis em algumas detonações, mas sem nenhum valor que possa causar um incômodo maior.

Podemos concluir que as manifestações patológicas e/ou anomalias existentes nos imóveis vistoriados são em decorrência exclusiva de falhas ou vícios construtivos, somado a uma manutenção deficiente e precária e, por isso, não possuem nenhuma relação com as vibrações provocadas pelas detonações que ocorreram na mineradora.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6023 - Informação e documentação - Referências – Elaboração.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9653 – Guia para Avaliação dos Efeitos Provocados pelo Uso de Explosivos nas Minerações em Áreas Urbanas.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BACCI, D. C., ESTON, S. M., IRAMINA, W. S., SOARES, L. E. C. – 2003 – **Considerações Sobre o Monitoramento Sismográfico de Vibrações Provocadas por Detonações.** Revista Areia & Brita, nº 21. São Paulo.

BACCI, D. L. C.et al. **Principais Normas e Recomendações Existentes Para Controle de Vibrações Provocadas Pelo Uso de Explosivos em Áreas Urbanas: parte I.** Revista Escola de Minas, v. 56, n. 1, p. 51-57, 2003

BACCI, D. L. C.et al. **Principais Normas e Recomendações Existentes Para Controle de Vibrações Provocadas Pelo Uso de Explosivos em Áreas Urbanas: parte II.** Revista Escola de Minas, v. 56, n. 1, p. 51-57, 2003

BACCI, D.C. **Vibrações geradas pelo uso de explosivos no desmonte de rochas: avaliação dos parâmetros físicos do terreno e dos efeitos ambientais.** Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 2000. v.1 (texto) e v.2 (anexos). (Tese de Doutorado).

BERTA, G. **L'esplosivo strumento di lavoro.** 1985. ITALESPLOSIVI - Milano. 1ª ed. 488p. Surface mineral extractions (except coal) sites. British Standard.

BOLRA, G. **Esame delle principali normative e raccomandazioni esistenti per il controllo delle vibrazioni provocate dal brillamento di esplosivi ed indotte da queste negli edifici.** GEAM - Geoingegneria

Ambientale e Mineraria. Associazione Mineraria Subalpina. Anno XXX, n°4, p.243-248, 1993.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - **Norma D7.013 - Mineração por explosivo.** São Paulo: 1992.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Norma técnica D7.013 de 24 de fevereiro de 2015.** Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/D7-013.pdf. Acesso em: 10 set. 2021.

DOWDING, C. 1985. **Blast Vibration Monitoring and Control.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1985. ISBN 0-13-078197-5.

DUVALL, W.I., FOGELSON, D.E. **Review of criteria for estimating damage to residences from blasting vibration.** BuMines RI 5968, 1962. 19 p.

ESTEVES, J.M. Project for updating the portuguese standard NP2074 (1983): **Assessment of the influence of vibrations caused on buildings due to blasting or similar forces.** 1994. EXPLOSIVES 94 - CONFERENCE PROCEEDINGS - University of Leeds, U.K. - The Institute of Explosives Engineers. The European Federation of Explosives Engineers & The University of Leeds Departament of Mining & Mineral Engineering. p. 27-30.

FORNARO, M. **Vibrazioni dannose per le costruzioni in conseguenza dello sparo di mine: esame di quanto amesso dalle norme e suggerito dall'esperienza.** Notiziario dell'Associazione Mineraria Subalpina Anno VI, n. 3-4. p. 18-28, 1980.

GOMES, JOSÉ PEDRO MOREIRA ANDRADE. **Metodologia para análise de vibrações provocadas por desmontes com recurso a explosivos.** Orientador: Prof. Dr Alexandre Júlio Machado Leite. Coorientador: Me. Vinícius Gouveia de Miranda. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas e Geo-Ambiente) – Faculdade de Engenharia , Universidade do Porto, Porto, 2016.

LANGEFORS, U., KIHLSTROM. **The modern technique of rock blasting.** New York, and Almqvist & Wiksell, Stockholm: John Wiley & Sons, Inc. 1963.

PAL ROY, P. **Characteristics of ground vibrations and structural response to surface and underground blasting.** Geotechnical and Geological Engineering, v. 16, p.151-166, 1988.

PERSSON, P.A., HOLMBERG, R., LEE, J. **Rock blasting and explosives engineering.** International Society of Explosives Engineers. CRC Press, Inc. USA. 1994. 540 p.

SCOTT, A. **Open pit blast design.** In: JKMRC. T.J. Napier Munn Editor. Austrália: The University of Queensland. 1996. 339 p.

SISKIND, D.E., STAGG, M.S., KOPP, J.W., DOWDING, C.H. **Structure response and demage produced by ground vibration from surface mine blasting.** Report of Investigation 8507 USBM - United States Bureau of Mines, 1980. 74 p

UNI 9916. Norma italiana - **Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.** 1991.

WHIFFEN, A. C. 1971. **A survey of traffic-induced vibrations.** (Report LR419.) Crowthorne, Berkshire, England: United Kingdom Department of Environment, Road Research Laboratory.

INFOGRAFIA COMO FERRAMENTA FOMENTADORA EM TRABALHOS DE PERÍCIAS DE ENGENHARIA

RESUMO

O crescente avanço da tecnologia digital na atualidade gera a necessidade de uma avaliação sobre qual a melhor forma de visualização da informação a ser transmitida. A infografia é um tipo de comunicação que propõe a combinação de elementos gráficos e textuais para enviar informações de forma mais atraente e de fácil de compreensão. Há uma ausência de trabalhos empíricos que exemplifiquem a sua utilização em questões específicas relacionadas às Perícias de Engenharia. Portanto, o presente artigo propõe um estudo sobre o emprego de infográficos na elaboração de laudos técnicos de Perícias de Engenharia, apresentando uma linguagem gráfica ilustrativa capaz de contribuir significativamente para a sua excelência. Ao utilizar recursos visuais de forma estratégica, é possível tornar as informações mais claras, objetivas e acessíveis, contribuindo para uma tomada de decisão mais assertiva e uma solução mais eficiente para os problemas técnicos em questão.

ABSTRACT

The increasing advancement of digital technology today generates the need for an assessment of the best way to visualize the information to be transmitted. Infographics is a type of communication that proposes a combination of graphic and textual elements to send information in a more attractive and easy-to-understand way. There is a lack of empirical work that exemplifies its use in specific issues related to Engineering Surveys. Therefore the present work proposes a study on the use of infographics in the preparation of technical reports of Engineering Surveys, presenting an illustrative graphic language capable of contributing significantly to its excellence. By using visual resources strategically, it is possible to make information clearer, objective and accessible, confident for a more assertive decision-making and a more efficient solution to the technical problems in question.

AUTORES:

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello

Flávia
Guerra Soares

Igor
Almeida Fassarella

Palavras-chave:
Excelência técnica, infográficos, recursos visuais, laudos periciais de engenharia, tecnologia digital.

Keywords:
Digital technology, infographics, engineering expertise, technical excellence, visual resources.

1. INTRODUÇÃO

A imagem é uma ferramenta fundamental na comunicação, capaz de transmitir mensagens de forma rápida e objetiva. Isso se deve ao fato de que o cérebro humano processa informações visuais de maneira mais rápida e eficiente do que informações verbais. A utilização correta de uma imagem pode ser uma estratégia poderosa para alcançar o público, ideia reforçada pelo filósofo Flusser (2007, pg. 128) "(...) Quando uma parte importante das mensagens que nos programam hoje em dia chega em cores, significa que as superfícies se tornaram importantes portadores de mensagens".

A infografia surge combinando os conceitos de "informação" e "grafia", ferramenta que utiliza a forma de expressão visual para transmitir informações complexas, projetadas para tornar dados mais claros e de fácil compreensão. É um elemento importante da comunicação visual e com o avanço da tecnologia digital, tornou-se ainda mais poderoso.

Há uma grande demanda em aprimorar o material para os leitores e usar novos tipos de narrativa. Essa necessidade parte do princípio de combinar estrategicamente texto e imagens, para aprimorar a eficiência da comunicação. Os textos (informação verbal) podem ser escritos ou falados, já as imagens (informação gráfica) podem ser transmitidas de várias formas, utilizando fotografias, ilustrações, cores, formas, tipografia, filmes, animações, etc. (Kanno, 2013).

Um bom exemplo da utilização atual da infografia como ferramenta da evolução digital é a sua aplicabilidade no meio jurídico. Denominado Visual Law essa ferramenta emprega os elementos do design com o objetivo de simplificar a transmissão de informações jurídicas. Sua origem se deu através de pesquisas realizadas pela Universidade de Minnesota (EUA), em 1986, com a orientação da professora Margaret Haganem.

Através deste estudo, foi observado que as apresentações jurídicas com recursos visuais são até 43% mais eficientes do que apresentações sem recursos visuais. Concluiu-se também que a capacidade de compreensão dos espectadores é aprimorada quando a apresentação utiliza recursos visuais e que uma apresentação em cores é mais persuasiva do que uma apresentação em preto em branco. O Conselho Nacional de Justiça (CNJ) emitiu recentemente a Resolução n.º 347/2020 - que dispõe sobre a Política de Governança das Contratações Públicas no Poder Judiciário - elencando os recursos do Visual Law como sendo essenciais para tornar os documentos mais claros e acessíveis à toda a população.

No campo das Perícias de Engenharia, o laudo técnico é o documento que apresenta as conclusões da perícia, tornando-se um elemento categórico para a tomada de decisões sobre uma discussão em questão. O documento deve ser elaborado de forma objetiva e imparcial, com base em critérios técnicos e científicos, de forma a apresentar as causas e consequências do problema averiguado.

O presente artigo técnico tem como objetivo demonstrar que a infografia pode ser utilizada também como um recurso fomentador de trabalhos de Perícias de Engenharia. Essa linguagem pode ajudar a tornar os produtos advindos de conflitos e questionamentos técnicos, mais fáceis de serem assimilados, a partir do momento que simplificam informações complexas, contribuindo significativamente para a excelência técnica dos trabalhos no setor. Ilustrações podem trazer inovação e valor em vários setores do ramo de perícias, proporcionando:

- Uma comunicação clara e eficiente;
- A identificação de problemas;
- A documentação das condições,
- A padronização das informações;
- O apoio de decisões;
- A diferenciação do produto a ser entregue.

2. METODOLOGIA

O estudo proposto será dividido em 3 abordagens. No primeiro momento, o item 2.1 discutirá a infografia na prática e qual a sua contribuição efetiva para a comunicação. O item 2.2 exibirá a realidade dos conteúdos dos laudos técnicos de perícias de engenharia e a necessidade de se romper com uma comunicação de difícil acesso, corroborando com uma maior eficiência da prestação do serviço. Enfim, a Seção 2.3 demonstrará como um trabalho pericial de engenharia pode ser enriquecido com meios de linguagem gráfica, para fins de que, questões mais complexidade, possam ser apresentadas com maior compreensibilidade.

2.1. *Infografia*

2.1.1. *A Origem da Infografia*

Os primeiros indícios de uso da infografia, remontam ao século XVII, quando o matemático e filósofo francês Blaise Pascal criou um diagrama para explicar as chances de ganho em um jogo de azar (Kanno, 2013). Desde então, há evidências de inúmeros casos onde a aplicabilidade de imagens foi utilizada como uma forma de linguagem direfenciada, adotada para a exposição de algum problema.

Trazendo para um momento mais recente, a infografia moderna começou a ser desenvolvida com o surgimento dos jornais ilustrados nos séculos XIX e XX. Foi com a incrementação da informação visual que as mídias impressas criaram uma alternativa para as convencionais narrativas conhecidas. Durante o século XX, a tecnologia evoluiu rapidamente, pois com o desenvolvimento dos computadores e softwares de design gráfico, tornou mais fácil criar infográficos precisos e detalhados. O quadro a seguir exemplifica a evolução da linguagem utilizada pelas mídias impressas em 1967, em 1995 e em 2012, evidenciando a integração entre texto e imagens no decorrer da evolução do processo.

Figura 1 *– Exemplares da Folha de São Paulo e a evolução dos jornais com o uso do infográficos.*

Fonte: *Mário Kanno. Infografe, 2013 – Adaptado pelos autores.*

2.1.2. *Poder da infografia na transmissão de mensagens*

Segundo estudo do Poynter Institute for Media Studies, a maioria dos leitores é atraída por dados visuais, em detrimento dos que focam em blocos textuais. Apenas 25% dos leitores realmente "leem" o texto, enquanto 80% prestam atenção às imagens (Kanno, 2013).

Ainda de acordo com Kanno (2013), uma pesquisa encomendada pelo SND/S (Society for News Design Scandinavia) reforça o poder da linguagem gráfica na apresentação de informações. O estudo é exemplificado em um quadro que mostra as trajetórias do olhar do leitor. As linhas vermelhas e pretas (figuras 02 e 03) indicam a trajetória do olhar e os círculos representam onde o olhar se fixa. Quando o texto e a imagem estão separados, o olhar tende a pular o texto e ir direto para as imagens. No entanto, quando as imagens e o texto estão associados, o olhar percorre a informação, indo e voltando entre o texto e as imagens.

Figura 2 *– Maneira que o leitor lê com texto e imagens separados.*

Fonte: *Mário Kanno. Infografe, 2013.*

Figura 3 *– Maneira que o leitor lê com texto e imagens integrados.*

Fonte: *Mário Kanno. Infografe, 2013.*

O estudo evidencia que não é retirando informações em forma de texto que promoverá uma maior compreensão, mas sim buscando tratamentos gráficos variados que o combine com a informação visual. Isso é importante para fornecer aos leitores mais entradas de leitura e formas alternativas e eficazes de representação.

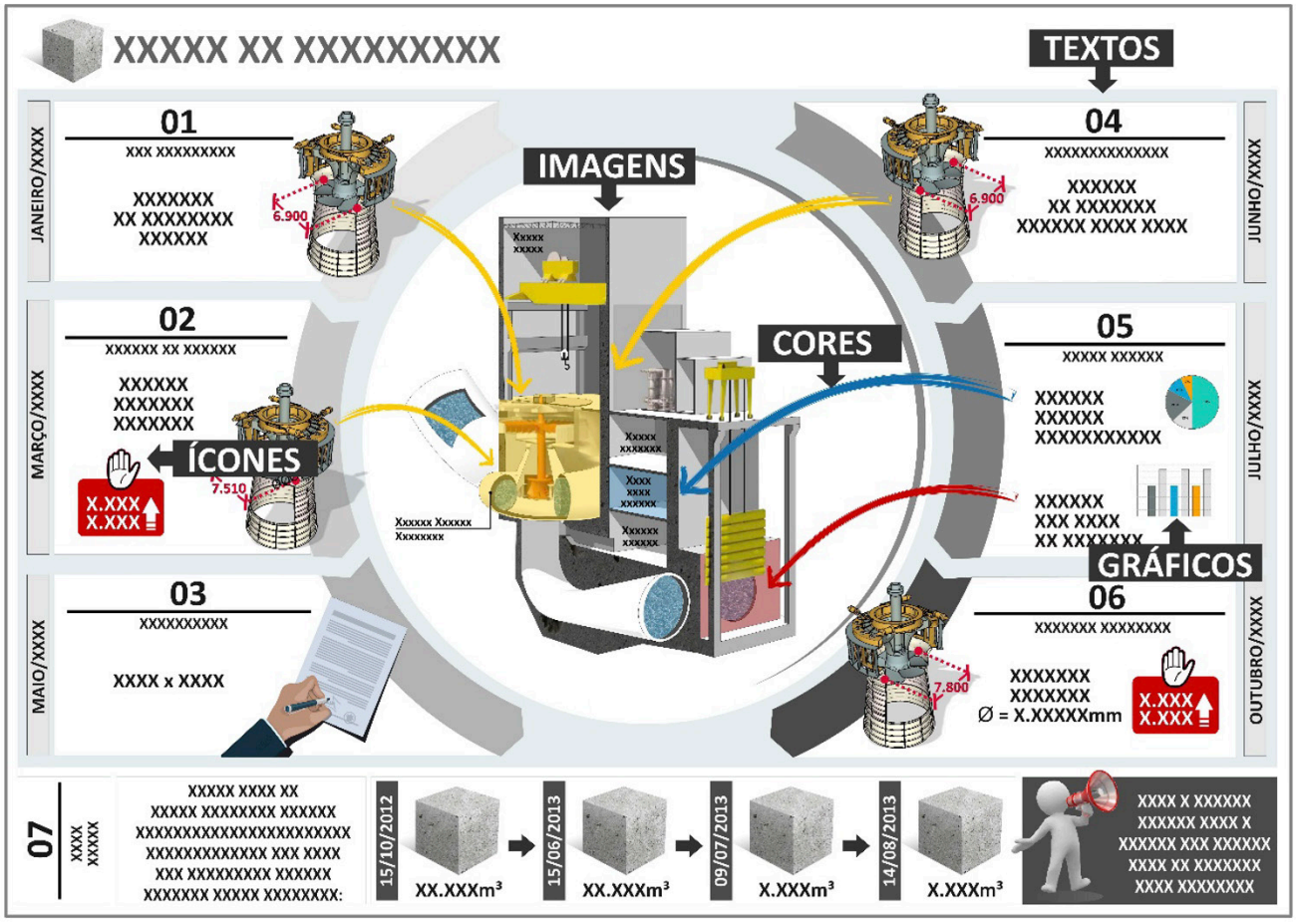
2.1.3. Componentes do infográfico

O infográfico utiliza de vários elementos que, quando associados, transmitem de maneira efetiva e compreensível a informação na qual se destina. Textos, fontes, ícones, cores, imagens, gráficos são recursos que irão sintetizar informações complexas ou apresentar dados de forma comparativa. Basicamente são constituídos pelos elementos descritos a seguir, mas há de se ressaltar que existe uma infinidade de outros recursos que também podem contribuir para a sua diagramação:

- Os textos devem ser simples, compilados para que facilitem a compreensão do conteúdo;
- As fontes, além de serem claras e legíveis, quando destacadas podem se tornar elementos responsáveis por criarem uma nova entrada de leitura da informação;
- Os ícones ilustrativos são símbolos gráfi-

cos projetados para serem simples e que facilmente são lidos pelos usuários;
- As cores são elementos responsáveis pela orientação da leitura, pela unificação ou diferenciação da mensagem a ser transmitida, além de serem utilizados muitas vezes na estruturação de legendas;
- As imagens são elementos importantes, que conjugados com textos são responsáveis por conduzir mais rapidamente ao recepetor, o conteúdo proposto.
- Os gráficos exibem dados e estatísticas, que combinados com outros elementos sintetizam informações importantes. Podem ser de vários formatos como barras, linhas, pizzas e áreas.

Figura 4 *– Identificação dos componentes básicos de um infográfico.*



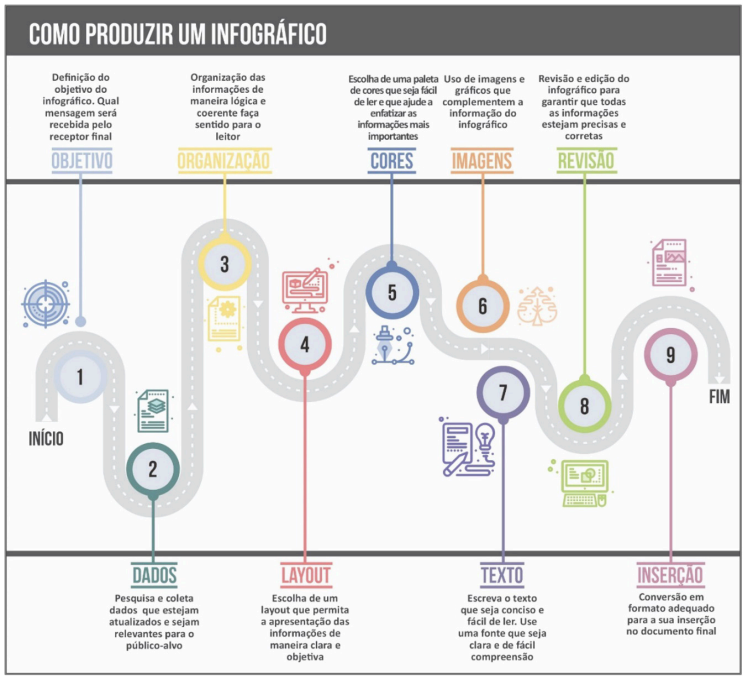
Fonte: *Autores, imagem de 2017, adaptada.*

2.1.4. Como produzir infográficos

A criação de um infográfico se dá por meio de uma narrativa pré-estabelecida. É importante que o enredo dessa história esteja definido, pois guiará a escolha dos recursos a serem aplicados, para apresentá-la de forma objetiva e de fácil compreensão.

Inicialmente é necessário que o objetivo da ilustração esteja definido para saber qual a mensagem será transmitida. Os dados também são elementos fundamentais, pois necessitam estar atualizados e compatíveis com a situação abordada. O layout, as cores, as imagens e o textos, todos estes elementos conjugados serão utilizados como ferramentas importantes na divulgação, destaque e compilação dos fatos. Por fim, a revisão do infográfico para se certificar que todas informações estão coerentes e encaminhar a sua inserção no documento pretendido. Abaixo há um infográfico que expõe todas as etapas necessárias para a produção deste tipo de linguagem:

Figura 5 *– Como produzir um infográfico.*



Fonte: *Autores, imagem de 2023. Banco de imagens https://br.freepik.com/.*

2.1.5. Softwares e banco de imagens

Usualmente, para a criação de infográficos, são utilizados softwares que permitem criar imagens baseadas em vetores e não em pixels. Isso significa que as imagens podem ser redimensionadas sem que se perca a qualidade.

Existe uma infinidade de softwares que podem ser utilizados, dentre os mais comuns podemos citar o Adobe Illustrator, que é um software de design gráfico vetorial, o Canva que é uma plataforma online de design gráfico, o PowerPoint, que embora seja usado para criar apresentações, também pode ser usado para criar infográficos. Há também uma diversidade de bancos de imagens vetorizadas disponíveis para a confecção dos infográficos: Shutterstock, Adobe Stock Freepik, Dreamstime, Vector.me, entre outros. Entretanto é importante salientar que é necessário verificar os termos de uso de cada banco de dados, para não violar os direitos autoriais.

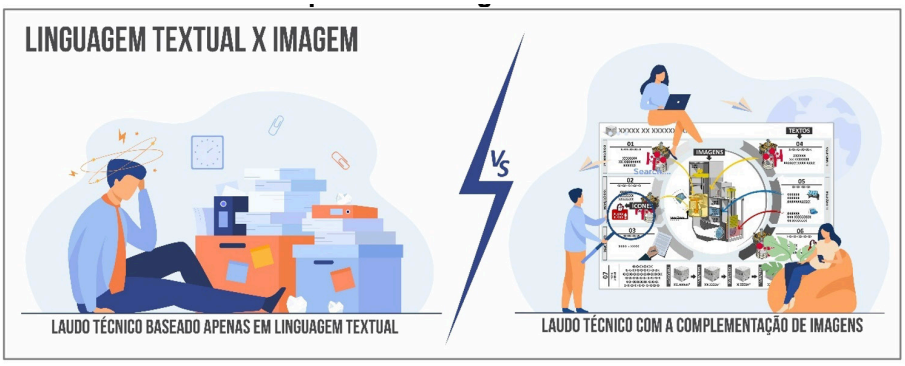
2.2. Conteúdos dos laudos técnicos de perícias de engenharia

De acordo com a NBR 13752 - Perícias de engenharia na construção civil, em seu item 6, que trata da apresentação dos laudos periciais, alguns itens são imprescindíveis para promover a efetividade do documento, agenciando seu embasamento e aprimorando qualidade do trabalho. Entre esses itens podemos citar:

- Descrição da situação ou objeto alvo da perícia e partes envolvidas;
- Descrição da metodologia aplicada;
- Descrição da vistoria técnica, caso realizada;
- Análise técnica dos dados coletados e demais informações fornecidas;
- Conclusões do laudo, incluindo a identificação das responsabilidades.

Os laudos de perícias de engenharia são documentos de fundamental importância, pois apresentam argumentos técnicos utilizados em decisões particulares, administrativas e/ou judiciais. Por se tratar de um documento especializado, estes laudos tendem na sua composição, utilizar somente uma linguagem textual baseada num vocabulário técnico, constituindo uma estrutura de raciocínio complexa das ideias apresentadas. Isso dificulta a compreensão do documento, tornando-o inatingível a muitos leitores.

***Figura 6** – Utilização de linguagem textual x imagem em laudos de perícias de engenharia.*



***Fonte:** Autores, imagem de 2023. Banco de imagens https://br.freepik.com/.*

Francis Arthuso Paiva, doutor e mestre em Linguística, diz em "Jornalismo Visual", que a simplificação da informação não é uma degradação dos dados, mas sim, a explicitação da informação. Aliar texto e imagem, reforça a interação do receptor com a mensagem a ser transmitida, intercâmbio que também pode ser promovido nos laudos perícias de engenharia.

No entanto, é importante lembrar que a infografia deve ser usada com atenção. As informações apresentadas devem ser precisas e a infografia deve ser usada como uma ferramenta de suporte à comunicação de informações técnicas, não como uma substituição para informações completas e detalhadas presentes nos laudos.

2.3. Como aplicar a infografia em trabalhos periciais de engenharia

O uso de uma linguagem ilustrativa como uma nova entrada de leitura pode ajudar a tornar os frutos advindos de conflitos e questionamentos técnicos, mais fáceis de serem assimilados, contribuindo significativamente para a excelência técnica dos trabalhos no setor. Um laudo técnico pode ser enriquecido com a linguagem gráfica em vários aspectos:

***Figura 7** – Passos para enriquecer o laudo técnico de engenharia.*

***Fonte:** Autores, imagem de 2023. Banco de imagens https://br.freepik.com/.*

3. INFOGRAFIA APLICADA EM LAUDOS PERICIAIS DE ENGENHARIA

Este capítulo corresponde à apresentação de estudos de caso onde a infografia foi aplicada como uma forma de linguagem complementar em laudos técnicos periciais de engenharia. Em cada caso será analisado o contexto em que as imagens foram aplicadas, no item do laudo destinado à Análise técnica dos dados coletados. Há de se ressaltar que todas informações que constam em cada caso relatado, foram retiradas dos laudos confeccionados na época.

***Tabela 1** – Casos analisados.*

CASOS ANALISADOS	DESCRIÇÃO
Caso 01	**Laudo Pericial de Julho 2014** **Objeto:** análise da adequação de rampa de acessibilidade.
Caso 02	**Laudo Pericial de Setembro de 2016** **Objeto:** análise da relação entre a operação de uma Linha de Transmissão com um sinistro em galpão.
Caso 03	**Parecer técnico de Junho de 2013** **Objeto:** análise da interferência de um edifício sobre área tombada.
Caso 04	**Laudo Pericial de Abril de 2015** **Objeto:** Acidente de trânsito.
Caso 05	**Laudo Pericial de Junho de 2014** **Objeto:** investigação das causas de desabamento de edifício.

***Fonte:** Autores*

3.1. Coleta e organização de dados

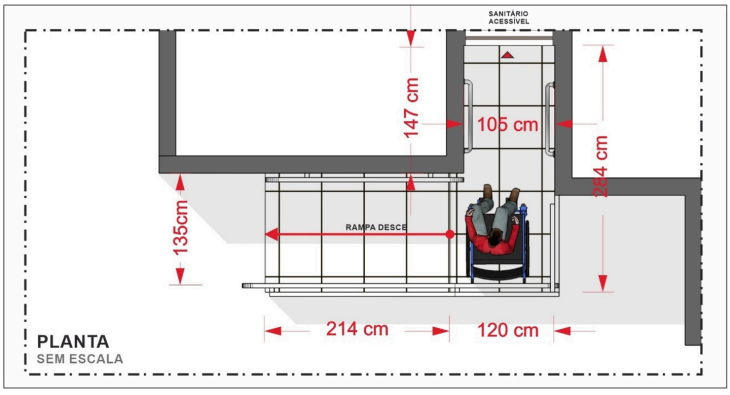
3.1.1. Caso 01: análise da adequação de rampa de acessibilidade

Escopo da perícia: o Ministério Público do Estado de Minas Gerais instaurou um inquérito, visando a eficiência da acessibilidade do edifício aonde uma concessionária de veículos se instalava. No TAC (Termo de Ajustamento de Conduta) a empresa se comprometeu em realizar obras de adaptação para adequar a sua acessibildade às normas. Em vistoria posterior, o MPMG constatou o cumprimento das adequações assumidas no TAC, com exceção à inexistência de patamares planos na rampa de ingresso ao sanitário acessível.

Objetivo da perícia: verificar se a empresa cumpriu a adequação assumida no TAC, no que se refere à instalação de patamares planos no início e no final da rampa de acesso ao sanitário.

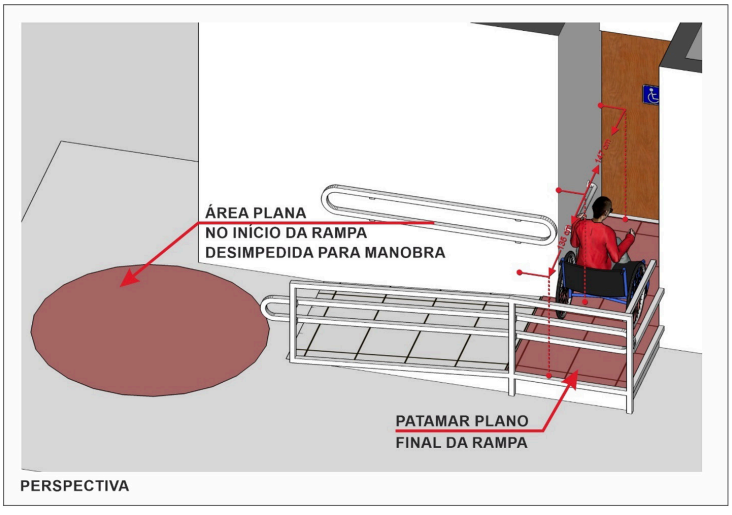
Infográfico: o uso da linguagem gráfica ilustrativa inserida no laudo pericial, se deu através da inserção de planta e perspectiva com as medidas levantadas na ocasião da vistoria. Além da planta, foi confeccionada uma perspectiva com modelagem 3D, permitindo que os receptores da informação tivessem uma melhor percepção das condições do trajeto que estava sendo analisado.

***Figura 8** – Imagem utilizada no laudo pericial caso 01 – Planta.*



***Fonte:** Autores, 2014. Laudo Pericial de Engenharia – Julho 2014.*

***Figura 9** – Imagem utilizada no laudo pericial caso 01 – Perspectiva.*



***Fonte:** Autores, 2014. Laudo Pericial de Engenharia – Julho 2014.*

Conclusão: As imagens confeccionadas e inseridas no laudo retrataram as condições encontradas em vistoria e exibiram que a rampa instalada para o acesso ao sanitário acessível na concessionária de veículos, apresentou patamares planos, no início e no final da sua inclinação, sem qualquer comprometimento da ascensão do transeunte às dependências do sanitário. A confecção das imagens compilou todos os dados necessários para mostrar que o objeto do laudo pericial de engenharia, atendeu as exigencias do TAC quanto à acessibidade do edifício.

3.1.2. Caso 02: análise da relação entre a operação de uma Linha de Transmissão com um sinistro em galpão

Escopo da perícia: Conforme o Boletim de Ocorrência, um incêndio atingiu um galpão de uma empresa imobiliária, no dia 10/10/2015. A empresa alegava que o incêndio alcançou o seu galpão através da faixa de servidão da linha de transmissão de uma companhia de abastecimento energético. É importante ressaltar que um galpão vizinho ao envolvido no sinistro, possuía uma câmera de segurança (CAM 09).

Objetivo da perícia: verificar a existência ou não de nexo de causalidade entre a operação da linha de transmissão da companhia energética com o sinistro ocorrido no dia 10/10/2015, envolvendo o galpão pertencente a empresa imobiliária.

Infográfico: baseou-se na necessidade de descrição da dinâmica mais provável para o evento (sinistro) ocorrido. O uso da linguagem gráfica ilustrativa foi constituído pelas principais ações segundo a montagem de uma linha do tempo, baseada nas imagens da câmera 09 e de fatos adicionais relevantes. Com essas informações organizadas, cortes esquemáticos do perfil de implantação do galpão e seu entorno imediato foram produzidos e a cronologia dos momentos mais importantes que envolveram o sinistro foi sistematizada;

- **Dia 10/10/2015 as 18:40h** a câmera de segurança do galpão vizinho não mostrava nenhum sinal de fogo no local;
- **Dia 10/10/2015 as 18:45h** foi registrado primeiro sinal de fogo na faixa de servidão da companhia de abastecimento energético;
- **Dia 10/10/2015 as 19:00h** foi registrado fogo intenso na faixa de servidão da companhia de abastecimento energético;
- **Dia 10/10/2015 as 19:13h** a linha de transmissão foi desligada devido a um curto circuito ocorrido em consequência da queimada no local;
- **Dia 10/10/2015 as 19:20h** a câmera de segurança do galpão vizinho registrou fogo intenso na faixa de servidão da companhia de abastecimento energético. Devido ao vento, as chamas foram direcionadas no sentido do galpão;
- **Dia 10/10/2015 as 19:22h** a câmera de segurança do galpão vizinho registrou fogo no interior do galpão objeto da perícia.
- **Dia 10/10/2015 as 19:40** a câmera de segurança do galpão vizinho registrou que o galpão afetado estava completamente tomado pelo incêndio.

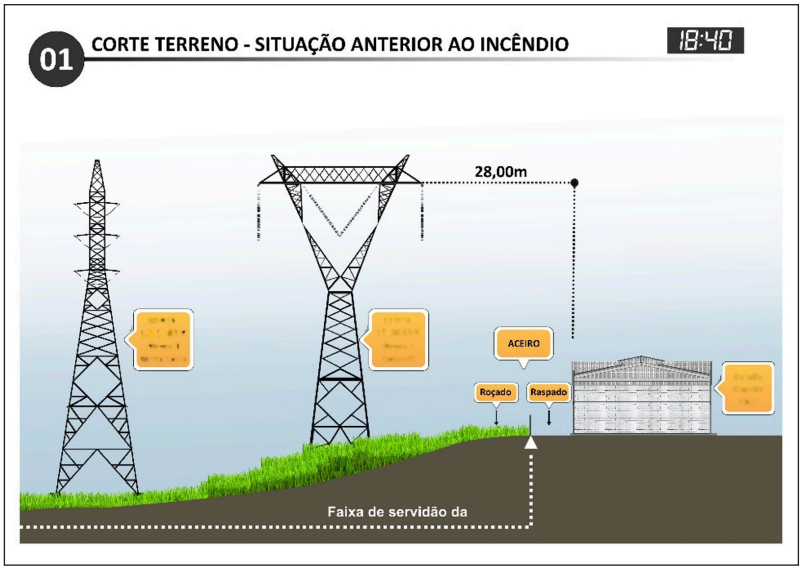
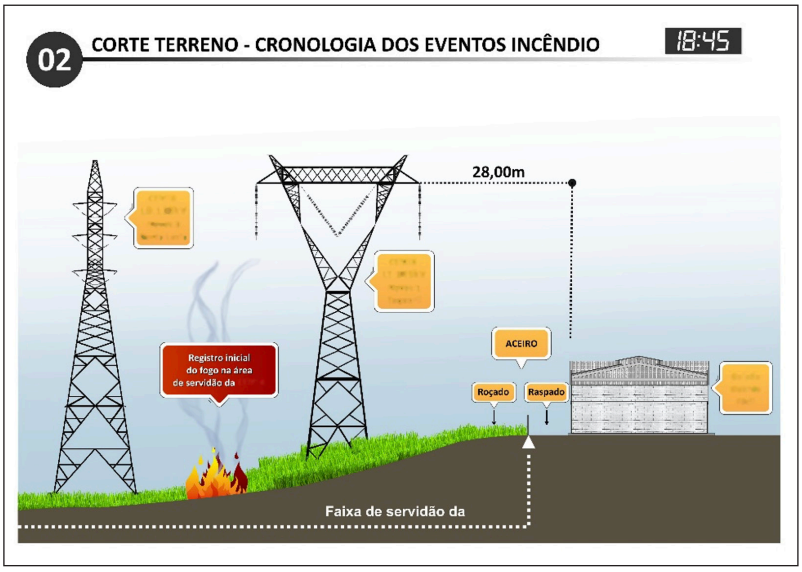


Figura 10 *- Caso 02: corte esquemático, dia 10/10/2015 as 18:40h.*

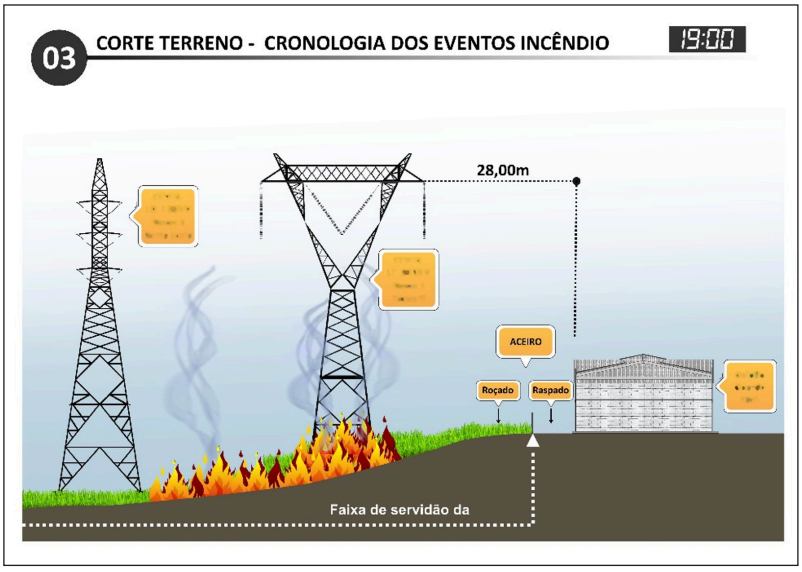
Fonte: *Autores, 2016. Laudo Pericial de Engenharia – Setembro 2016*

Figura 11 *– Caso 02: corte esquemático, dia 10/10/2015 as 18:45h.*



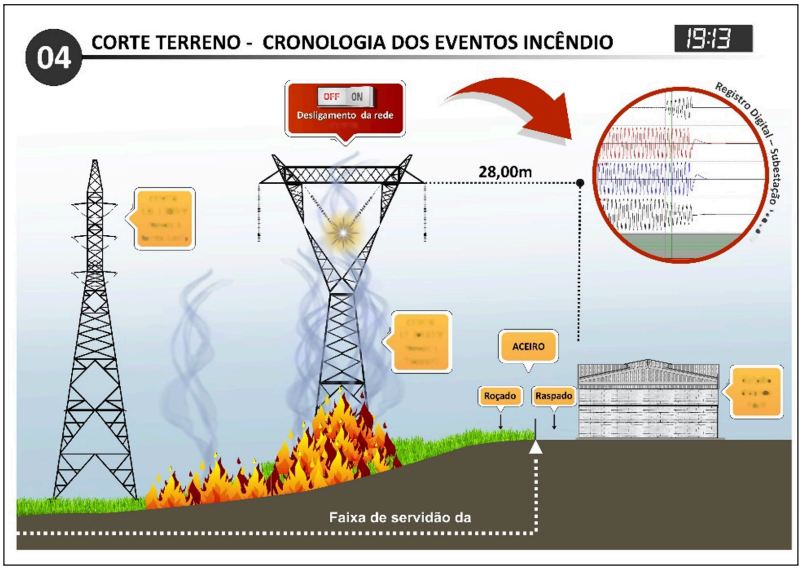
Fonte: *Autores, 2016. Laudo Pericial de Engenharia – Setembro 2016*

Figura 12 *– Caso 02: corte esquemático, dia 10/10/2015 as 19:00h.*



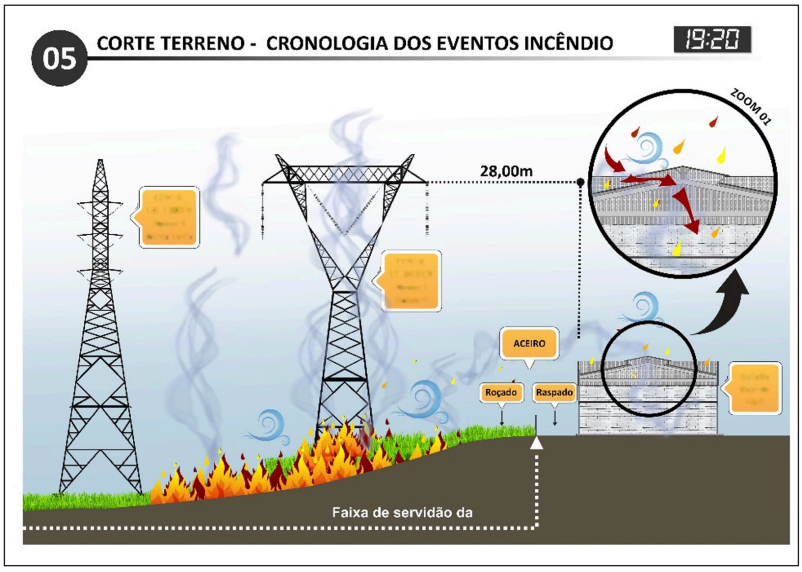
Fonte: *Autores, 2016. Laudo Pericial de Engenharia – Setembro 2016*

Figura 13 *- Caso 02: corte esquemático, dia 10/10/2015 as 19:13h.*



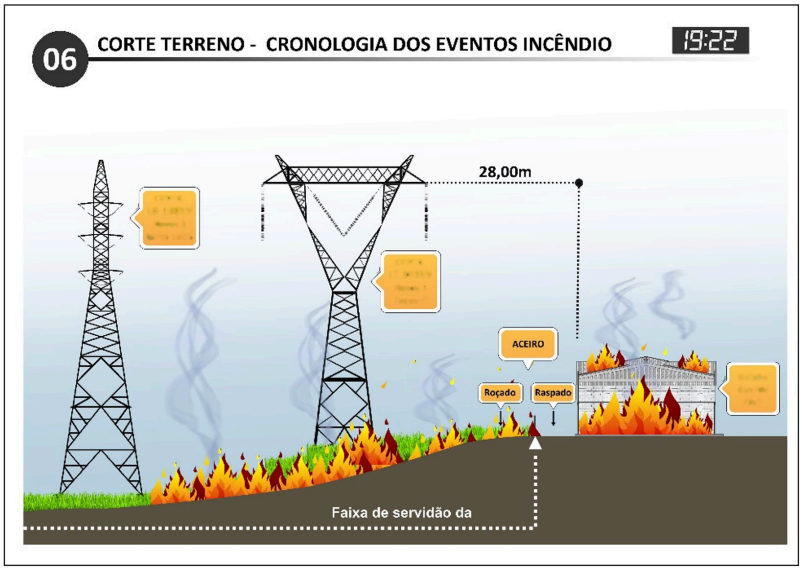
Fonte: *Autores, 2016. Laudo Pericial de Engenharia – Setembro 2016*

Figura 14 *- Caso 02: corte esquemático, dia 10/10/2015 as 19:20h.*



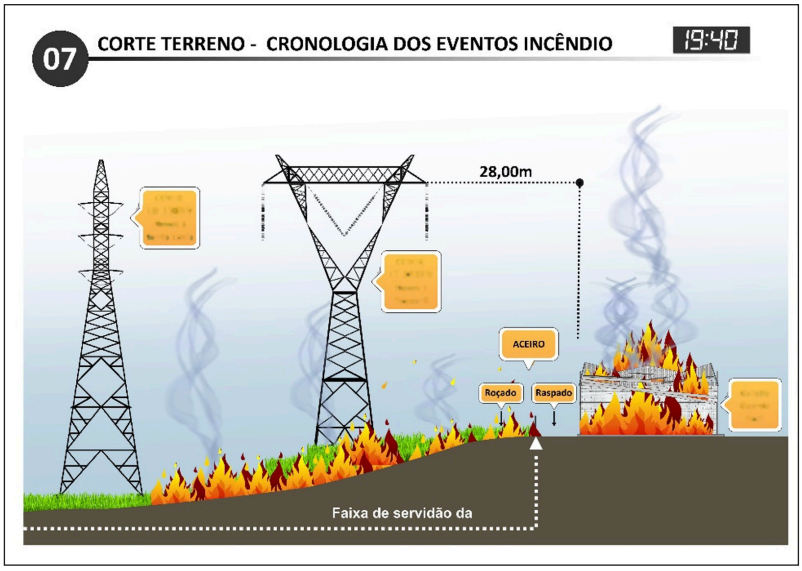
Fonte: *Autores, 2016. Laudo Pericial de Engenharia – Setembro 2016*

Figura 15 *- Caso 02: corte esquemático, dia 10/10/2015 as 19:22h.*



Fonte: *Autores, 2016. Laudo Pericial de Engenharia – Setembro 2016*

Figura 16 *- Caso 02: corte esquemático, dia 10/10/2015 as 19:40h.*



Fonte: *Autores, 2016. Laudo Pericial de Engenharia – Setembro 2016*

Conclusão: As imagens confeccionadas de forma cronológica puderam expor de maneira clara e compilada a evolução do sinistro ocorrido no dia 10/10/2015, evidenciando que a causa mais provável do incêndio no galpão da empresa imobiliária foi o calor e os fragmentos provenientes da queimada que ocorreu na faixa de servidão da linha de transmissão da companhia de abastecimento energético.

3.1.3. Caso 03: análise da interferência de um edifício sobre área tombada

Escopo da perícia: um edificio residencial está inserido em terreno pertencente área tombada da Serra do Curral, portanto, em área protegida pelo município de Belo Horizonte. O protejo arquitetônico do empreendimento foi aprovado nas instâncias legais responsáveis, contudo foi sugerida uma medida compensatória estipulada pelo COMAM (Conselho Municipal do Meio Ambiente), devido a construção apresentar um volume vertical significativo por conta dos seus 17 (dezessete) pavimentos. Todavia orgãos legisladores solicitaram o embargo da obra à Prefeitura de Belo Horizonte, alegando que o projeto do edifício foi aprovado acima da altimetria estabelecida para a região.

Objetivo da perícia: mediante o histórico de aprovação e das particularidades do edificio, o trabalho pericial tinha por objetivo analisar a possível interferência do empreendimento sobre à linha de visada da área tombada da Serra do Curral, com ênfase na mensuração de um possível prejuízo ao bem tombado, para a validação ou não do embargo à obra.

Infográfico: o uso da linguagem ilustrativa inserida neste laudo pericial, baseou-se em parâmetros urbanísticos de fundamental importância para a definição da linha de raciocínio e dos mecanismos gráficos a serem utilizados na representação do caso. Com o intuito de averiguar se o edifício gera interferências na visibilidade do bem tombado, foi elaborado um estudo a partir do perímetro da área de proteção da Serra do Curral, conjugada a indentificação de um observador inserido nas 12 visadas de proteção (diretriz urbanistica de proteção do bem), além da identificação da volumetria edifício, inserida neste contexto. Foi utilizado o Google Earth, que é um software gratuito para o mapeamento urbanístico em 3 dimensões. Conjugado à fotografias e aos dados textuais foram montados os estudos das visadas num software vetorizado. Abaixo temos a identificação de todas as visadas privilegiadas, requisitos para a análise de interferência do bem tombado. Após a descrição de todas as visadas privilegiadas, elencou-se as mais relevantes, para serem anexadas ao artigo:

- Visada 01: A partir da Praça Rui Barbosa (Praça da Estação), que constitui conjunto urbano tombado (Figura 18);
- Visada 02: Eixo da Avenida Afonso Pena, que constitui conjunto urbano tombado;
- Visada 03: Eixo da Avenida Afonso Pena, a partir da Praça Milton Campos;
- Visada 04: A partir da Praça da Liberdade (Eixo da Avenida Cristóvão Colombo), que constitui conjunto urbano tombado;
- Visada 05: A partir da Avenida do Contorno, esquina com Avenida dos Andradas;
- Visada 06: A partir da Av. Francisco Sales, esquina com Avenida Assis Chateaubriand), que constitui conjunto urbano tombado;
- Visada 07: A partir da passarela de pedestres de acesso à Estação do Metrô – Santa Tereza (Figura 19);
- Visada 08: A partir da Avenida Antônio Carlos; e passarela de pedestres do IAPI;
- Visada 09: A partir da Avenida Raja Gabaglia;
- Visada 10: A partir do Alto do Carlos Prates (Rua Peçanha, esquina de Rua Patrocínio); Eixo da Avenida Bias Fortes;
- Visada 11: A partir do Trevo da Av. Amazonas e Av. Tito Fulgêncio (Trevo da Fábrica de Biscoitos Aimorés), Eixo da Av. Olinto Meireles, acesso ao Barreiro;
- Visada 12: A partir do Cemitério da Saudade.

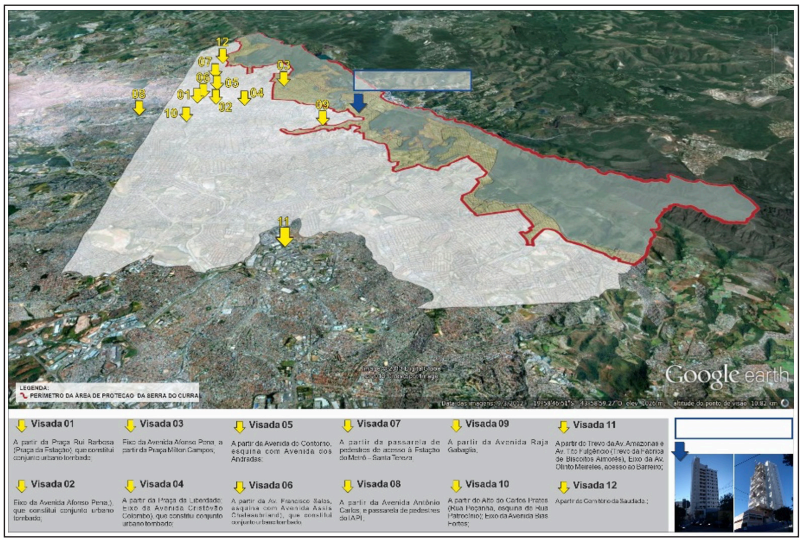


Figura 17 *- Caso 03: identificação das visadas privilegiadas da Serra do Curral.*

Fonte: *Autores, 2013. Laudo Pericial de Engenharia – Junho 2013*

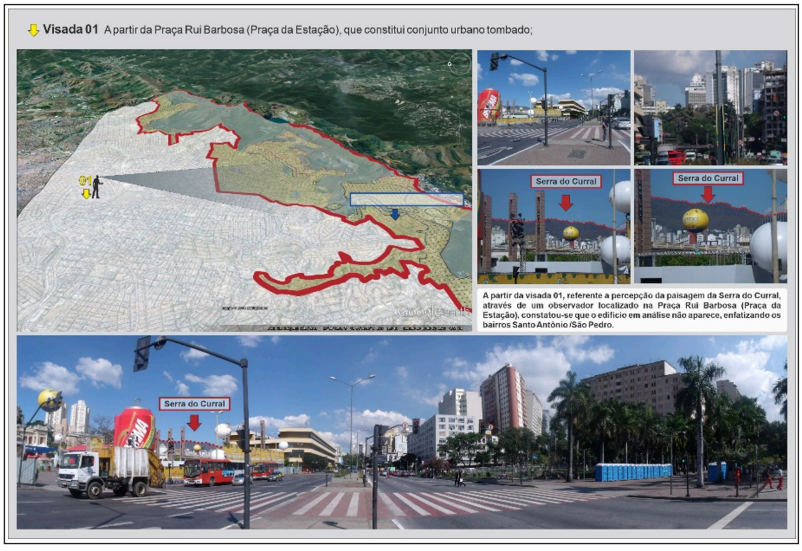


Figura 18 *- Caso 03: visada 01, Praça da Estação.*

Fonte: *Autores, 2013. Laudo Pericial de Engenharia – Junho 2013*

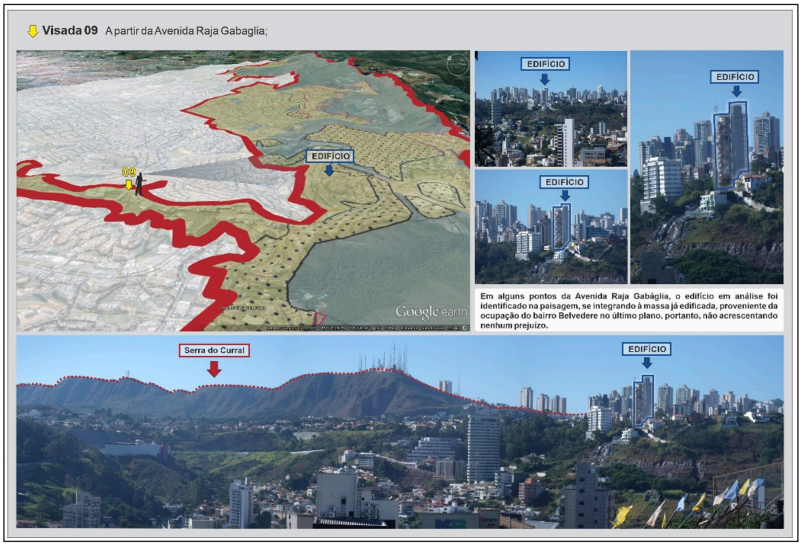
Figura 19 *- Caso 03: visada 07, acesso ao metrô Santa Tereza.*

Fonte: *Autores, 2013. Laudo Pericial de Engenharia – Junho 2013*

Figura 20 *- Caso 03: visada 08 a partir da Avenida Antônio Carlos e passarela de pedestres do IAPI.*

Fonte: *Autores, 2013.*
Laudo Pericial de Engenharia – Junho 2013

Figura 21 *- Caso 03: visada 09, Av. Raja Gabáglia.*



Fonte: *Autores, 2013.*
Laudo Pericial de Engenharia – Junho 2013

Figura 22 *- Caso 03: visada 09, Av. Raja Gabáglia.*

Fonte: *Autores, 2013.*
Laudo Pericial de Engenharia – Junho 2013

***Figura 23** - Caso 03: detalhe ampliado retirado da Figura 21: estudo da Visada 09, Av. Raja Gabáglia.*

***Fonte:** Autores, 2013.*
***Laudo** Pericial de Engenharia – Junho 2013*

Conclusão: através das imagens confecionadas, verificou-se que a única paisagem impactada pela edificação, foi do observador posicionado na Avenida Raja Gabaglia. Entretanto a paisagem já estava bastante comprometida pela massa edificada existente, referente à ocupação consolidada no bairro no qual o edificio foi implantado. Pela linguagem gráfica presente no laudo foi possível demonstrar que não houve interferência à usufruição do skyline do bem tombado - limiar entre a superfície da terra e o céu da paisagem. Apesar da altimetria ser superior ao previsto, a nova edificação não causou prejuízo a paisagem da Serra do Curral.

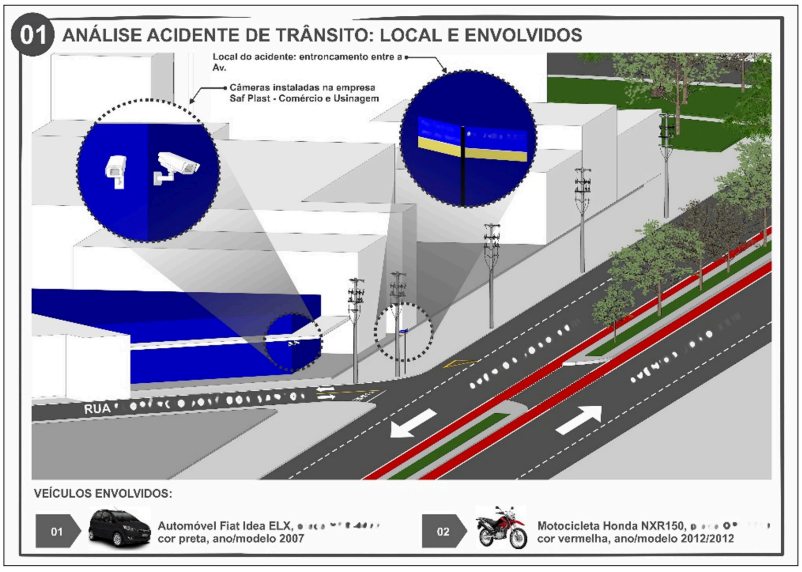
3.1.4. Caso 04: acidente de trânsito

Escopo da perícia: acidente de trânsito ocorrido no dia 24/04/2013, na numa via arterial, na interseção com uma via local . O acidente envolveu um automóvel Fiat Idea, cor preta, 2007 e uma motocicleta Honda, cor vermelha, 2012. O acidente foi analisado pelo Instituto de Criminalística, através da Seção Técnica de Perícias de Trânsito, resultando num laudo baseado principalmente nas imagens de uma câmera de vídeo instalada em um imóvel comercial localizado próximo ao acidente.

Objetivo da perícia: análise cronológica do acidente de trânsito ocorrido no dia 24.04.2.013, na interceção de uma via arterial com uma via local, em Belo Horizonte - MG.

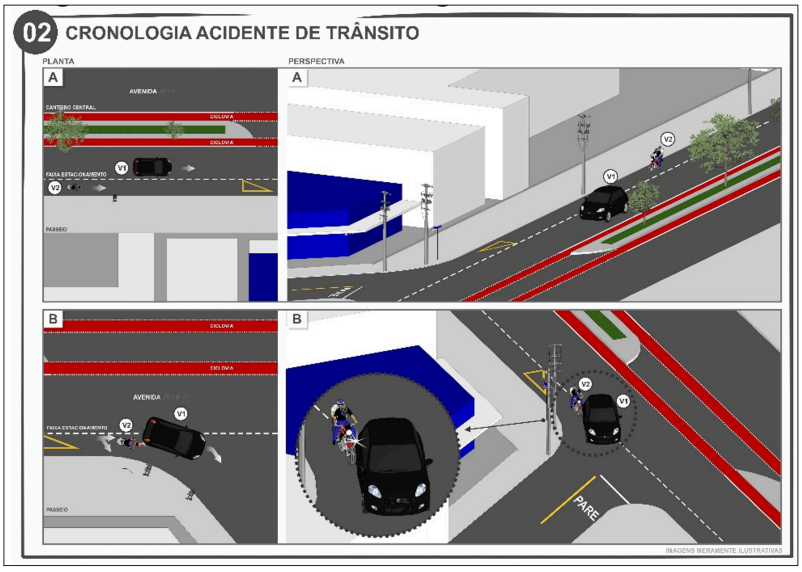
Infográfico: baseou-se na necessidade de descrição da dinâmica mais provável para o aciente envolvendo o automóvel (V1) e a motocicleta (V2). O uso da linguagem gráfica ilustrativa foi constituído pelas principais ações segundo as imagens de uma câmera de vídeo instalada próxima ao local do acidente. Associada a vistoria e ao levantamento das condições territorias, foi produzida uma simulação 3D, com a respectiva identificação em planta, dos momentos mais importantes do evento. Neste tipo de simulação, elementos como os modelos e dimensionamento dos automóveis foram respeitados, assim como a situação na qual os veículos estavam inseridos, como a reprodução fiel do traçado, da inclinação e dos dimensionamentos dos logradouros.

Figura 24 *- Caso 04: descrição do local e descrição dos envolvidos .*



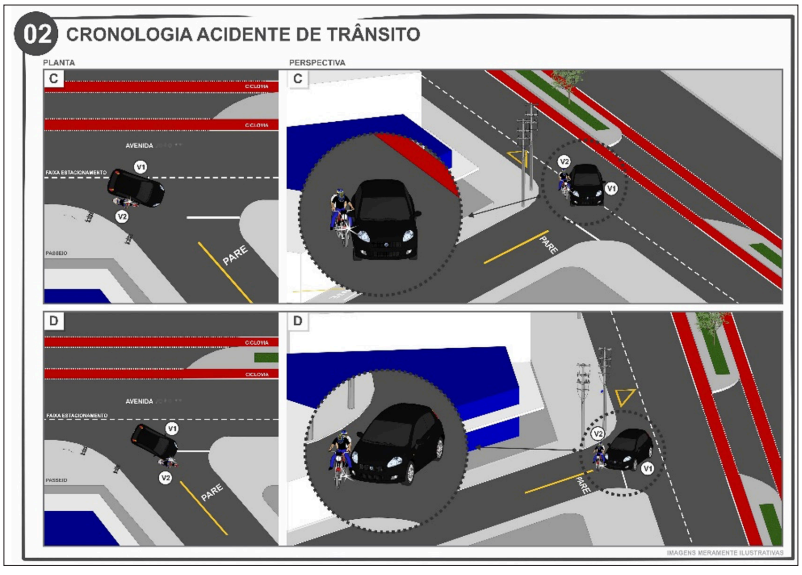
Fonte: *Autores, 2015.*
Laudo Pericial de Engenharia – Abril 2015

Figura 25 *- Caso 04: cronologia do acidente, folha 01.*



Fonte: *Autores, 2015.*
Laudo Pericial de Engenharia – Abril 2015

Figura 26 *- Caso 04: cronologia do acidente, folha 02.*



Fonte: *Autores, 2015.*
Laudo Pericial de Engenharia – Abril 2015

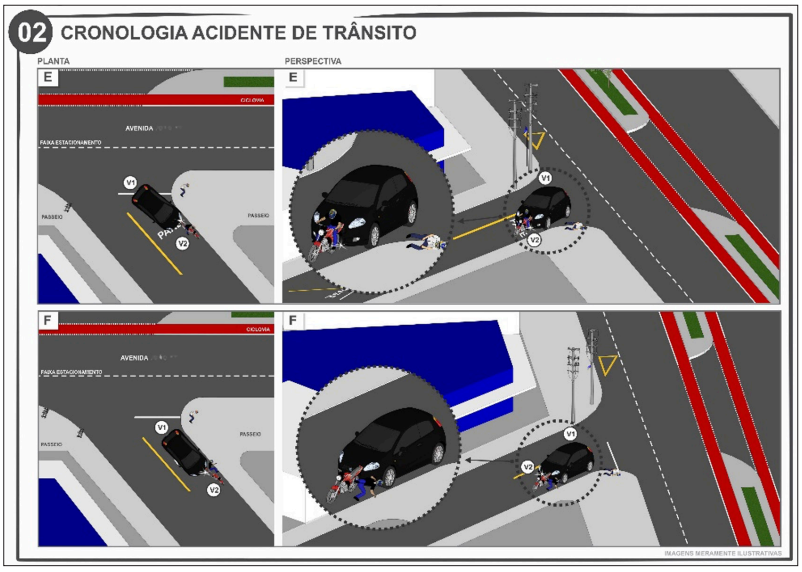


***Figura 27** - Caso 04: cronologia do acidente, folha 03.*

***Fonte:** Autores, 2015. Laudo Pericial de Engenharia – Abril 2015*

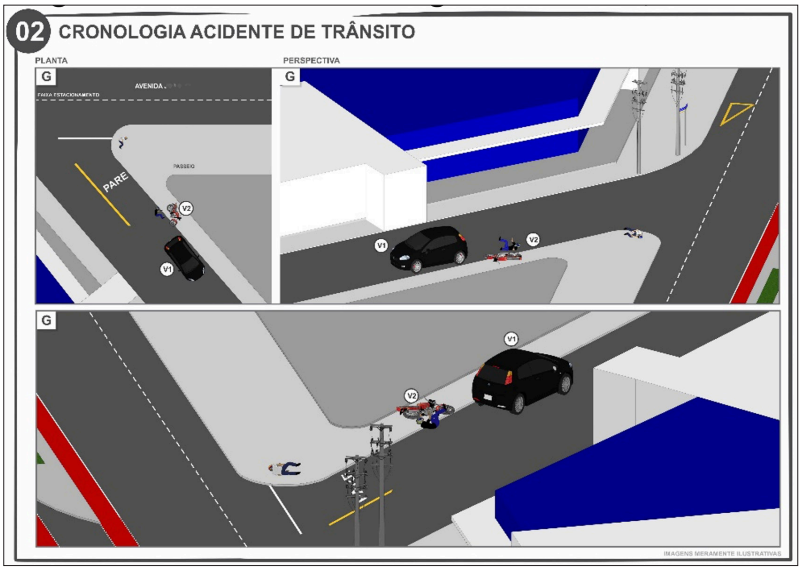


***Figura 29** - Caso 04: cronologia do acidente, folha 04.*

***Fonte:** Autores, 2015. Laudo Pericial de Engenharia – Abril 2015*

Conclusão: por meio das imagens inseridas no laudo técnico pericial foi possível explicar a dinâmica do acidente: ao aproximar da esquina da avenida arterial com a via local, o automóvel (V1) iniciou a convergência à direita, no mesmo momento em que a motocicleta (V2), seguindo pela faixa reservada ao estacionamento de veículos, tentava a ultrapassagem pela direita. Portanto, foi possível verificar e demonstrar claramente que a motocicleta trafegava de forma irregular, na faixa da via reservada ao estacionamento de veículos, com a tentativa de ultrapassagem pela direita e na intersecção de duas vias. Além disso, foram confeccionadas imagens com a intenção de ilustrar qual seria a conduta correta a ser adota na pretendida ultrapassagem (Fig. 30).

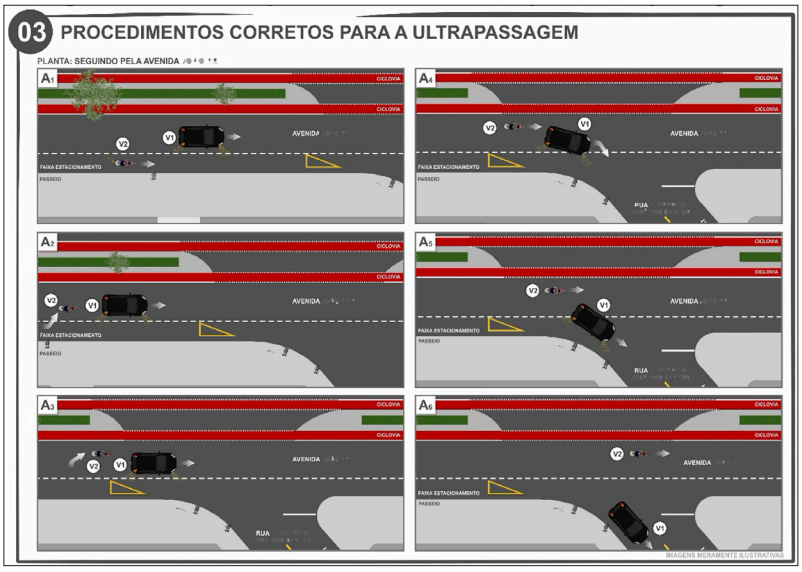


Figura 30 *- Caso 04: procedimentos corretos para a ultrapassagem.*

Fonte: *Autores, 2015. Laudo Pericial de Engenharia – Abril 2015*

3.1.5. Caso 05: investigação das causas de desabamento de edifício

Escopo da perícia: uma associação de moradores de um bairro de Belo Horizonte propôs uma Ação Civil Pública em desfavor de construtoras, do Município de Belo Horizonte e de uma companhia de saneamento, em razão do desabamento e dos abalos causados em edifícios situados nestes bairros.

Objetivo da perícia: investigação das causas de desabamento e dos abalos nos edifícios, correlacionando patologias com possíveis problemas construtivos e/ou de deficiência de manutenção.

Infográfico: baseou-se na necessidade de descrição de dinâmica, com destaque para os fatos agravantes que aceleraram a ocorrência dos sinistros manifestados nos edifícios, culminando na demolição. Foi confeccionada também uma linha cronológica com os principais eventos ocorridos no período de 2006 a 2011. Associada às fotografias da vistoria e documentações anexadas aos autos, as montagens gráficas foram confeccionadas com a utilização do recurso 3D, demostrando a implantação dos edifícios e a situação estrutural de uma das edificações envolvidas.

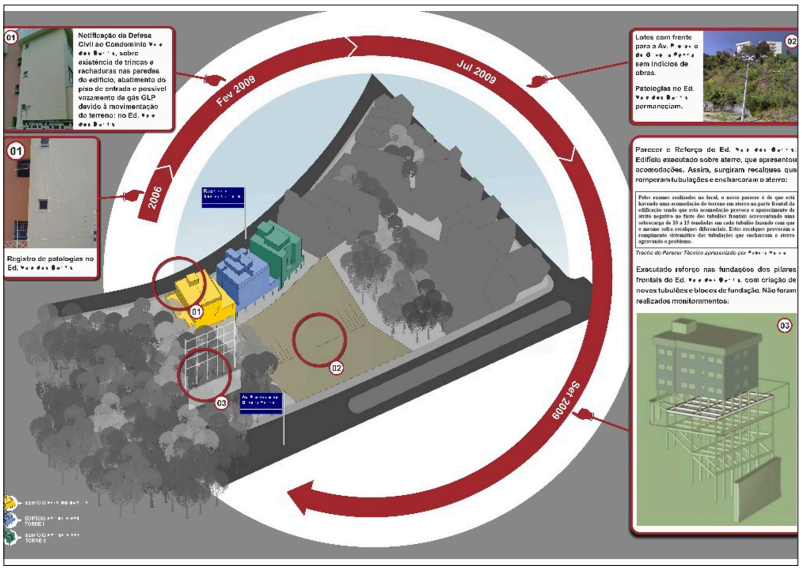


Figura 31 *- Caso 05: linha cronológica dos principais eventos (folha 01).*

Fonte: *Autores, 2014. Laudo Pericial de Engenharia – Junho 2014*

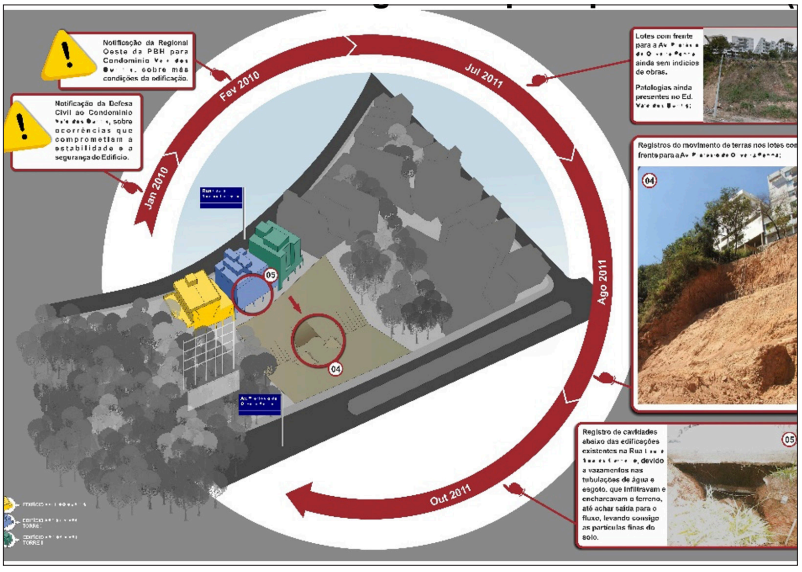


***Figura 32** - Caso 05: linha cronológica dos principais eventos (folha 02).*

***Fonte:** Autores, 2014. Laudo Pericial de Engenharia – Junho 2014*

***Figura 33** - Caso 05: agravantes e fatores que aceleraram a ocorrência dos sinistros (folha 01).*

***Fonte:** Autores, 2014. Laudo Pericial de Engenharia – Junho 2014*

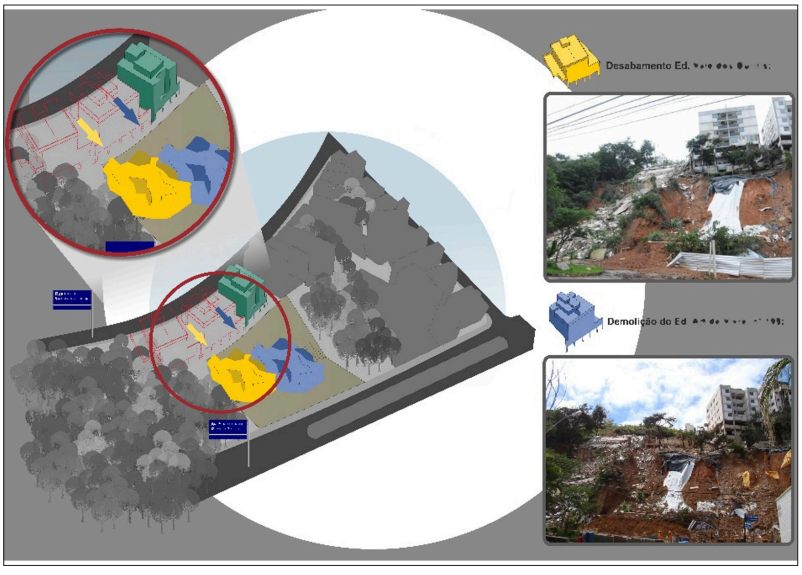


***Figura 34** - Caso 05: agravantes e fatores que aceleraram a ocorrência dos sinistros (folha 02).*

***Fonte:** Autores, 2014. Laudo Pericial de Engenharia – Junho 2014*

Conclusão: vários fatores agravaram a situação das edificações analisadas no trabalho pericial como a intensidade das chuvas na região, a facilidade de infiltração de água no subsolo (devido ao sistema de drenagem inadequado para a via adjacente), os rompimentos de tubulações de água e esgoto. Todos estes fatores influenciaram para que as patologias nos edifícios evoluíssem, sendo necessário, portanto, a sua demolição. Analisando a dinâmica do desabamento, verificou-se de maneira objetiva e clara através do recurso visual, que o reforço parcialmente executado prolongou a vida do prédio, mas foi insuficiente para suportar a escavação realizada por terceiros, associado à intensidade das chuvas.

4. CONCLUSÕES

A partir dos cinco estudos de caso apresentados, é nítido que, em todos o uso da linguagem ilustrativa como nova entrada de leitura contribuiu significativamente para a excelência técnica dos trabalhos. Os laudos periciais de engenharia são documentos de fundamental importância, pois como produto entregam argumentos técnicos essenciais para a elucidação de decisões técnicas e jurídicas de grande responsabilidade. A inserção das imagens proporcionaram uma comunicação mais clara, a partir de uma identificação sistemática dos problemas abordados, além da organização e documentação das condições de cada caso. O uso da linguagem gráfica padroniza as informações fornecidas, além de ser um recurso facilitador no momento de decisões a serem tomadas. Ressalta-se também como a utilização deste recurso diferencia e enriquece o produto final a ser entregue.

Portanto, as ilustrações permitem ao perito apresentar o objetivo dos trabalhos técnicos periciais de forma mais clara, utlizando dos benefícios desses recursos para a explicação de conceitos técnicos complexos que, por muitas vezes, se apresentam inteligíveis a maior parte da sociedade. A inovação por meio do uso de recursos visuais é fundamental para garantir uma análise precisa e detalhada da problematização, cuja transmissão aprimorada, aperfeiçoa significativamente a eficiência da comunicação.

Um bom infográfico deve ser atraente visualmente e usar um design coerente para auxiliar o público a entender mais rapidamente as informações apresentadas. No entanto, é importante salientar mais uma vez que a infografia deve ser usada com atenção. As informações apresentadas devem ser concisas e a linguagem gráfica deve ser usada como uma ferramenta de suporte à transmissão de dados técnicos, não como uma substituição das informações completas e detalhadas presentes nos laudos periciais de engenharia.

Por fim, é importante salientar que não existem em quantidade signficativa, trabalhos empíricos e instruções normativas que orientem a utilização da linguagem gráfica em trabalhos técnicos de Perícias de Engenharia. As possibilidades deste recurso são inúmeras e sua aplicabilidade no setor é uma tendência ainda a ser melhor direcionada, estudada e aplicada por todos.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752:** Perícias de Engenharia na Construção Civil. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 8 p.

AZEVEDO, Bernardo de. **Visual Law:** Como Os Elementos Visuais Podem Transformar o Direito. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2021.

FLUSSER, V. **O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação.** São Paulo: Cosac Naif, 2007.

KANNO, Mário. **Infografe.** Ed. Eletrônica. São Paulo: infolide. com, 2013.

LYRA, Kamila Takayama. **Impacto do uso de infográficos como materiais de aprendizagem e suas correlações com satisfação, estilos de aprendizagem e complexidade visual.** São Carlos – SP, 2017.

A UTILIZAÇÃO DA FOTOGRAFIA PANORÂMICA IMERSIVA EM 360 GRAUS: UM AVANÇO TECNOLÓGICO PARA A PRODUÇÃO DE PROVAS TÉCNICAS EM AVALIAÇÕES E PERÍCIAS

RESUMO

A NBR 14653-3:2011 define que os registros fotográficos devem ser realizados com câmeras fotográficas de boa qualidade e com resolução adequada para garantir nitidez, além de serem organizados de forma coerente e sequencial. A tecnologia tem evoluído nos últimos anos, substituindo câmeras analógicas por smartphones e drones, visando melhorar a qualidade dos trabalhos.

A pandemia do COVID-19 impulsionou a busca por alternativas que permitam a visita virtual de locais por meio de tecnologia, tornando a fotografia panorâmica imersiva em 360º uma opção. Essa tecnologia consiste na junção de fotos capturadas com lentes especiais e editadas por softwares específicos para a criação de um tour virtual, permitindo que as pessoas visitem virtualmente o local vistoriado. O artigo apresenta estudos de caso e aplicações sugeridas, além de discutir os principais benefícios e desafios da tecnologia, bem como as etapas de criação do tour virtual. O uso dessa tecnologia representa uma inovação na área de avaliação e perícias em engenharia, fornecendo uma nova opção para a documentação visual de imóveis e equipamentos, além de permitir uma avaliação mais precisa e confiável.

ABSTRACT

The Brazilian technical standard - "NBR 14653-3:2011" defines that photographic records must be taken with good quality cameras and with adequate resolution to ensure clarity, in addition to being organized in a coherent and sequential manner. Technology has evolved in recent years, replacing analog cameras with smartphones and drones, aiming to improve the quality of work.

The COVID-19 pandemic has boosted the search for alternatives that allow the virtual visit of places through technology, making immersive 360º panoramic photography an option. This technology consists of combining photos captured with special lenses and edited by specific software to create a virtual tour, allowing people to virtually visit the inspected location. The article presents case studies and suggested applications, in addition to discussing the main benefits and challenges of the technology, as well as the steps to create the virtual tour. The use of this technology represents an innovation in the area of evaluation and engineering expertise, providing a new option for the visual documentation of properties and equipment, in addition to allowing a more accurate and reliable evaluation.

AUTORES:

Ana Carolina
Atheniense Vaz de Mello

Giovana
Ferraz

Palavras-chave:
Fotografias; inovação; panorâmicas; perícias; registros fotográficos; tecnologia.

Keywords:
Digital technology, infographics, engineering expertise, technical excellence, visual resources.

1. INTRODUÇÃO

Os registros fotográficos, elementos de extrema importância para os laudos de avaliações e perícias com diversos fins, tem a finalidade de documentar as condições dos imóveis e, capturar dados que seriam difíceis de descrever com palavras, permitindo que o leitor possa fazer análises precisas e confiáveis. O item 7.4.1 da NBR 14653-3:2011, define que os registros fotográficos devem ser realizados em quantidade suficiente para permitir a correta compreensão das características observada, tendo sido tirados com câmeras fotográficas de boa qualidade e com resolução adequada para garantir a nitidez. A norma destaca ainda a importância de que as fotografias sejam organizadas e apresentadas de forma coerente e sequencial, permitindo uma visualização sistemática das características do imóvel ou equipamento avaliado.

Os registros fotográficos nos laudos de avaliação e perícias têm evoluído em termos de tecnologia nos últimos anos. A substituição das câmeras analógicas por smartphones, e a utilização de drones por exemplo, fortalecem a busca por equipamentos avançados que visam melhorar a qualidade da entrega dos trabalhos.

A ABNT NBR 13752:1996 define a Vistoria como a constatação de um fato, mediante exame circunstanciado e descrição minuciosa dos elementos que o constituem. Neste sentido, com a ocorrência do COVID-19, nota-se uma tendência mundial em todas as áreas profissionais impulsionada para a busca por alternativas que permitam a visita virtual de locais por meio de tecnologia. Ao considerar tal panorama pós pandêmico, procura-se então maneiras inovadoras de tentar melhorar e complementar o método tradicional de realização de vistorias no campo da engenharia de avaliação e perícias.

Aliado a importância dos registros fotográficos e da busca por alternativas tecnológicas que melhores a qualidade destes, as fotos panorâmicas imersivas em 360º emergem na área de avaliações e perícias. Por meio da junção de fotos capturadas com lentes especificas, junto a softwares de edição, é criado o tour virtual, o qual permite que as pessoas visitem virtualmente o local vistoriado, onde podem ter a sensação de caminhar entre os ambientes. Desse modo, este artigo tem como objetivo apresentar essa nova tecnologia de fotografias panorâmicas imersivas em 360º, discutindo diversos estudos de caso e aplicações sugeridas, abordando essa tecnologia inédita na área, além de discutir os principais benefícios e desafios desta, e respectivas etapas de criação do tour virtual.

2. DESENVOLVIMENTO

Frequentemente utilizado por leigos e profissionais, o Google Street View, recurso do Google Maps, é um exemplo da tecnologia panorâmica imersiva 360º conhecido mundialmente. A sensação de estar presente no local, causada no Google Street View, permite que o usuário observe as vias e fachadas de diversos ângulos. Para as vistorias cautelares, a fotografia 360º é realizada nas áreas internas e externas do imóvel, resultando em imagens de toda a extensão dos cômodos vistoriados.

2.1. Benefícios da implantação do novo método de capturas fotográficas

Inúmeros são os benefícios da utilização do método de capturas fotográficas panorâmicas imersivas em 360º. Por utilizar-se de câmeras DSLR (Digital Single Lens Reflex), o resultado obtido são fotos em altíssima qualidade, possibilitando a análise detalhada de possíveis anomalias construtivas.

***Figura 1** - Destaque à qualidade do zoom.*

***Fonte:** elaborada pelos autores, 2023.*

O tempo de vistoria também diminui significantemente ao utilizar-se dessa metodologia, visto que bastam 5 (cinco) fotografias por ambiente para que o cômodo seja completamente registrado.

A visualização de fotos fragmentadas, de ângulos limitados, dificulta o entendimento do

ambiente vistoriado como um todo, o que não ocorre na panorâmica imersiva 360º. Na figura a seguir, vemos o exemplo das fotos antes e depois do tratamento, destacando como é possível compreender melhor o ambiente após a união.

***Figura 2** - União de fotos resultando em panorâmica.*

***Fonte:** elaborada pelos autores, 2023.*

Por fim, as imagens detalhadas obtidas com a captura em 360º poupa a necessidade de retorno ao imóvel caso seja contatada a ausência de alguma informação ao elabora o laudo.

2.1.1. Adversidades

Apesar do excelente resultado entregue, convém ressaltar os desafios na aplicabilidade das fotografias panorâmicas imersivas em 360º, visto que é uma metodologia nova e ainda não muito utilizada na área de avaliações e perícias.

O processo de edição das imagens exige treinamento especializado e aprendizado em softwares para processamento das fotografias, além de conhecimento de equipamentos utilizados no processo como lentes próprias e tripés de ponto nodal.

O valor do investimento para a implantação do método é relativamente alto. São necessárias licenças de softwares de edição das imagens, equipamentos como câmera, lente, tripés, além do servidos para a hospedagem do Tour.

Convém ressaltar, que apesar de a tecnologia diminuir consideravelmente o tempo de vistoria, o tempo de edição das imagens posteriormente é mais longa do que as fotos convencionais, demandando disponibilidade da equipe para realizar o tratamento.

Além disso, por se tratar de uma inovação, esse formato de fotografias ainda não é mencionado em normas e é pouco conhecido por clientes, demandando a entrega do laudo de vistoria tradicional juntamente com as panorâmicas imersivas.

2.2. Aplicações do tour 360º - Casos relevantes na área de avaliações e perícias

2.2.1. Imóveis que serão demolidos

Imóveis que serão demolidos requerem vistorias detalhadas de conservação do estado, para identificar detalhes, anomalias e características relevantes, que serão perdidas após a demolição. A fotografia imersiva em 360º é uma excelente ferramenta para esse tipo de vistoria, pois permite que os profissionais capturem o estado atual do edifício em todos os ângulos possíveis antes de serem demolidos.

Com a aplicação da fotografia imersiva em 360º, é possível criar um registro extremamente preciso do imóvel, medir com precisão as dimensões do edifício e identificar quaisquer possíveis anomalias estruturais, o que pode influenciar o valor do terreno após a demolição. O método é uma importante ferramenta de documentação, permitindo que as partes interessadas examinem o edifício antes da demolição e ajudando a evitar possíveis litígios futuros. Os dados coletados também podem ser usados para criar modelos em 3D do edifício, que podem ser usados para planejar a demolição e a construção futura.

2.2.2. Vistoria cautelar

A vistoria cautelar tem entre suas obrigações, realizar a descrição geral da edificação, além de identificar as características construtivas, o padrão de acabamento, o estado de conservação e as anomalias e manifestações patológicas mais significativas existentes. São realizados registros fotográficos da situação do imóvel na data da vistoria, antes do início das obras.

A aplicação de tour virtuais nessas vistorias, ao invés da maneira tradicional de registros fotográficos, apresenta vantagens. Pois, com a alta qualidade das imagens, a pessoa responsável pela elaboração do laudo, consegue identificar com mais clareza, por exemplo, os elemen-

tos construtivos. Ademais, o tour garante que com apenas cinco fotos todo o cômodo seja registrado. Ao contrário do que acontece quando uma pessoa fica responsável por tirar as fotos do local com o celular, já que são necessárias fotos gerais e especificas das anomalias, resultando, normalmente, em mais do que cinco fotos. O tour também garante, que a maior parte das anomalias visíveis, sejam registradas, o que as vezes pode não acontecer com a outra metodologia, já que pode vir a ocorrer um erro na execução da atividade e o responsável esquecer de algum detalhe.

A seguir será feita a demonstração de como seria realizado o registro fotográfico no laudo cautelar, por meio do tour virtual.

***Figura 4** - Registros fotográficos*

	PISO	PILARES	TETO
REVESTIMENTOS	Concretado e polido e blocos sextavados de concreto	Concretados	Concretado
ANOMALIAS	Deteriorações e fissuras	Deteriorações, danos e fissuras	Deteriorações, infiltrações, manchas e oxidações na armadura

***Fonte:** elaborada pelos autores, 2023.*

Observa-se, então, a qualidade dos registros e a fácil identificação dos elementos construtivos.

2.2.3. Vistoria de imóveis do patrimônio cultural

Os imóveis do patrimônio cultural são bens valiosos e requerem vistorias cuidadosas para preservar sua integridade histórica e cultural. A fotografia imersiva em 360º é uma ferramenta útil para vistoriar imóveis do patrimônio cultural, pois permite que os profissionais capturem detalhes arquitetônicos e artísticos em alta resolução, criando registros precisos dos detalhes de um imóvel do patrimônio cultural, incluindo arquitetura, decoração, móveis e objetos de arte. Essa documentação precisa é essencial para a preservação do patrimônio cultural e para futuras avaliações e restaurações.

A fotografia imersiva em 360º também pode ser usada para identificar e registrar, com detalhes, anomalias estruturais e de conservação, para casos em que seja necessário o planejamento de ações para restauração e preservação do imóvel.

2.2.4. Audiências de arbitragem

Para os procedimentos arbitrais, onde há flexibilidade para que as partes exponham suas defesas em formatos diversos, a utilização do tour 360º em audiências, possibilita a apresentação de evidências de forma mais clara e visual, proporcionando uma compreensão mais abrangente e precisa da situação. Para o contexto dos processos arbitrais, são diversos os benefícios da utilização do Tour 360º, a exemplo:

- Casos que envolvem questões de propriedades, como avaliações de imóveis, ou em casos que envolvem a interpretação de um local ou situação específica, abordando distancias e condições de implantação, sem que o público presente tenha visitado o local;
- As capturas panorâmicas evidenciam o impacto de uma ação ou decisão específica. Por exemplo, pode-se criar um tour virtual do local antes e depois de uma obra, permitindo que as partes envolvidas no processo e os árbitros vejam com clareza como se deu a mudança, entendendo o processo e tomando uma decisão mais informada.

As capturas panorâmicas são uma ferramenta valiosa em audiências de arbitragem, permitindo que as partes interessadas visualizem evidências de forma clara e visual.

2.2.5. Mercado imobiliário

Durante a pandemia do coronavírus, em 2020, de acordo com informações do site da ABRAINC (Associação Brasileira de Incorpo-

radoras Imobiliárias), o mercado imobiliário apresentou uma alta, com recorde anual nos lançamentos e unidades comercializadas, sendo os resultados, os maiores desde 2014. Desse modo, foi necessário que os trabalhadores e empresas dessa área fizessem adaptações para corresponder a essa alta demanda, que ocorreu em um momento de muitas mudanças. É nesse contexto, que surge uma alta busca por maneiras de visitar locais virtualmente, sem sair de casa. Percebe-se então, que o tour virtual preenche perfeitamente esse requisito.

O tour virtual 360° possibilita que pessoas visitem um imóvel pelo celular ou computador e avaliem se terão realmente interesse na compra ou locação deste. Além disso, o possível cliente, pode analisar detalhes com o tempo que for necessário e ter uma ótima perspectiva de disposição de cômodos, o que não seria possível apenas com fotografias. Também existem vantagens para aqueles que oferecem o tour, pois com ele, passarão a ter economia de tempo e de energia, já que as visitas presenciais passarão a ser parte do processo final.

Vale citar, também, que os tours disponibilizados em sites de empresas imobiliárias, são úteis no processo de avaliação de imóveis. Pois, por meio deles é possível analisar o estado de conservação da edificação e o padrão construtivo, com mais precisão e detalhes.

2.3. Equipamentos e procedimentos

Primeiramente, é de suma importância compreender o que é uma foto panorâmica. O significado da palavra “panorama” vem do grego, sendo “pan” todo e “horama” vista. Sendo assim, é uma fotografia que traz a visão total de um ambiente, podendo até ir além do que o olho humano consegue capturar. Essa foto tem no máximo 360° e é formada a partir da junção de fotos. A Figura 3, a seguir, representa o exemplo de uma panorâmica:

Figura 3 *- Exemplo de foto panorâmica.*

Fonte: *elaborada pelos autores, 2023.*

Para tirar as fotos panorâmicas são necessários, em suma, quatro equipamentos: a câmera, a cabeça panorâmica, a lente olho de peixe 180° e o tripé. A câmera SLR (Single Lens Reflex) é a ideal para a criação desse tipo de imagem, pois oferece as configurações e recursos necessários, além de entregar fotografias com alta qualidade de imagem. A cabeça panorâmica, adaptada para nadir e zenit, possui marcações que permitem o ajuste do ângulo e serve como suporte para a câmera. A lente olho de peixe serve para ampliar o campo de visão da fotografia, este fato permite incluir muito mais do cenário em uma única fotografia. Por último, o tripé garante que todas as fotos sejam tiradas do mesmo ponto e sem tremores. É importante lembrar que além dos equipamentos usados em campo, no escritório é necessário um computador com capacidade suficiente de processamento, pois o tratamento das fotos tiradas requer essa característica.

Nesse sentido, com a posse dos principais equipamentos citados, é possível ir para campo e iniciar a captura das fotos. No local a ser vistoriado, serão definidos os hotspots (locais das tomadas fotográficas), que são essenciais no momento da montagem do tour virtual, pois estes são os responsáveis por definir os possíveis

caminhos a serem percorridos no tour. Diante disso, percebe-se que esses pontos devem ser previamente planejados mentalmente, de modo que todo o local seja vistoriado. Também é preciso ter atenção em relação à distância entre os hotspots, para que não se perca tempo tirando fotos em locais muito similares e nem em pontos muito distantes entre si.

Com os hotspots definidos, deve-se posicionar o tripé com a câmera e iniciar a captura. Alguns cuidados são essenciais, como ver se o tripé está alinhado, por meio da bolha de nível e conferir as condições da luz, que podem ser ajustadas no painel da câmera, com intuito de as fotos não ficarem nem muito escuras e nem muito claras. Após conferir esses itens, a câmera deve ser sutilmente inclinada para baixo, de modo que na captura, uma parte do tripé apareça. Isso serve para que o piso do ambiente, também seja capturado. Importante lembrar que, diversas são as maneiras de realizar a captura das imagens e os procedimentos para o tratamento destas. Porém, neste artigo, será descrito apenas um caminho dentre os que podem ser seguidos.

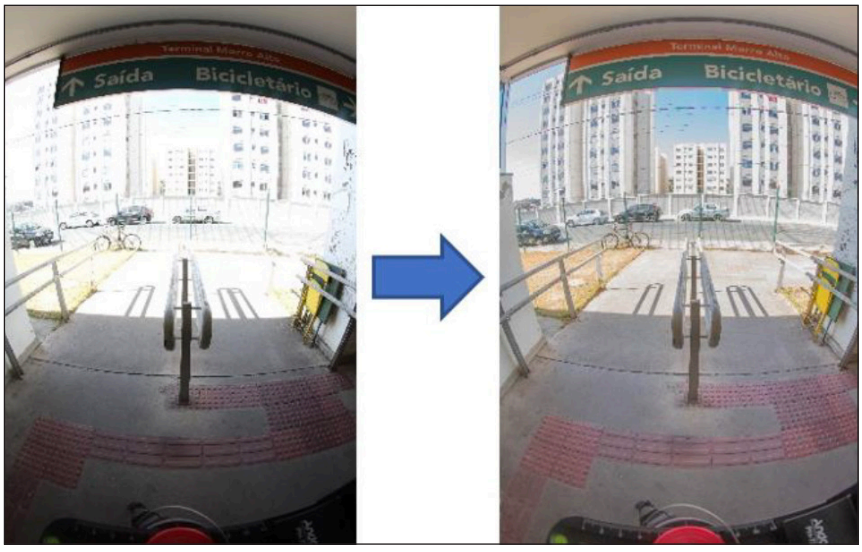
Desse modo, após o posicionamento da câmera, são tiradas quatro fotos, com distância angular de 90° entre si, com esse número de capturas e essa distância, será completada a volta de 360°. Por último, será tirada uma foto para cima, totalizando cinco fotos. Feitas todas as tomadas fotográficas, os próximos passos deverão ser feitos no computador.

2.4. Etapas para criação do tour virtual

2.4.1. Produção de panorâmicas

Inicialmente, as fotos deverão ser editadas e agrupadas, de maneira que cada grupo com cinco imagens represente um hotspot. Um exemplo de foto editada será mostrado na figura a seguir, esta edição irá facilitar a execução da próxima etapa além de melhorar a imagem visualmente.

Figura 4 *- Comparação entre as fotos antes e depois da edição.*



Fonte: *elaborada pelos autores, 2023.*

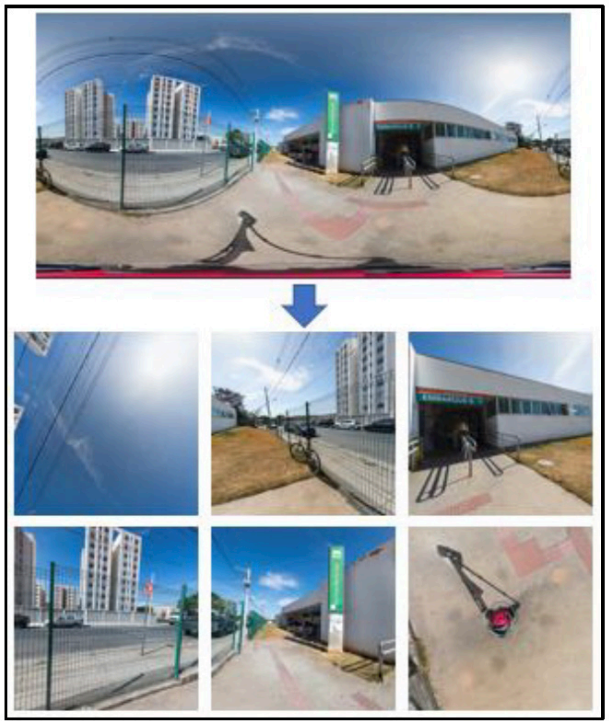
Com as imagens editadas e tratadas, parte-se para o processo de união (ou costura) das imagens, que é realizado em softwares desenvolvidos especificamente para esse tipo de processo. Basicamente, o que o programa faz é comparar duas fotos e identificar os pontos em comum entre elas, por meio da sobreposição de imagens. Ele faz essa comparação, com todos os cinco itens, para que consiga capturar o máximo de pontos em comum. A partir disso ele cria a imagem, chamada de panorâmica, que representa todo o ambiente.

***Figura 5** - Costura das imagens e criação da imagem panorâmica.*

***Fonte:** elaborada pelos autores, 2023.*

Apenas com essas duas etapas supracitadas, já seria possível partir para a junção das imagens e a elaboração do tour. Todavia, alguns outros procedimentos podem ser realizados com o intuito de melhorar a qualidade do tour. Um exemplo, é o de retirar o tripé da imagem, para que a sensação de imersão, fique ainda melhor. Isso pode ser feito de diversas maneiras, dentre elas, usar um software, que possibilite a divisão de uma imagem panorâmica, em seis pedaços. Esses terão a seguinte divisão: uma imagem totalmente para cima, uma totalmente para baixo e as outras quatro serão o "restante" da panorâmica. A Figura 6 a seguir irá facilitar a visualização:

***Figura 6** - Divisão da panorâmica em seis pedaços*



***Fonte:** elaborada pelos autores, 2023.*

Desse modo, depois dessa etapa, seria possível editar a foto que está voltada para baixo e retirar o tripé. Após isso, seria necessário apenas juntar os pedaços novamente.

2.4.2. Junção das panorâmicas e elaboração do tour virtual

Após gerar todas as panorâmicas, inicia-se a elaboração do tour virtual, essa é a etapa final, onde o projeto toma forma. Para isso, existem duas opções, os programas que podem ser instalados no computador ou os sites online. A escolha entre essas, varia de acordo com preferências pessoais. É importante destacar que é possível criar um tour virtual de maneira gratuita, porém existem certas limitações.

Em geral, esses softwares permitem que o criador apresente as imagens de maneira organizada e interativa. As setas que fazem as conexões entre as imagens são as principais responsáveis pela dinâmica do tour. Elas permitem que o usuário navegue entre os ambientes virtuais e atuam como links entre as imagens. Elas devem ser posicionadas corretamente e com uma lógica, de maneira que o usuário tenha a sensação de estar caminhando entre os ambientes.

Além disso, é possível dar zoom nos ambientes e integrar diversos dados existentes, ao tour criado. Um exemplo, é o banco de dados do Google Maps, que pode ser utilizado para mostrar a localização do imóvel vistoriado. Ao consultar a Figura 7 a seguir, é possível navegar por um exemplo de Tour de vistoria. https://bit.ly/3oEevi6.

***Figura 7** - QR Code de acesso (https://bit.ly/3oEevi6)*

***Fonte:** elaborada pelos autores, 2023.*

3. CONCLUSÕES (CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES)

Profissionais da área de avaliações e perícias devem estar sempre em busca de tecnologias e inovações que permitam melhorias em seus trabalhos.

Analisando os diversos estudos de caso e aplicações da tecnologia apresentados neste artigo, concluímos que, apesar de ainda estar em desenvolvimento, as capturas panorâmicas já entregam qualidade necessária para análise do estado geral de conservação dos imóveis, cumprindo os objetivos da vistoria de maneira inovadora. Concluímos também, que apesar dos desafios na implantação e na entrega dos trabalhos neste formato - como o alto custo e tempo de edição - ainda assim os benefícios são superiores, devendo ser uma tática difundida no campo de avaliações e perícias.

A fotografia panorâmica imersiva em 360º tem se mostrado promissora, uma vez que permite a captura de imagens completas dos imóveis e equipamentos avaliados, com riqueza de detalhes que muitas vezes não são possíveis de serem descritos apenas com palavras. Portanto, sugerimos que as normas técnicas que regulamentam a realização de avaliações e perícias incluam a possibilidade de utilização da mencionada tecnologia, a fim de aprimorar e desenvolver a apresentação e entrega dos resultados aos contratantes.

Além disso, a utilização dessa tecnologia tem se mostrado ainda mais relevante em um contexto pós-pandemia, onde há uma tendência mundial em busca de alternativas que permitam a visita virtual de locais por meio de tecnologia. Dessa forma, a incorporação da fotografia panorâmica imersiva em 360º nas normas técnicas pode ser uma forma de garantir a evolução da área de avaliações e perícias e atender às demandas do mercado.

4. REFERÊNCIAS

ABRAINC. **Incorporação encerra 2020 com recorde anual nos lançamentos e unidades comercializadas.** Disponível em: https://www.abrainc.org.br/indicadores/2021/02/25/fevereiro-2021/. Acesso em: 15 abr. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **13.752:** Perícias de engenharia na construção civil. ABNT, dez. 1996.

CAPTERRA. **Mercado imobiliário: tour virtual ajudou clientes a economizar tempo.** Disponível em: https://www.capterra.com.br/blog/2573/pesquisa-mercado-imobiliario. Acesso em: 15 abr. 2023.

CAVALIERI, Telma Victorio; GROETELAARS, Natalie Johanna. **O tour virtual como ferramenta na sensibilização ao patrimônio edificado.** Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/telmavictorio/publication/329811374_0_tour_virtual_como_ferramenta_nasensibilizacao_ao_patrimonio_edificado/links/5c1bc59a6fdecfc705d9 a0e/0-tour-virtual-como-ferramenta-na-sensibilizacao-ao- patrimonio-edificado.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.

CONECTA IMOBI. **Tour virtual 360: sua imobiliária está preparada para essa tendência?** Disponível em: https://blog.conectaimobi.com.br/tour-virtual-360-sua-imobiliaria-esta-preparada-para-essa-tendencia/. Acesso em: 15 abr. 2023.

IBAPE/MG (Org.). Norma de vistoria cautelar. Belo Horizonte, 2014.

MACEDO, Ricardo Pedrosa; CASTELO, H. A. M. **Museu da Publicidade em 360° - Espaço virtual de Aprendizagem.** ABCiber. Disponível em: https://abciber.org.br/simposio2013/anais/pdf/Eixo_5_Entretenimento_Digital/25760arq79483950910.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.

SEASNAP. ***The Pros and Cons of Different Types of Virtual Tours.*** Disponível em: http://seasnap.net/virtual-tour-pros-cons/. Acesso em: 12 abr. 2023.

ANÁLISE TÉCNICA DA DEFORMAÇÃO EXCESSIVA DA TUBULAÇÃO DE AÇO CORRUGADO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE PILHA DE ESTÉRIL, EM UMA MINERADORA SITUADA NO ESTADO DE MINAS GERAIS

RESUMO

Este trabalho se refere a um caso real, mais precisamente uma perícia técnica de engenharia, que teve como objetivo a determinação dos principais eventos que causaram a deformação da tubulação do sistema de drenagem de uma pilha de estéril de uma empresa de mineração situada no estado de Minas Gerais. O sistema de drenagem da pilha de estéril foi executado em duas etapas. A primeira etapa abrangia 452,10 m de tubulação. Já a segunda etapa compreendia 169,88 m de tubulação e foi executada aproximadamente dois anos após a conclusão da primeira etapa. Aproximadamente três anos após a finalização da segunda etapa, foram detectados os primeiros sinais de deformação da tubulação do sistema de drenagem da pilha de estéril. Tal deformação ultrapassou os limites toleráveis e se caracterizava pela redução da altura (diâmetro vertical) e aumento da largura (diâmetro horizontal) da tubulação em diversos trechos. Além disso, foram identificados rompimentos de costuras, cisalhamento de parafusos e infiltrações nos tubos. É importante destacar que, principalmente após o rompimento da barragem da mineradora Vale em Brumadinho-MG, no ano de 2019, especial atenção deve ser concentrada em problemas e manifestações patológicas que porventura venham a surgir em quaisquer das etapas do processo de mineração.

AUTORES:

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello

Antônio
Cláudio Andrade Brum

Igor
Almeida Fassarella

Eduardo
Almeida Veneroso

Ana Clara
Martins Salonikio

Palavras-chave:
Drenagem; Mineração; Perícia; Pilha de estéril; Tubulação.

1. DADOS GERAIS SOBRE A MINA E O SISTEMA DE DRENAGEM DAS PILHAS DE ESTÉRIL

A mina, na qual ocorreu a deformação excessiva dos tubos do sistema de drenagem da pilha de estéril, se localiza no estado de Minas Gerais e utiliza o método de lavra a céu aberto.

Em razão da proximidade dessa mina com o perímetro urbano do município, a deformação do sistema de drenagem exigiu uma análise técnica criteriosa para se impedir a ruptura total desse sistema e, por conseguinte, evitar que os moradores do entorno da mina ficassem expostos a quaisquer situações de risco. Convém ressaltar que o sistema de drenagem é um elemento essencial para garantir a estabilidade e segurança da pilha de estéril.

Figura 1 *- Imagem de satélite da mina.*

Fonte: *Google Earth.*

O estéril do processo de mineração pode ser definido como todo material não aproveitável como minério e, por isso, descartado pela operação de lavra antes do beneficiamento. As pilhas de estéril são, portanto, aterros constituídos por estes materiais e, por conseguinte, pela sua própria natureza, são obras geotécnicas bastante complexas tanto pela heterogeneidade do material quanto pelo processo construtivo.

O sistema de drenagem da pilha de estéril era composto por um canal de escoamento com extensão total de 621,98 m formado por tubos de aço corrugado com diâmetro de 1,80 metros e espessura de chapa variável, ou seja:

- espessura de 2,70 mm para pilha de estéril com altura de 22,00 m;
- espessura de 3,40 mm para pilha de estéril com altura de 29,10 m;
- espessura de 4,70 mm para pilha de estéril com altura de 44,50 m;
- espessura de 6,30 mm para pilha de estéril com altura de 59,10 m;
- espessura de 8,00 mm para pilha de estéril com altura de 78,00 m.

2. INFORMAÇÕES TÉCNICAS DOS TUBOS DE DRENAGEM

Desenvolvidos nos Estados Unidos com tecnologia exclusiva de projeto e produção, os sistemas construtivos MP100 / MP152 e MP152S são fabricados em aço corrugado de alta eficiência e resistência estrutural, que associam economia, versatilidade e rapidez na montagem, reduzindo custos e prazos de entrega das obras. É a solução mais rápida e econômica para obras de infraestrutura, largamente empregada em sistemas de construção viária, drenagem, saneamento e mineração. As principais aplicações são em drenagem de águas pluviais, canalização de córregos e rios, e diversas aplicações em mineração.

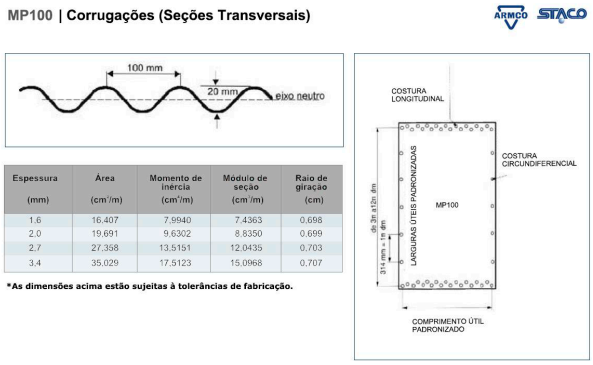
Em relação às normas técnicas, as tabelas e catálogos foram elaborados obedecendo às normas da AASHTO - “American Association of State Highway and Transportation Officials” (seção 12), ASTM - “American Society for Testing and Materiais” (A153, A449, A761, A796), e AISI - American Iron and Steel Institute (Handbook of steel damage and construction products).

Para o cálculo das alturas de aterro da tubulação, foram considerados os procedimentos de cálculo recomendados pela AISI - American Iron and Steel Institute, e os seguintes parâmetros:

a. Peso específico do terreno: 1.922 kg/m3;
b. Compactação de no mínimo 85% do Proctor normal;
c. Tipo de solo recomendado para o aterro: A2-4 (areia ou pedregulho siltoso ou argiloso, com o máximo de 35%, passando na peneira nº 200);
d. Tensão admissível do aço adotado: 2.320kg/cm2;
e. Alturas máximas de recobrimento para uso em rodovias (trem tipo H20), e para uso em ferrovias (trem tipo E80);
f. Taxa de compressão admissível no solo

adjacente às chapas de canto não circulares: 3kg/cm².

Figura 2 *- Corrugações (seções transversais) da tubulação MP100.*

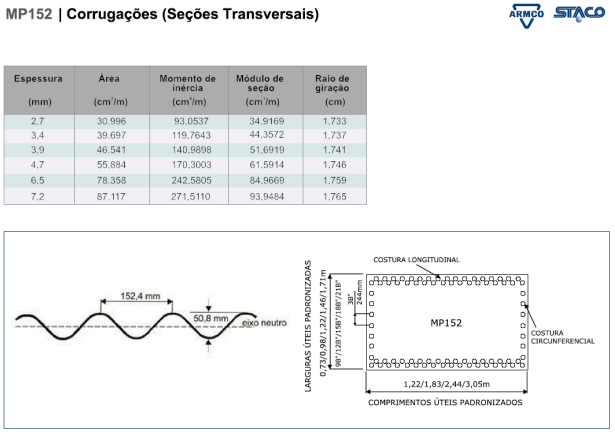


Espessura (mm)	Área (cm²/m)	Momento de inércia (cm⁴/m)	Módulo de seção (cm³/m)	Raio de giração (cm)
1.6	16.407	7.9940	7.4363	0.698
2.0	19.691	9.6302	8.8350	0.699
2.7	27.358	13.5151	12.0435	0.703
3.4	35.029	17.5123	15.0968	0.707

*As dimensões acima estão sujeitas à tolerâncias de fabricação.

Fonte: *Catálogo do fabricante.*

Figura 3 *- Corrugações (seções transversais) da tubulação MP152.*



Espessura (mm)	Área (cm²/m)	Momento de inércia (cm⁴/m)	Módulo de seção (cm³/m)	Raio de giração (cm)
2.7	30.996	93.0537	34.9169	1.733
3.4	39.697	119.7643	44.3572	1.737
3.9	46.541	140.9898	51.6919	1.741
4.7	55.884	170.3003	61.5914	1.746
6.5	78.358	242.5805	84.9669	1.759
7.2	87.117	271.5110	93.9484	1.765

Fonte: *Catálogo do fabricante.*

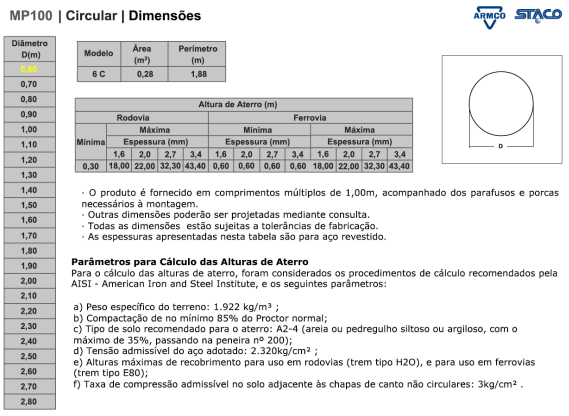
A durabilidade das estruturas de aço corrugado é função das condições ambientais, do tipo de revestimento e, em certos casos, da espessura de chapa.

As condições ambientais, tais como: pH e condutividade do solo e da água, temperatura, sais solúveis e grau de turbulência do fluido, bem como o grau de abrasividade do fluxo, são os fatores determinantes da durabilidade da estrutura.

Em relação à galvanização, a combinação favorável destes fatores, maioria dos casos em que não existe poluição por esgotos ou despejos industriais, implica na adoção de revestimento galvanizado. A galvanização por imersão a quente é um revestimento de zinco de 910g/m², que interage com o meio, sendo o zinco sacrificado ao longo dos anos em função da agressividade para dar proteção ao metal base.

O revestimento dos tubos, em epoxy, é formado por uma película com espessura média de 150p aplicada sobre a chapa previamente fosfatizada. Esta película protege o aço contra os agentes corrosivos, isolando-o do meio agressivo.

Figura 4 *- Dimensões da tubulação MP100.*



Diâmetro D(m)
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00
1,10
1,20
1,30
1,40
1,50
1,60
1,70
1,80
1,90
2,00
2,10
2,20
2,30
2,40
2,50
2,60
2,70
2,80

Modelo	Área (m²)	Perímetro (m)
6 C	0,28	1,88

Altura de Aterro (m)												
	Rodovia				Ferrovia							
	Mínima	Máxima			Mínima				Máxima			
	Espessura (mm)				Espessura (mm)				Espessura (mm)			
	1,6	2,0	2,7	3,4	1,6	2,0	2,7	3,4	1,6	2,0	2,7	3,4
0,30	18,00	22,00	32,30	43,40	0,60	0,60	0,60	0,60	18,00	22,00	32,30	43,40

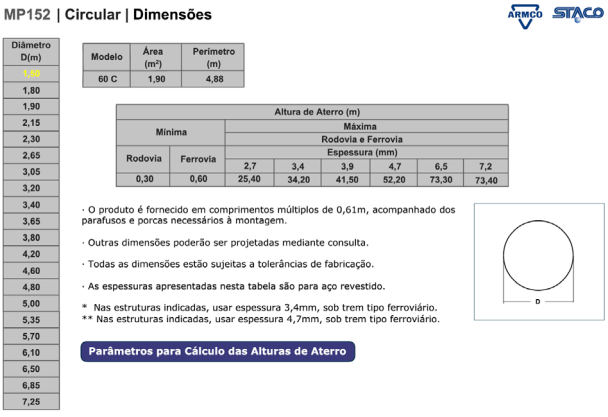
· O produto é fornecido em comprimentos múltiplos de 1,00m, acompanhado dos parafusos e porcas necessários à montagem.
· Outras dimensões poderão ser projetadas mediante consulta.
· Todas as dimensões estão sujeitas a tolerâncias de fabricação.
· As espessuras apresentadas nesta tabela são para aço revestido.

Parâmetros para Cálculo das Alturas de Aterro
Para o cálculo das alturas de aterro, foram considerados os procedimentos de cálculo recomendados pela AISI - American Iron and Steel Institute, e os seguintes parâmetros:

a) Peso específico do terreno: 1.922 kg/m³ ;
b) Compactação de no mínimo 85% do Proctor normal;
c) Tipo de solo recomendado para o aterro: A2-4 (areia ou pedregulho siltoso ou argiloso, com o máximo de 35%, passando na peneira nº 200);
d) Tensão admissível do aço adotado: 2.320kg/cm² ;
e) Alturas máximas de recobrimento para uso em rodovias (trem tipo H2O), e para uso em ferrovias (trem tipo E80);
f) Taxa de compressão admissível no solo adjacente às chapas de canto não circulares: 3kg/cm² .

Fonte: *Catálogo do fabricante.*

Figura 5 *- Dimensões da tubulação MP152.*



Diâmetro D(m)
1,80
1,90
2,00
2,15
2,30
2,65
3,05
3,20
3,40
3,65
3,80
4,20
4,60
4,80
5,00
5,35
5,70
6,10
6,50
6,85
7,25

Modelo	Área (m²)	Perímetro (m)
60 C	1,90	4,88

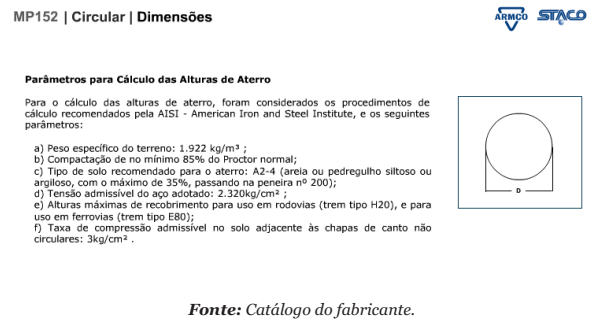
Altura de Aterro (m)						
Mínima		Máxima				
		Rodovia e Ferrovia				
Rodovia	Ferrovia	Espessura (mm)				
		2,7	3,4	3,9	4,7	6,5	7,2
0,30	0,60	25,40	34,20	41,50	52,20	73,30	73,40

· O produto é fornecido em comprimentos múltiplos de 0,61m, acompanhado dos parafusos e porcas necessários à montagem.
· Outras dimensões poderão ser projetadas mediante consulta.
· Todas as dimensões estão sujeitas a tolerâncias de fabricação.
· As espessuras apresentadas nesta tabela são para aço revestido.
* Nas estruturas indicadas, usar espessura 3,4mm, sob trem tipo ferroviário.
** Nas estruturas indicadas, usar espessura 4,7mm, sob trem tipo ferroviário.

Parâmetros para Cálculo das Alturas de Aterro

Fonte: *Catálogo do fabricante.*

Figura 6 *- Dimensões da tubulação MP152.*



Parâmetros para Cálculo das Alturas de Aterro

Para o cálculo das alturas de aterro, foram considerados os procedimentos de cálculo recomendados pela AISI - American Iron and Steel Institute, e os seguintes parâmetros:

a) Peso específico do terreno: 1.922 kg/m³ ;
b) Compactação de no mínimo 85% do Proctor normal;
c) Tipo de solo recomendado para o aterro: A2-4 (areia ou pedregulho siltoso ou argiloso, com o máximo de 35%, passando na peneira nº 200);
d) Tensão admissível do aço adotado: 2.320kg/cm² ;
e) Alturas máximas de recobrimento para uso em rodovias (trem tipo H20), e para uso em ferrovias (trem tipo E80);
f) Taxa de compressão admissível no solo adjacente às chapas de canto não circulares: 3kg/cm² .

Fonte: *Catálogo do fabricante.*

***Figura 7** - Dimensionamento estrutural e hidráulico dos tubos.*

MP152S | Dimensionamento Estrutural e Hidráulico

Dimensionamento Estrutural

As estruturas de aço corrugado dos sistemas construtivos MP100 e MP152 suportam aterros de pequenas e grandes alturas sob rodovias, ferrovias e aeroportos. Estas estruturas são flexíveis e suportam parte do carregamento, sendo a outra parte suportada pelo solo que as confina. O trabalho da estrutura sob carregamento tende a um aumento mínimo da sua dimensão horizontal, trazendo para si a resistência passiva do solo adjacente, que por sua vez impede maior deformação e ajuda a suportar o carregamento vertical, daí a importância do aterro bem executado.

Pesquisas norte-americanas demonstraram já na década de 50, que nas estruturas de aço corrugado, a pressão circundante e uniformemente distribuída é igual à pressão vertical atuante (carga viva + carga morta). A partir dessas pesquisas foi então formulada a "Teoria do Anel de Compressão". Desta forma, os esforços de compressão atuantes nas chapas de aço são calculados conforme indicado abaixo:

No dimensionamento estrutural, após a determinação da espessura necessária do aço, são verificadas a flexibilidade limite para a qual não ocorrerão deformações durante a instalação da estrutura, e também a resistência das emendas aparafusadas.

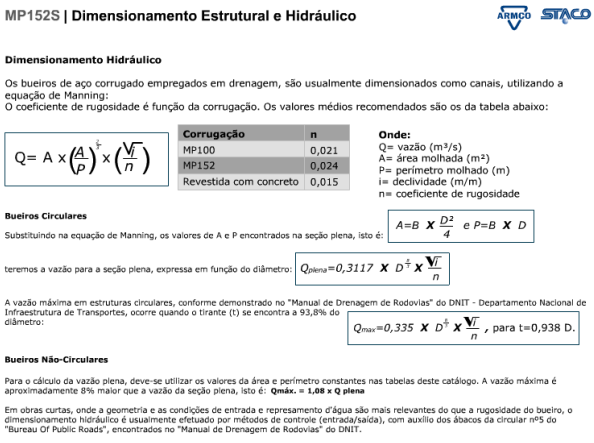
Na forma lenticular, além das verificações acima descritas, é verificada também a pressão transmitida ao solo adjacente às chapas de canto, em função da concentração de tensões nesta região.

Dimensionamento Hidráulico

Onde:
C = Compressão Anelar
P = Pressão Atuante (CV + CM)
V = Vão da Estrutura

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

***Figura 8** – Dimensionamento estrutural e hidráulico dos tubos.*



MP152S | Dimensionamento Estrutural e Hidráulico

Dimensionamento Hidráulico

Os bueiros de aço corrugado empregados em drenagem, são usualmente dimensionados como canais, utilizando a equação de Manning:
O coeficiente de rugosidade é função da corrugação. Os valores médios recomendados são os da tabela abaixo:

$$Q = A \times \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{\sqrt{i}}{n}\right)$$

Corrugação	n
MP100	0,021
MP152	0,024
Revestida com concreto	0,015

Onde:
Q= vazão (m³/s)
A= área molhada (m²)
P= perímetro molhado (m)
i= declividade (m/m)
n= coeficiente de rugosidade

Bueiros Circulares

Substituindo na equação de Manning, os valores de A e P encontrados na seção plena, isto é: $A = B \times \frac{D^2}{4}$ e $P = B \times D$

teremos a vazão para a seção plena, expressa em função do diâmetro: $Q_{plena} = 0{,}3117 \times D^{\frac{8}{3}} \times \frac{\sqrt{i}}{n}$

A vazão máxima em estruturas circulares, conforme demonstrado no "Manual de Drenagem de Rodovias" do DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, ocorre quando o tirante (t) se encontra a 93,8% do diâmetro:

$Q_{max} = 0{,}335 \times D^{\frac{8}{3}} \times \frac{\sqrt{i}}{n}$, para t=0,938 D.

Bueiros Não-Circulares

Para o cálculo da vazão plena, deve-se utilizar os valores da área e perímetro constantes nas tabelas deste catálogo. A vazão máxima é aproximadamente 8% maior que a vazão da seção plena, isto é: **Qmáx. = 1,08 x Q plena**

Em obras curtas, onde a geometria e as condições de entrada e represamento d'água são mais relevantes do que a rugosidade do bueiro, o dimensionamento hidráulico é usualmente efetuado por métodos de controle (entrada/saída), com auxílio dos ábacos da circular nº5 do "Bureau Of Public Roads", encontrados no "Manual de Drenagem de Rodovias" do DNIT.

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

Em relação à montagem e acabamento as estruturas MP100 e MP152 são despachadas para as obras em condições de serem facilmente montadas e instaladas. Por serem mais leves e flexíveis que as estruturas equivalentes compostas de outros materiais, as estruturas MP100 e MP152 são assentadas sobre fundações mais simples e de menor custo, e dispensam o uso de equipamentos pesados.

A montagem das estruturas é de progressão rápida, reduzindo assim o tempo de entrega da obra. A versatilidade do MP100 e MP152 permite a sua instalação em regiões de difícil acesso. Para a sua correta montagem e instalação é fornecido o Manual "INSTRUÇOES DE MONTAGEM", junto com o material entregue na obra.

3. ANÁLISE TÉCNICA DA MONTAGEM DA TUBULAÇÃO E DA EXECUÇÃO DO ATERRO ENVOLTÓRIO

A tubulação de aço corrugado utilizada no sistema de drenagem da pilha de estéril caracteriza-se por ser uma estrutura enterrada flexível, ou seja, aquela em que parte da carga que é imposta ao sistema (tubulação e aterro envoltório), ou através do peso próprio do aterro ou das cargas externas (permanentes e móveis), é transmitida para o solo empregado no aterramento da tubulação.

Até 90 % da carga imposta ao sistema tubulação + aterro envoltório é repassada ao material utilizado na formação de tal aterro. Portanto, os tubos não têm a função principal de absorver e suportar as cargas provenientes das pilhas de estéril depositadas sobre o sistema de drenagem, pois esta tarefa deve ficar a cargo do solo utilizado no aterramento da tubulação.

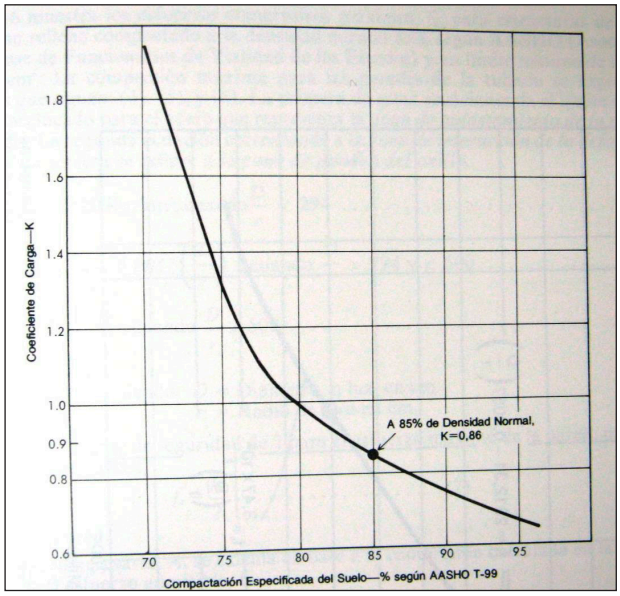
Daí a necessidade de se executar com elevado critério todos os procedimentos técnicos necessários para a construção correta do aterro envoltório da tubulação.

O projeto de construção do sistema de drenagem da pilha de estéril definiu as seguintes premissas para execução do aterro envoltório da tubulação:

- ***a.*** envoltória com altura de 4,00 m (quatro metros) acima da geratriz superior do tubo, e largura de "dimensão praticável" nas laterais;
- ***b.*** aterro de solo compactado em camadas de 0,20 m (vinte centímetros);
- ***c.*** aterro compactado com GC > 95 PN (grau de compactação maior que 95 % Proctor Normal) até, no mínimo, uma altura de 4,00 m (quatro metros) acima da geratriz superior do tubo.

Convém ressaltar que o grau de compactação do aterro é inversamente proporcional ao coeficiente de carga "K" transmitido à tubulação de aço. Para um grau de compactação de 95% (mínimo exigido no projeto) tem-se um coeficiente de carga "K" igual a 0,65. Caso o grau de compactação não seja tão rigoroso e atinja, por exemplo, o patamar de 80 %, o valor de "K" sobe para 0,99, aproximadamente. A figura reproduzida na página seguinte apresenta o gráfico que relaciona a compactação do solo com o coeficiente "K".

Figura 9 *- Coeficientes de carga para tubos de aço para cobertura compactada até a densidade normal.*

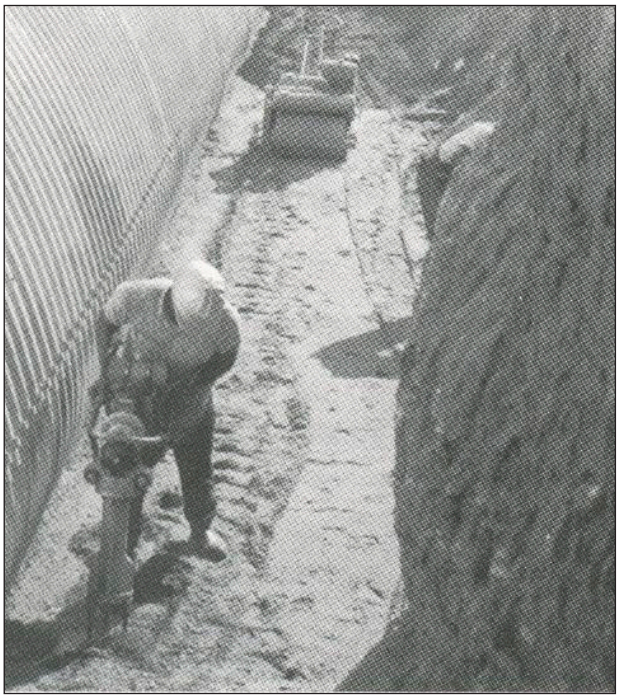


Fonte: *ASHO (Associação de Engenheiros Viários dos Estados Unidos).*

A performance da estrutura constituída pela tubulação e pelo aterro envoltório depende principalmente da qualidade do material empregado em tal aterro e da sua correta e criteriosa compactação. Caso não ocorra harmonia na estrutura em questão, os tubos de aço corrugado e o material utilizado no aterro não têm, isoladamente, a capacidade de desempenhar a função que o sistema estrutural composto proporcionaria. Portanto, o solo que envolve a tubulação de aço é o elemento principal para se garantir a estabilidade do conjunto estrutura flexível-solo.

Devido ao exposto, é essencial se dar ênfase à escolha do material do aterro envoltório e à necessidade de se impor um controle rigoroso do seu grau de compactação. Sem estes cuidados a estabilidade do sistema de drenagem pode ficar seriamente abalada. Na execução do aterro envoltório, para se obter o grau de compactação especificado no projeto, deve-se utilizar solo de boa qualidade estrutural, adequadamente compactado (em camadas de 20 cm de espessura), de maneira simétrica em ambos os lados do tubo até se chegar ao nível de sua geratriz superior. Os equipamentos empregados na compactação devem ser adequados às condições do local onde a tubulação está sendo instalada para se atingir o grau de compactação correto. Em trechos de difícil acesso para equipamentos mecanizados, devem ser usados equipamentos manuais de menor porte que possibilitem a obtenção de um grau de compactação uniforme em todos os pontos do maciço de solo, conforme ilustra a figura abaixo.

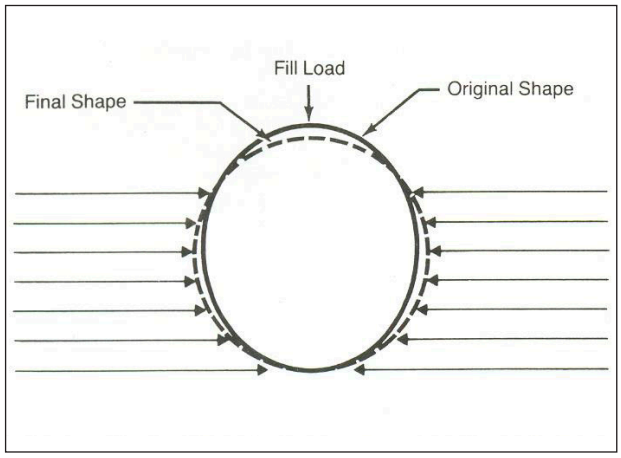
Figura 10 *- Compactação do aterro envoltório.*



Fonte: *AISI: Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.*

O início do processo de compactação do aterro envoltório deve ser executado com bastante critério e de maneira simétrica em relação ao eixo diametral vertical do tubo de aço. A pressão do solo lateral, durante a compactação, tende a causar deformações que deslocam as paredes laterais do tubo de aço para dentro e o seu teto para cima, deixando o tubo com um formato levemente ovalado. Quando o aterro atinge o nível do teto do tubo as pressões das camadas subsequentes invertem essa tendência de deformação, deslocando o teto para baixo e as paredes laterais para fora, garantindo, dessa forma, o equilíbrio da estrutura. Portanto, a compactação correta e criteriosa do aterro envoltório desde o seu início cria uma pré-compressão no tubo de aço e mobiliza a resistência passiva do solo. Logo, a compactação controlada do aterro envoltório é fundamental para a sua interação com o tubo de aço, garantindo estabilidade e capacidade de suporte de carga à estrutura composta. A figura abaixo reproduzida mostra a distribuição de tensões no tubo de aço durante a execução do aterro envoltório.

***Figura 11** - Deformação inicial do tubo devido à compactação do aterro envoltório*

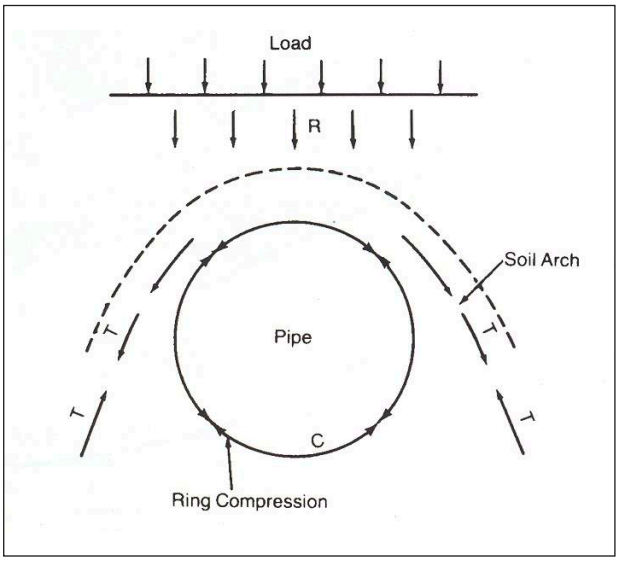


***Fonte:** AISI: Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.*

Segundo o Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products (1994) do AISI (Apêndice A), a partir dos resultados e conclusões do Programa de Testes de Utah, desenvolvido nos Estados Unidos no período de 1967 a 1970, observa-se a existência de uma densidade crítica, situada no intervalo entre 70% e 80% do padrão de compactação especificado pela AASHTO. Nos ensaios realizados, acima dessa densidade crítica o colapso observado ocorre por escoamento do aço do tubo devido à compressão circunferencial ou por deformação radial excessiva da ordem de 20 a 25%. Caso a densidade do aterro envoltório fique abaixo da densidade crítica não há a interação adequada do solo envoltório com o tubo de aço, não sendo mais garantido o princípio fundamental de funcionamento do sistema estrutural composto. No caso de não se ter garantida a interação do tubo corrugado de aço com o aterro envoltório, ocorre um esquema de carregamento não uniforme no tubo de aço induzindo a solicitação por flexo-compressão.

A figura reproduzida a seguir apresenta o esquema de transmissão de carga para o sistema composto pelo tubo de aço e pelo aterro envoltório em condições ideais, ou seja, aquelas em que o mencionado aterro tenha sido executado de forma criteriosa e correta. A carga vertical aplicada sobre o sistema (no caso em estudo provocada pela pilha de estéril) é absorvida, em parte, pelo maciço de solo que envolve o tubo e em parte (carga dissipada) pelo próprio tubo, no qual são gerados esforços de compressão circunferencial.

***Figura 12** - Esquema de transmissão de forças do aterro envoltório para o tubo*



***Fonte:** AISI: Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.*

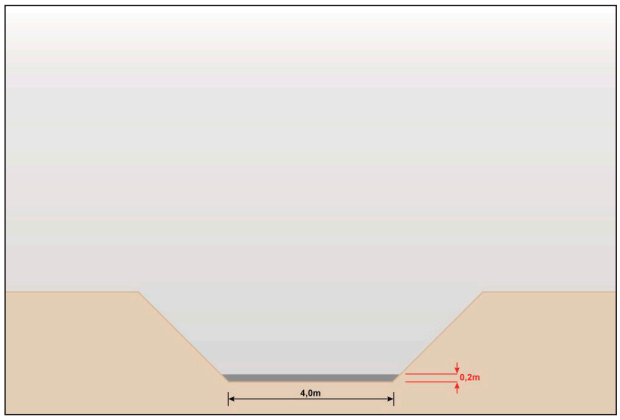
As análises técnicas realizadas in loco indicaram que o aterro envoltório da tubulação de drenagem não atendeu as condições de projeto, ou seja, o aterro não foi executado em camadas intermediárias de 20 cm, de forma simétrica em relação às laterais do tudo até se atingir a sua geratriz superior. A partir deste ponto o aterro deveria ser executado ainda em camadas intermediárias também de 20 cm até uma altura de 4,00 m acima da mencionada geratriz, o que, aparentemente, também não ocorreu. Além disso, não houve comprovação de que o grau de compactação 95 % Proctor Normal tenha sido alcançado e da realização de controle tecnológico do aterro.

A seguir são destacadas, de maneira resumida, as etapas corretas para a execução do aterro envoltório dos tubos do sistema de drenagem da pilha de estéril.

O primeiro passo é a abertura de vala para acomodação dos tubos. A base desta vala deveria ser recoberta por uma camada de itabirito chapinha devidamente compactada.

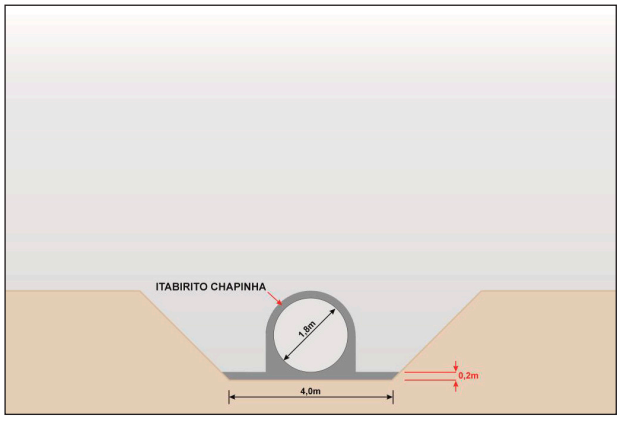
Em seguida, os tubos deveriam ser assentados de forma que ficassem equidistantes em relação às laterais da vala. No início da execução do aterro envoltório os tubos deveriam ser recobertos por uma camada de itabirito chapinha, com 20 centímetros de espessura, devidamente compactada. Esta camada protetora agiria como um filtro, impedindo que as águas armazenadas no aterro envoltório atingissem os tubos.

***Figura 13** - 1º Passo: Abertura de vala para acomodação dos tubos.*



***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

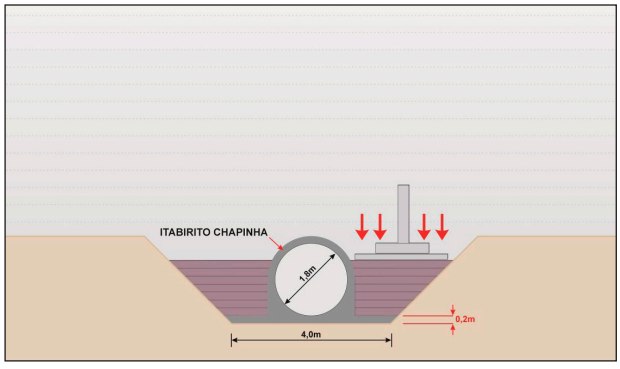
***Figura 14** - 2º Passo: Assentamento dos tubos equidistantes em relação às laterais da vala.*



***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

O 3º passo é a execução do aterro envoltório dos tubos. Este aterro deveria ser executado de maneira simétrica (em ambas as laterais dos tubos) e compactado em camadas intermediárias de 20 centímetros, com grau de compactação mínimo de 95 % Proctor Normal, até atingir a geratriz superior dos tubos.

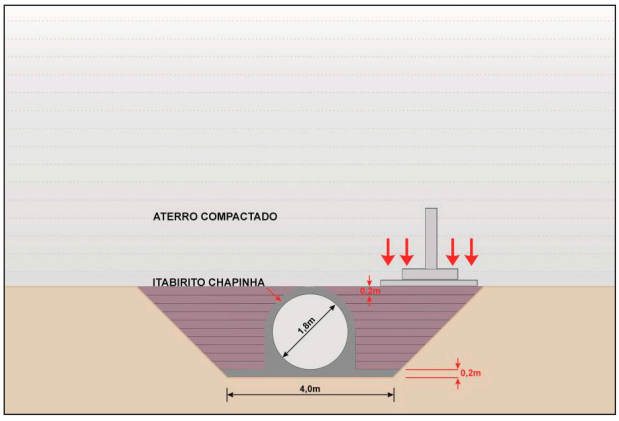
***Figura 15** - 3º Passo: Execução do aterro envoltório dos tubos.*



***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

O procedimento seguinte é a compactação final do aterro envoltório, dentro dos critérios descritos anteriormente. Conforme já mencionado, este aterro iria exercer pressões nas laterais dos tubos, os quais ficariam com o formato ligeiramente ovalado (em relação ao diâmetro horizontal). Posteriormente, com a execução do aterro sobre os tubos, as pressões verticais que incidiriam sobre os mesmos iriam combater as pressões laterais e fazer com que os tubos voltassem ao seu formato original.

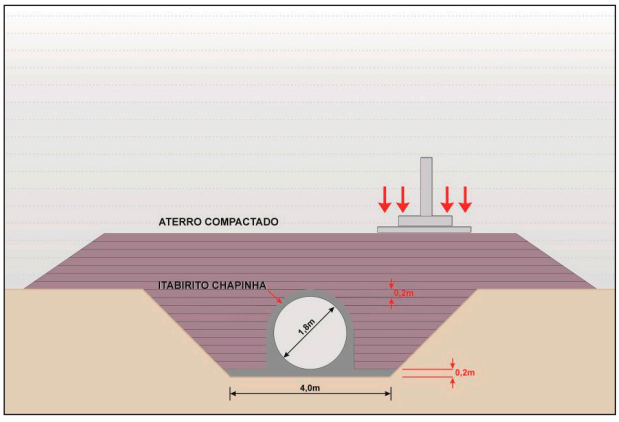
***Figura 16** - 4º Passo: Compactação final do aterro envoltório.*



***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

O 5º passo é a execução de aterro sobre os tubos até uma altura de 4 metros acima da geratriz superior de tais tubos. Este aterro também deveria ser compactado em camadas intermediárias de 20 centímetros, com grau de compactação mínimo de 95 % Proctor Normal.

***Figura 17** - 5º Passo: execução de aterro sobre os tubos até uma altura de 4 metros acima da geratriz superior.*

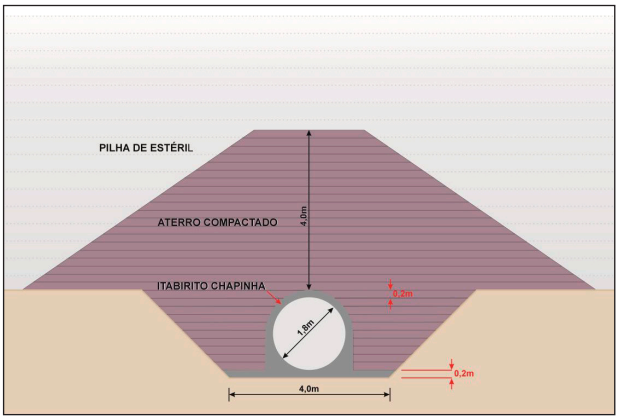


***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

O procedimento final é a conclusão do aterro envoltório dentro dos critérios anteriormen-

te descritos. Após esta conclusão o sistema de drenagem (tubos + aterro envoltório) estaria pronto e em condições de receber e suportar a pilha de estéril.

***Figura 18** - 5º Passo: conclusão do aterro envoltório.*



***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

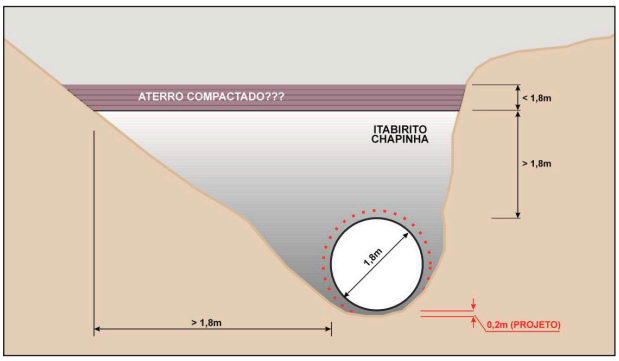
As ilustrações reproduzidas a seguir mostram como foi executado o aterro envoltório dos tubos do sistema de drenagem da pilha de estéril. Tais ilustrações, principalmente as fotografias obtidas em campo, permitem a comparação com as corretas técnicas de construção do mencionado aterro.

A primeira fotografia e sua figura esquemática mostram que o aterro envoltório foi executado em desacordo com as premissas definidas em projeto. Não há indícios de compactação do aterro em camadas intermediárias de 20 centímetros e de controle tecnológico para se atingir o grau de compactação 95 % Proctor Normal.

***Figura 19** - Execução do aterro envoltório em desacordo com o projeto.*

***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

***Figura 20** - Representação da fotografia 1, comprovando que o aterro envoltório foi executado em desacordo com o projeto.*



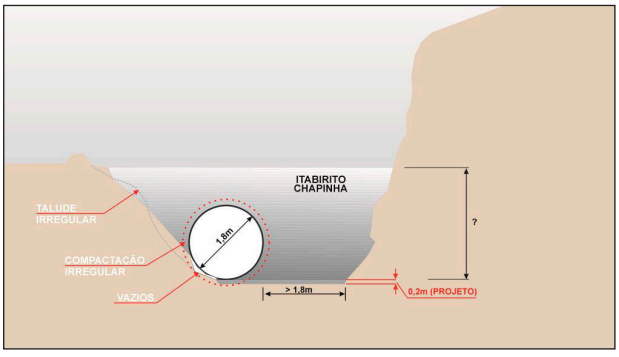
***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

A segunda fotografia e sua figura esquemática também mostram que o aterro envoltório foi executado em desacordo com as premissas definidas em projeto. Não há indícios de compactação do aterro em camadas intermediárias de 20 centímetros e de controle tecnológico para se atingir o grau de compactação 95 % Proctor Normal. Além disso, os tubos não foram centralizados na vala e o aterro acima da geratriz superior do tubo não atingiu a altura de 4 metros.

***Figura 21** - Execução do aterro envoltório em desacordo com o projeto.*

***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

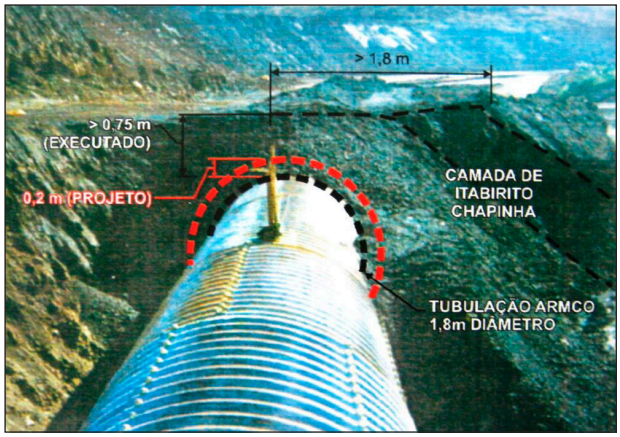
***Figura 22** - Representação da fotografia 2, comprovando que o aterro envoltório foi executado em desacordo com o projeto.*



***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

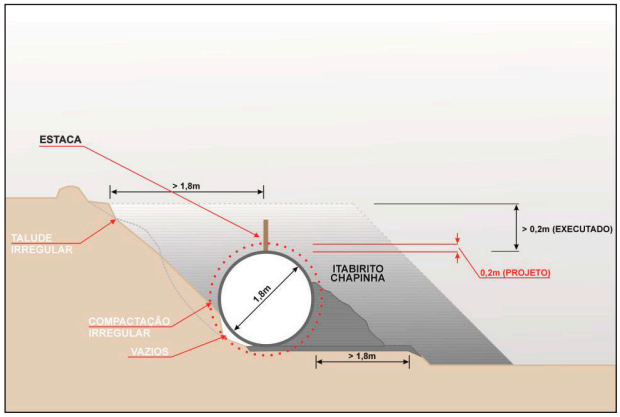
A terceira fotografia e a sua figura esquemática também comprovam que o aterro envoltório foi executado em desacordo com as premissas definidas em projeto. Não há indícios de compactação do aterro em camadas intermediárias de 20 centímetros e de controle tecnológico para se atingir o grau de compactação 95 % Proctor Normal. Além disso, os tubos não foram centralizados na vala e o aterro acima da geratriz superior do tubo não atingiu a altura de 4 metros.

***Figura 23** - Execução do aterro envoltório em desacordo com o projeto.*



***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

***Figura 24** - Representação da fotografia 3, comprovando que o aterro envoltório foi executado em desacordo com o projeto.*



***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

As fotografias destacadas a seguir, obtidas na fase de análise pericial, mostram o interior da tubulação de drenagem, notando-se claramente a sua excessiva deformação diametral (ovalização).

***Figura 25** - Deformação diametral excessiva da tubulação de drenagem.*

***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

***Figura 26** - Deformação diametral excessiva da tubulação de drenagem.*

***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

A ocorrência generalizada de colapso por plastificação das chapas de aço ao longo de uma geratriz da superfície do tubo, causado pela solicitação de flexocompressão, pode ser claramente observada na figura 26. Na Figura 27, além dessa plastificação das chapas, nota-se o assoreamento do tubo detectado em determinado trecho.

***Figura 27** - Plastificação generalizada da chapa do tubo ao longo da geratriz por flexo-compressão.*

***Fonte:** Elaborada pelos autores.*

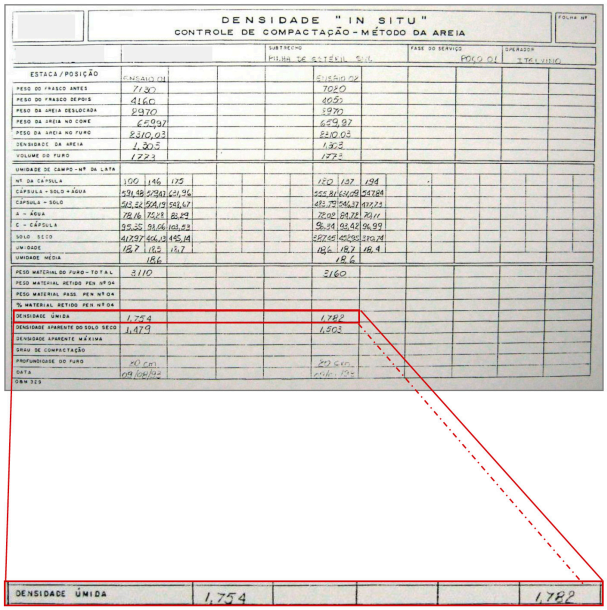
Figura 28 *- Plastificação generalizada da chapa do tubo ao longo da geratriz por flexo-compressão e assoreamento da tubulação de aço.*

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

4. DEFINIÇÃO DO PESO ESPECÍFICO DO MATERIAL DEPOSITADO NA PILHA DE ESTÉRIL

Os ensaios realizados in loco, antes da montagem do sistema de drenagem, indicaram densidade aparente "in situ" de 1,754 tf / m³ e 1,782 tf/m³. Para fins de cálculo estrutural da tubulação, a empresa responsável por tal cálculo adotou uma densidade de 1,9 tf / m³ com o intuito de trabalhar com uma margem de segurança.

Figura 29 *- Ficha de ensaio para determinação da densidade "in situ".*



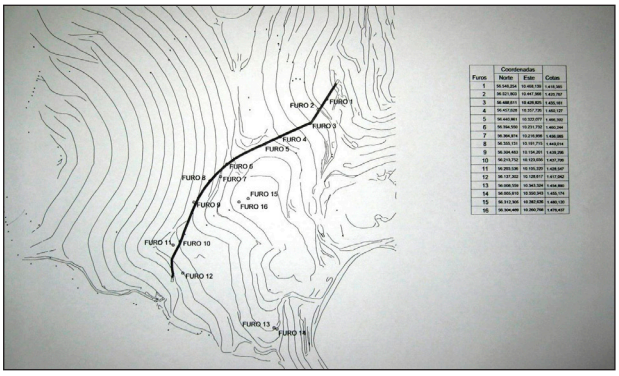
DENSIDADE "IN SITU"
CONTROLE DE COMPACTAÇÃO - MÉTODO DA AREIA

DENSIDADE ÚMIDA	1,754	1,782

Fonte: *Empresa responsável pelos ensaios.*

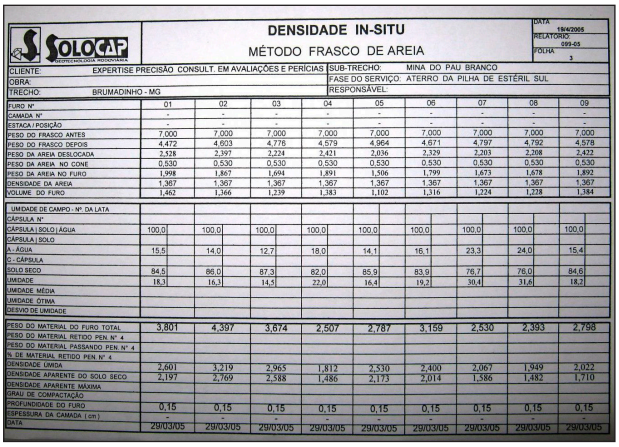
Na fase pericial, ou seja, após o surgimento das deformações na tubulação do sistema de drenagem, foram realizados novos ensaios geotécnicos para a determinação da densidade média da pilha de estéril. Os resultados obtidos são apresentados a seguir. Convém ressaltar que foi encontrada uma densidade média de 2,405 tf / m³, superior à densidade adotada no dimensionamento do referido sistema (1,9 tf / m³).

Figura 30 *- Planta com a posição dos furos para coleta de amostras.*



Fonte: *Empresa responsável pelos ensaios.*

Figura 31 *- Ficha de ensaio para determinação da densidade "in situ", furos 01 a 09.*



SOLOCAP — DENSIDADE IN-SITU — MÉTODO FRASCO DE AREIA

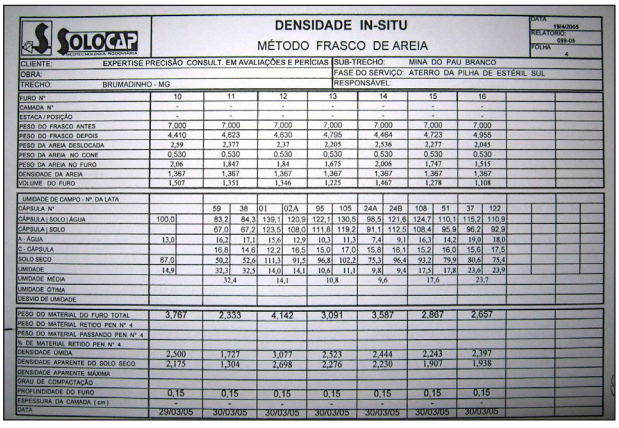
CLIENTE: EXPERTISE PRECISÃO CONSULT. EM AVALIAÇÕES E PERÍCIAS | SUB-TRECHO: MINA DO PAU BRANCO
OBRA: | FASE DO SERVIÇO: ATERRO DA PILHA DE ESTÉRIL SUL
TRECHO: BRUMADINHO - MG | RESPONSÁVEL:

FURO Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09
CAMADA Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTACA / POSIÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PESO DO FRASCO ANTES	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
PESO DO FRASCO DEPOIS	4,472	4,603	4,778	4,579	4,964	4,671	4,797	4,792	4,578
PESO DA AREIA DESLOCADA	2,528	2,397	2,224	2,421	2,036	2,329	2,203	2,208	2,422
PESO DA AREIA NO CONE	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530
PESO DA AREIA NO FURO	1,998	1,867	1,694	1,891	1,506	1,799	1,673	1,678	1,892
DENSIDADE DA AREIA	1,367	1,367	1,367	1,367	1,367	1,367	1,367	1,367	1,367
VOLUME DO FURO	1,462	1,366	1,239	1,383	1,102	1,316	1,224	1,228	1,384
UMIDADE DE CAMPO - Nº DA LATA									
CÁPSULA Nº									
CÁPSULA | SOLO | ÁGUA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
CÁPSULA | SOLO									
A - ÁGUA	15,5	14,0	12,7	18,0	14,1	16,1	23,3	24,0	15,4
C - CÁPSULA									
SOLO SECO	84,5	86,0	87,3	82,0	85,9	83,9	76,7	76,0	84,6
UMIDADE	18,3	16,3	14,5	22,0	16,4	19,2	30,4	31,6	18,2
UMIDADE MÉDIA									
UMIDADE ÓTIMA									
DESVIO DE UMIDADE									
PESO DO MATERIAL DO FURO TOTAL	3,801	4,397	3,674	2,507	2,787	3,159	2,530	2,393	2,798
PESO DO MATERIAL RETIDO PEN. Nº 4									
PESO DO MATERIAL PASSANDO PEN. Nº 4									
% DE MATERIAL RETIDO PEN. Nº 4									
DENSIDADE ÚMIDA	2,601	3,219	2,965	1,812	2,530	2,400	2,067	1,949	2,022
DENSIDADE APARENTE DO SOLO SECO	2,197	2,769	2,588	1,486	2,173	2,014	1,586	1,482	1,710
DENSIDADE APARENTE MÁXIMA									
GRAU DE COMPACTAÇÃO									
PROFUNDIDADE DO FURO	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
ESPESSURA DA CAMADA (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DATA	29/03/05	29/03/05	29/03/05	29/03/05	29/03/05	29/03/05	29/03/05	29/03/05	29/03/05

DATA 19/4/2005 | RELATÓRIO: 099-05 | FOLHA 3

Fonte: *Empresa responsável pelos ensaios.*

Figura 32 *- Ficha de ensaio para determinação da densidade "in situ", furos 10 a 20.*



SOLOCAP — DENSIDADE IN-SITU — MÉTODO FRASCO DE AREIA

CLIENTE: EXPERTISE PRECISÃO CONSULT. EM AVALIAÇÕES E PERÍCIAS | SUB-TRECHO: MINA DO PAU BRANCO
OBRA: | FASE DO SERVIÇO: ATERRO DA PILHA DE ESTÉRIL SUL
TRECHO: BRUMADINHO - MG | RESPONSÁVEL:

FURO Nº	10	11	12	13	14	15	16
CAMADA Nº	-	-	-	-	-	-	-
ESTACA / POSIÇÃO	-	-	-	-	-	-	-
PESO DO FRASCO ANTES	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
PESO DO FRASCO DEPOIS	4,410	4,623	4,630	4,795	4,464	4,723	4,955
PESO DA AREIA DESLOCADA	2,59	2,377	2,37	2,205	2,536	2,277	2,045
PESO DA AREIA NO CONE	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530
PESO DA AREIA NO FURO	2,06	1,847	1,84	1,675	2,006	1,747	1,515
DENSIDADE DA AREIA	1,367	1,367	1,367	1,367	1,367	1,367	1,367
VOLUME DO FURO	1,507	1,351	1,346	1,225	1,467	1,278	1,108

UMIDADE DE CAMPO - Nº DA LATA		59	36	01	02A	95	105	24A	24B	108	51	37	122
CÁPSULA Nº													
CÁPSULA | SOLO | ÁGUA	100,0	83,2	84,3	139,1	120,9	122,1	130,5	98,5	121,6	124,7	110,1	115,2	110,9
CÁPSULA | SOLO		67,0	67,2	123,5	108,0	111,8	119,2	91,1	112,5	108,4	95,9	96,2	92,9
A - ÁGUA	13,0	16,2	17,1	15,6	12,9	10,3	11,3	7,4	9,1	16,3	14,2	19,0	18,0
C - CÁPSULA		16,8	14,6	12,2	16,5	15,0	17,0	15,8	16,1	15,2	16,0	15,6	17,5
SOLO SECO	87,0	50,2	52,6	111,3	91,5	96,8	102,2	73,3	96,4	93,2	79,9	80,6	75,4
UMIDADE	14,9	32,1	32,5	14,0	14,1	10,6	11,1	9,8	9,4	17,5	17,8	23,6	23,9
UMIDADE MÉDIA		32,4		14,1		10,8		9,6		17,6		23,7	
UMIDADE ÓTIMA													
DESVIO DE UMIDADE													
PESO DO MATERIAL DO FURO TOTAL	3,767	2,333	4,142	3,091	3,587	2,867	2,657
PESO DO MATERIAL RETIDO PEN. Nº 4							
PESO DO MATERIAL PASSANDO PEN. Nº 4							
% DE MATERIAL RETIDO PEN. Nº 4							
DENSIDADE ÚMIDA	2,500	1,727	3,077	2,523	2,444	2,243	2,397
DENSIDADE APARENTE DO SOLO SECO	2,175	1,304	2,698	2,276	2,230	1,907	1,938
DENSIDADE APARENTE MÁXIMA							
GRAU DE COMPACTAÇÃO							
PROFUNDIDADE DO FURO	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
ESPESSURA DA CAMADA (cm)	-	-	-	-	-	-	-
DATA	29/03/05	30/03/05	30/03/05	30/03/05	30/03/05	30/03/05	30/03/05

DATA 19/4/2005 | RELATÓRIO: 099-05 | FOLHA 4

Fonte: *Empresa responsável pelos ensaios.*

Tabela 1 - Quadro resumo dos ensaios de densidade realizados na fase pericial.

QUADRO RESUMIDO DO ENSAIO	
FURO	**DENSIDADE ÚMIDA (kg / m³)**
1	2.600
2	3.219
3	2.965
4	1.813
5	2.529
6	2.400
7	2.067
8	1.949
9	2.022
10	2.500
11	1.727
12	3.077
13	2.523
14	2,445
15	2.243
16	2.398

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

Tabela 2 - Intervalo de confiança dos ensaios de densidade realizados na fase pericial.

INTERVALO DE CONIANÇA	
VALORES	**DENSIDADE ÚMIDA (k / m³)**
MÍNIMO	2.264
MÉDIO	2.405
MÁXIMO	2.551

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

5. ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO UTILIZADA NA MONTAGEM DO SISTEMA DE DRENAGEM

Com o intuito confirmar a instalação incorreta dos tubos de drenagem e de verificar se estes tubos foram dimensionados de forma adequada, foi verificado o comportamento dos mesmos em três cenários de compactação do solo:

- aterro compactado de acordo com especificação de projeto;
- aterro executado com grau de compactação inferior ao especificado em projeto;
- aterro compactado de acordo com o especificado em projeto, considerando a densidade média do solo obtida nos ensaios geotécnicos realizados na pilha de estéril durante a inspeção pericial.

As tubulações utilizadas no sistema de drenagem da pilha de estéril tinham espessura de 2,7 mm, 3,4 mm, 4,7 mm, 6,3 mm e 8,0 mm. Convém ressaltar que quanto maior a espessura da tubulação, maior a altura de pilha de minério. A tubulação com chapa de 8,00 mm de espessura, por exemplo, estava sob pilha de 78 m de altura.

Para não deixar o trabalho prolixo, são apresentados a seguir os resultados obtidos para a tubulação de 2,7 mm de espessura e altura da pilha de 22 metros.

5.1. Tubulação com chapa de 2,7 mm de espessura e altura da pilha de 22 metros

Primeiro cenário: aterro compactado de acordo com o especificado em projeto.

Dados básicos:

- diâmetro: 1,80 m;
- cobertura: 22,00 m;
- densidade do solo: 1.900 kg/m³;
- tipo de tubulação: MP-100 ou MP-152.

Cálculo da "Carga Morta":

CM = Densidade do Solo x Cobertura

CM = 1.900 kg / m³ x 22,00 m

CM = 41.800 kg / m²

Cálculo da "Carga Viva" (tráfego de veículos):

CV = 0 (ver tabela seguinte)

Tabela 3 - Cargas de acordo com a altura de aterro

ALTURA DE ATERRO (M)	CARGAS (KG / M²)	
	RODOVIÁRIO	FERROVIÁRIO
0,3	8.788,00	
0,6	4.395,00	18.553,00
0,9	2.929,00	
1,2	1.953,00	
1,5	1.221,00	11.718,00
1,8	976,00	
2,1	854,00	
2,4	488,00	7.812,00
3,0	0	5.371,00
3,6	0	2.929,00
6,0	0	1.465,00
9,0	0	488,00

Fonte: *ASHO (Associação de Engenheiros Viários dos Estados Unidos).*

Cálculo da Pressão de Projeto:

Pd = Cd x (CM + CV)

Pd = 0,65 x (41.800 + 0)
Pd = 27.170 kg / m²

Convém ressaltar que Cd é diretamente relacionado com o grau de compactação do solo e foi extraído da tabela abaixo.

***Tabela 4** - Valor de Cd em função do grau de compactação*

GRAU DE COMPACTAÇÃO (%PN)	CD
80	0,99
85	0,86
90	0,75
95	0,65

***Fonte:** ASHO (Associação de Engenheiros Viários dos Estados Unidos).*

Cálculo do Esforço de Compressão:
C = Pd x D / 2
C = 27.170 x 1,80 / 2 –› C = 27.170 x 0,90
C = 24.453 kg / m

Cálculo do Esforço Admissível na Chapa:
Relação D/r = 180 / 1,734 = 103,81
sendo r = raio de giração, em cm (ver tabela abaixo)

***Tabela 5** - Espessura da chapa em função do raio*

ESPESSURA DA CHAPA (MM)	RAIO	
	MP-100	MP-152
1,5	0,698	
2,0	0,700	
2,7	0,704	1,734
3,4	0,708	1,738
4,7		1,747
6,3		1,759
8,0		1,774

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

Se D/r < 294 (situação usual), calcula-se o esforço Fc:
Fc = Fb / F.S., onde:
Fb = 2.320 kg / cm²;
F.S. = 2,00 (mínimo recomendado)
Fc = 2.320 / 2
Fc = 1.160 kg / cm²

Cálculo da Espessura Necessária da Chapa:
An (cm² / cm) = C (kg/m) / Fc (kg/cm²)
An = 24.453 / 1.160
An = 21,08 cm² / m

***Tabela 6** - Área da chapa em função da espessura*

CHAPA (MM)	MP-100	MP-152
	ÁREA (cm²)	ÁREA (cm²)
2,7	16,41	32,86
3,4	21,88	41,56
4,7	29,00	58,38
6,3	36,67	78,36
8,0		90,03

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

Portanto, 21,08 cm²/m < 32,86 cm² (a área da chapa de 2,7 mm é aproximadamente 55 % maior do que a área obtida através do cálculo anteriormente apresentado). Logo, a chapa de 2,7 mm empregada na confecção da tubulação de aço corrugado seria mais que suficiente para suportar as cargas provenientes do aterro envoltório e da pilha de estéril depositada sobre tal aterro, desde que as condições de projeto tivessem sido seguidas à risca, mais especificamente no que se refere à execução do aterro anteriormente citado.

Verificação de Flexibilidade (CF):
Fator de Flexibilidade (CF) = D²/E x I, sendo:
E = 2.110.000,00 kg / cm²;
I = 100,652 cm4/cm (ver tabela abaixo)

***Tabela 7** - Valor de I em função da espessura da chapa*

CHAPA (MM)	MP-100	MP-152
	I (cm4 / cm)	I (cm4 / cm)
2,7	7,994	100,652
3,4	10,73	127,457
4,7	14,362	178,192
6,3	18,386	242,581
8,0		

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

CF deve ser menor que CF_{lim}(0,1120 cm/kg)
CF = (180)2 / 2.110.000 x 100,652
CF = 1,53x10-4 cm / kg

Portanto, a chapa de 2,7 mm empregada na confecção da tubulação de aço corrugado também atenderia ao requisito fator de flexibilidade, desde que as condições de projeto tivessem sido seguidas à risca.

Verificação das Costuras:
F.S. = Resistência Última na Costura / C, sendo:
Resistência Última na Costura = 67.704 (ver tabela abaixo)

F.S. deve ser maior que 2,00 (mínimo exigido)
F.S. = 67.704 / 24.453
F.S. = 2,77

Portanto, o requisito de verificação das costuras também foi atendido.

***Tabela 8** - Resistência na costura em função da espessura da chapa.*

Resistência Última na Costura (kg / m) – MP-152	
Chapa (mm)	**Única**
2,7	67.704
3,4	89.683
4,7	138.775
6,3	182.061
8,0	240.000

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

Segundo cenário: aterro executado com grau de compactação inferior ao especificado em projeto.

Dados básicos:

- diâmetro: 1,80 m;
- cobertura: 22,00 m;
- densidade do solo: 1.900 kg/m³;
- tipo de tubulação: MP-100 ou MP-152.

Cálculo da "Carga Morta":
CM = Densidade do Solo x Cobertura CM = 1.900 kg / m³ x 22,00 m
CM = 41.800 kg / m²

Cálculo da "Carga Viva" (tráfego de veículos):
CV = 0 (ver tabela abaixo)

***Tabela 9** - Cargas de acordo com a altura de aterro.*

ALTURA DE ATERRO (M)	CARGAS (kg / m²)	MP-152
	Rodoviário	Ferroviário
0,3	8.788,00	
0,6	4.395,00	18.553,00
0,9	2.929,00	
1,2	1.953,00	
1,5	1.221,00	11.718,00
1,8	976,00	
2,1	854,00	
2,4	488,00	7.812,00
3,0	0,00	5.371,00
3,6	0,00	2.929,00
6,0	0,00	1.465,00
9,0	0,00	488,00

***Fonte:** ASHO (Associação de Engenheiros Viários dos Estados Unidos).*

Cálculo da Pressão de Projeto (considerando um grau de compactação de 80% Proctor Normal):
Pd = Cd x (CM + CV)
Pd = 0,99 x (41.800 + 0)
Pd = 41.382 kg / m²

Convém ressaltar que Cd é diretamente relacionado com o grau de compactação do solo e foi extraído da tabela seguinte.

***Tabela 10** - Valor de Cd em função do grau de compactação*

GRAU DE COMPACTAÇÃO (%PN)	CD
80	0,99
85	0,86
90	0,75
95	0,65
Cobertura inferior ao diâmetro	1

***Fonte:** ASHO (Associação de Engenheiros Viários dos Estados Unidos).*

Cálculo do Esforço de Compressão
C = Pd x D / 2
C = 41.382 x 1,80 / 2 –› C = 41.382 x 0,90
C = 37.244 kg / m

Cálculo do Esforço Admissível na Chapa:
Relação D/r = 180 / 1,734 = 103,81
sendo r = raio de giração, em cm (ver tabela abaixo)

***Tabela 11** - Espessura da chapa em função do raio.*

ESPESSURA DA CHAPA (MM)	RAIO	
	MP-100	MP-152
1,5	0,698	
2,0	0,700	
2,7	0,704	1,734
3,4	0,708	1,738
4,7		1,747
6,3		1,759
8,0		1,774

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

Se D/r < 294 (situação usual), calcula-se o esforço Fc:
Fc = Fb / F.S., onde:
Fb = 2.320 kg / cm²;
F.S. = 2,00 (mínimo recomendado)
Fc = 2.320 / 2
Fc = 1.160 kg / cm²

Cálculo da Espessura Necessária da Chapa:
An (cm² / cm) = C (kg/m) / Fc (kg/cm²)
An = 37.244 / 1.160
An = 32,11 cm² / m

***Tabela 12** - Área da chapa em função da espessura.*

CHAPA (MM)	MP-100	MP-152
	ÁREA (CM²)	ÁREA (CM²)
2,7	16,41	32,86
3,4	21,88	41,56
4,7	29,00	58,38
6,3	36,67	78,36
8,0		90,03

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

Portanto, 32,11 cm²/m ≈ 32,86 cm². A chapa de 2,7 mm empregada na confecção da tubulação de aço corrugado suportaria, no limite, as cargas provenientes do aterro envoltório e da pilha de estéril depositada sobre tal aterro, considerando-se que o grau de compactação atingido fosse de 80 % PN. Entretanto, por medida de segurança, deveria ser adotada uma tubulação com espessura superior (3,4 mm).

Verificação de Flexibilidade (CF):

Fator de Flexibilidade (CF) = D^2/E x I, sendo:

E = 2.110.000,00 kg / cm²;

I = 100,652 cm4/cm (ver tabela abaixo)

***Tabela 13** - Valor de I em função da espessura da chapa.*

CHAPA (MM)	MP-100	MP-152
	I (CM4 / CM)	I (CM4 / CM)
2,7	7,994	100,652
3,4	10,73	127,457
4,7	14,362	178,192
6,3	18,386	242,581
8,0		

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

CF deve ser menor que CF_{lim}(0,1120 cm/kg)

CF = $(180)^2$ / 2.110.000 x 100,652

CF = 1,53x10^{-4} cm / kg

Portanto, a chapa de 2,7 mm empregada na confecção da tubulação de aço corrugado também atenderia ao requisito fator de flexibilidade, desde que as condições de projeto tivessem sido seguidas à risca.

Verificação das Costuras:

F.S. = Resistência Última na Costura / C, sendo:

Resistência Última na Costura = 67.704 (ver tabela abaixo)

F.S. deve ser maior que 2,00 (mínimo exigido)

F.S. = 67.704 / 37.244

F.S. = 1,82

Portanto, o requisito de verificação das costuras também não foi atendido.

***Tabela 14** - Resistência na costura em função da espessura da chapa.*

Resistência Última na Costura (kg / m) – MP-152	
Chapa (mm)	Única
2,7	67.704
3,4	89.683
4,7	138.775
6,3	182.061
8,0	240.000

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

Terceiro cenário: aterro compactado de acordo com o especificado em projeto (considerando-se a densidade média obtida nos ensaios geotécnicos realizados na pilha de estéril durante a perícia).

Dados básicos:

- diâmetro: 1,80 m;
- cobertura: 22,00 m;
- densidade do solo: 2.405 kg/m³;
- tipo de tubulação: MP-100 ou MP-152.

Cálculo da "Carga Morta":

CM = Densidade do Solo x Cobertura

CM = 2.405 kg / m³ x 22,00 m

CM = 52.910 kg / m²

Cálculo da "Carga Viva" (tráfego de veículos):

CV = 0 (ver tabela 13)

***Tabela 15** - Cargas de acordo com a altura de aterro.*

ALTURA DE ATERRO (M)	CARGAS (KG / M²)	
	RODOVIÁRIO	FERROVIÁRIO
0,3	8.788,00	
0,6	4.395,00	18.553,00
0,9	2.929,00	
1,2	1.953,00	
1,5	1.221,00	11.718,00
1,8	976,00	
2,1	854,00	
2,4	488,00	7.812,00
3,0	0,00	5.371,00
3,6	0,00	2.929,00
6,0	0,00	1.465,00
9,0	0,00	488,00

***Fonte:** ASHO (Associação de Engenheiros Viários dos Estados Unidos).*

Cálculo da Pressão de Projeto (considerando um grau de compactação de 80% Proctor Normal):
Pd = Cd x (CM + CV)
Pd = 0,65 x (52.910 + 0)
Pd = 34.392 kg / m²

Convém ressaltar que Cd é diretamente relacionado com o grau de compactação do solo e foi extraído da tabela seguinte.

***Tabela 16** - Valor de Cd em função do grau de compactação.*

GRAU DE COMPACTAÇÃO (%PN)	Cd
80	0,99
85	0,86
90	0,75
95	0,65

***Fonte:** ASHO (Associação de Engenheiros Viários dos Estados Unidos).*

Cálculo do Esforço de Compressão
C = Pd x D / 2
C = 34.392 x 1,80 / 2 –› C = 34.392 x 0,90
C = 30.953 kg / m

Cálculo do Esforço Admissível na Chapa:
Relação D/r = 180 / 1,734 = 103,81
sendo r = raio de giração, em cm (ver tabela 15)

***Tabela 17** - Espessura da chapa em função do raio.*

ESPESSURA DA CHAPA (MM)	RAIO (cm)	
	MP-100	MP-152
1,5	0,698	
2,0	0,700	
2,7	0,704	1,734
3,4	0,708	1,738
4,7		1,747
6,3		1,759
8,0		1,774

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

Se D/r < 294 (situação usual), calcula-se o esforço Fc:
Fc = Fb / F.S., onde:
Fb = 2.320 kg / cm²;
F.S. = 2,00 (mínimo recomendado)
Fc = 2.320 / 2
Fc = 1.160 kg / cm²

Cálculo da Espessura Necessária da Chapa:
An (cm² / cm) = C (kg/m) / Fc (kg/cm²)
An = 30.953 / 1.160
An = 26,68 cm² / m

***Tabela 18** - Área da chapa em função da espessura*

CHAPA (mm)	MP-100	MP-152
	ÁREA (cm²)	ÁREA (cm²)
2,7	16,41	32,86
3,4	21,88	41,56
4,7	29,00	58,38
6,3	36,67	78,36
8,0		90,03

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

Portanto, 26,68 cm²/m < 32,86 cm² (a área da chapa de 2,7 mm é aproximadamente 23 % maior do que a área obtida através do cálculo anteriormente apresentado). Logo, a chapa de 2,7 mm empregada na confecção da tubulação de aço corrugado seria suficiente para suportar as cargas provenientes do aterro envoltório e da pilha de estéril depositada sobre tal aterro, mesmo considerando-se uma densidade maior do que aquela definida em projeto. Convém ressaltar que para isso as condições de projeto deveriam ter sido seguidas à risca, mais especificamente no que se refere à execução do aterro anteriormente citado.

Verificação de Flexibilidade (CF):
Fator de Flexibilidade (CF) = D²/E x I, sendo:
E = 2.110.000,00 kg / cm²;
I = 100,652 cm4/cm (ver tabela abaixo)

***Tabela 19** - Valor de I em função da espessura da chapa*

CHAPA (mm)	MP-100	MP-152
	I (cm4 / cm)	I (cm4 / cm)
2,7	7,994	100,652
3,4	10,73	127,457
4,7	14,362	178,192
6,3	18,386	242,581
8,0		

***Fonte:** Catálogo do fabricante.*

CF deve ser menor que CF_{lim}(0,1120 cm/kg)
CF = (180)2 / 2.110.000 x 100,652
CF = 1,53x10-4 cm / kg

Portanto, a chapa de 2,7 mm empregada na confecção da tubulação de aço corrugado também atenderia ao requisito fator de flexibilidade, desde que as condições de projeto tivessem sido seguidas à risca.

Verificação das Costuras:
F.S. = Resistência Última na Costura / C, sendo:

Resistência Última na Costura = 67.704 (ver tabela abaixo)
F.S. deve ser maior que 2,00 (mínimo exigido)
F.S. = 67.704 / 30.953
F.S. = 2,19

Portanto, o requisito de verificação das costuras também foi atendido.

Tabela 20 *- Resistência na costura em função da espessura da chapa*

Resistência Última na Costura (kg / m) – MP-152	
Chapa (mm)	**Única**
2,7	67.704
3,4	89.683
4,7	138.775
6,3	182.061
8,0	240.000

Fonte: *Catálogo do fabricante.*

A tabela seguinte destaca, de forma resumida, a análise do dimensionamento dos tubos de aço corrugado utilizados no sistema de drenagem da pilha de estéril.

Tabela 21 *– Resumo da análise do dimensionamento dos tubos*

ESPESSURA DA CHAPA (mm)	ALTURA DA PILHA (m)	ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO (EM RELAÇÃO À RESISTÊNCIA) DOS TUBOS		
		PRIMEIRO CENÁRIO	SEGUNDO CENÁRIO	TERCEIRO CENÁRIO
2,7	22,00	ACEITA	REPROVADA	ACEITA
3,4	29,10	ACEITA	REPROVADA	ACEITA
4,7	44,50	ACEITA	REPROVADA	ACEITA
6,3	59,10	ACEITA	REPROVADA	ACEITA
8,0	78,00	ACEITA	REPROVADA	REPROVADA
Primeiro Cenário: Grau de Compactação 95 % Proctor Normal; Densidade = 1.900 kg / m³ (conforme definido em projeto)				
Segundo Cenário: Grau de Compactação 80 % Proctor Normal; Densidade = 1.900 kg / m³ (compactação executada em desacordo com o projeto)				
Terceiro Cenário: Grau de Compactação 95 % Proctor Normal; Densidade = 2.405 kg / m³ (compactação conforme projeto; densidade obtida em ensaio geotécnico)				

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

A análise do primeiro cenário comprova que a tubulação suportaria as cargas provenientes do aterro envoltório e da pilha de estéril depositada sobre tal aterro, desde que a compactação do solo fosse executada de acordo com o projeto (GC = 95 % PN).

O segundo cenário analisado comprova que a execução da compactação em desacordo com o projeto (GC sem controle tecnológico e inferior a 95 % PN) faria com que os tubos não resistissem às cargas transmitidas pelo aterro envoltório e pela pilha de estéril. Convém ressaltar que a pressão aplicada sobre os tubos é calculada em função do coeficiente de carga K (ou Cd). Quanto menor é o grau de compactação, maior será o coeficiente de carga.

O terceiro cenário analisado mostra que, mesmo considerando-se uma densidade superior àquela definida no projeto, a tubulação resistiria aos esforços transmitidos, desde que a compactação do aterro envoltório tivesse sido realizada de forma correta e seguindo à risca o projeto (compactação em camadas de 20 cm, GC = 95 % PN).

6. CONCLUSÕES

O estéril do processo de mineração pode ser definido como todo material não aproveitável como minério e, por isso, descartado pela operação de lavra antes do beneficiamento. As pilhas de estéril são, portanto, aterros constituídos por estes materiais e, por conseguinte, pela sua própria natureza, são obras geotécnicas bastante complexas tanto pela heterogeneidade

do material quanto pelo processo construtivo.

O sistema de drenagem da pilha de estéril era composto por um canal de escoamento com extensão total de 621,98 m formado por tubos de aço corrugado com diâmetro de 1,80 metros e espessura de chapa variável (2,7 mm, 3,40 mm, 4,70 mm, 6,30 mm e 8,00 mm), dependendo da altura das pilhas de estéril depositadas sobre tais tubos.

Os tubos, analisados isoladamente, não tinham a mínima condição de suportar as cargas provenientes das pilhas de estéril. A sua função principal era atuar como canal de escoamento do sistema de drenagem. Por isso, o aterro envoltório destes tubos deveria ser executado de forma criteriosa, seguindo à risca as seguintes premissas, as quais foram definidas em projeto:

- aterro compactado em camadas intermediárias de 20 centímetros;
- aterro envoltório com altura de 4 metros acima da geratriz superior dos tubos e largura de "dimensões praticáveis" nas laterais (que permitissem a compactação junto às paredes laterais dos tubos);
- aterro compactado com GC > 95 PN (grau de compactação maior que 95 % Proctor Normal) até, no mínimo, uma altura de 4 metros acima da geratriz superior do tubo.

A função principal do aterro envoltório era absorver e dissipar as cargas e pressões provenientes das pilhas de estéril (segundo alguns autores e publicações técnicas, o aterro absorve até 90 % da carga), de forma a preservar a estabilidade dos tubos. Estes tubos geralmente sofrem tensões em suas laterais, provocadas pelo aterro envoltório devidamente compactado, as quais têm a tendência de deixar os tubos com o formado ovalado em relação ao seu diâmetro vertical. Estas tensões são combatidas pelas pressões verticais provenientes das cargas das pilhas de estéril, já dissipadas pelo aterro envoltório, que chegam aos tubos. Quando o aterro envoltório não é executado dentro dos critérios técnicos e as cargas verticais que atingem os tubos são maiores que aquelas admissíveis, os tubos tendem a se ovalizar e deformar (em relação ao seu diâmetro horizontal) acima dos limites aceitáveis. Convém ressaltar que foi justamente o que ocorreu no caso em estudo.

A importância da execução de um aterro envoltório dentro das corretas técnicas de engenharia e em consonância com as premissas definidas em projeto pode ser constatada através da fórmula de cálculo da pressão que incide sobre os tubos:

Pd = Cd x (CM + CV), sendo:
Pd = pressão de projeto;
Cd (ou K) = coeficiente de carga;
CM = carga morta (carga da pilha de estéril);
CV = carga viva.

Como no caso em estudo a carga viva era nula, a fórmula acima apresentada pode ser reduzida da seguinte forma: Pd = Cd x CM

Conforme demonstrado, o grau de compactação do solo é inversamente proporcional ao coeficiente de carga, ou seja, quanto maior o grau de compactação menor é o valor de K.

No caso em estudo foi definido um grau de compactação mínimo de 95 % Proctor Normal, para o qual se tem um coeficiente de carga de 0,65. Portanto, a pressão de projeto seria igual a 65 % da carga morta, ou Pd = 0,65CM.

Considerando-se um grau de compactação inferior, por exemplo, 80 % Proctor Normal, K assumiria o valor de 0,99. Logo, a pressão sobre os tubos seria bem maior, ou seja, 99 % da carga morta (Pd = 0,99CM).

A razão entre os dois valores de Pd acima obtidos mostra que a pressão sobre os tubos, caso o grau de compactação fosse de 80 % PN, seria mais de uma vez e meia maior do que se o grau de compactação fosse de 95 % PN, conforme demonstrado abaixo:

Pd80% / Pd95% = 0,99CM / 0,65CM = 1,52.

O aterro envoltório da tubulação de drenagem não atendeu as condições de projeto, ou seja, o aterro não foi executado em camadas intermediárias de 20 centímetros, de forma simétrica em relação às laterais do tudo até se atingir a sua geratriz superior. A partir deste ponto o aterro deveria ser executado ainda em camadas intermediárias de 20 centímetros até uma altura de 4 metros acima da mencionada geratriz, o que, aparentemente, também não ocorreu. Além disso, não foi comprovado que o grau de compactação 95 % Proctor Normal tenha sido alcançado e que ocorreu o controle tecnológico do aterro.

A execução do aterro envoltório de forma incorreta (em desacordo com as especificações anteriormente descritas) foi, portanto, a principal causa das deformações excessivas dos tubos.

Os cálculos de dimensionamento dos tubos mostraram que, mesmo para uma densidade da pilha de estéril superior àquela definida em projeto, os mencionados tubos não sofreriam deformações excessivas (acima do tolerável). Convém ressaltar que a densidade usada no dimensionamento dos tubos foi de 1.900 kg / m³, ao passo que a densidade média obtida em ensaios realizados foi de 2.405 kg / m³.

O rompimento da barragem da mineradora Vale em Brumadinho-MG, no ano de 2019, mostra o grande risco ao qual a sociedade e o meio ambiente estão expostos quando ocorre um desastre de tamanha magnitude. Portanto, todos os critérios técnicos devem ser levados em consideração nas etapas que envolvem o processo de mineração e, ainda, no caso do surgimento de inconsistências técnicas e manifestações patológicas. Logo, fica clara a importância da atuação de profissionais habilitados e qualificados em ambos os casos.

7. REFERÊNCIAS

ABNT (2016): **Solo – Ensaio de compactação** – NBR 7182 – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro, 2016d.

ABNT (2016): **Solo – Índice de Suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio** – NBR 9895 – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro, 2016e.

AISI (1994): **Handbook of Steel Drainage &Highway Construction Products**, Fifth Edition: American Iron and Steel Institute.

ANSI/AISC 360-05 (2005): **Specification for Structural Steel Buildings**. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Construction, AISC, INC.

ARAGÃO, G. A. S. (2008) **Classificação de Pilhas de Estéril na Mineração de Ferro**, Dissertação de Mestrado do PPGEM, UFOP, 117p.

DNPM - NRM 19 (2001) **Disposição de Estéril, Rejeito e Produtos, Normas Reguladoras de Mineração**, Departamento Nacional de Produção Mineral Rio de Janeiro, p. 74 – 82.

MULTIQUIP (2004): **Manual Básico de Compactação do Solo**.

OMRACI, K., SOUKATCHOFF, V.M., Tisot, J.P., Piguet, J.P., Le Nickel-SLN. (2002). **Stability analysis of lateritic waste deposits**. Elsevier Science, Engineering Geology, 68, pp 189-199.

QUEIROZ, G. (1993): **Elementos das Estruturas de Aço**. 4ª Edição, Belo Horizonte, p.455.

SALMON, C. G. and JOHNSON, J. E. (1996): **Steel Structures – Design and Behavior**. 4th Edition, Harper Collins Publishers Inc.

TEIXEIRA, M.B. (2011) - **Estudo numérico do comportamento mecânico de pilhas de estéril de mineração**, Dissertação de Mestrado do PPGEM, UFOP, 109p.

VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos**. São Paulo: Editora McGraw- Hill do Brasil, 1977.

CONTROLE E TECNOLOGIA DO CONCRETO EM PERÍCIAS DE ENGENHARIA – ESTUDO DE CASO COM VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE DO CONCRETO

RESUMO

O concreto é o segundo material mais utilizado no planeta, perdendo apenas para a água, e o seu uso em grande escala é proveniente em maior parte pelas empresas de serviços de concretagem. Utilizando-se o concreto torna-se necessário realizar o controle tecnológico e a verificação de aceite/rejeição. Vários fatores podem contribuir para a ocorrência de um concreto não conforme e que não atenda aos requisitos e fck exigidos em projeto, podendo ocorrer falhas desde as usinas dosadoras até o laboratório que realiza os ensaios. Atualmente há um grande leque de ensaios que englobam a tecnologia do concreto, existindo ensaios destrutivos e não destrutivos, que nos permitem e dão subsídios para atestar se um concreto atende aos requisitos procurados ou não. Nas perícias de engenharia um perito pode se destacar tendo conhecimento do controle tecnológico, das diversas normas existentes para o concreto, e dos ensaios laboratoriais. Empregando-se essas ferramentas as perícias serão assim devidamente fundamentadas conforme estipulado pela ABNT NBR 13752/96 – Perícias de Engenharia na Construção Civil.

AUTORES:

Antônio
Cláudio Andrade Brum

Eduardo
Almeida Veneroso

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello

Laís
Emanuele Souza

Lucas
Zappes Toledo Coutinho

Palavras-chave:
Concreto; Controle tecnológico; Perícias de engenharia.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais construtivos mais disseminados no mercado. Pode-se perceber o uso do concreto em casas, rodovias, pontes, aeroportos, obras de saneamento, entre outras obras, percebendo-se que o concreto está em praticamente todo lugar (IBRACON, 2009).

Sendo o concreto um material utilizado em larga escala pela indústria da construção civil, torna-se essencial a realização do seu controle tecnológico, para que o mesmo seja utilizado conforme especificações de normas técnicas e alcance requisitos exigidos em projetos.

No presente artigo, trazemos um estudo de caso, onde as partes envolvidas são uma empreiteira – responsável pela execução de uma obra (autora) e uma empresa de serviços de concretagem (ré). A autora emitiu uma ordem de compra para a ré, referente ao fornecimento de concreto usinado, o qual seria utilizado na execução da fundação de uma torre metálica de antena de celular, que seria instalada em uma cidade no interior de Minas Gerais.

As partes não chegaram a um consenso devido a existência de possíveis problemas no fornecimento do concreto para as obras, sendo esse o objeto da lide. Foi pedido nos autos uma perícia de engenharia para verificar se o concreto fornecido pela concreteira (ré) atingiu a resistência característica à compressão do concreto (fck) solicitado pela empreiteira (autora).

Para a realização dessa perícia foram realizadas pesquisas bibliográficas, vistoria e ensaios laboratoriais.

2. OBJETIVOS

a. Realizar uma perícia bem fundamentada conforme estipulado pela ABNT NBR 13752/96 – Perícias de Engenharia na Construção Civil, para verificar se o concreto fornecido pela concreteira (ré) atendia as especificações do pedido da empreiteira(autora)r a metodologias que possibilitem averiguar se o concreto fornecido alcançou os requisitos exigidos em projeto;

3. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

3.1. Concreto

O concreto é um material composto basicamente por água, cimento, agregado miúdo e agregado graúdo, podendo conter ou não aditivos que alteram suas propriedades (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2013).

O motivo do concreto ser amplamente empregado em construções dos mais diversos tipos, é que ele é uma pedra artificial que se molda de acordo com a vontade do homem (IBRACON, 2009).

> *Duas propriedades do concreto que o destacam como material construtivo são: sua resistência à água – diferentemente do aço e da madeira, o concreto sofre menor deterioração quando exposto à água, razão de sua utilização em estruturas de controle, armazenamento e transporte de água – e sua plasticidade – que possibilita obter formas construtivas inusitadas, como se vê nas obras arquitetônicas de Niemayer. Mas existem outras vantagens: a disponibilidade abundante de seus elementos constituintes e seus baixos custos (IBRACON, 2009).*

3.1.1. Dosagem do concreto

A dosagem do concreto é um procedimento no qual são escolhidos os materiais (cimento, agregados, aditivos e adições) e as quantidades adequadas de cada um deles, para se obter um produto final que atenda a determinados requisitos físicos, químicos e mecânicos, ao menor custo possível (RECENA, 2015).

> *Simplificadamente, os vários procedimentos podem ser agrupados em métodos experimentais e métodos empíricos. O primeiro grupo associa aqueles métodos que pressupõem a experiência específica, realizada com materiais definidos, vinculando a precisão dos resultados ao emprego dos materiais previamente escolhidos. O outro grupo parte de simplificações, adotando valores médios para as características dos agregados e do cimento. A relação água/cimento e outras características do concreto são valores tabelados ou retirados de curvas aproximadas obtidas da experiência acumulada ao longo do tempo por um profissional, uma instituição ou um laboratório (RECENA, 2015).*

Um dos métodos experimentais mais difundidos no Brasil é o ABCP/ACI. Neste método calcula-se primeiramente a resistência de dosagem segundo a fórmula da ABNT NBR 12655 (2015):

$$fcmj = fckj + 1{,}65 \times sd$$

Onde:

a. **fcmj:** é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (Mpa);

b. **fckj:** é a resistência característica do concreto à compressão, aos j dias, expressa em megapascals (Mpa);

c. **sd:** é o desvio-padrão da dosagem, expresso em megapascals (MPa).

O desvio padrão deve ser escolhido em função da condição de preparo do concreto e a ABNT NBR 12655 (2015) delimita estas três condições como:

d. condição A (aplicável a todas as classes de concreto): o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados;

e. condição B (pode ser aplicada às classes C10 a C20): o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume;

f. condição C (pode ser aplicada apenas aos concretos de classe C10 e C15): o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados da determinação da consistência do concreto, conforme disposto na ABNT NBR NM 67 ou outro método normalizado.

Tabela 01 *- O desvio padrão de cada condição pode ser observado na tabela 01.*

Condição de preparo do concreto	Desvio-padrão (Mpa)
A	4,0
B	5,5
C	7,0

Fonte: *ABNT NBR 12655, 2015, p.17*

Após estabelecer a condição e ser realizado o cálculo de resistência de dosagem do concreto, realiza-se a fixação da relação A/C por meio da curva de Abrams. Nessa curva obtém-se um valor da relação A/C que é determinada por meio do tipo de cimento e da resistência de dosagem do concreto calculada.

A determinação do consumo de água é realizada de acordo com a relação de um abatimento previamente estabelecido e a dimensão máxima característica do agregado graúdo.

Após determinar o consumo de cimento, deve-se determinar o consumo de agregado graúdo, para isso é necessário determinar o volume compactado seco de agregado graúdo (VC). Obtém-se este através da relação do módulo de finura do agregado miúdo pela dimensão máxima característica do agregado graúdo.

Encontrado o consumo de agregado graúdo, faz-se a determinação do agregado miúdo, que é realizada por meio de uma equação, em que se iguala o somatório dos volumes dos materiais com o volume de um metro cúbico de concreto. Com o valor da massa especifica de todos materiais, consegue-se realizar o cálculo do consumo de agregado miúdo.

Após encontrar todas as quantidades de materiais necessários, é feita a apresentação do traço em massa, calculado em função das relações dos diversos componentes em relação à massa de cimento.

3.1.2. Propriedades do concreto fresco

O concreto fresco é constituído por agregados miúdos e graúdos envolvidos por uma pasta, esta é composta por água e grãos de cimento. As propriedades do concreto fresco é que vão assegurar que ele seja fácil de transportar, de lançar e de adensar, influenciando diretamente nas propriedades do concreto endurecido (BAUER, 1985).

As principais propriedades do concreto fresco são: consistência, textura, trabalhabilidade, integridade da massa (oposto de segregação), o poder de retenção de água (oposto da exsudação) e a massa específica. Porém, estas quatro primeiras propriedades citadas muitas vezes são englobadas pelo termo trabalhabilidade (PETRUCCI, 1978).

3.1.2.1. Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é definida como a quantidade de trabalho interno útil necessário à obtenção do adensamento total do concreto (NEVILLE; BROOKS, 2013).

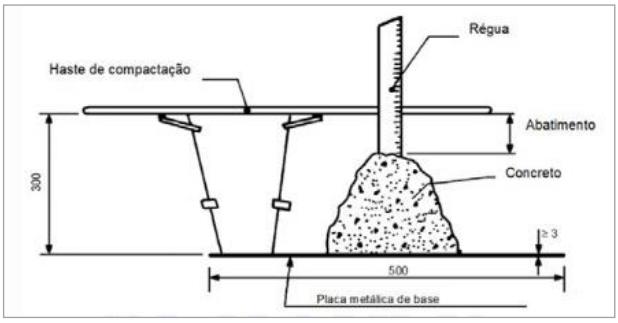
Ela é a propriedade do concreto fresco que identifica sua maior ou menor aptidão para ser empregado com determinada finalidade, sem perda de sua homogeneidade (PETRUCCI, 1978). Como o conceito de trabalhabilidade é subjetivo, um concreto pode estar apto para um determinado uso, mas impróprio para outro.

E para se medir a trabalhabilidade, usam-se

os processos que se baseiam em duas proposições, que são: ela é medida pela deformação que uma massa de concreto fresco sofre a ação de uma força pré-determinada e que também pode ser medida pelo esforço necessário para gerar uma deformação pré-estabelecida em uma massa de concreto fresco (PETRUCCI, 1978).

O ensaio mais utilizado para verificar a trabalhabilidade do concreto é o ensaio de abatimento de tronco de cone, conhecido também como slump test, que no Brasil é normatizado pela ABNT NBR 16889 (2020). Os materiais necessários à execução do ensaio são: um molde cônico (com o diâmetro da base inferior de 200 mm, com diâmetro da base superior de 100 mm e altura de 300 mm) (figura 1), uma haste de compactação e uma placa base (ABNT NBR 16889, 2020).

Figura 01 *– Medida do abatimento.*



Fonte: *ABNT NBR 16889 (2020)*

3.1.2.2. Coesão e segregação

Segundo GEYER e SÁ (2006) um concreto coeso é aquele que se apresenta homogêneo e sem separação de materiais da mistura em todas as fases de sua utilização.

As principais causas da segregação no concreto são a diferença entre as dimensões das partículas e a diferença de massa especifica dos constituintes da mistura, mas estes problemas podem ser solucionados pela escolha de granulometrias corretas e cuidados no manuseio (NEVILLE; BROOKS, 2013).

GEYER e SÁ (2006) afirmam que existem dois tipos de segregação. A primeira ocorre quando as partículas de maiores dimensões deslizam em superfícies inclinadas ou se assentam mais que as partículas mais finas, se separando do resto do concreto, este tipo de segregação ocorre mais frequentemente em misturas mais secas. A segunda forma é manifestada pela separação da pasta (cimento e água) da mistura, este tipo ocorre principalmente em misturas com excesso de água e é também chamada de exsudação.

Ela pode ser reduzida se tomado os devidos cuidados com a granulometria dos agregados utilizados, com o tipo de transporte e lançamento, além de não adensar o concreto excessivamente, pois com isso as partículas maiores vão para o fundo da fôrma e a pasta de cimento vai para cima, além disso, pode-se usar um aditivo incorporador de ar, que reduz o risco de segregação (NEVILLE; BROOKS, 2013).

3.1.2.3. Exsudação

A exsudação é uma forma de segregação em que parte da água da mistura tende a migrar para superfície do concreto recém-lançado (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Isso ocorre devido ao grau de finura do cimento, quanto mais fino menor será a exsudação (separação da água de amansamento dos concretos, devido a sua diferença de densidade em relação ao cimento) (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2013).

Com a água migrando para a superfície, nela se cria uma camada muito úmida, o que tende a torná-la mais fraca e mais porosa, deixando-a sujeita à desintegração pela percolação da água. Além disso, a transposição da água no concreto para a camada da superfície, pode levar partículas de cimento formando assim a chamada nata (PETRUCCI, 1978).

Isto impede a formação de novas camadas de material e esta nata deve ser removida cuidadosamente. Essa nata pode ser formada também em volta das armaduras metálicas diminuindo sua aderência (PETRUCCI, 1978).

A exsudação pode ser controlada pela escolha de um traço adequado, com misturas ricas, evitando excesso de água, também pode-se usar cimentos mais finos, fazer a adição e pozolanas ou pó de alumínio ou aditivos incorporadores de ar (NEVILLE; BROOKS, 2013).

3.1.3. Propriedades do concreto endurecido

No concreto endurecido, as características mais importantes são as mecânicas, como as resistências a compressão e tração do concre-

to, além de massa específica e permeabilidade e absorção.

Segundo a ABNT NBR 8953 (2015), o concreto pode ser dividido segundo sua massa específica em concreto normal, concreto leve e concreto denso.

- ***a.*** Concreto normal: aquele que tem sua massa específica seca compreendida entre 2000 kg/m³ e 2800 kg/m³;
- ***b.*** Concreto leve: aquele que tem sua massa específica seca inferior a 2000 kg/m³;
- ***c.*** Concreto denso: aquele que tem sua massa específica seca superior a 2800 kg/m³.

O concreto é um material que, por sua própria constituição, é necessariamente poroso, pois não é possível preencher a totalidade dos vazios do agregado com uma pasta de cimento" (PETRUCCI, 1978).

BRANDÃO (1999) apud ROQUE, MORENO (2005, p. 8) "indica que a permeabilidade e a capacidade de absorção são as propriedades do concreto diretamente relacionadas com a resistência ao ataque químico da pasta de cimento".

> *A durabilidade do concreto é essencialmente condicionada por essas duas propriedades, ambas diretamente influenciadas pela porosidade. Todos os fatores que afetam a porosidade do concreto interferem também na sua permeabilidade e capacidade de absorção e, portanto, na sua resistência ao ataque químico. Dentre estes fatores, destacam-se: relação água/cimento; quantidade, composição e finura do cimento; aderência entre pasta e o agregado; presença e quantidade de adições e de aditivos; qualidade da execução; etc. (ROQUE; MORENO, 2005).*

3.1.3.1. Resistência à compressão

Um concreto pode ser dosado com base no consumo de cimento desejado, pela relação água/cimento, pela resistência à tração por flexão, porém a característica que o melhor avalia é a resistência à compressão, estando sempre considerada mesmo quando outros aspectos são definidos em especificação (RECENA, 2015).

O concreto é um material que resiste bem aos esforços de compressão, porém mal aos de tração, sendo este equivalente a 10% daquele (PETRUCCI, 1978).

A ABNT NBR 8953 (2015) divide o concreto segundo a sua resistência à compressão em estrutural e não estrutural. Os concretos estruturais são todos aqueles que possuem uma resistência a compressão (fck) maior do que 20 megapascal (Mpa) e estes ainda são divididos em grupo I e II. No grupo I, estão os concretos que resistem de 20 a 50 Mpa de compressão e no grupo II, os que resistem de 55 a 100 Mpa.

Os concretos não estruturais são os que tem um fck abaixo de 20 Mpa. Ele é feito geralmente com agregados reciclados, e ele pode ser usado para enchimentos, contra pisos, calçadas, blocos de vedação, meio-fio (guias), sarjeta, canaletas, mourões e placas de muro (ABNT NBR 15116, 2021).

Para medir a resistência à compressão podem ser moldados corpos de prova, seguindo os procedimentos descritos na ABNT NBR 5738 (2015) e ensaiá-los segundo a ABNT NBR 5739 (2018), para se obter a resistência dos mesmos.

> *A variação normalmente verificada nos resultados de resistência do concreto tem como causa vários fatores que podem atuar de maneira isolada ou conjunta. A medida desta variação fornece uma ideia sobre a qualidade no preparo do concreto, definindo, de forma indireta, a maior ou menor economia, já que maiores variações determinam a necessidade de se trabalhar com uma mais elevada resistência média de controle que, para ser atingida, exige maiores consumos de cimento por conta da necessária redução da relação água/cimento (RECENA, 2015).*

São vários os fatores que influenciam na resistência do concreto, como por exemplo a porosidade e o grau de hidratação, porém estes fatores são difíceis de serem determinados. Por isso que, na prática, os fatores verificados são a relação água/cimento, grau de adensamento, idade e temperatura (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Segundo PETRUCCI (1978) e NEVILLE e BROOKS (2013), pressupondo um adensamento total a resistência em uma certa idade e a uma certa temperatura é inversamente da relação água/cimento. Essa relação é conhecida como Lei de Abrams, que dá origem a curva de Abrams, pela qual se determina a relação água cimento em função da resistência desejada.

De acordo com NEVILLE e BROOKS (2013), em relação à idade, o grau de hidratação aumenta com tempo, resultando assim em um aumento da resistência, conforme pode ser visto na tabela 02.

***Tabela 02** - Variação da porcentagem da resistência com o tempo*

Tipo de cimento	Porcentagem da resistência em 365 dias, para diferentes idades				
	3	7	28	90	365
Portland comum	38	58	81	90	100
Alta resistência inicial	50	65	83	93	100
Moderada resistência aos sulfatos	35	51	77	93	100
Baixo calor de hidratação	16	28	58	92	100

***Fonte:** PETRUCCI, 1978, p. 97.*

3.1.3.2. Resistência à tração

ALMEIDA (2002) cita que a resistência à tração depende de vários fatores, principalmente da aderência dos grãos dos agregados com a argamassa. De acordo com o método de ensaio obtém-se diferentes valores para a resistência à tração axial, resistência à tração na flexão e resistência à tração por compressão diametral.

Para o estudo da tração existe o ensaio da resistência à compressão diametral existe regido pela ABNT NBR 7222 (2011) e o ensaio de resistência a tração na flexão, normatizado pela ABNT NBR 12142 (2010).

O Ensaio de tração na compressão diametral regido pela ABNT NBR 7222 (2011) é o ensaio mais comum, devido a simplicidade de ser executado e por ser utilizado o mesmo corpo de prova cilíndrico do ensaio de compressão. Este ensaio é conhecido internacionalmente como Ensaio Brasileiro, pois foi desenvolvido por Lobo Carneiro, em 1943. ALMEIDA (2002) observa que a resistência à tração axial é cerca de 80% a 85% menor do que aquela determinada no ensaio de compressão diametral.

Para se determinar a resistência de tração na flexão em corpos de prova de concreto prismáticos, realiza-se o ensaio regido pela ABNT NBR 12142 (2010), onde os corpos de prova de seção quadrada são apoiados em dois cutelos, com a aplicação de duas cargas iguais e simetricamente dispostas em relação ao meio do vão. Esses corpos de prova são moldados segundo a ABNT NBR 5738 (2015). Como a distância dos pontos de carga é 1/3 do vão, o ensaio é qualificado como por “carregamento nos terços” (FREITAS, 2012).

3.1.4. Controle tecnológico do concreto

Na maior parte das obras, o processo de controle colabora para que a resistência estimada seja similar ou superior ao valor especificado. Entretanto, surgem situações com dúvidas sobre a resistência mecânica e a capacidade de carga de um elemento de concreto. Nesses casos é preciso revisar os resultados de ensaios e, se necessário, adotar procedimentos adicionais para investigar qual a resistência real e efetiva da estrutura (SILVA FILHO & HELENE, 2011).

O controle da resistência à compressão do concreto é parte integrante da construção, sendo indispensável à comprovação da resistência efetiva real. Avaliar se o que está sendo produzido corresponde ao que foi adotado previamente, por ocasião do dimensionamento da estrutura, faz parte da própria concepção do processo construtivo como um todo (HELENE & TERZIAN, 1993).

A produção do concreto consiste em uma série de atividades controladas e organizadas entre si, podendo o resultado final ser interferido durante o processo de execução entre uma atividade e outra por ato de ação humana e ou mecânica, como a dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura. Contudo, existem casos em que a qualidade do concreto é posta em dúvida no que diz respeito à resistência do concreto aplicado na estrutura, evidenciando a necessidade de uma investigação das suas propriedades mecânicas (SILVA FILHO & HELENE, 2011).

A adoção de um controle tecnológico na produção do concreto, desde a dosagem, passando por transporte e a utilização do concreto in loco em uma obra requer cuidado e bastante atenção, pois um concreto de qualidade/procedência duvidosa coloca em risco a segurança e a estabilidade da edificação, além de trazer risco aos usuários.

Caso um concreto seja fornecido e utilizado, e não atenda aos requisitos especificados em projeto, torna-se necessário a realização de um estudo e trabalho investigativo, por meio de ensaios para avaliação das propriedades do concreto. O resultado é a ocorrência de um grande ônus na obra, impactando a mesma financeiramente, gerando atrasos e retrabalhos.

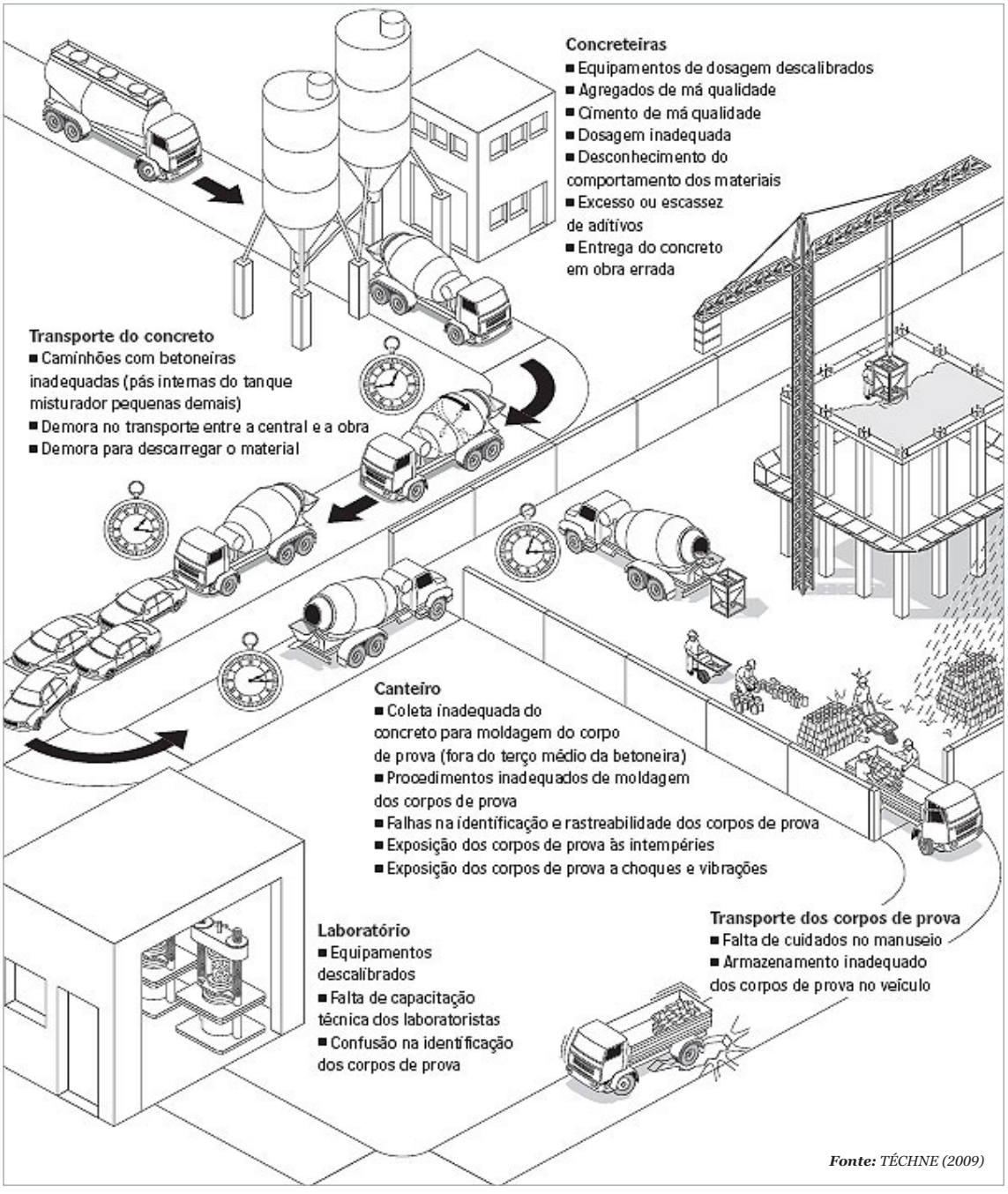
O não atendimento do fck e aos requisitos especificados em projeto podem ter diversas

causas e a constatação dessa falha requer medidas segundo a TÉCHNE (2009):

> *Problemas com o não atendimento do fck podem estar relacionados, ainda, com falhas no processo de controle tecnológico. Há procedimentos normalizados, e que devem ser seguidos, para a coleta do concreto e a moldagem do corpo de prova. Além disso, é imprescindível o cuidado no armazenamento e no transporte dessas peças. Os corpos de prova são elementos sensíveis, principalmente nas primeiras horas de idade, e qualquer descuido pode alterar sua resistência característica à compressão. Para comprovar falhas nessa etapa, será necessário realizar a extração de testemunhos da estrutura já executada - medida dispendiosa e cara (TÉCHNE, 2009).*

As causas de não conformidade do concreto – não atendimento do fck requisitado, são diversas, pois da central de dosagem do concreto até o laboratório que realiza o ensaio são muitos fatores que influenciam. Segundo a TÉCHNE (2009) alguns desses fatores podem contribuir para termos uma resistência do concreto abaixo do esperado, vide figura abaixo.

Figura 02 *- Fatores que podem contribuir para uma resistência do concreto não esperada*



Fonte: *TÉCHNE (2009)*

Para aferir o fck do concreto e proceder com a aceitação ou rejeição do mesmo, deve-se realizar o ensaio de resistência a compressão, conforme prescrições da ABNT NBR 5739 (2018).

Formam-se lotes e de cada lote deve ser retirada uma amostra, com número de exemplares de acordo com o tipo de controle a ser feito, sempre atentando para as recomendações da ABNT NBR 12655 (2015), a qual determina:

> *As amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem, conforme a ABNT NBR NM 33. Cada exemplar deve ser constituído por dois corpos de prova da mesma amassada, conforme a ABNT NBR 5738, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Toma-se como resistência do exemplar o maior dos dois valores obtidos no ensaio de resistência (ABNT NBR 12655, 2015).*

Há dois tipos de controle da resistência do concreto, sendo eles segundo a ABNT NBR 12655 (2015): o controle estatístico do concreto por amostragem parcial e o controle do concreto por amostragem total. Para o controle por amostragem parcial é prevista uma forma de cálculo do valor estimado da resistência característica, fck,est, do lote de concreto em estudo. Para o controle por amostragem total a 100 % das betonadas, a análise da conformidade deve ser realizada em cada betonada.

No controle estatístico por amostragem total todas as betonadas são amostradas e representadas por um exemplar que define a resistência à compressão daquele concreto naquela betonada. No controle estatístico do concreto por amostragem parcial são retiradas amostragens de betonadas distintas, as amostras devem ser de no mínimo seis exemplares para os concretos do grupo I (classes até C50, inclusive) e 12 exemplares para os concretos do grupo II (classes superiores a C50) (ABNT NBR 12655, 2015).

Nas figuras a seguir mostraremos os exemplos de controle total e controle parcial para fins de acompanhamento na qualidade da execução de uma estrutura.

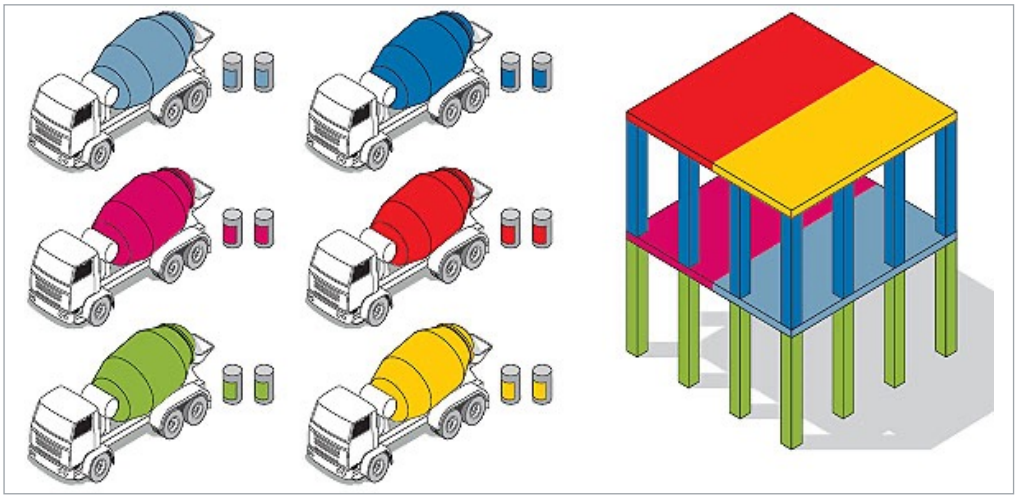


Figura 03 *- Controle total da resistência do concreto.*

Fonte: *TÉCHNE, 2009.*

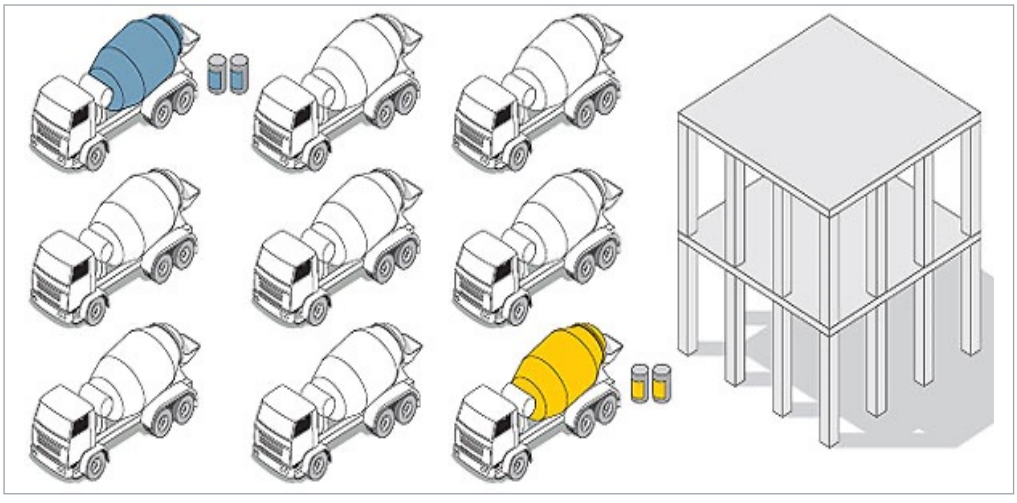


Figura 04 *- Controle parcial da resistência do concreto.*

Fonte: *TÉCHNE, 2009.*

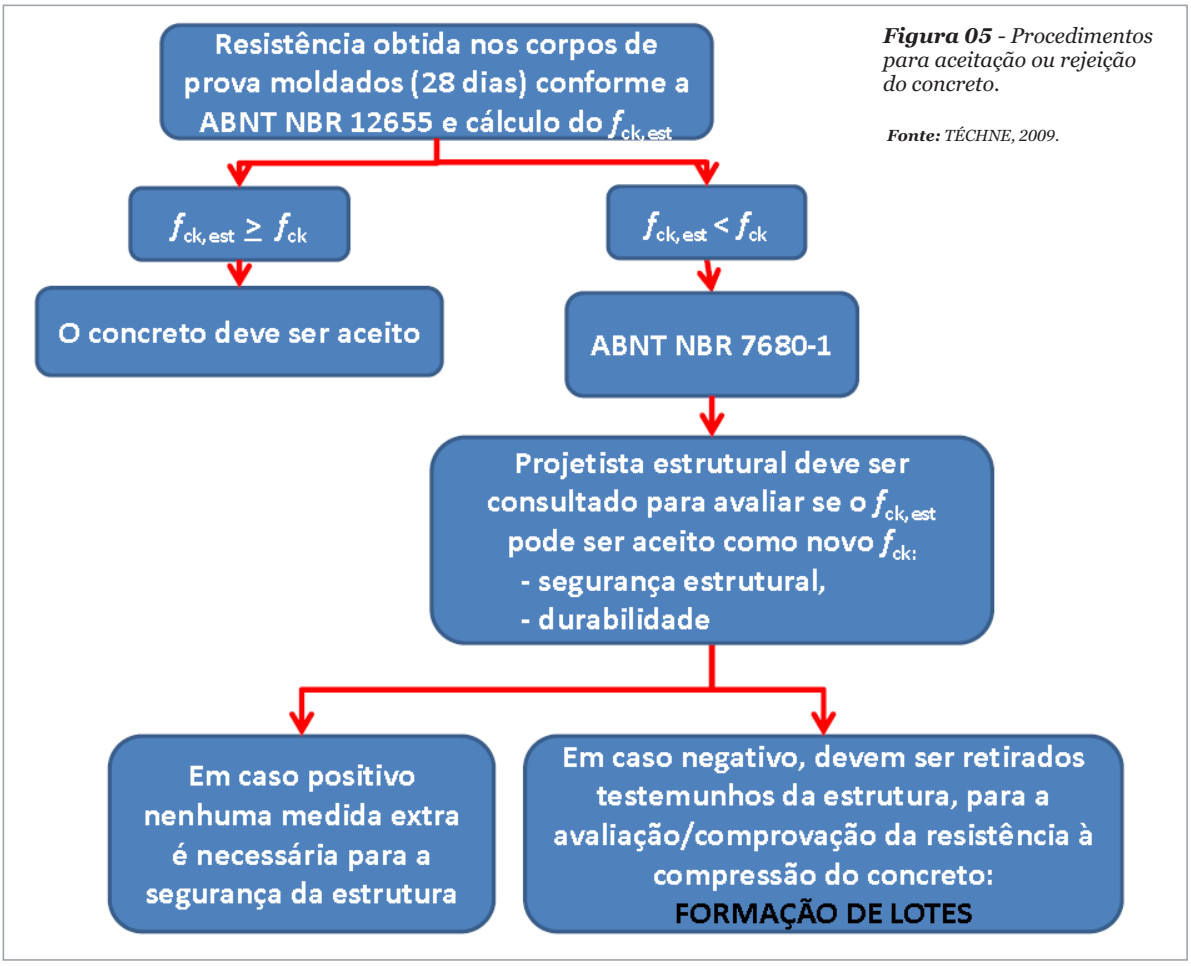


Figura 05 *- Procedimentos para aceitação ou rejeição do concreto.*

Fonte: *TÉCHNE, 2009.*

Abaixo, realizou-se a condensação das informações já explanadas anteriormente e foi elaborado o "passo a passo" de como proceder e realizar o controle tecnológico do concreto.

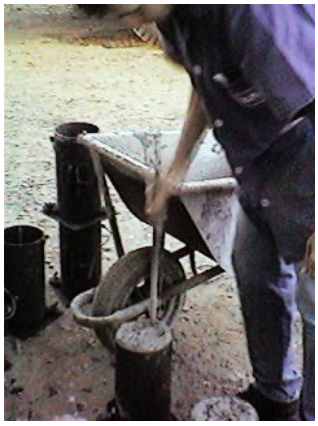
Tabela 03 *- Informações básicas sobre o controle tecnológico do concreto*

Objetivo: Determinação da resistência à compressão do concreto a partir de corpos de prova colhidos na obra e ensaiados em laboratório especializado. Veja também as recomendações quanto ao **aceite** do material.	**Normas indicadas:** ABNT NBR 5738 Concreto - Moldagem e cura de corpos de prova e ABNT NBR 5739 - Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
1. Amostra A amostra de concreto deve ser recolhida direto da calha do caminhão-betoneira, em quantidade suficiente para o ensaio (depende do número de corpos-de-prova) e colocado num carrinho-de-mão. Evite de recolher a amostra já da primeira carga da betoneira, o ideal é esperar que a metade do concreto já tenha sido descarregado, retirando a amostra do terceiro quarto da carga. Depois de colocada no carrinho, a amostra deverá ser remisturada com uma pá, de forma a assegurar sua homogeneidade. **Cuidado:** nunca retirar a amostra de concreto já bombeado, lançado e adensado nas fôrmas.	

2. Molde
O tipo de molde mais usado é o molde metálico cilíndrico de 150 mm de diâmetro por 300 mm de altura. Acompanham o molde, uma haste de adensamento e uma concha. O molde deve ser mantido limpo e protegido com uma fina camada de óleo mineral.
Observação: existem laboratórios que adotam outros padrões de moldes.

3. Adensamento no molde
Normalmente o adensamento da amostra de concreto no molde é feito manualmente, em 4 camadas iguais, sendo adensadas com 30 golpes da haste em cada camada, evitando-se de penetrar na camada anterior com a haste no adensamento da camada seguinte.
Vibrador: pode-se adensar com vibrador de imersão, em duas camadas, no tempo suficiente para que a superfície do concreto fique plana e brilhante.

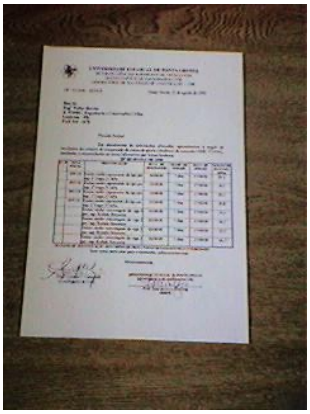
4. Adensamento no molde
Durante o adensamento, após o socamento de cada camada, bater nas laterais do molde com a haste para eliminar vazios. A última camada deve exceder a altura do molde e encerrado o adensamento, fazer o arrasamento com a haste ou régua metálica própria.
Observação: as moldagens dos corpos-de-prova não podem sofrer interrupções.



5. Cura inicial e transporte
Os corpos-de-prova devem receber uma etiqueta de identificação (número, procedência, data etc.) e colocados em local adequado (livre de vibrações e choques) e protegidos da ação de intempéries, por 24 horas (moldes cilíndricos). Transporte: após a cura inicial os corpos de prova devem ser levados ao laboratório, cuidadosamente, em caixas forradas de areia ou serragem.

6. Cura final Até o ensaio de compressão, os corpos de prova, já desmoldados, deverão permanecer em câmara úmida (mínimo 95% de umidade relativa) ou imersos em água saturada de cal, ou ainda, enterrados em areia saturada. A temperatura deve ficar em 23+-2ºC. Lá permanecerão, 3, 7 ou 28 dias, conforme as idades de rompimento de cada cp.	
7. Preparação do topo Algumas horas antes do ensaio de compressão (2 a 4 horas), o topo de cada corpo de prova deve ser preparado com um arremate feito de camada de pasta de cimento (ou mistura a quente de enxofre e calcário moído) para que o topo fique perfeitamente alisados para a distribuição homogênea dos esforços da prensa.	
8. Rompimento Os corpos de prova devem ser levados à prensa conforme a idade de rompimento previstas e ensaiados de acordo com a norma específica (ABNT NBR 5739). A prensa deve fixar o esforço no momento da ruptura. A velocidade de aplicação da carga deve estar entre 0,3 a 0,8 MPa por segundo.	
9. Tensão de ruptura A tensão de ruptura à compressão é obtida dividindo a carga de ruptura pela área da seção transversal do corpo de prova, devendo o resultado ser expresso em MPa, com aproximação de 0,1 MPa.	

10. Laudo
O laudo técnico (certificado de resultados do ensaio) deve conter as seguintes informações: procedência do corpo de prova; número de identificação no laboratório e na obra; data da moldagem; idade do corpo de prova; data do ensaio; área da seção transversal em cm²; tensão de ruptura; outras informações importantes.



Condições para o aceite
A aceitação do concreto em obra é feita em duas etapas, segundo a NBR 12655:2015: a primeira consiste em verificar as condições do concreto fresco na obra e para isso em geral usa-se o slump test e demais propriedades para o concreto fresco; a segunda diz respeito as condições de aceite para o concreto endurecido e caracteriza a aceitação definitiva do concreto considerando todos as propriedades para o concreto endurecido. **A norma determina a confecção de 2 corpos-de-prova de uma mesma amassada (caminhão-betoneira ou betonada) para cada idade de rompimento** e os lotes em função de controle e solicitação a que estiver submetido a estrutura. O controle pode ser estatístico por amostragem parcial e controle total (no qual são elaborados corpo de prova para cada amassada ou caminhão-betoneira). **A condição básica para aceitação, considerando o ensaio de resistência à compressão é quando a tensão de ruptura for maior que a tensão projetada.** Recomendação: todo e qualquer evento, seja de aceite condicionado ou de rejeição deve ser registrado no diário de obras.

Fonte: *Elaborado pelos autores*

4. ENSAIOS

Para fazer a avaliação de estruturas de concreto, além da inspeção meramente visual, atualmente há disponíveis diversos ensaios para avaliação, os quais são divididos em duas classes: ensaios destrutivos e ensaios não destrutivos. Tais ensaios nos permitem ter embasamento para fazer uma melhor avaliação de uma estrutura e nos dá suporte para diversas áreas que englobam a aplicação do concreto na engenharia.

4.1. Ensaios destrutivos

Nos ensaios destrutivos causam danos à estrutura e requerem a retirada de amostras das mesmas. Os ensaios destrutivos, segundo as bibliografias mais consagradas, apresentam uma maior confiabilidade em relação aos ensaios não destrutíveis existentes. Entretanto, mesmo sendo mais confiável, conforme citado acima, os ensaios destrutivos causam danos na estrutura, que em grande parte das vezes encontra-se já afetada por manifestações patológicas.

Todo ensaio pode ser considerado como destrutivo quando o método do ensaio realizado implica na alteração ou inutilização do material ou corpo de prova produzido, como é o caso dos corpos de prova utilizados para a realização dos ensaios de resistência à compressão e à tração, ensaios já citados anteriormente.

Destacamos o ensaio da extração de testemunhos de estruturas, realizados quando existe dúvida se a resistência à compressão do concreto de uma estrutura está atendendo os requisitos de projeto.

4.1.1. Extração de testemunhos de estruturas de concreto

A realização da extração de testemunhos de estruturas já acabadas é feita quando existem dúvidas quanto à resistência e o desempenho do concreto lançado, seja por resultados de ensaios laboratoriais abaixo do esperado, durante o controle tecnológico, ou por sinais de deterioração do concreto. O equipamento utilizado para realizar a extração de testemunhos deve permitir a obtenção de amostras homogêneas e íntegras do concreto da estrutura (FILHO, 2019).

Por essa razão, o julgamento da resistência do concreto a partir de testemunhos

extraídos diretamente da estrutura é uma atividade ainda mais complexa que o exame dos resultados obtidos de corpos de provas moldados. Trata-se de um técnico especializado, e que requer rigor nas operações de amostragem e nos ensaios, assim como experiência e bom senso na avaliação dos resultados obtidos, que são afetados pelas operações de extração e construção (HELENE, et al, 2015)

A norma que deve ser seguida para a realização dos ensaios de extração de testemunhos de estruturas de concreto é a ABNT NBR 7680-1 – Concreto – extração, preparo, ensaio, análise de testemunhos de concreto Parte 1: resistência a compressão axial.

Figura 06 *- Tabela de mapeamento da estrutura, formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraído.*

Tipo de controle (conforme ABNT NBR 12655)	Mapeado (rastreabilidade)		Formação de lotes		Quantidade de testemunhos por lote [a]
	No lançamento	Por ensaios não destrutivos			
Amostragem total	Sim	opcional	Cada lote corresponde ao volume de uma betonada ou de um caminhão-betoneira	Aplicado em um elemento estrutural	2
				Aplicado em mais do que um elemento estrutural	3
	Não	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos [b]	Até 8 m^3	3 [c]
				Maior que 8 m^3 e menor que 50 m^3	4
Amostragem parcial	Indiferente	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos [b]	Até 8 m^3	4
				Maior que 8 m^3 e menor que 50 m^3	6
Casos excepcionais	Vale o critério de amostragem parcial conforme ABNT NBR 12655 (concreto preparado na obra).				

a Ver seção 6.

b Para o índice esclerométrico e velocidade de propagação de onda ultrassônica, recomenda-se que seja adotado como dispersão máxima do conjunto de resultados o intervalo de ± 15 % do valor médio.

c Em se tratando de um único elemento estrutural, a quantidade de testemunhos deve ser reduzida a dois, de forma a evitar danos desnecessários.

Fonte: *ABNT NBR 7680-1 (2015)*

4.2. Ensaios não destrutivos

Os ensaios não destrutivos não causam danos e/ou agressões nas estruturas. Ao proceder com uma avaliação em uma estrutura, pode-se partir com uma linha investigação por meio dos ensaios não destrutivos, fato creditado aos mesmos, pois não causam prejuízos para a estrutura a ser avaliada.

Caso necessário, precisando-se de informações e dados complementares, pode-se partir para uma investigação na estrutura por meio de ensaios destrutivos, que são mais precisos, entretanto são agressivos e causam danos a estrutura.

4.2.1. Pacometria

O ensaio de pacometria é realizado por meio de um aparelho/sonda, chamado pacômetro, o qual funciona por indução magnética. O pacômetro faz uma varredura na estrutura e é um ensaio não destrutivo, que permite avaliar o cobrimento da estrutura, o posicionamento das armaduras e a dimensão das barras de aço.

Trata-se do método mais fácil para localizarmos barras de aço, PVC, cobre e também corpos estranhos, além de ser um dos mais eficazes ensaios para a realização desse tipo de investigação em estruturas.

4.2.2. Esclerometria

O ensaio de esclerometria é outro ensaio não destrutivo, cujo ensaio é regido pela ABNT NBR 7584:2012 – Concreto endurecido – avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – método de ensaio.

Esse ensaio é realizado meio de um esclerômetro de reflexão, aparelho capaz de medir a dureza superficial do concreto.

O esclerômetro funciona como uma massa-martelo, e por meio de impulsos em mola, em contato e choque com a estrutura a ser ensaiada, nos fornece um índice de reflexão. Esse índice fornecido nos permite fazer uma correlação e chegar a valores estimados da resistência a compressão do concreto por meio deste ensaio não destrutivo.

Uma das maiores vantagens do esclerômetro é poder acompanhar o processo de cura e o ganho de resistência do concreto (IBRACON, 2016), possibilitando um maior controle tecnológico e monitoramento, prevendo o comportamento do concreto ao longo do tempo.

4.2.3. Ultrassonografia

O ensaio de ultrassonografia é outro ensaio não destrutivo, o qual consiste em um método de propagação de ondas e pulsos ultrassônicos. Para a realização desse ensaio devemos nos atentar para os parâmetros da ABNT NBR 8802:2019 – Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.

***Figura 07** - Classificação da qualidade do concreto em função da velocidade de propagação da onda ultrassônica*

Velocidade do pulso (km/s)	>4,5	3,5-4,5	3,0-3,5	2,0-3,0	<2,0
Qualidade do concreto	Excelente	Ótimo	Bom	Regular	Ruim

***Fonte:** Whitehurst, 1951 apud QASRAWI, 2000*

A ultrassonografia, além de possibilitar estabelecer parâmetros de qualidade do concreto em função da velocidade das ondas ultrassônicas, nos permite verificar e investigar a homogeneidade do concreto, fissuras, segregações e eventuais imperfeições na estrutura ensaiada.

4.2.4. Potencial de corrosão

O concreto, assim como diversos outros materiais, possui parâmetros e propriedades elétricas que o caracteriza, estando tais propriedades diretamente relacionadas com a resistividade elétrica e a condutividade elétrica do concreto.

A medida do potencial de corrosão, segundo M. H. F. Medeiros et al. (2018) é utilizado para:

> *A medida do potencial de corrosão é utilizada para classificar a probabilidade de corrosão de armaduras do aço carbono imersas em concreto, segundo a ASTM C 876:2015, sendo possível sua aplicação para o monitoramento de estruturas de concreto armado ao longo do tempo. Esta ferramenta é um meio rápido e de baixo custo para a identificação de zonas de aço despassivadas que necessitam de análise ou reparos. Reforçando a aplicabilidade do ensaio, o estudo de Pradhan e Bhattacharjee corrobora com a informação que o potencial de corrosão é uma medida eficaz para constatar a iniciação da corrosão das armaduras em estruturas de concreto expostas a ambientes contaminados por cloretos (M. H. F. MEDEIROS et al. (2018).*

Para se aferir o potencial de corrosão é realizada a medição da diferença de potencial elétrico entre o aço da estrutura a ser avaliada, comparando-se com um eletrodo de referência acoplado a um voltímetro utilizado no ensaio. O eletrodo de referência mantém o seu potencial elétrico estável, permitindo-se assim, fazer a análise da diferença de potencial entre ele e o aço da estrutura.

O ensaio é importante, pois permite investigar em uma estrutura os pontos mais suscetíveis a ocorrência da corrosão das armaduras, possibilitando-se fazer intervenções mais precoces e consequentemente menos onerosas.

4.2.5. Profundidade de carbonatação

De acordo com Silva (2007) uma das patologias mais frequentes em estruturas de concreto armado é a corrosão das armaduras, responsável por aproximadamente 30% das anomalias existentes.

Silva (2007) também cita que um dos fatores que contribuiu para existência da corrosão é a carbonatação, a qual também:

> *Reduz o pH do concreto e despassiva a armadura. Esta quando despassivada e na presença de umidade desencadeia o processo de corrosão, comprometendo a segurança e durabilidade da estrutura (SILVA, 2007, p. 27).*

O ensaio para aferir a profundidade de carbonatação consiste em analisar uma parte do concreto exposta, compreendida até o aço, aplicando-se sobre a mesma uma solução a base de fenolftaleína. Caso a solução se mantenha incolor, indica que o concreto está carbonatado, caso a coloração fique roxa, quer dizer que o concreto não está carbonatado.

Em seguida, é realizada a medição da extensão da carbonatação na estrutura com um paquímetro e calculado o grau de carbonatação da estrutura ensaiada. Ressaltamos que se trata de um método barato, de fácil utilização, porém não muito preciso.

A importância da aferição do grau de carbonatação na estrutura se justifica pela necessidade de manutenção em edificação e estruturas, possíveis intervenções, além de prezar pela segurança e durabilidade de uma estrutura.

***Figura 08** - Alguns dos principais equipamentos utilizados para a realização de ensaios não destrutivos.*

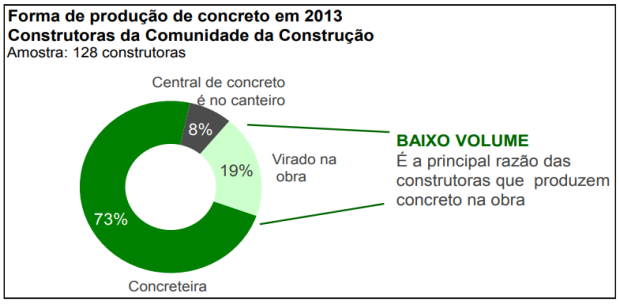
***Fonte:** IBRACON (2016)*

5. PANORAMA DO MERCADO DO CONCRETO NO BRASIL – DOMÍNIO DAS CONCRETEIRAS

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (2013), o aumento da produção de concreto foi de 180% entre 2005 e 2012. Estima-se que as concreteiras brasileiras tenham produzidos 51 milhões de m³ de concreto em 2012, e que este número passaria para 72,3 milhões de m³ em 2017, representando um aumento de 41,2% na produção do concreto.

As concreteiras são responsáveis pelo fornecimento da maior parte do concreto consumido no Brasil. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (2015) 73% do concreto utilizado pelas construtoras no ano de 2013 vieram de concreteiras.

***Figura 09** - Forma de produção de concreto em 2013*



***Fonte:** Associaçaõ Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2015*

Mostrado o panorama e a representatividade das concreteiras nas obras do Brasil, nota-se a importância e responsabilidade das mesmas, pois sendo o concreto um material nobre e considerando que praticamente todas as obras utilizam o concreto, destacamos a enorme responsabilidade das concreteiras no que tange à segurança e estabilidade das obras.

Na figura 10 visualizamos trecho extraído do Manual do Concreto Dosado em Central, elaborado pela Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do brasil (ABESC), elaborado em 2013. A figura mostra a cadeia produtiva do concreto dosado em central, observando-se os materiais constituintes do concreto e elenca algumas das suas principais propriedades.

Figura 10 *- Concreto Dosado em Central*

Fonte: *Associaçaõ das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil (ABESC), 2013*

É dever das concreteiras prezar pela qualidade do concreto.

> *Efetivamente, a responsabilidade da concreteira é zelar pela qualidade do preparo do concreto e de seu transporte até o local de obra. Sua função é saber selecionar os insumos - cimento, areia, agregados, aditivos e água -, conhecer a fundo o comportamento desses materiais, estar atenta à calibração de seus equipamentos, fazer a dosagem correta e garantir o transporte e a entrega adequados do concreto na obra (TÉCHNE, 2009).*

6. DESENVOLVIMENTO - CRONOLÓGICO DOS FATOS

No presente artigo, trazemos um estudo de caso, onde as partes envolvidas são uma empreiteira – responsável pela execução de uma obra (autora) e uma empresa de serviços de concretagem (ré). A autora emitiu uma ordem de compra para a ré, referente ao fornecimento de concreto usinado, o qual seria utilizado na execução da fundação de uma torre metálica de antena de celular, que seria instalada em uma cidade no interior de Minas Gerais.

As partes em litígio não chegaram a um consenso devido a existência de possíveis problemas no fornecimento do concreto da fundação da torre, sendo esse o objeto da lide. Na lide foi pedido uma perícia de engenharia para verificar se o concreto fornecido pela ré atendia a resistência característica à compressão do concreto (fck) pedido pela autora

6.1. Celebrado contrato para prestação de serviços

Em 09/02/2011 é celebrado um Contrato ente a Autora (empreiteira) e uma empresa de telecomunicações (proprietária da obra). Dentre as tarefas contratadas pela proprietária da obra se encontram as fundações da torre metálica de antena de celular que será instalada, fundações que são o objeto da lide.

6.2. Autora emite ordem de compra do concreto usinado

Em 24/04/2012 a Autora (empreiteira) emitiu a Ordem de Compra para a Ré (empresa de serviços de concretagem). Essa ordem de compra era referente a concreto usinado 20 MPA CP-III 40RS BOMBEÁVEL, volume de 48,00 m³ e valor unitário de R$ 350,00/m³ e valor total de R$ 16.800,00.

6.3. Ré emite notas fiscais do concreto fornecido e entrega o concreto

A Ré (empresa de serviços de concretagem) emite nos dias 04 e 05 de maio de 2012 para saída/entrega em 05/05/2012 oito notas fiscais referentes ao produto concreto usinado 20 MPA CP-III 40RS BOMBEÁVEL, volume de 48,00 m³ e valor unitário de R$ 350,00/m³ e valor total de R$ 16.800,00.

Em 05/05/2012 é feita a concretagem das fundações para receber uma torre de antena de celular. Essa concretagem foi de um volume total de 48,00 m³ e abrangeu a construção de três tubulões, vigas e blocos de concreto armado.

6.4. Contratada empresa terceirizada para fazer controle tecnológico do concreto

Durante o processo de concretagem, para o controle de qualidade do material foi retirado e moldado por uma empresa terceirizada – CONTEPRO ENGENHARIA LTDA, empresa contratada pela empresa de telecomunicações, que é a proprietária da obra, um total de 42 Corpos de Provas (CP's), sendo seis corpos de prova por cada uma das sete séries de concretagem.

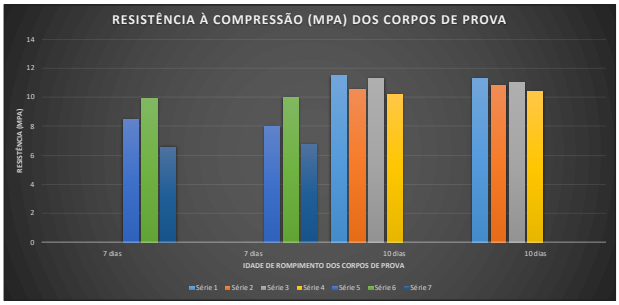
Em 15/05/2012 a empresa terceirizada contratada pela empresa de telecomunicações para a realização do controle tecnológico do concreto rompeu um total de 14 corpos de prova, com idades de 7 e 10 dias. Foram rompidos dois corpos de prova de cada série. Os resultados de resistência do concreto desse ensaio alertavam a existência de possíveis problemas no material fornecido pela Ré, pois a resistência estava abaixo da especificada. Os resultados de resistência obtidos nesse ensaio estavam variando de 11,5 MPA a 6,6 MPA.

***Tabela 04** - Resistência à compressão em Mpa dos corpos de prova rompidos em 15/05/2012, grifos nosso destacando o maior e menor valor dos CP's rompidos nas idades de 7 e 10 dias.*

Resistência (Mpa)				
Série	**7 dias**	**7 dias**	**10 dias**	**10 dias**
Série 1			11,5	11,3
Série 2			10,6	10,8
Série 3			11,3	11,0
Série 4			10,2	10,4
Série 5	8,5	8,0		
Série 6	9,9	10,0		
Série 7	6,6	6,8		

***Fonte:** Contepro Engenharia Ltda, 2012 - Adaptada pelos autores, 2021*

***Gráfico 01** - Resistência a compressão dos corpos de prova rompidos pela Contepro Engenharia nas idades de 7 e 10 dias*



***Fonte:** Elaborado pelos autores*

6.5. Contratada uma auditoria/contraprova para realização de ensaios

Devido a possíveis problemas no fornecimento do concreto e com o embasamento dos ensaios realizados pela empresa terceirizada (Contepro Engenharia Ltda) contratada inicialmente, pela proprietária da obra, optou-se pela realização de uma auditoria.

Em 25/05/2012 a Universidade Federal de Uberlândia rompeu um total de sete Corpos de Provas (CP's). Conforme informações do laudo esses CP's foram entregues pelo interessado, com diâmetro nominal de 100 mm, os quais eram procedentes da fundação da obra em lide, sendo o cliente a empresa de telecomunicações (proprietária da obra). Os resultados desse ensaio apresentaram uma grande variação de 8,7 MPA a 22,4 MPA.

Figura 11 *- Reprodução parcial do ensaio de resistência à compressão em Mpa dos corpos de prova rompidos em 25/05/2012, grifos nosso.*

2 - RE8ULTAD08 / Dala: 2510512012.					
Série N.º	**CP N.º**	**Nota Fiscal**	**Seção (cm²)**	**Força na Ruptura (kgf)**	**Tensão (MPa)**
01	04	000242	78.86	10216	13,0
03	18	000244	79.33	8916	11,2
04	23	000246	78.98	7080	10,1
06	29	000246	77.8	6737	8,7
07	41	000247	79.01	9298	11,8
01	11	000243	70.70	17894	22,4
08	36	000248	78.33	17765	22,4

Fonte: *Universidade Federal de Uberlância – Faculdade de Engenharia Civil*

6.6. Rompimento dos demais corpos de prova

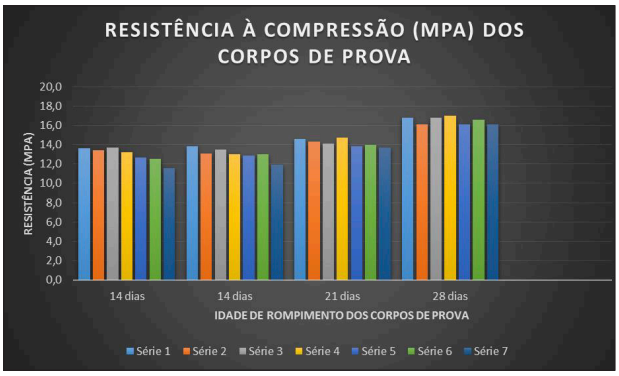
Em 02/06//2012 a empresa terceirizada que foi contratada inicialmente (Contepro Engenharia Ltda) pela empresa de telecomunicações (proprietária da obra) para a realização do controle tecnológico do concreto da obra finalizou o rompimento do restante dos CP's, com idades de 14 dias, 21 dias e 28 dias. Nessa data foi finalizado o rompimento dos quatro CP's restantes de cada série. Foram rompidos um total de 28 CP's. Os resultados de resistência do concreto desse relatório com 28 dias estavam variando de 16,1 MPA a 17,0 MPA. Esses resultados de rompimento dos CP's com 28 dias estavam com resistência abaixo da contratada de 20MPA.

Tabela 05 *- Resistência à compressão em Mpa dos corpos de prova rompidos em 02/06/2012 nas idades de 14, 21 e 28 dias*

Resistência (Mpa)				
Série	**14 dias**	**14 dias**	**21 dias**	**28 dias**
Série 1	13,6	13,8	14,6	6,8
Série 2	13,4	13,1	14,3	16,1
Série 3	13,7	13,5	14,1	16,8
Série 4	13,2	13,0	14,7	17,0
Série 5	12,7	12,9	13,8	16,1
Série 6	12,5	13,0	14,0	16,6
Série 7	11,6	11,9	13,7	16,1

Fonte: *Contepro Engenharia Ltda, 2012 – Adaptada pelos autores, 2021*

Gráfico 02 *- Resistência a compressão dos corpos de prova rompidos pela Contepro Engenharia nas idades de 14, 21 e 28 dias*

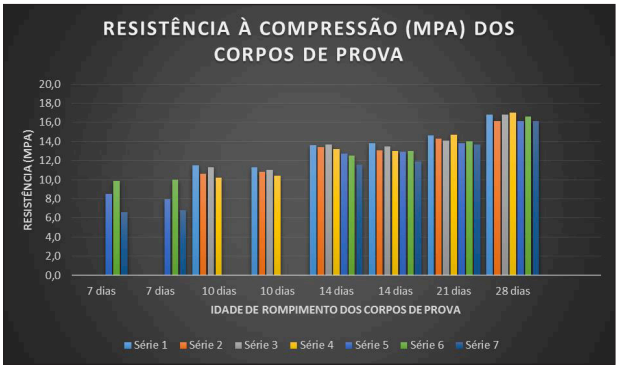


Fonte: *Elaborado pelos autores*

6.7. Compilação do resultado de resistência a compressão de todos os corpos de prova rompidos pela Contepro Engenharia

Com o rompimento dos corpos de prova realizados pela Contepro Engenharia, primeiramente no dia 15/05/2012 aos 7 e 10 dias, e posteriormente, no dia 02/06/2012 aos 14, 21 e 28 dias, foi elaborado um gráfico com todos os resultados obtidos, vide abaixo.

Gráfico 03 *- Resistência a compressão de todos os CP's rompidos pela Contepro Eng.*



Fonte: *Elaborado pelos autores*

6.8. Empresa de telecomunicações (proprietária da obra) solicita a construção de uma nova fundação

Em 04/06/2012 a autora (empreiteira – responsável pela execução das obras) comunica que a empresa de telecomunicações (proprietária da obra) solicita de imediato uma nova fundação, uma vez que o laudo feito pela Universidade Federal de Uberlândia aponta o mesmo problema que o laboratório contratado inicialmente (Contepro Engenharia).

6.9. A Ré (empresa de serviços de concretagem) fornece corpos de prova

Em 16/06/2012 a empresa de serviços de concretagem (Ré) contratou a Colsultare Laboratório para a realização do rompimento de dois Corpos de Provas (CP's) fornecidos pela Ré. A idade de rompimento foi de 42 dias e os resultados desse ensaio foram de 26,9 MPA e 25,2 MPA.

***Figura 12** - Reprodução parcial do ensaio de resistência à compressão em Mpa dos corpos de prova rompidos em 16/06/2012.*

CARACTERÍSTICAS CONCRETO			
FCK-MPa	20,0	Procedência	USINADO
Volume (m³)	6,0	Cimento	NÃO ESPECIFICADO
Data Concretagem	05/05/2012	Agregados	AREIA NAT / BRITA 1
Moldador	INTERESSADO	Aditivo	NÃO ESPECIFICADO

Peça Concretada: TUBULÃO;

RESULTADOS - Tipo Corpo de Prova: 10 x 20 cm						
Corpo Prova Nº	Hora Moldagem	Slump (mm)	Data Ruptura	Idade (dias)	Resistência (MPa)	NF
1-1	-	-	16/06/2012	42	26,9**	
1-2	-	-	16/06/2012	42	25,2**	

**RESULTADOS SATISFATÓRIOS NA IDADE DE 42 DIAS.

***Fonte:** Consultare Laboratório*

6.10. Litígio entre autora (empreiteira – responsável pela execução da obra) e ré (empresa de serviços de concretagem)

Diante dos fatos e de todo cronológico exposto acima, ocorreu o litígio entre as partes envolvidas, devido ao possível não atendimento das especificações de projeto da fundação da torre de antena de celular, objeto da lide.

Assim foi pedido uma perícia de engenharia com o objetivo maior era fazer a verificação se o concreto fornecido pela Ré (empresa de serviços de concretagem) atendia os requisitos básicos de projeto da fundação da torre de antena de celular.

7. METODOLOGIA

O presente trabalho refere-se a um estudo de caso, englobando um caso real de uma perícia de engenharia. Realizaram-se uma vistoria, pesquisas bibliográficas e ensaios laboratoriais.

7.1. Vistoria

Os trabalhos de vistoria seguiram as determinações da NBR 13.752/96, Norma Técnica para Perícias de Engenharia na Construção Civil, publicada pelaABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Adotaram-se as recomendações da ABNT NBR 13.752/96, destacando-se o item 4.3.1.3 dessa norma:

> *Os requisitos de uma perícia são condicionados à abrangência das investigações, à confiabilidade e adequação das informações obtidas, à qualidade das análises técnicas efetuadas e ao menor grau de subjetividade emprestado pelo perito, sendo estes aspectos definidos pelos seguintes pontos, quanto:*
>
> *a) à metodologia empregada;*
> *b) aos dados levantados;*
> *c) ao tratamento dos elementos coletados e trazidos ao laudo;*
> *d) à menor subjetividade inserida no trabalho.*

Conforme o levantamento bibliográfico apresentado a extração de testemunhos é o melhor ensaio para esclarecer quanto à resistência do concreto discutido na lide. Uma vez que os resultados de ensaios laboratoriais realizados pela autora ficaram abaixo do esperado, ao contrário dos resultados do controle tecnológico realizados pela empresa que forneceu o concreto, concreteira (ré).

7.2 Identificação dos pontos de extração dos testemunhos

Para a realização da extração dos testemunhos de concreto, foi contratada pelo perito a Consultare Laboratório. Destacamos que toda a extração, preparação e rompimento seguiram as recomendações da Norma Técnica ABNT NBR 7680-1/2015.

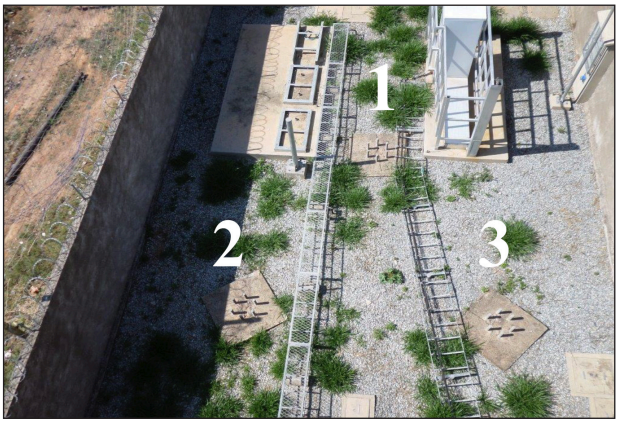
Ao lado da torre metálica existente constatamos a existência de fundações similares as dessa torre. Essas fundações se encontram descartadas e são compostas de três blocos de concreto armado (com insertes e parafusos metálicos) e de vigas e três tubulões, peças estruturais, que também são em concreto armado e se encontram enterrados no terreno e não podem ser visualizados.

A seguir, na imagem 01, mostramos os blocos de fundação da torre de celular já implantada. Já na imagem 02, mostramos os três blocos de concreto armado da fundação que foram descartados, vide detalhes. A autora alega que os blocos não atingirem a resistência característica à compressão do concreto (fck) especificada em projeto.

Imagem 01 *- Torre de antena de celular já implantada e as suas bases de apoio.*

Fonte: *Autores*

Imagem 02 *- Blocos de fundação descartados.*



Fonte: *Autores*

A Imagem 02 é uma tomada aérea que mostra as fundações descartadas e que estão posicionadas ao lado da torre metálica de telefonia celular já implantada. Podemos observar a existência de três blocos de concreto armado (blocos 01, 02 e 03). Esses três blocos foram as peças indicadas pelas partes para a retirada dos testemunhos com o objetivo de verificar a resistência do concreto.

7.3 Verificação das condições desses pontos de extração

Após a identificação dos pontos de extração dos testemunhos, ocorreu a preparação para a retirada de dois testemunhos do Bloco 1 das fundações da torre de telefonia de celular que foi descartada pela Autora - empreiteira responsável por essa obra. Conforme informações juntadas aos autos essas fundações foram descartadas porque os Corpos de Prova retirados durante o processo de concretagem não alcançaram a resistência especificada nos cálculos estruturais de 20 MPA. Os 48,00 m³ de concreto utilizados nessa fundação foram fornecidos pela Ré (empresa de serviços de concretagem).

A extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto ficou sob a responsabilidade da empresa especializada, que foi contratada pelo Perito. Destacamos que toda a extração, preparação e o rompimento seguiram as recomendações da Norma Técnica ABNT NBR 7680-1/2015, vide na imagem 03 a preparação e retirada dos testemunhos do Bloco 01.

Imagem 03 *- Preparação e extração de testemunhos do Bloco 01.*

Fonte: *Autores*

Na imagem 04, identificamos os dois testemunhos retirados do Bloco 01. Esses testemunhos atenderam as especificações das Normas técnicas e foram devidamente registrados como CP1 e CP2, do Bloco 01. Esses testemunhos foram transportados pela empresa especializada, contratado pelo perito, para o laboratório, para preparação e futuro rompimento.

Imagem 04 *- Testemunho extraído do Bloco 01.*

Fonte: *Autores*

Imagem 05 *- Identificação de testemunho extraído do Bloco 01.*

Fonte: *Autores*

Os mesmos procedimentos realizados no Bloco 01 foram replicados para os Blocos 02 e 03, sendo realizada a preparação para retirada dos testemunhos, extração e posterior identificação dos mesmos.

Imagem 06 *- Preparação e extração de testemunho do Bloco 02.*

Fonte: *Autores*

Abaixo, vide imagem 07, visualizamos a preparação para a retirada de dois testemunhos do Bloco 3 das fundações da torre de telefonia de celular que foi descartada pela Autora (empreiteira), que era a responsável pela execução dessa obra.

Imagem 07 *- Preparação e extração de testemunho do Bloco 03.*

Fonte: *Autores*

7.4 Ensaio característico à compressão dos testemunhos

Após a preparação, extração e retirada dos testemunhos dos Blocos de fundação, os mesmos foram transportados e levados para laboratório, a fim de realizar ensaios de resistência característica à compressão nas amostras.

Os ensaios foram realizados de acordo com a ABNT NBR 7680-1:2015 – Extração, preparo, ensaio e análise dos testemunhos de concreto – parte 1: Resistencia a compressão axial. Abaixo, segue identificação dos testemunhos.

Figura 13 *- Identificação dos testemunhos extraídos dos Blocos 01, 02 e 03.*

CP	Identificação	Data da concretagem	Presença de:
1	Bloco 01	>28	Aço e Vazios
2	Bloco 02	>28	Vazios
3	Bloco 03	>28	-
4	Bloco 04	>28	-
5	Bloco 05	>28	-
6	Bloco 06	>28	Aço

Fonte: *Consultare Laboratório*

A preparação das bases foi realizada por retificação. Este processo consiste na remoção, por meios mecânicos, de uma fina camada de material das bases a serem preparadas e é normalmente executada em máquinas especialmente adaptadas para essa finalidade, com a utilização de ferramentas abrasivas (ABNT NBR 5738, 2015).

O ensaio de compressão dos corpos de prova cilíndricos sucedeu conforme as recomendações da ABNT NBR 5739 (2007). Utilizou-se neste uma prensa para a realização do rompimento dos testemunhos, e o resultado do ensaio foi condensado na tabela 8.

Destacamos que a ABNT NBR 5739 foi atualizada em maio de 2018, e que os ensaios que dão embasamento para o presente trabalho foram realizados anteriormente, em setembro de 2015. Em razão disso, os critérios adotados no ensaio de compressão dos corpos de prova cilíndricos seguiram as recomendações da ABNT NBR 5739:2007.

***Figura 14** - Resultados do ensaio de compressão dos CP's.*

CORPO DE PROVA	DIMENSÕES MÉDIAS		SEÇÃO TRANSVERSAL (MM^3)	DENISDADE (KG/M^3)	H/D	FATOR DE CORREÇÃO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPA)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO CORRIGIDA (MPA)
	DIÂMETRO	ALTURA						
1	99,5	190,1	7771,0	2219,7	1,91	1,01	24,0	24,3
2	99,6	178,7	7785,0	2195,8	1,79	1,00	21,8	21,8
3	99,7	184,4	7805,4	2224,5	1,85	1,00	20,2	20.2
4	99,7	191,9	7805,4	2237,6	1,92	1,01	20,0	20,2
5	99,6	171,7	7783,5	2234,7	1,72	1,00	21,0	21,0
6	99,5	166,6	7778,8	2281,0	1,67	0,99	18,5	18,3

***Fonte:** Consultare Laboratório.*

8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Verificando-se a figura 14 do ensaio realizado pela empresa especializada, podemos observar que dos resultados de Resistência à compressão corrigida (MPA) dos seis Corpos de Provas, testemunhos, apenas o CP 6 apresenta resultado inferior ao valor contratado de 20 MPA, vide detalhe.

No item 7.1.2 da Norma Técnica ABNT NBR 7680-1/2015 é informado que a estimativa da resistência característica do lote para fins de verificação da segurança estrutural é dada pela média dos resultados individuais daquele lote, conforme a equação a seguir:

***Figura 15** - Equação da resistência característica média do lote.*

$$f_{ck,ext,seg} = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_{ci,ext,seg}}{n}$$

***Fonte:** ABNT NBR 7680-1/2015*

Conforme os resultados mostrados na figura 14, e aplicando-se a equação acima, a média dos resultados obtidos no ensaio é de 20,97 MPA. Portanto, conforme ensaio realizado a resistência do concreto fornecido pela Ré (empresa de serviços de concretagem) atende a especificação de 20 MPA para o lote ensaiado.

9. CONCLUSÕES

Com base nas pesquisas bibliográficas deste trabalho e com os resultados obtidos no ensaio de compressão dos testemunhos cilíndricos extraídos, pode-se concluir que o comportamento do concreto entregue pela empresa de serviços de concretagem (ré) atingiu a resistência característica à compressão do concreto (fck) solicitada em projeto, aumentando sua resistência com idades mais elevadas, fato também constatado por outros autores em trabalhos distintos, confirmando a teoria de NEVILLE e BROOKS (2013), citada anteriormente no presente trabalho.

Também destacamos que é essencial fazer o controle tecnológico de todo o processo produtivo do concreto, desde a escolha dos agregados, água, cimento, a dosagem utilizada e demais outros cuidados a serem tomados, fazendo com que se utilize esse nobre material, o concreto, com segurança nas mais diversas obras onde o mesmo é empregado.

Outro ponto de destaque que chamamos atenção é a importância da realização dos ensaios disponíveis no mercado, seja eles destrutivos ou não destrutivos. No caso exposto, a utilização dos ensaios corretos possibilitou chegar a um resultado real quanto a resistência característica à compressão (fck) do concreto utilizado na fundação da torre metálica de antena de celular, objeto da lide. O perito deve estar sempre atento e atualizado sobre os diversos

ensaios e equipamentos que existem no mercado e sobre as tecnologias do concreto, buscando fundamentar o seu laudo pericial conforme os critérios da ABNT NBR 13752:1996 – Perícias de engenharia na construção civil.

10. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. **Concreto**. Campinas, 2002. (Apostila).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **A Indústria do Cimento e o Desenvolvimento do Brasil.** 23 mai. 2015. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/a-industria-do-cimento-e-o-desenvolvimento-do-brasil>. Acesso em: 27 ago. 2021.

_____. **Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto.** 28 ago. 2013. Disponível em: < http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE CONCRETAGEM DO BRASIL (ABESC). **MANUAL DO CONCRETO DOSADO EM CENTRAL.** ago. 2013. Disponível em: <http://abesc.org.br/assets/files/kit-professor.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12142:** concreto: determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 12655:** concreto de cimento Portland: preparo, controle, recebimento e aceitação. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 13752:** perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 15116:** agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 16889:** concreto — determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

_____. **NBR 5738:** concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5739:** concreto: ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 5739:** concreto: ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 7222:** concreto e argamassa: determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 7584:** concreto endurecido - avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 7680-1:** concreto - extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 8802:** concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2019

_____. **NBR 8953:** concreto para fins estruturais: classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

BAUER, L. A. Falcão (Coord.). **Materiais de construção.** 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1985.

Congresso Brasileiro do Concreto, 58º, 2016, Belo Horizonte. Ensaios não destrutivos para concreto. IBRACON, 2016. 28p.

FARIA, Renato. Concretos fornecidos podem não estar atingindo a resistência à compressão pedida nos projetos estruturais. **Revista Téchne**, São Paulo, v. 152, p. 44-50, nov. 2009.

FREITAS, R. P. de. **Controle de qualidade em concreto endurecido:** Ensaios mecâni-

cos. 2012. 55 folhas. Curso de graduação em engenharia civil – (Universidade Federal De Juiz De Fora) - Juiz de Fora, 2012.

GEYER, A. L. B.; SÁ, R. R. de. **Importância do Controle de Qualidade do Concreto no Estado Fresco.** 2006. Disponível em: <http://www.realmixconcreto.com.br/downloads/Ano2_informativo_internet.pdf>. Acesso em 22 ago. 2021.

HELENE, Paulo. e TERZIAN, Paulo. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto.** 1° edição, São Paulo – SP, editora PINI, abril de 1993. 349 p.

HELENE, Paulo; CARVALHO, Mariana; COUTO, Douglas; BILESKY, Pedro. Análise crítica do novo texto da ABNT 7680-1:2015.57° **Congresso Brasileiro do concreto, IBRACON**; Bonito-MS. Volume I: p. 3 – 13.

IBRACON. CONCRETO: material construtivo mais consumido no mundo. São Paulo: Ibracon, n. 53, 2009. Trimestral.

MEDEIROS, M. H. F. et al. **Potencial de corrosão: influência da umidade, relação água/cimento, teor de cloretos e cobrimento:** Revista IBRACON de estruturas e materiais, 2017.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p.

QASRAWI, H. Y. **Concrete strength by combined nondestructive methods simply and reliably predicted.** Cement and Concrete Research, v. 30, i. 5, pp. 739 – 746, 2000.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland.** 5. ed., atual. e rev. Porto Alegre: Globo, 1978. 307 p.

RECENA, F. A. P. **Dosagem e Controle da Qualidade de Concretos Convencionais de Cimento Portland.** 3. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2015. 120 p.

FILHO, Hayrton Rodrigues do Prado. Os testemunhos de estruturas de concreto. **Revista ADNormas**, São Paulo, mar. 2019. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2019/03/12/os-testemunhos-de-estruturas-de-concreto>. Acesso em: 20 ago. 2021.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. da S.; STARLING, T. **Materiais de construção civil.** 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2013.

ROQUE, J. A.; MORENO, A. L. J. **Considerações sobre vida útil do concreto.** 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-moldado. São Carlos, nov, 2005.

SILVA, Valdirene. **Ação da Carbonatação em Vigas de Concreto Armado em Serviço, Construídas em Escala Natural e Reduzida.** 2007. 281. Tese (Doutorado) Curso de Engenharia de Estruturas, Univ. de São Paulo, São Paulo.

PERÍCIA DE ENGENHARIA PARA ANÁLISE DE DESLIZAMENTO DE TALUDE URBANO

RESUMO

A área de estudo geotécnico, como a de estabilidade de taludes, depende de uma série de fatores que não podem ser desprezados quando avaliado a estabilidade de estruturas geotécnicas, dentre eles a geologia, a topografia, os parâmetros do solo, o clima, além de ações humanas. Nesse contexto, o presente artigo possui o objetivo de analisar a (s) causa (s) do deslizamento, ocorrido em janeiro de 2020, do talude existente nos fundos da empresa A, a qual situa-se em Belo Horizonte/MG e detém divisa com outros nove imóveis. Essa análise será embasada na literatura sobre o tema e nas diretrizes estabelecidas pelas normas ABNT NBR 13752/1996, ABNT NBR 11682/2009 e ABNT NBR 6484/2001. A metodologia empregada considera a realização de vistoria no local do deslizamento e nos imóveis confrontantes, o estudo da documentação (laudos, relatórios de órgãos públicos, etc.) preexistente sobre o taludo e os imóveis em questão.

AUTORES:

Antônio
Cláudio Andrade Brum

Eduardo
Almeida Veneroso

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello

Laís
Emanuele Souza

Isabella
Filipe

Palavras-chave:
Estabilidade de Taludes; Deslizamento; Perícia.

1. INTRODUÇÃO

Estruturas de contenção de taludes são projetadas para prevenir o desequilíbrio natural do maciço rochoso e do solo, ou projetado quando esse equilíbrio é alterado devido a deformações ou até mesmo o colapso da estrutura. Sendo assim, essas estruturas têm por objetivo suportar os empuxos do material a ser contido, resistir a cargas estruturais e qualquer outro esforço proveniente de estruturas vizinhas, garantindo a segurança nos taludes e a integridade da vizinhança.

Para isso, aspectos como os perfis topográficos, o perfil e parâmetros do solo, além da probabilidade de escorregamento tendo em vista o tipo de solo da região, devem ser estudados e avaliados previamente, proporcionando conhecimento do terreno para cálculo e implantação da obra civil, a fim de que ela não ceda futuramente, visto que atualmente é comum encontrar casos de sinistros devido a inconformidade de obras com as Normas ou em relação a falta de informações prévias sobre as estruturas do seu entorno.

Sabe-se que, com o avanço da tecnologia é possível construir edificações de grande porte que exigem fundações especiais além de grandes escavações e movimentações de terra capazes de sustentar empreendimentos modernos. Dito isso, a implantação de uma nova edificação acarreta em perturbações no equilíbrio natural da região, que vai desde a movimentação de veículos e equipamentos pesados até a execução de obras de contenção e fundações propriamente dita. No entanto, deve-se ressaltar que muitos sinistros são provocados por obras pequenas por acabarem não tomando os cuidados necessários pelos profissionais, ou até mesmo pela falta de um profissional especializado atuando na obra. É o caso comum de escavações ou aterros executados sem os devidos cuidados, ocasionando em deslizamentos (MARCELLI, 2007).

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo verificar as causas do deslizamento do talude existente nos fundos de uma empresa que faz divisa com os lotes de imóveis residenciais confrontantes. Essa verificação foi realizada por meio de vistoria e identificação da atual condição do talude da empresa e dos imóveis atingidos pelo deslizamento, foi necessário também a análise criteriosa de todas informações documentais referentes às condições do local antes e após o sinistro. Para além disso, o estudo traz como contribuição a importância da realização de vistorias em estruturas geotécnicas, como em taludes, com o intuito de prevenção de sinistros. em conseguinte, o artigo aborda a relevância de estudos multidisciplinares, como por exemplo a utilização de drones para auxiliar no monitoramento de perícias, ou até mesmo na tomada de decisões de profissionais.

Assim exposto, neste tópico serão apresentados a contextualização sobre taludes e contenções, principais normas técnicas para contenção de taludes, parâmetros e sondagem do solo para estabilidade de taludes, além de histórico de estudos envolvendo sinistros de contenção.

1.1. Contextualização sobre taludes e contenções

Segundo Loturco (2004), o talude é um plano de terreno inclinado que limita a superfície de um maciço de rocha ou de solo. Além disso, ele pode ser entendido como a própria inclinação na face lateral de uma formação geológica, seja ela natural ou artificial. Os taludes são classificados em naturais e artificiais.

A formação de um talude natural, geralmente chamado de encosta, é originada a partir de intempéries ou da ação geológica. O declive é constituído por solo residual e/ou solo coluvionar. Os solos residuais permanecem no lugar em que foram originados, enquanto os coluvionares são resultados do transporte de materiais, sendo a gravidade o principal agente formador. Em relação à forma, os taludes naturais apresentam superfície plana ou curvilínea, com interferência do formato no fluxo preferencial de água superficial.

Os taludes artificiais são aqueles construídos pelo homem, resultantes de escavações, cortes em encostas ou lançamento de aterros. O talude de corte é aquele que se formou a partir de um processo de corte, ou seja, de retirada de material. Já o talude de aterro é fruto da deposição de massas de solo com características específicas do projeto, com possibilidade de utilização de serviços de compactação em determinados casos. Além disso podem estar situados em minas a céu aberto, laterais de ruas e estradas,

barragens de reservatório de água, escavações de valas para assentamento de tubulações e, ainda, fundos de casas edificadas em terrenos em aclive ou declive.

Então, quais são as diferenças e semelhanças entre eles?

Tanto os taludes naturais quanto os artificiais são compostos pelas seguintes partes:

- crista — a parte mais alta do talude;
- pé — a parte mais baixa;
- altura do talude (H) — a diferença de cota entre o pé e a crista;
- ângulo de inclinação — ângulo formado entre a horizontal e a reta média entre o pé e a crista;
- maciço ou corpo — a parte interna do talude, cuja constituição é estudada por engenheiros e geólogos, no que diz respeito ao tipo de material (rocha, argila, areia, silte, etc.) e suas propriedades (limite de plasticidade, coesão, etc.);
- rede de percolação — a trajetória que a água percorre no maciço do talude. Essa rede é constituída de infiltrações de água próximas do talude e distantes (até muitos quilômetros) da estrutura;
- mina ou bica — afloramento de água do talude. A água infiltra no terreno, percola o maciço e aflora na superfície, geralmente no pé do talude.

Em relação às diferenças, podemos destacar o fato das características geotécnicas do solo compactado possuírem maior índice de certeza. Portanto, desde que a execução da obra seja feita de forma correta e controlada, seus cálculos de estabilidade tendem a ser mais precisos do que os de taludes naturais — que podem apresentar diversas incertezas quanto ao perfil geológico-geotécnico, principalmente se a investigação geotécnica for pobre ou inexistente.

Nos taludes em aterro, por exemplo, uma inclinação estável, sem nenhum tipo de intervenção, usualmente é de 1,5H:1V a 2H:1V, ou seja, 1,5 metros a 2 metros na horizontal para 1 metro na vertical. Este tipo de declive é muito comum na implantação de obras em região de divisa com áreas de preservação e córregos.

O talude de corte, por sua vez, tem uma inclinação média de 1H:1V, sendo que esses valores podem variar de acordo com o solo local. Sua adoção é muito comum em situações de divisa de imóvel, quando, por exemplo, deseja-se uma área de uso embaixo da escavação e há um limite de interferência dentro da propriedade vizinha.

Para evitar problemas é preciso dimensionar a inclinação do terreno. Para isso, é preciso contar com um profissional com conhecimento geotécnico sólido e realizar uma investigação do solo correta.

Na investigação geotécnica, avalia-se se o solo tem resistência para permanecer em segurança na geometria projetada e constata-se a necessidade de ajustar os sistemas de drenagem, inclinação, instalação de drenos profundos, ou mesmo realizar estabilizações com introdução de reforços. No que diz respeito ao segundo aspecto, é preciso verificar as possíveis interferências do lençol freático, tubulações de calha de casa sendo direcionadas para o talude, tubulações de esgoto com vazamento, presença de rios e esgoto, etc.

Com base nessas informações, é possível determinar para o especialista que está executando a obra qual inclinação é viável para o talude — seja ela mais suave ou mais inclinada.

Já em encostas nitidamente rochosas, as descontinuidades normalmente são os elementos que determinam a estabilidade do maciço rochoso quanto a queda de materiais pétreos. Por exemplo, é preciso saber o ângulo de mergulho das descontinuidades para analisar se um determinado talude estará ou não a favor da estabilidade.

Mesmo com as precauções citadas acima, todos os tipos de taludes estão suscetíveis às rupturas. Caso existam riscos eminentes, deve-se inicialmente fazer o isolamento da área para que qualquer dano humano seja evitado.

Em seguida, é preciso buscar um profissional geotécnico para determinar qual tipo de intervenção será necessária. Uma alternativa é o retaludamento, que proporciona estabilidade quando não há construções no local.

Quando não for possível reconformar a encosta somente com movimento de terra, seja pela existência de uma propriedade no local, pela falta de espaço ou pela grande movimentação de terra, deve-se investir em muros de contenção. Para esses casos, podem ser usados gabiões, tirantes e cortinas atirantadas, telas, blocos de concreto, muros de concreto armado,

solo grampeado e solo grampeado verde, entre outras soluções.

O princípio de funcionamento das estruturas de contenção é o mesmo, independentemente do método. Todas promovem, ativa ou passivamente, resistência ao deslocamento de terra e ruptura ocasionados pelo corte.

A diferença principal diz respeito ao local de apoio de tais estruturas. Enquanto o muro de arrimo é um peso independente, que lança mão apenas da gravidade para funcionar, o método denominado solo grampeado e as cortinas atirantadas procuram a zona resistente para se fixarem, penetrando no mesmo solo que devem estabilizar.

Já em casos de aterros, tanto os métodos quanto as formas de execução podem ser diferenciados. Como a terra ainda será adicionada, é possível agir em todo o volume. O resultado é um solo com a matriz reforçada. É o caso da terra armada e do aterro reforçado.

Qualquer que seja o método, não se pode esquecer da proteção superficial e da drenagem. A proteção evita a erosão do terreno e a drenagem destina corretamente a água, diminuindo a pressão interna e o carreamento de partículas de solo.

1.1.1. Principais tipos de contenções para taludes.

***Figura 1** - Exemplos de contenção - Parte 01*

***Fonte:** Revista Téchne, Edição 37, Novembro/1998*

***Figura 2** - Exemplos de contenção - Parte 02*

Cortina cravada – Estrutura constituída por estacas ou perfis cravados no terreno, trabalhando à flexão e resistindo pelo apoio da parte enterrada do perfil. Podem ser obras contínuas (estacas-prancha ou estacas justapostas) ou descontínuas. Nesse último caso, as estacas ou perfis metálicos são cravados a uma certa distância um do outro. O trecho entre eles é preenchido por pranchões de madeira ou placas de concreto armado.
Aplicação: o sistema costuma ser mais empregado em obras de contenção provisórias
Vantagens: eficácia e segurança
Cuidados: como funcionam à flexão, tais estruturas costumam ser bastante deformáveis

Cortina de concreto atirantada – Formada por muros delgados de concreto armado com espessuras entre 0,20 m e 0,30 m, contidos por tirantes protendidos. Em geral, são verticais ou subverticais com os tirantes distribuídos de maneira uniforme com espaçamentos que variam de acordo com a altura da contenção e os esforços atuantes. O paramento pode ser composto de placas isoladas para cada tirante, de placas englobando dois ou mais tirantes ou de cortina única, incorporando todos os tirantes.
Aplicação: em qualquer situação geométrica, tipo de solo ou condição hidrológica
Vantagens: eficácia, segurança e versatilidade
Cuidados: necessidade da presença de horizontes resistentes e estáveis o suficiente para a ancoragem dos tirantes a profundidades compatíveis

Tela metálica fixada por chumbadores e recoberta por concreto projetado – Conhecido como solo grampeado ou "soil nailing", consiste no reforço do maciço pela introdução de chumbadores (barras de ferro) e posterior recobrimento do talude com tela metálica fixada por pinçadores e aplicação de concreto projetado com 7 a 10 cm de espessura. Utilizada há muito tempo em terrenos rochosos, o sistema foi aperfeiçoado com a introdução do concreto projetado.
Aplicação: taludes de corte em solo
Vantagens: não requer escavações, fôrmas, escoramentos ou andaimes
Cuidados: instalação de barbacãs, drenos profundos, canaletas etc.

Estruturas de contenção com solo reforçado com geossintéticos – Maciço formado por mantas geotêxteis ou geogrelhas intercaladas com camadas de aterro compactado. Funciona como uma estrutura de contenção convencional. Cabe aos elementos geossintéticos, além do confinamento do solo junto à face externa, resistir aos esforços de tração desenvolvidos no maciço.
Aplicação: contenção de taludes
Vantagens: rapidez de execução, simplicidade e baixo custo
Cuidados: devem ser utilizados geossintéticos de propriedades mecânicas conhecidas (resistência à tração, interação com o solo, comportamento em fluência)

Terra armada – Sistema constituído pela associação de solo compactado e armaduras, complementada por um paramento externo composto de placas chamado "pele". Possui três componentes principais: o solo que envolve as armaduras; as armaduras horizontais de aço galvanizado em forma de fitas, que são fixadas às peles por parafusos, e, por fim, a própria pele, que pode ser constituída de escamas metálicas flexíveis ou placas rígidas de concreto armado.
Aplicação: aterros até 20 m de altura
Vantagens: rapidez de construção, grande flexibilidade e tolerância a recalques diferenciais
Cuidados: o solo a ser utilizado como material de reaterro sobre as armaduras deve apresentar boas características de atrito interno

Muro de blocos estruturais de concreto apoiado sobre microestacas e contido por chumbadores – O método consiste na execução de microestacas verticais e inclinadas unidas a uma viga-baldrame de concreto. Em intervalos de 2 m a 2,5 m são instalados pilaretes de concreto unidos à base. Nos pilaretes são fixados chumbadores suborizontais com cerca de 8 m de comprimento. Os vãos dos quadros são preenchidos com alvenaria de blocos estruturais de concreto com ferros passantes horizontais que unem as vigas horizontais.
Aplicação: obras viárias urbanas para alturas até 4 m em terrenos naturais sem matacões
Vantagens: estrutura leve e apta a receber esforços horizontais. Pode ser construída a meia encosta, próxima à rua
Cuidados: construção de uma camada drenante de brita recoberta com geotêxtil na face interna do muro, além de uma série de barbacãs

Paredes-diafragma – São cortinas de concreto armado moldadas no solo em painéis sucessivos. Costumam ser bastante empregadas também com painéis pré-moldados. Em geral, as paredes-diafragma possuem espessuras entre 0,40 m e 1,20 m e painéis de comprimento mínimo de 2,50 m.
Aplicação: quando da execução de escavações profundas junto a edificações preexistentes
Vantagens: podem ser implantadas em quase qualquer tipo de terreno sem rebaixamento do lençol freático, não provocam vibrações ou desconfinam o terreno adjacente, suportam de forma simultânea pressões laterais e cargas verticais, podem ser incorporadas à estrutura em construção e funcionam como cortina de impermeabilização
Cuidados: checar se há acesso para os equipamentos necessários à execução e se há presença de matacões no terreno, o que pode inviabilizar a utilização

***Fonte:** Revista Téchne, Edição 37, Novembro/1998*

1.2. Pluviosidade e escorregamentos

Segundo Tabalipa e Fiori (2008), o uso e ocupação do solo nas cidades brasileiras de forma inadequada, sem análise de condicionantes geotécnicas, acarretam inúmeros desastres, como erosões, assoreamentos, escorregamentos, enchentes e recalques de solo. Tabalipa e Fiori (2008, p. 388), classifica os escorregamentos como "todo e qualquer movimento que envolva materiais terrosos ou rochosos que, por qualquer causa, processos ou velocidades, sofrem deslocamentos induzidos pelo agente de gravidade".

De acordo com Guido (1983), é disseminado de forma generalizada que intensas erosões e escorregamentos estão vinculados com o período chuvoso, em decorrência a frentes frias entre a região polar antártica e o Oceano Atlântico. Segundo Guido (1983, p. 11), "ao se depararem com as massas de ar quente tropicais, ao longo

da encosta sudeste brasileira, tais frentes geram fenômenos de instabilidade atmosférica intensos, consistindo em fortes chuvas e tempestades".

1.3. Principais normas técnicas brasileiras: perícia e estabilidade de taludes

Nesse tópico são apresentadas as prescrições normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) sobre perícia e estabilidade de taludes.

1.3.1. ABNT NBR 13752

A norma que rege as perícias de engenharia na construção civil é a ABNT NBR 13752 (ABNT, 1996), a qual apresenta os profissionais habilitados para a realização do trabalho de perícia, as definições de termos técnicos, as condições gerais e específicas para a realização de perícias, além de informações sobre a apresentação de laudos.

Os profissionais habilitados para a elaboração de trabalhos de perícia na construção civil são aqueles habilitados pelos órgãos: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), conforme a Lei Federal 5.194 de 24 de dezembro de 1966 e a Resolução nº 375 de 27 de julho de 1990; Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU), de acordo com a Lei Federal 12.378 de 31/12/2010; Conselho Federal dos Técnicos Industriais (CFT), segundo a Resolução nº 058 de 22 de março de 2019. Esses profissionais deveram emitir, respectivamente, Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), Registro de Responsabilidade Técnica (RRT) e Termo de Responsabilidade Técnica (TRT) ao prestar seus serviços de engenharia.

Em relação as definições, os termos técnicos com definições expostas na ABNT NBR 13752 (ABNT, 1996) que são relevantes para o desenvolvimento do presente artigo são apresentados na **Tabela 1**.

***Tabela 1** - Termos técnicos e seus conceitos segundo a ABNT NBR 13752 (ABNT, 1996).*

TERMO TÉCNICO	CONCEITO
Laudo	Peça na qual o perito, profissional habilitado, relata o que observou e dá as suas conclusões ou avalia, fundamentadamente, o valor de coisas ou direitos.
Perícia	Atividade que envolve apuração das causas que motivaram determinado evento ou da asserção de direitos.
Vistoria	Constatação de um fato, mediante exame circunstanciado e descrição minuciosa dos elementos que o constituem.

***Fonte:** Adaptada de ABNT, 1996.*

A respeito das condições gerais, a NBR 13752 (ABNT, 1996) define que o trabalho pericial deve possuir: a classificação do objeto quando à natureza; a descrição da metodologia aplicada para sua execução; o levantamento de todos os dados pertinentes para a elaboração do laudo por parte do perito; a menor subjetividade possível; um número de fotografias adequado para representar detalhadamente o bem periciado, exceto nos casos de impossibilidade técnica de registro; o croqui do bem; o relato sobre as dimensões, áreas e materiais construtivos do bem periciado; a apresentação, descrição e análise dos danos constatados no local, devendo-se indicar suas possíveis causas e consequências; exibição de orçamentos e ensaios técnicos realizados quando necessário.

No tópico referente às condições específicas, a norma supracitada informa sobre as etapas necessárias para a execução do trabalho pericial, além de descrever os itens necessários para a caracterização da região, do imóvel, do terreno e das benfeitorias.

As etapas para a execução do trabalho pericial são:

1. Vistoria do bem objeto da perícia: consiste na realização de visita ao bem objeto da perícia por um profissional habilitando ou uma equipe de profissionais habilitados. Durante essa visita, os profissionais utilizam seus sentidos humanos e equipamentos para coletar informações básicas, tais como: o endereço do imóvel, a identificação do proprietário/ocupante, o padrão construtivo da edificação, o estado de conservação, as medidas internas para elaboração do croqui, entre outras;
2. Diagnóstico: baseia-se na inspeção visual do imóvel por parte do (s) profissional (is) para detectar as falhas e danos existentes nele;
3. Coleta de informações: na qual o (s) profissional (is) efetuam os registros fotográficos das fachadas, ambientes internos e danos das

edificações, além de colher o depoimento dos indivíduos que acompanham a vistoria;

4. Determinação da metodologia a ser: diz respeito a escolha e justificativa da metodologia a ser empregada para confeccionar o trabalho pericial;
5. Analisar os dados coletados: nessa etapa, os profissionais elaboram o relato das informações básicas coletadas e examinam as falhas e danos da edificação;
6. Proposta de intervenção: o (s) profissional (is) podem propor intervenções para a correção de falhas e danos a fim de garantir a estabilidade da edificação nos casos em que o escopo do trabalho pericial preveja essa ação ou quando a segurança dos usuários/ocupantes estiver comprometida;
7. Escrever a conclusão: é a sintetização do trabalho realizado, na qual o (s) profissional (is) salientam, mais uma vez, as falhas e danos observamos na edificação e emitem, além de expor suas constatações sobre esses itens;
8. Quanto a caracterização da região, do imóvel, do terreno e das benfeitorias, a ABNT NBR 13752 (ABNT, 1996) afirma ser necessário retratar, entre outros aspectos, o relevo do local, as suas vias de acesso, a sua localização com identificação de bairro e logradouro, as dimensões e a área do terreno, as características construtivas, a idade real e aparente do imóvel, o estado de conservação e as benfeitorias feitas no imóvel;
9. A referida norma apresenta ainda um tópico dedicado a apresentação dos laudos, no qual explicita que o documento deverá ter: a identificação do proprietário do bem, a data de realização da vistoria, o relato da vistoria, o diagnóstico da situação observada no imóvel, além do nome completo, a assinatura e o número registro do profissional no conselho ao qual é filiado. A norma ainda reforça a necessidade da emissão do documento de responsabilidade técnica por parte do profissional executor do laudo, seja ele uma ART, um RRT ou um TRT;
10. Nesse momento, cabe ressaltar o fato da ABNT NBR 13752 (ABNT, 1996) estar em processo de revisão, de modo que os profissionais atuantes na área de perícia podem se inscrever pelo próprio site da ABNT para colaborar com a elaboração dessa revisão. Ademais, a informação sobre a revisão possui caráter de alerta aos profissionais para a necessidade de verificar a existência ou não de revisões e o status[1] das normas antes de executar os serviços para adotarem sempre a versão vigente mais atual.

1.3.2. ABNT NBR 11682

Publicada em 1991 e revisada em 2009, a ABNT NBR 11682 (ABNT, 2009) trata sobre os requisitos exigíveis para o estudo e controle da estabilidade de encostas e de taludes. Essa norma aborda, por meio de uma organização cronológica em etapas, as intervenções e procedimentos a serem adotados no que tange a elaboração de estudos e projetos, a execução de obras de implantação ou manutenção, o acompanhamento de tais obras e o monitoramento do maciço. As etapas previstas são: procedimentos preliminares, investigações geológico-geotécnicas, projeto, execução de obra, acompanhamento, manutenção e monitoramento.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 11682 (ABNT, 2009), os procedimentos preliminares são de caráter obrigatório e se subdividem em dez itens, sendo eles:

1. Levantamento de informações disponíveis: o qual possui o intuito de propiciar o conhecimento de dados históricos sobre o local no qual a encosta ou o talude estão inseridos. Para isso, pesquisa-se sobre a topografia, a geologia, os dados geotécnicos, a inserção ou não do local em área de risco geológico e as condições do entorno, dentre elas a ocupação das proximidades e a existência ou não de curso de água. Essa pesquisa é feita por intermédio da consulta de mapas, fotos aéreas e imagens de satélite disponibilizadas por órgãos Federais, Estaduais e Municipais ou por universidades e cen-

[1] *Entende-se por status a indicação de que a norma está em vigor ou foi cancelada.*

tros de pesquisa;

2. Verificação das restrições legais e ambientais à execução de obras e quanto a interferências com edificações e instalações presentes: consiste na consulta à legislação nas esferas Federal, Estadual e Municipal para averiguar as restrições legais e ambientais, além de verificar a presença de edificações e instalações de infraestrutura urbana;
3. Vistoria da área por engenheiro civil geotécnico e/ou geólogo de engenharia: compreende a inspeção detalhada do local por engenheiro civil geotécnico e/ou geólogo de engenharia com o intuito de elaborar um laudo de vistoria que contenha, entre outras informações, o tipo de relevo e natureza da encosta, a indicação de elementos em risco (vidas e propriedades), a tipologia de possíveis movimentos, informações ofertadas por moradores locais, a documentação das informações via fotografias e croqui e o diagnóstico preliminar sobre as causas de instabilidades;
4. Avaliação da necessidade de implantação de medidas emergenciais: com base no laudo de vistoria, avaliar se há necessidade ou não de adotar medidas emergenciais[2] na intenção de preservar vidas e propriedades que demonstrem estar em condições de risco;
5. Programação de investigações geotécnicas e de instrumentação geotécnica preliminares: compõem-se das investigações e instrumentações realizadas em campo para consolidar o laudo de vistoria;
6. Investigações do terreno: é a investigação as camadas do solo e/ou rochas e suas características físicas e mecânicas executada com a finalidade de definir as seções transversais e longitudinais à encosta;
7. Dados cartográficos: é a utilização de mapas e restituições aerofotogramétricas da região em estudo para obter informações;
8. Levantamento topográfico: constitui-se da realização levantamento topográfico planialtimétrico, com curvas de nível em escala compatível com as dimensões da encosta e a natureza do problema em questão, cuja finalidade é delimitar a área de estudo e a locação de eventuais construções, vias, cursos de agua e abatimentos de terrenos;
9. Dados hidrológicos: baseia-se no levantamento de informações sobre a pluviometria local e o regime hidráulico de cursos d'água (vazão e velocidade) existentes na encosta;
10. Dados geológicos e geomorfológicos: são determinadas as características litológicas, estruturais, estratigráficas e hidrogeológicas, relevantes para o local a partir de mapeamentos e trabalhos de amplitude regional.

A etapa de investigações geológico-geotécnicas retrata sobre o procedimento para estabelecer o perfil geotécnico, a fim de que sejam realizados ensaios de sondagem[3] na intenção de promover a caracterização da encosta e a determinação da estratigrafia do terreno, obrigatórios para os estudos e projetos de estabilização.

Já na etapa de projeto, ocorre a concepção do projeto de estabilização, no qual é definido se a estabilização será feita apenas com terraplenagem e elementos de drenagem, com obras de contenções de solo ou se será adotada uma solução mista. Para isso, considera-se os fatores de segurança[4] (FS) na intenção de cobrir as incertezas naturais inerentes das diversas etapas de projeto e construção acerca da resistência ao cisalhamento do material do talude e, assim preservar vidas e propriedades. A determinação do FS é feita a partir dos níveis de segurança desejados, os quais subdividem-se para a perda de vidas humanas e para os danos materiais e ambientais. As Tabelas 2 e 3 exibem os critérios para determinação do nível de segurança, ao passo que as Tabelas 4 e 5 apresentam os valores de FS a serem empregados considerando deslizamentos e muros de contenção.

[2] São exemplos de medidas emergenciais a evacuação e interdição de imóveis, as interrupções ao tráfego de veículos e pedestres, escoramentos e proteção superficial de taludes expostos por lona, ou por geomanta.

[3] É importante ressaltar que os ensaios de sondagem devem ser executados de acordo com as prescrições normativas da ABNT NBR 6484.

[4] Conforme a norma, fator de segurança é definido como valor da razão entre a resistência (tensão cisalhante máxima disponível) e a resistência mobiliz da (tensão cisalhante atuante ao longo da superfície de ruptura).

***Tabela 2** - Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas*

TERMO TÉCNICO	CRITÉRIOS
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

***Fonte:** ABNT, 2009.*

***Tabela 3** - Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais*

NÍVEL DE SEGURANÇA	CRITÉRIOS
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido Danos ambientais: Locais suieitos a acidentes ambientais reduzidos

***Fonte:** ABNT, 2009.*

***Tabela 4** - Fatores de segurança mínimos para deslizamentos*

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais / **Nível de segurança contra danos a vidas**	**Alto**	**Médio**	**Baixo**
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1 - No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10 %. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico indicado no Anexo D.

NOTA 2 - No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros y, d, c, em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

NOTA 3 - Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

***Fonte:** ABNT, 2009.*

***Tabela 5** - Requisitos para estabilidade de muros de contenção*

Verificação da segurança	Fator de segurança mínimo
Tombamento	2,0
Deslizamento na base	1,5
Capacidade de carga da fundação	3,0
NOTA - Na verificação da capacidade de carga da fundação, podem o ser alternativamente utilizados os critérios e fatores de segurança preconizados pela ABNT NBR 6122.	

***Fonte:** ABNT, 2009.*

Cabe ressaltar que, conforme ABNT NBR 11682 (ABNT, 2009), as encostas com colúvios permanentemente saturados se classificam como situações especiais, devendo, para esses casos, o valor mínimo de FS, ser definido por um engenheiro civil geotécnico responsável.

Segundo a ABNT NBR 11682 (ABNT, 2009) as obras de estabilização devem ser iniciadas somente após a conclusão do projeto executivo e dos processos de obtenção das respectivas licenças e autorização, sendo a exceção as obras a serem implementadas em casos de perigo iminente de escorregamento, as quais devem obrigatoriamente serem acompanhadas por engenheiro civil geotécnico e possuírem relatório contendo a indicação da concepção de estabilização utilizada, a metodologia executiva implantada, o plano de ataque e os cuidados especiais requisitados. No item dedicado a execução de obras - item 8, a presente norma mostra as de técnicas de execução, a sequência executiva, os detalhes de acabamentos, a segurança e o controle de qualidade a serem alcançados, bem como a documentação necessária sobre possíveis ajustes executados no projeto durante as obras.

A etapa de acompanhamento compreende os critérios de acompanhamento das obras durante a execução, de forma a garantir o fiel cumprimento do projeto, incluindo as adaptações necessárias para manutenção de sua concepção. Ao passo que a etapa de manutenção corresponde a apresentação das necessidades de manutenção das obras em encostas, pós construção. Enquanto a etapa de monitoramento consiste no acompanhamento

dos deslocamentos e das pressões de água no interior do maciço, das cargas nas ancoragens, com a finalidade de verificar o comportamento de uma encosta ao longo do tempo.

2. METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa é dividida em duas partes: o método de abordagem e o método de procedimento. No método de abordagem pretende-se classificar a pesquisa, enquanto no método de procedimento intenciona-se descrever as etapas a serem empregadas no desenvolvimento da pesquisa.

2.1. Método de abordagem

Segundo Silveira e Córdova (2009), complementadas por Kauark, Manhães e Medeiros (2010), a pesquisa científica pode ser classificada quanto à sua natureza, seus objetivos, seus procedimentos para alcançar os dados e sua abordagem.

De acordo com os conceitos apresentados pelos autores, a natureza da presente pesquisa pode ser classificada como aplicada. Isso se deve ao fato dela pretender produzir conhecimentos com aplicações práticas, pois compreende a análise, via estudo da documentação levantada sobre os imóveis e a vistoria realizada no local após o deslizamento do talude, da causa ou das causas do deslizamento do talude existente nos fundos da empresa A.

Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser entendida como descritiva tendo em vista o intuito de descrever as características de um fenômeno e estabelecer relações entre as variáveis que podem ter ocasionado este fenômeno (GIL, 2008). O fenômeno objeto de estudo da presente pesquisa é o desmoronamento do muro de divisa entre o imóvel da empresa A e os confrontes, ao passo que as variáveis passíveis de influenciar neste fenômeno são a estabilidade ou não do talude, a existência ou não de aterro próximo ao local e a ocorrência de chuvas de elevada intensidade.

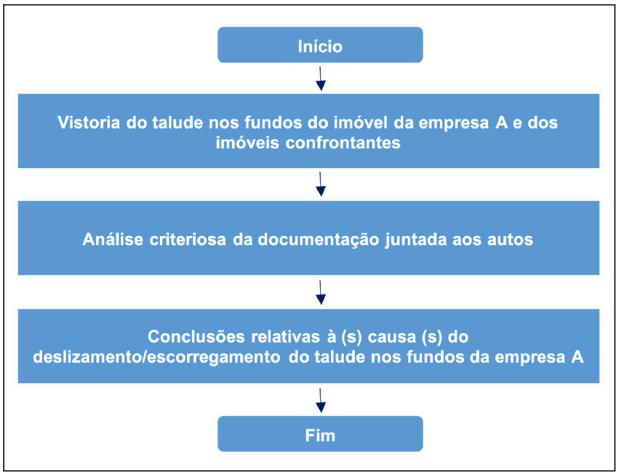
O procedimento para alcançar os dados a ser adotado, conforme explicitado por Yin (2003) e Eisenhardt (1989), é o estudo de caso. Isto se deve ao fato de se tratar do estudo de um único objeto – o muro de divisa, a partir de situações reais – documentação levantada e o cenário pós-desmoronamento do muro verificado durante a vistoria, por meio das quais são coletados dados que permitem descrever um fenômeno – a (s) causa (s) do desmoronamento do muro de divisa.

A abordagem será a qualitativa, porque a pesquisa se dedica a descrever, compreender, comparar, interpretar e analisar os dados obtidos via levantamento e vistoria. Dados estes que estão relacionados ao estudo da (s) causa (s) do desmoronamento do muro de divisa (NUNES; PERUYERA, 2021). Ademais, os dados serão coletados e a eles serão atribuídos significados sem a necessidade de uso de métodos e técnicas estatísticas (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010), pois neste trabalho o significado atribuído é a relação ou não com a ocorrência do desmoronamento.

2.2. Método de procedimento

As principais etapas para o desenvolvimento da pesquisa são retratadas na Figura 3 e compreendem: a vistoria do talude nos fundos da empresa A e dos imóveis confrontantes, cujo intuito é examinar o local do deslizamento do talude; a análise criteriosa da documentação juntada aos autos, em que se obtém informações sobre a situação antes e após o deslizamento do talude, a fim de prover o entendimento sobre os fatores com capacidade de influenciar a ocorrência do deslizamento; as conclusões relativas à(s) causa(s) do deslizamento do talude, na qual são estabelecidas as variáveis que causaram o deslizamento.

Figura 3 *- Resumo das principais etapas do método de procedimento adotado*



Fonte: *Autoria própria.*

A etapa da vistoria do talude subdivide-se em cinco etapas. A primeira é a identificação dos imóveis atingidos pelo deslizamento do talude para, assim, determinar os imóveis a serem periciados. A segunda etapa, por sua vez, é a mobilização de equipe para vistoriar o local do evento, nessa fase há o planejamento da data da vistoria, da quantidade de profissionais necessários para executar o serviço, dos equipamentos (câmeras fotográficas, drones, entre outros) a serem utilizados. Posteriormente, com a equipe no local a ser vistoriado, efetuam-se, seguidamente: a detecção das áreas atingidas; a observação dos problemas e danos existentes e das obras em andamento; a confecção de registros fotográficos.

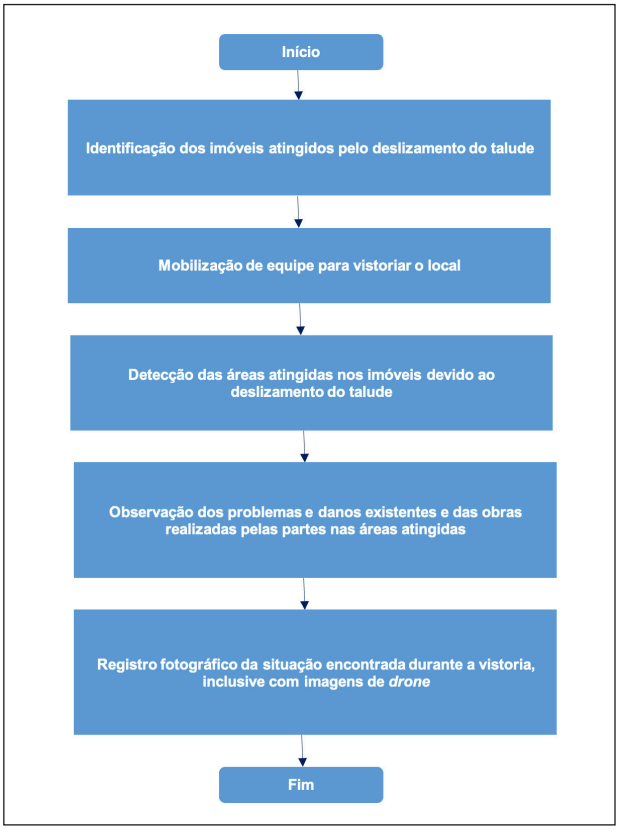
A detecção das áreas atingidas no imóvel consiste na investigação dos ambientes que podem ter sido prejudicados pelo deslizamento do talude, na intenção de estabelecer aqueles a receberem maior atenção por parte dos profissionais envolvidos na vistoria. Já a observação dos problemas e danos existentes e das obras em andamento compõe-se da inspeção do imóvel para verificar a ocorrência de manifestações patológicas (fissuras, trincas, brechas, etc.), as condições atuais do talude e dos muros de divisa, os ambientes que desabaram durante o deslizamento, além da averiguação das obras que tiveram início após o deslizamento a fim de construir um muro de contenção na divisa dos imóveis. Por fim, confecção de registros fotográficos baseia-se na captura de imagens, seja com o uso de máquina fotográfica ou drone, para documentar as informações coletadas durante a vistoria. A Figura 4 apresenta um resumo das etapas que compõem a vistoria.

Todas as etapas listadas acima foram desenvolvidas seguindo as prescrições normativas apresentadas nas normas: ABNT NBR 13752; ABNT NBR 11682 e ABNT NBR 6484.

3. RESULTADOS

Os resultados do estudo de caso são divididos em duas partes: a vistoria realizada no local após o deslizamento do talude e o estudo da documentação levantada sobre os imóveis. A exposição dos dados adquiridos durante a etapa de vistoria se faz necessária para investigar as prováveis causas do deslizamento do talude existente nos fundos da empresa A. O estudo da documentação, por sua vez, consiste na descrição das principais informações obtidas pela análise da documentação preexistente do imóvel da empresa A e dos imóveis confrontantes, a fim de examinar as condições dos imóveis no período que antecede o deslizamento e os laudos e relatório produzidos por outras empresas sobre este evento.

Figura 4 *- Resumo das principais etapas componentes da vistoria*



Fonte: *Autoria própria.*

3.1. Vistoria

Com base na demanda de realização de vistoria no imóvel da empresa A e nos imóveis confrontantes, identificou-se via imagem aérea os imóveis atingidos pelo deslizamento do talude, conforme pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 *- Imagem aérea com a identificação dos imóveis*

Fonte: *Autoria própria.*

A mobilização da equipe para realizar a vistoria se deu por intermédio do planejamento da data e dos insumos necessários para executar essa atividade. Em relação à data, programou-se o dia 17 de setembro de 2020. Quanto aos insumos, definiu-se ser preciso a presença de 02 profissionais, dentre eles 02 engenheiros civis, além do uso de papel e prancheta para anotar as observações obtidas em campo, do drone para capturar imagens áreas e de máquinas fotográficas com boa resolução para executar os registros fotográficos.

No dia 17 de setembro de 2020, executou-se a vistoria na empresa A e nos imóveis confrontantes com o objetivo de verificar a causa ou as causas do deslizamento do talude existente nos fundos da empresa A. Inicialmente, detectou-se as áreas dos imóveis atingidas pelo deslizamento, sendo predominantes os pisos, os muros de divisa, as edículas e as edificações próximas ao muro da empresa A, como nota-se na Figura 6. Em seguida, observou-se os problemas e danos existentes, além das obras realizadas, tais como fissuras, trincas, rachaduras, fendas, brechas, construção de muro de contenção e aterro com resto de entulhos e um chinelo que podem ser observados na Figura 7.

A execução dos registros fotográficos acompanhou as etapas anteriores com o intuito de documentar as informações conquistadas durante a vistoria.

Figura 6 *- Exemplos de áreas atingidas pelo deslizamento do talude*

Fonte: *Autoria própria.*

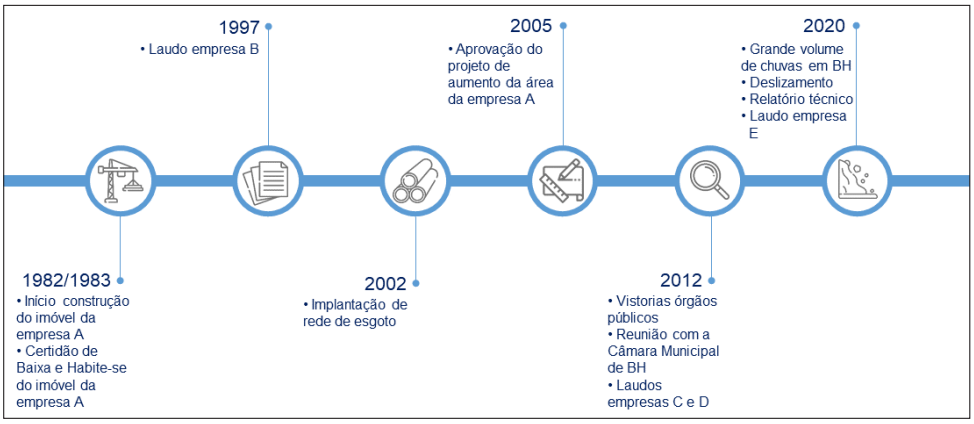
Figura 7 *- Exemplos de problemas e danos existentes e das obras realizadas*

Fonte: *Autoria própria.*

3.2. Análise da documentação

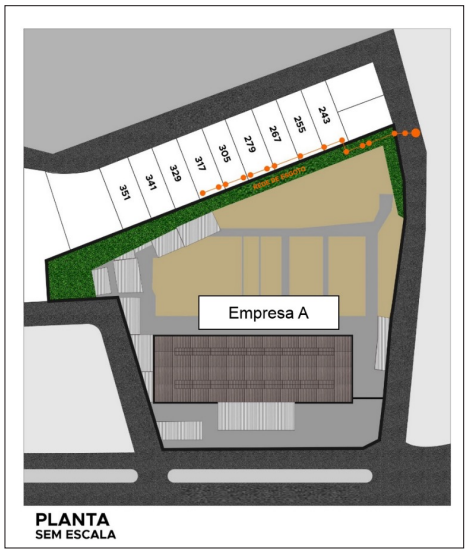
O estudo da documentação preexistente foi feito a partir da análise dos fatos em sequência cronológica, conforme a linha do tempo exibida na Figura 8 e detalhada em seguida, considerou-se a planta de situação apresentada na Figura 9 para ilustrar o posicionamento dos imóveis confrontantes em relação à empresa A.

Figura 8 *- Linha do tempo*



Fonte: *Autoria própria.*

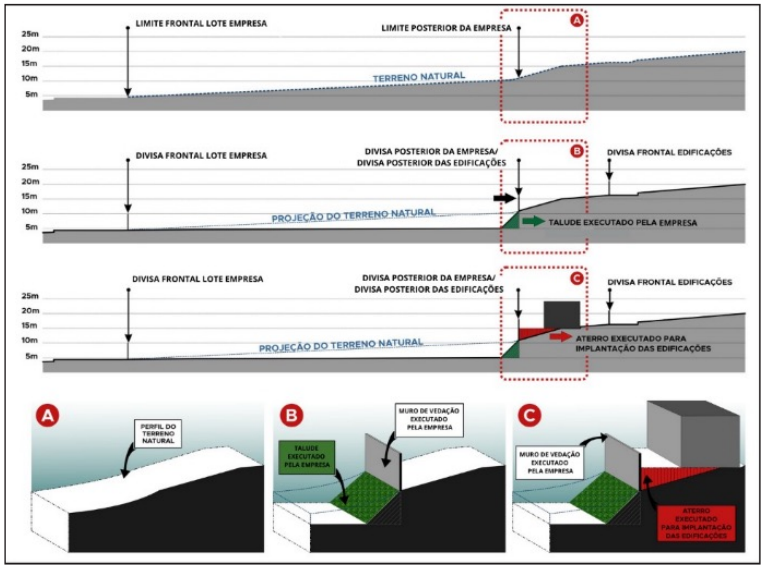
Figura 9 *- Planta de situação*



Fonte: *Autoria própria.*

Com base na documentação do imóvel da empresa A e dos imóveis confrontantes, observou-se que, de acordo com o Alvará de Construção e a Certidão de Baixa e Habite-se, a construção da empresa A teve início em 1982 e foi concluída em 1983. Posteriormente, no ano de 1997, a empresa B elaborou um laudo sobre o imóvel da empresa A e o nº329, no qual constatou que: o talude situado nos fundos do imóvel da empresa A e o imóvel nº329 estavam estáveis; o muro de divisa entre os imóveis se encontrava em perfeito estado; o sedimento da área cimentada do imóvel nº329 ocorreu devido a recalque do terreno (provável aterro não compactado); era recomendada a manutenção das canaletas de proteção do talude para evitar entupimentos. Na Figura 10 abaixo ilustramos de forma resumida a topografia original do terreno e as obras realizadas para o seu aproveitamento.

Figura 10 *- Topografia original do terreno e as obras realizadas*



Fonte: *Autoria própria.*

Mais tarde, no ano de 2002, a companhia de saneamento atuante no município de Belo Horizonte, a COPASA, promoveu a implantação da rede de esgoto junto ao talude e ao muro de divisa da empresa A para atender os imóveis confrontantes (nº 317, nº 305, nº279, nº267, nº255 e nº243). Além disso, em 2005, o órgão competente do município de Belo Horizonte aprovou o projeto de aumento da área da empresa A.

Adiante, no ano de 2012 ocorreram as vistorias realizadas por órgãos públicos, a reunião com a Câmara Municipal de BH e a produção de dois laudos pelas empresas C e D. A vistoria do Sistema Municipal de Defesa Civil (SIMDEC/BH) no imóvel nº 317 atestou que a rede pluvial existente se achava entupida, com

muito lixo proveniente dos terrenos montantes, e no local aconteceu movimentação de solo, a qual prossegue para todos os vizinhos laterais, sendo recomendado o estudo das camadas internas do solo por profissional qualificado.

O laudo desenvolvido pela empresa C tratou-se de uma perícia, cuja finalidade proposta é determinar as causas de trincas encontradas nos imóveis confrontantes (imóveis nº 279, nº 267, nº 305 e nº 317). Neste laudo, a empresa responsável declara que, nos imóveis confrontantes, há várias trincas, rachaduras e fendas no piso, nos muros laterais e nas edículas e edificações próximas ao muro da empresa A; associando tais manifestações patológicas a falta de contenção do talude existente na localidade. Entretanto, esse laudo exibe apenas uma imagem do talude, na qual não são observados problemas na superfície do talude.

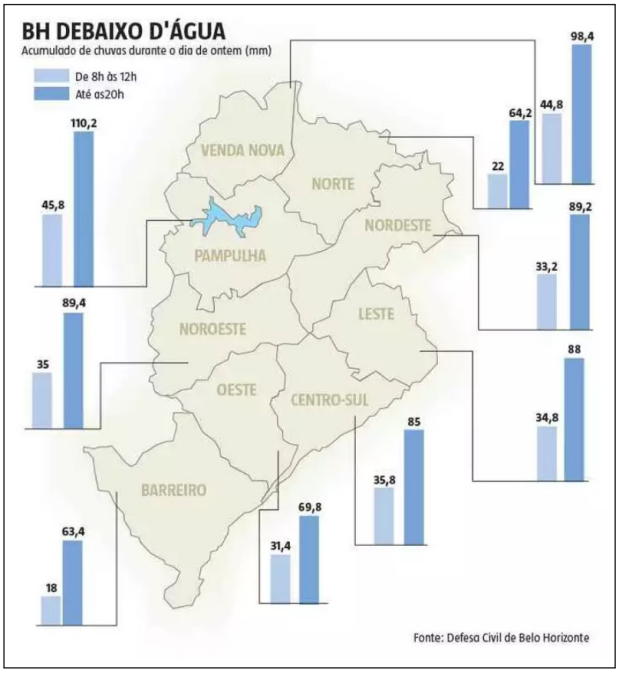
Durante a Reunião Ordinária da Comissão de Administração Pública da Câmara Municipal de Belo Horizonte, na quarta sessão Legislativa da Décima sexta Legislatura, discutiu-se sobre as condições precárias de segurança e risco de desabamento dos imóveis confrontantes, na qual moradores dos imóveis confrontantes atribuíram os danos nas edificações às obras de desaterro executadas pela empresa A em seu imóvel, afirmaram possuir laudo pericial apontando como solução para os problemas constatados no local a construção de um muro de arrimo e alegaram risco à vida dos moradores em decorrência das manifestações patologias.

O laudo produzido pela empresa D, por sua vez, possuiu o intuito de verificar as condições do talude e do muro divisório da empresa A. Este laudo atestou o fato do talude se encontrar estável e sem sinais de erosões, assim como o muro divisório existente na sua parte superior. Neste laudo, também se alertou para a condição das caixas de coleta de águas pluviais existentes nos lotes posicionados na parte superior do talude, as quais relataram não estarem passando pelas necessárias e recomendáveis limpezas.

Já a vistoria da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMDEC/BH), averiguou o acontecimento de manifestações patológicas nos imóveis confrontantes atribuindo sua existência às probabilidades de ocorrências de processo de recalques de fundações, uma vez que não foram observadas marcas ou sinais com indicativo de eventual predisposição a eventos de deslizamentos/escorregamentos do talude existente. Ademais, foi verificado, também, o fato dos riscos de desastres iminentes não terem sido evidenciados.

Futuramente, em 2020, sucedeu-se a precipitação de um grande volume de chuvas no município de Belo Horizonte, o deslizamento do talude nos fundos da empresa A, além da confecção de relatório técnico de topografia para o levantamento do talude pela empresa E e da confecção do laudo de avaliação de ruptura de talude pela empresa F. Segundo Ayer (2020), na reportagem vinculada no Jornal Estado de Minas, no dia 23 de janeiro de 2020 ocorreu chuva intensa em Belo Horizonte, cujo valor de precipitação por regional da cidade é exibido na Figura 11. Com base nesta figura, podemos observar que na regional onde se encontra a empresa A, regional Noroeste, o volume de chuva assumiu valores entre 35 e 89,4mm.

Figura 11 *- Precipitação acumulada dia 23/01/2020 (mm)*



Fonte: *AYER, 2020 apud DEFESA CIVIL DE BELO HORIZONTE, 2020.*

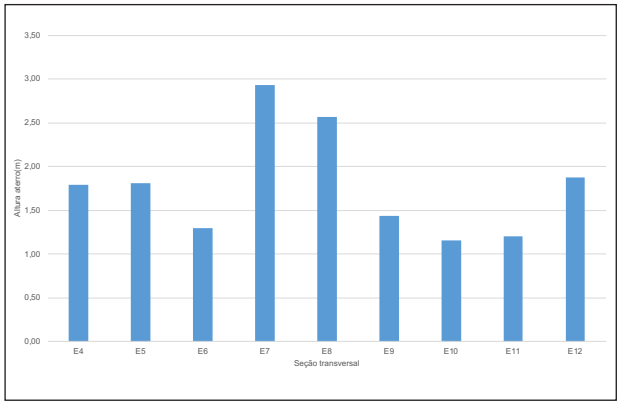
No dia 25 de janeiro de 2020, a Polícia Militar foi acionada para registrar um boletim de ocorrência, no qual descreve-se o desliza-

mento das divisas e de encosta na empresa A. Os agentes envolvidos na ocorrência associaram o deslizamento às fortes chuvas ocorridas em Belo Horizonte e orientaram os moradores dos imóveis confrontantes a deixarem seus imóveis e os funcionários da empresa A a não permanecerem no pátio da empresa. Nesse deslizamento os imóveis mais atingidos foram os de nº 305, 317 e 329, sendo que os demais imóveis, com exceção do nº 243, também sofreram danos e impactos devido ao deslizamento.

3.3. Levantamento topográfico

A empresa E concebeu um relatório técnico topográfico para verificar a estabilidade e conferir o grau de inclinação do talude em estudo. No relatório, o responsável técnico caracterizou o talude, informando se tratar de um talude de corte executado em terreno natural, com extensão de 158,71 metros e rampa definida a 45 graus, ou seja, possui declividade de 1 metro para 1 metro; valor de inclinação este que atende os padrões normativos, considerando-se solos estáveis, como é o caso do talude em questão. Além disso, o autor constatou a ocorrência do desmoronamento do muro de divisa entre as estacas E4 e E12, correspondente aos imóveis confrontantes de nº 255 a 341, nos quais foram feitos aterros na base desse muro, cujas alturas são relatadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 *- Altura aterro (m) por seção transversal do talude*



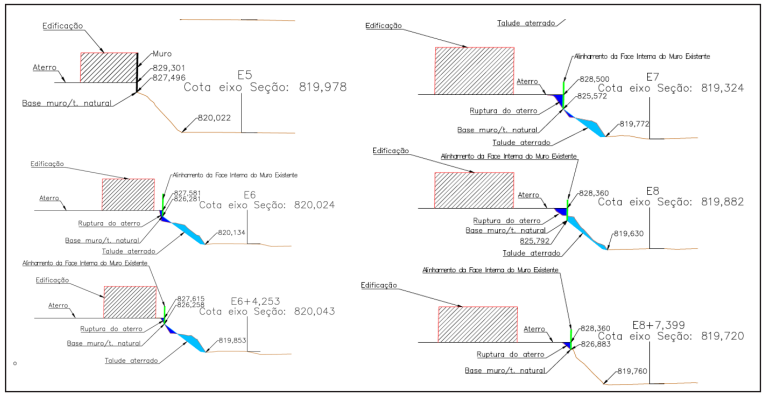
Fonte: *Autoria própria com base no relatório da empresa E.*

Ainda de acordo com o relatório da empresa E, verificou-se a ausência de deslocamento da base do muro, o estado intacto da estrutura do talude e a inexistência de arrasto dos bambus incumbido de revestir o talude. Isto viabiliza a conclusão de que não foi o talude que se rompeu, mas sim o terreno do lote a montante devido ao excesso de peso do aterro sobre o muro, causando o rompimento da base do muro/crista do talude e parte da base, provocando o tombamento do restante. No trecho específico em que houve o desmoronamento do muro, identificaram-se exemplos desse excesso de peso, porque havia um aterro com altura de 2,93 metros acima da crista do talude (E7, imóvel nº 317) e a altura média de aterro entre as estacas E5 à E8 era de 2,15 metros, com solo sem nenhuma obra de fundação para contenção, o qual era sustentado anteriormente por um muro simples de bloco. A Figura 12 ilustra o local do desmoronamento e a Figura 13 complementa e comprova o exposto acima.

Figura 12 *- Desmoronamento do muro de divisa entre as estacas E5 e E8*

Fonte: *EMPRESA E, 2020.*

***Figura 13** - Seções transversais das estacas E5 a E8.*

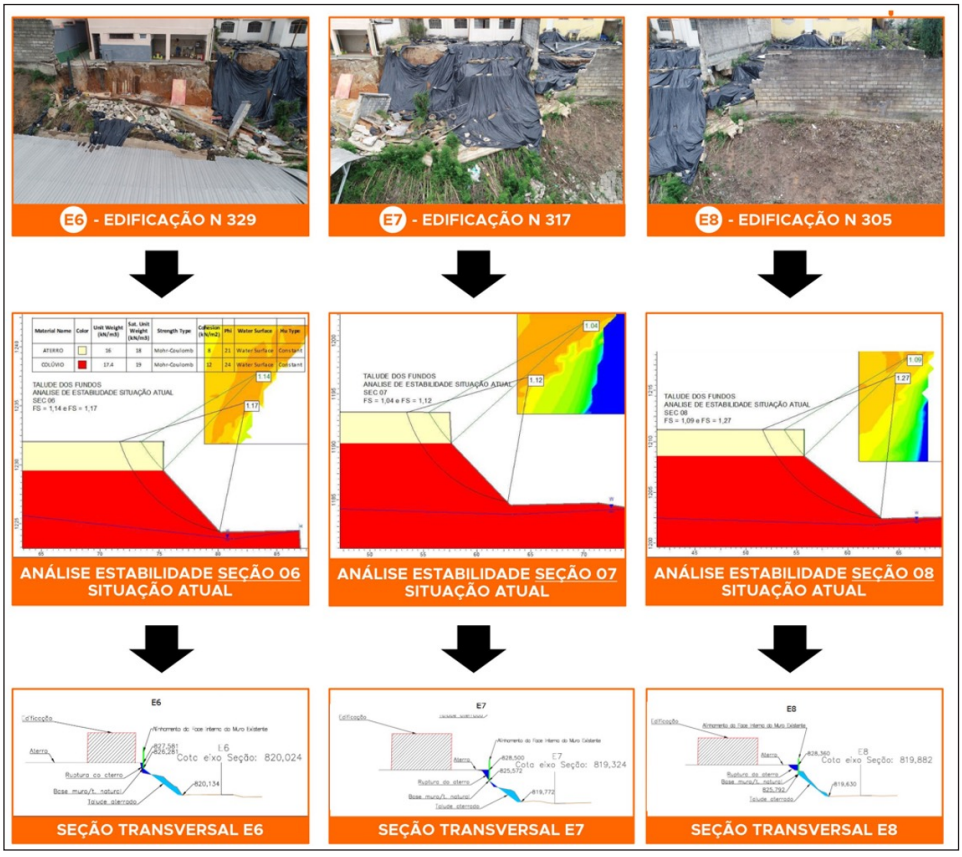


***Fonte:** EMPRESA E, 2020.*

3.4. Análise de estabilidade e fatores de segurança

O laudo de autoria da empresa F promoveu a análise da estabilidade do talude examinando os fatores de segurança considerando os cenários de existência ou não de aterro nas seções E6, E7, E8 e E9. Conforme este laudo, os fatores de segurança para a condição original do talude estavam acima de 1,50, indicando conformidade as normas. Ao passo que, onde ocorreram as rupturas, caso das seções 6 e 7, os fatores de segurança para a situação dos taludes pós-desmoronamento apresentaram índice próximo de um. Ou seja, com a construção do aterro, o fator de segurança passou de maior que 1,50 (originalmente sem o aterro) para próximo de 1, que é indicativo de ruptura iminente. Já as seções 8 e 9 exibiram fatores de segurança próximos de 1,30 para a mesma situação, indicativo de talude com certo grau de resistência, evidenciada pelo efeito produzido, que causou apenas afundamento do aterro apoiado atrás do muro de divisa. Portanto, concluiu-se que fatores posteriores à construção do talude, tais como a execução de aterros, contribuíram para a diminuição de sua resistência e, consequentemente, para o desmoronamento. Na Figura 14 ilustramos de forma resumida a situação crítica das seções E6, E7 e E8 do talude devido ao grande volume de aterro realizado, principalmente pelos imóveis nºs 317 e 305.

***Figura 14** - Estudo das seções E6, E7 e E8*



***Fonte:** Autoria própria com base no relatório da empresa E e laudo da empresa F.*

4. CONCLUSÕES

A partir da vistoria e da análise da documentação, foi possível constatar que em 1983 a empresa A terraplenou o seu terreno, deixando no mesmo nível da Avenida e conformou taludes na parte posterior. A empresa A construiu também um muro de vedação na parte superior do talude, crista, junto da divisa com os terrenos dos imóveis confrontantes.

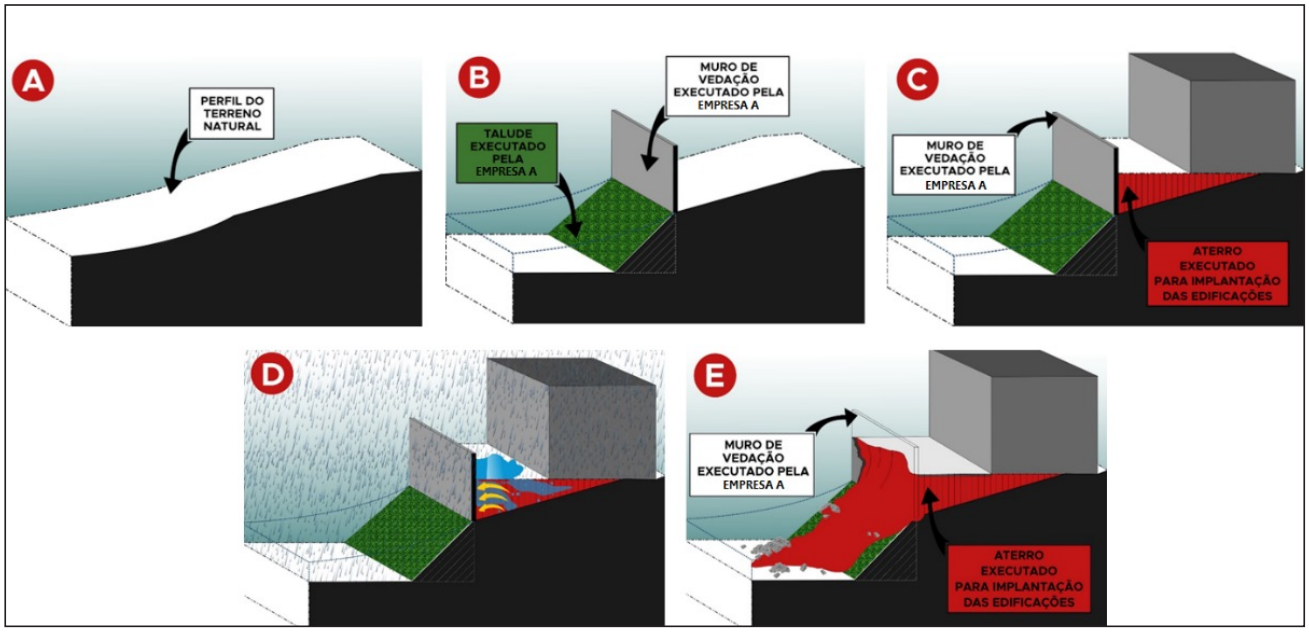
Com o passar dos anos os imóveis confrontes, devido à topografia do terreno, realizaram aterros com alturas diferentes e variáveis na parte posterior dos seus lotes. Esses aterros utilizaram, indevidamente o muro de vedação com a empresa A, como se fosse um muro de contenção

No final de janeiro de 2020, após intensas chuvas atingirem Belo Horizonte, ocorreu o deslizamento da parte superior do talude da empresa A. Nesse deslizamento os imóveis mais atingidos foram os de nºs 305, 317 e 329. Sendo que os demais imóveis, com exceção do nº 243, também sofreram danos e impactos devido ao deslizamento. Através de levantamentos topográficos, análises dos perfis dos terrenos e das imagens da época do deslizamento, além de vistoria detalhada no local, observa-se que os imóveis de nº 305 e 317, são exatamente os que realizaram o maior volume de aterro na parte posterior dos seus lotes.

A ruptura do talude ocorreu na sua parte superior, principalmente junto aos imóveis de nºs. 329, 317, 305 e 279, seções E6, E7 e E8. Nesses imóveis ocorreram desmoronamentos no terreno. Os imóveis vizinhos à esquerda nºs. 341 e 351 apresentaram abatimentos nos terrenos, os quais atingiram os muros e as edículas localizadas próximas ao talude. Os imóveis à direita nºs. 267 e 255 apresentaram abatimentos, que atingiram os muros e o piso próximo à divisa. O imóvel nº. 255 não foi atingido de forma significativa. Destacamos que o imóvel nº 243 não apresentou nenhum problema devido ao deslizamento do talude da empresa A em janeiro de 2020.

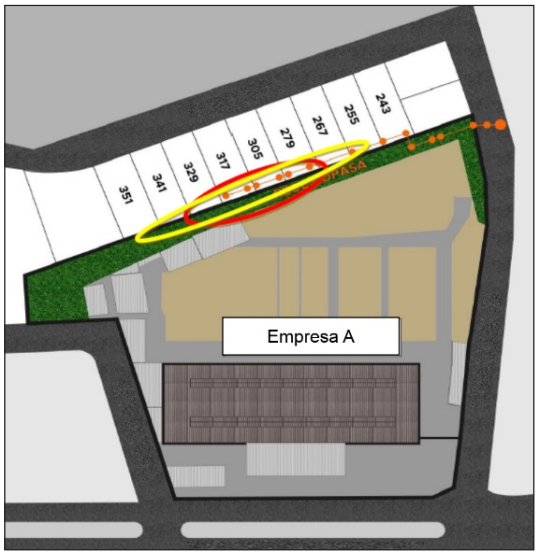
As Figuras 15 e 16 apresentam, respectivamente, a dinâmica do evento do deslizamento do talude e as áreas impactadas por ele, sendo que no detalhe em vermelho representa-se a área mais atingida pelo deslizamento, com desmoronamentos, e em amarelo a área menos impactada e que foi atingida basicamente por abatimentos no terreno.

Figura 15 *- Dinâmica do deslizamento do talude*



Fonte: *Autoria própria com base no relatório da empresa E e laudo da empresa F.*

***Figura 16** - Áreas impactadas pelo deslizamento do talude*



***Fonte:** Autoria própria.*

Portanto, temos que as causas principais do deslizamento do talude da empresa A, dentre outras, foram as seguintes:

- O significativo aterro realizado na parte superior do talude da empresa A, nos fundos dos imóveis nos 329, 317, 305 e 279, sem os cuidados necessários;
- As intensas chuvas ocorridas no final do mês de janeiro de 2020.

Evidenciou-se, portanto, que a metodologia aplicada no presente estudo se mostrou satisfatória, quanto à importância da vistoria técnica de engenharia e a análise criteriosa das documentações existentes em relação aos objetos da vistoria e das normas técnicas, bem como a aplicação dessas normas.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13752** – Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11682** – Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

AYER, Flávia. **Temporal de sexta-feira em BH: o mapa das chuvas e horários esperados.** Estado de Minas., Belo Horizonte, 24 jan. 2020. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/01/24/interna_gerais,1116573/temporal-de-sexta-feira-em-bh-o-mapa-das-chuvas-e-horarios-esperados.shtml. Acesso em: 08 set. 2021.

EISENHARDT, Kathleen Marie. Building theories from case study research. **The Academy of Management Review**, v. 14, nº 4, p. 532-550, out. 1989. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/258557?seq=1#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 29 ago. 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** - 6ª Ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GUIDO, Guidicini. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação.** - São Paulo: Blucher, 1983.

KAUARK, Fabiana da Silva; MANHÃES, Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metodologia da pesquisa:** Um guia prático. Bahia: Via Litterarum, 2010.

LOTURCO, Bruno. Talude Seguro. **Revista Téchne**, São Paulo, ed. 83, fev.2004.

MARCELLI, Maurício. **Sinistros na construção civil.** São Paulo: Pini, 2007.

NUNES, Maira; PERUYERA, Matias. **Metodologia científica aplicada à publicidade.** Curitiba: Contentus, 2021.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. **Métodos de pesquisa:** Unidade 2 – A pesquisa científica. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

TABALIPA, Ney Lyzandro e FIORI, Alberto Pio. **Influência da vegetação na estabilidade de taludes na bacia Rio Ligeiro (PR).** São Paulo: UNESP: Geociências, v. 27, n. 3, p. 387-399, 2008.

YIN, Robert K. **Case study research:** Design and methods. - 3ª Ed. London: Sage Publications, 2003.

VISTORIA DE EDIFICAÇÕES EM ÁREAS DE RISCO

RESUMO

O presente artigo retrata a importância da realização de vistorias de edificações construídas em áreas de risco, para se evitar perdas humanas e patrimoniais. Áreas de risco são áreas passíveis de serem atingidas por processos naturais e/ou induzidos, que causem efeito adverso. Dentre os processos naturais mais comuns e preocupantes no Brasil estão os deslizamentos de terra e as enchentes. Destes o deslizamento é aquele que mais preocupa pelo número de vítimas fatais que gerou nas últimas décadas. As tragédias citadas ocorrem devido ao alto número de edificações construídas nessas regiões, as quais estão suscetíveis a um efeito adverso. Essas construções, além de possuírem baixo padrão construtivo, são ainda mais prejudicadas devido a ausência de uma infraestrutura urbana por trás, ambos os fatores agravam a situação. Não há, porém, nenhuma perspectiva de que essa situação se modifique, a curto prazo, uma vez que devido à crescente desigualdade socioeconômica associada ao desemprego, à falta de moradia e educação. A integridade física das pessoas que vivem nessas áreas está comprometida, os materiais e as propriedades estão perdidos. Normalmente, essas áreas correspondem a unidades habitacionais de baixa renda (assentamentos instáveis). O que justifica o baixo padrão de acabamento e de construção das edificações.

ABSTRACT

This article portrays the importance of carrying out inspections of buildings built in risk areas, to avoid human and property losses. Risk areas are areas likely to be affected by natural and/or induced processes that cause an adverse effect. Among the most common and worrying natural processes in Brazil are landslides and floods. Of these, landslides are the most worrying due to the number of fatalities it has generated in recent decades. The mentioned tragedies occur due to the high number of buildings built in these regions, which are susceptible to an adverse effect. These constructions, in addition to having a low construction standard, are even more impaired due to the lack of urban infrastructure behind them, both factors exacerbating the situation. There is, however, no prospect that this situation will change in the short term, given the growing socioeconomic inequality associated with unemployment, lack of housing and education. The physical integrity of people living in these areas is compromised, materials and properties are lost. Typically, these areas correspond to low-income housing units (unstable settlements). Which justifies the low standard of finishing and construction of the buildings.

AUTORES:

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello

Eduardo
Almeida Veneroso

Wallace
Rezende Costa

Palavras-chave:
Áreas de risco, processos naturais, deslizamentos, inundações e enchentes.

Keywords:
Risk areas, natural processes, landslides, floods and floods.

1. INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas, publicou em novembro de 2015, através do seu escritório para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR), o relatório "The Human Coast of Weather Related Disasters", grandes catástrofes ocorridas no mundo entre os anos de 1995 e 2015. Nessas grandes catástrofes se destacam inundações, tempestades, secas, ondas de calor, dentre outros eventos relacionados às questões climáticas. O Brasil está entre os dez países com maior índice de afetados por desastres nos últimos vinte anos, conforme notícias da ONU. Nessas duas décadas, cinquenta e um milhões de brasileiros foram impactados por catástrofes.

O mesmo relatório relata que no período de vinte anos, mais dois bilhões de pessoas foram afetadas por inundação, mais de um bilhão pela seca, mais de seiscentos milhares por tempestades, mais de noventa milhões por temperaturas extremas e mais de oito milhões por deslizamentos de terra e incêndios florestais.

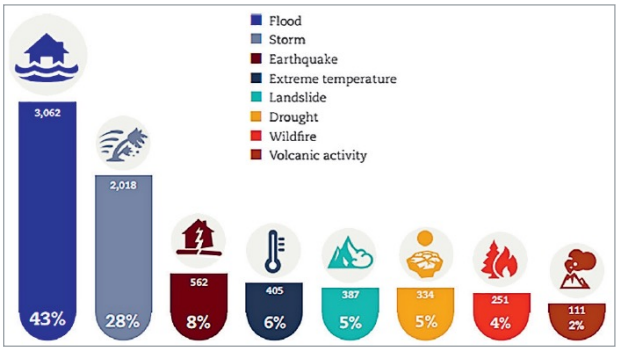
O resultado mais triste desse relatório, mostra os números de mortos por esses eventos, sendo mais de duzentos mil por tempestades, mais de cento e sessenta mil por temperaturas extremas, mais de cento e cinquenta mil devido a inundações e alagamentos, mais de vinte mil por secas e mais de vinte mil por incêndios e deslizamentos de terra.

Já o estudo técnico da Confederação Nacional de Municípios no Brasil, destaca que os prejuízos provocados pelas chuvas e pela seca ultrapassaram mais de cento e setenta bilhões no período de 2012 a 2015. Este estudo técnico retratou em uma tabela os prejuízos por ano e por região no país.

No Brasil, temos ainda que quase quatro mil pessoas já perderam a vida por causas de deslizamentos de terra nas últimas décadas. Foram mais de três mil e quinhentos mortos desde mil novecentos e noventa e oito, até fevereiro de dois mil e vinte e dois, de acordo com o levantamento do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). As mais de 180 vítimas do temporal que atingiu a cidade de Petrópolis na região serrana do Rio de Janeiro, em 2022, nem entraram nesta conta.

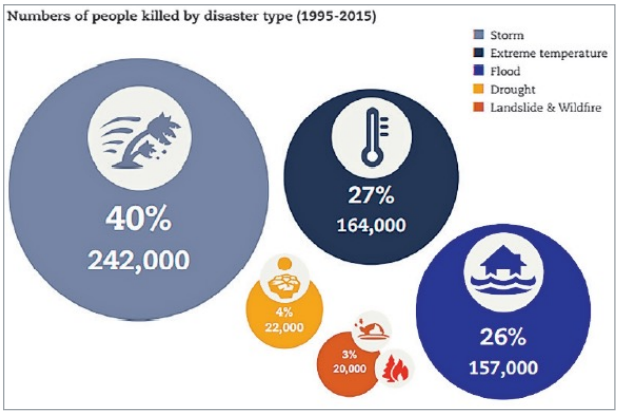
Desastres acontecidos como em Petrópolis no ano de 2022 estão ligados à ocupação das

Figura 1 *- Porcentagem de ocorrências de desastres naturais por tipo de desastres*



Fonte: *The Human Cost of Weather-Related Disasters, 1995-2005.*

Figura 2 *- Números de mortes por tipos de desastres.*



Fonte: *The Human Cost of Weather-Related Disasters, 1995-2005.*

Figura 3 *- Prejuízos econômicos devido a desastres.*

TABELA 1 - PREJUÍZOS CAUSADOS POR DESASTRES - TODAS AS REGIÕES				
ANO	2012	2013	2014	2015
Centro-Oeste	8.127.500,00	570.833.745,98	1.039.380.416,41	44.998.455,05
Nordeste	513.708.761,74	40.781.016.477,29	50.230.962.590,61	14.170.903.448,01
Norte	1.900.798,00	1.556.720.728,08	1.259.320.106,04	1.936.473.050,96
Sudeste	106.620.554,65	27.033.235.938,00	24.590.914.187,56	3.444.241.590,33
Sul	78.184.800,00	1.635.856.053,92	3.454.989.793,75	1.069.955.948,02
TOTAL	708.542.414,39	71.577.662.943,27	80.575.567.094,37	20.666.572.492,37

Fonte: *Estudo Técnico da CNM – Prejuízos causados por desastres naturais*

Figura 4 *– Fortes chuvas deixam ruas inundadas em Petrópolis 16/02/2022 REUTERS/Ricardo Moraes.*

Fonte: *terra.com.br/notícias/brasil/cidades, acesso em 2023*

cidades, à destruição ambiental e às mudanças climáticas em curso. O descaso do poder público diante dessas evidências cria o cenário.

Segundo levantamento do IPT, 2011 foi o ano com mais mortes por deslizamentos, quando aproximadamente mil pessoas perderam a vida nos municípios de Petrópolis, Nova Friburgo e Teresópolis. O relatório do IPT não cobre inundações e mortes por inundações. Esses dados foram obtidos por meio da varredura de fontes da defesa civil, da mídia e acadêmicas.

Especialistas dizem que não falta conhecimento técnico sobre as áreas de risco. "Já temos mais de 1.000 cidades com risco mapeado em áreas urbanas. Já temos normas, sabemos onde há risco alto e risco médio, temos ferramentas para detectar solos, só precisamos agir e investir", afirmou o Urbanista da Unifesp. A seguir apresentamos algumas das políticas de intervenções urbanas existentes, conforme o IPT.

- Mapeamento de riscos: os municípios devem saber quais são as áreas mais vulneráveis e quais populações estão mais expostas a perigos como deslizamentos e enchentes. A maioria das cidades já possuía mapas de risco, mas esses documentos acabaram sendo arquivados.
- Política habitacional: Diante do mapa, é preciso investir em ações concretas para retirar as famílias das áreas de risco. Isso deve ser feito com a participação popular. As políticas de reassentamento são mais eficazes quando envolvem a comunidade e fornecem uma alternativa viável à população, idealmente perto de onde a família morava anteriormente.
- Meio ambiente: por exemplo, obras de proteção de encostas podem aliviar preocupações ambientais mais amplas. Ao longo da ocupação, a cidade tornou-se impermeável. Segundo especialistas, é preciso aumentar a área verde. Criar parques, substituir avenidas por árvores e renaturalizar rios são passos para criar o que os cientistas chamam de "cidades de esponja". Ao mesmo tempo, são necessários investimentos na redução de emissões. As mudanças climáticas estão por trás de tempestades cada vez mais intensas e frequentes.
- Sistema de alerta precoce: a demolição de casas e a expansão de espaços verdes podem levar anos. Ao mesmo tempo, aqueles que ainda estão na área perigosa devem ser alertados sobre o perigo por meio de sirenes, como sirenes ou mensagens de celular. Algumas cidades já possuem esses sistemas, mas nem sempre funcionam muito bem. É importante capacitar o pessoal da defesa civil, criar rotas de fuga e capacitar a população regularmente. Ao mesmo tempo, é preciso investir em ciência para melhorar as previsões de tempestades, a fim de tornar esses alertas cada vez mais certeiros.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Áreas de risco

Áreas que podem ser afetadas por processos adversos naturais e/ou induzidos. Os moradores que vivem nessas áreas estão expostos a danos físicos, materiais e patrimoniais. Normalmente, essas áreas são unidades habitacionais de baixa renda (assentamentos frágeis).

2.2. Perigos e riscos associados a desastres naturais

Os desastres naturais são danos causados pela incidência de fenômenos naturais, atingindo áreas ou regiões habitadas pelo homem. Alguns autores definem desastres naturais como resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos, causando sérios danos e prejuízos que excedem a capacidade ou da sociedade atingida de se recuperar do impacto (Tobin e Montz, 1997; Marcelino, 2008).

A Defesa Civil Nacional considera desastre como resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais, além de prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema afetado (Castro, 1998).

Em geral, considera-se como desastre natural todo evento que tem origem em um fenômeno natural de grande intensidade, agravado ou não pela ação humana. Os eventos mais comuns desses eventos no Brasil são as chuvas intensas, que causam inundação, enxurradas, erosões e

deslizamentos de terra.

Os desastres naturais podem ser originados pela dinâmica interna e externa da Terra. Os provenientes da dinâmica interna são terremotos, maremotos, vulcanismo e tsunamis. Os fenômenos de dinâmica externa envolvem tempestades, tornados, inundações, deslizamentos, entre outros.

2.2.1. Conceitos básicos de avaliação de perigo e risco

A Estratégia Internacional de Redução de Risco de Desastres (ISDR), Programa da ONU, que define Risco como a "probabilidade de consequências prejudiciais, ou danos esperados, como morte, ferimentos, prejuízos, etc, devido a interação entre perigos natruais ou induzidos pela ação humana, e as condições de vulnerabilidade" (UN-ISDR, 2004). Geralmente, os perigos têm sido classificados com base em sua origem, como naturais ou tecnológicos. A análise de risco envolve a consideração de três pontos essenciais: perigo de se ter um evento, fenômeno ou atividade humana, potencialmente danosos; vulnerabilidade, ou seja, o grau de exposição do emento ao perigo. Isso indica que o impacto do desastre dependerá das características, probabilidades e a intensidade do perigo, e a vulnerabilidade das condições físicas, sociais, econômicas e ambientes dos elementos expostos (Tominaga, 2009). O quadro abaixo apresenta uma síntese dessas definições:

Figura 5 *- Definição de Perigo, Vulnerabilidade e Risco*

PERIGO
Um evento, fenômeno ou atividade humana, potencialmente danosos, que podem causar perda de vidas ou ferimentos à pessoa, danos às propriedades, rupturas socioeconômicas ou degradação ambiental. Refere-se também à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e num período de tempo especificado.
VULNERABILIDADE
Conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumenta a suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) ao impacto dos perigos. A vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistência de construções e proteções da infraestrutura) como sociais (econômicos, políticos, técnicos, culturais, educacionais).
RISCO
É a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem. Assim, considera-se o Risco (R) como uma função do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (DP), o qual pode ser expresso como:
R = P x V x DP

Fonte: *Tominaga et al 2004; Tominaga 2007.*

2.3. Movimento gravitacional de massa

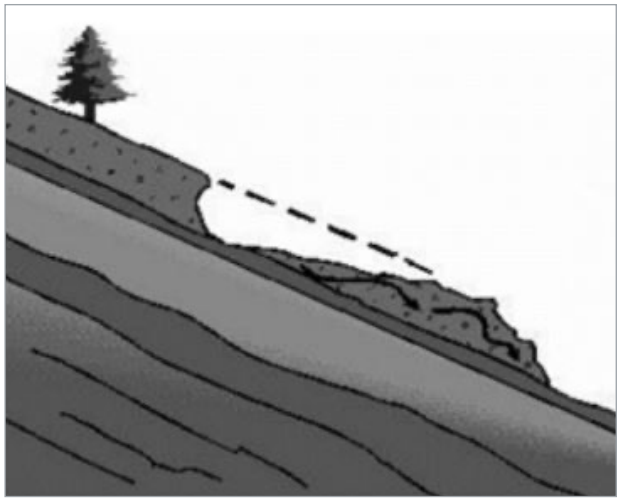
Um dos prinicpais perigos naturais no estado de Minas Gerais, são os movimentos de massa, rochas e vegetação, os quais recobrem as superfícies das vertentes e encostas. Esses processos estão presentes nas regiões mais montanhosas e serranas em várias partes do mundo, principalmente onde predominam climas úmidos. No Brasil, são mais frequentes nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

Os movimentos de massa consistem em processo natural que atua na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução geomorfológica em regiões serranas. Mas, o crescimento descontrolado da ocupação urbana em áreas desfavoráveis, sem o adequado planejamento do uso do solo e sem a adoção de técnicas adequadas de estabilização, está disseminando a ocorrência de acidentes associados a este fenômeno, que atingem dimensões de desastre (Tominaga, 2007).

Os movimentos de massa podem ser de diversos tipos, pois envolvem uma variedade de materiais e processos. As classificações mais utilizadas estão baseadas no tipo de movimento e material transportado. Augusto Filho (1992) dividiu em quatro grupos principais: deslizamento (landslide); rastejo (creep); queda de blocos (rock fall) e corrida de massa (debris flow). Esses serão descritos respectivamente, a seguir.

Deslizamento *(landslide)*: movimentos caracterizados por altas velocidades, geralmente desenvolvidos em taludes de média a alta amplitude e inclinação, e segundo superfícies planares (translacionais), circulares (rotacionais) ou cuneiformes (seguindo o plano de vulnerabilidade estrutural do solo ou maciço rochoso). Geralmente é desencadeada por eventos pluviométricos de alta intensidade ou alta precipitação cumulativa, e é influenciada por fatores predisponentes inerentes ao relevo. Os deslizamentos de terra são o processo mais comum na região sudeste do Brasil, também conhecido coloquialmente: deslizamentos de terra ou colapso de obstáculos.

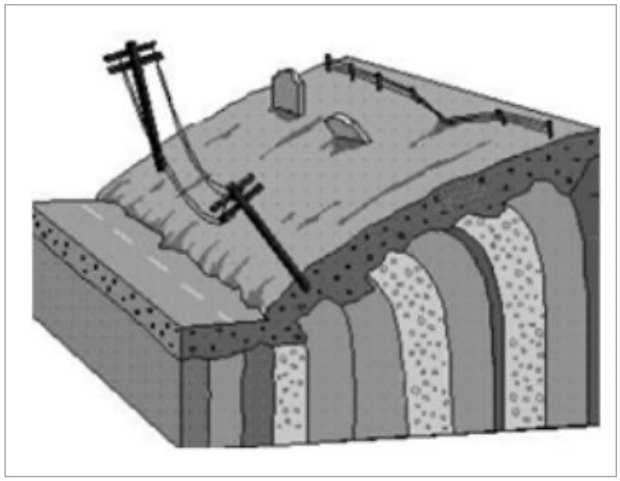
Figura 6 *- Deslizamento de terra (landslide)*



Fonte: *Usp/comunicarparaprevenir/tipo-de-deslizamento, acesso em 2023*

Rastejo *(creep)*: Movimento relativamente lento em comparação com processos de deslizamento, que ocorre mesmo em terrenos de baixa inclinação, como coluviões ou taludes em sopé e/ou depósitos de meia encosta. O deslocamento lento da massa permite detectar com antecedência a presença de feições instáveis, como fissuras no solo, degraus de taludes, deformações superficiais e surtos de água no fundo das encostas. Pode ser desencadeada por chuvas contínuas e grandes quantidades de chuva acumulada, levando a um aumento gradual do lençol freático e muitas vezes desestabilizando a terra. Ela se desenvolve ao longo de superfícies de ruptura irregulares e pode ser acelerada pela intervenção humana no sopé do talude afetado. Pode ocorrer isoladamente ou em relação ao deslizamento;

Figura 7 *- Rastejo (creep)*



Fonte: *Usp/comunicarparaprevenir/tipo-de-deslizamento, acesso em 2023*

Queda de blocos *(rock fall)*: O movimento súbito de blocos de rocha e pedregulhos, geralmente caindo de uma encosta íngreme, face rochosa ou penhasco. Os principais fatores indutores são a descontinuidade da estrutura do maciço rochoso e o intemperismo físico e químico, que podem ser desencadeados por eventos de chuva. O material em movimento pode quebrar com o impacto e rolar ao longo da superfície inclinada até encontrar um obstáculo ou atingir um terreno plano. A velocidade, a trajetória e o alcance podem variar muito, pois dependem de diversos fatores, como a inclinação da rampa e o formato e tamanho do material que está sendo movido. Preocupado principalmente com queda livre, tombamento, emborcamento e deslocamento de rochas.

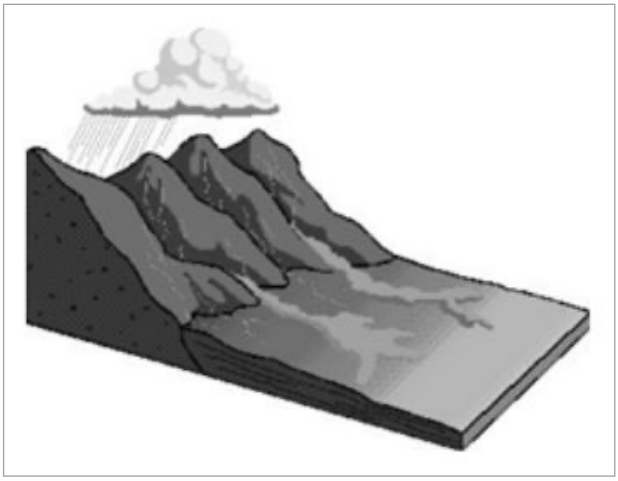
Figura 8 *– Queda de blocos (rock fall)*

Fonte: *Usp/comunicarparaprevenir/tipo-de-deslizamento, acesso em 2023*

Corrida de massa *(debris flow)*: Movimentos de massa complexos com altas energias de transporte, caracterizados por fluxos concentrados de maciços rochosos e troncos de plantas submersos em uma matriz com alta concentração de sedimentos de diferentes tamanhos de grãos, resultantes de deslizamentos ocorridos em encostas e reformados por sedimentos antigos ao longo de canais. Pode ser desencadeada por eventos de chuva de alta intensidade e ocorre nas encostas superiores de bacias montanhosas e limitadas por bacias hidrográficas. O material em movimento pode atingir áreas planas e remotas localizadas a jusante. Devido à sua alta energia de fluxo e alta concentração de sólidos, bem como ao seu amplo alcance, confi-

gura o tipo de movimento gravitacional de massa com maior potencial de efeitos destrutivos. Inclui escoamento associado, muitas vezes no início e no final do processo, na forma de "inundação suja", assim chamado por sua alta carga de sedimentos.

***Figura 9** - Deslizamento de terra na região Sudeste*



***Fonte:** Usp/comunicarparaprevenir/tipo-de-deslizamento, acesso em 2023*

2.3.1. Fatores predisponentes

Ao discutir os agentes envolvidos nos movimentos gravitacionais de massa, Guidicini e Nieble (1976) distinguem: um primeiro conjunto de fatores predisponentes relacionados aos complexos geológico, geomorfológico, climático-hidrológico e à vegetação; e um segundo conjunto que compreende os fatores efetivos (responsáveis pela deflagração dos movimentos), estes subdivididos em preparatórios e imediatos, os quais abrangem as chuvas e a influência antrópica, entre outros processos naturais e induzidos associados. Prandini et al. (1980) utilizam essa abordagem na elaboração da Carta Geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente, agrupando os fatores predisponentes em geológicos, geomorfológicos e climático-hidrológicos, enquanto os fatores efetivos preparatórios incluem aspectos climáticos e antrópicos e os fatores efetivos imediatos correspondem a chuvas e outras possíveis influências humanas eventuais e relevantes (mutilações de encostas, vibrações nos terrenos, entre outras).

Em contexto aplicável a um conjunto mais amplo de processos do meio físico, incluindo as inundações e outros cujas alterações por intervenções humanas podem ocasionar impactos negativos, Fornasari Filho et al. (1992) distinguem fatores condicionantes essenciais e reguladores, em que, no caso dos movimentos gravitacionais de massa, os primeiros se relacionam aos constituintes do terreno e aos fluxos energéticos envolvidos, enquanto os segundos compreendem aspectos relacionados ao clima, vegetação e outros componentes do ambiente. Dessa maneira, os fatores essenciais se aproximam do conceito de fatores predisponentes especialmente quanto à geologia, geomorfologia, solos e hidrologia.

Para as finalidades dos trabalhos de mapeamento de áreas suscetíveis, essa aproximação é utilizada como diretriz básica na identificação, seleção e definição de fatores a se considerar inicialmente na análise dos processos. Adicionalmente, em razão dos objetivos do mapeamento, considera-se também que os fatores predisponentes a abordar devem ser obtidos a partir de dados cartográficos disponíveis e sua variabilidade espacial expressa em relação à totalidade da área do município.

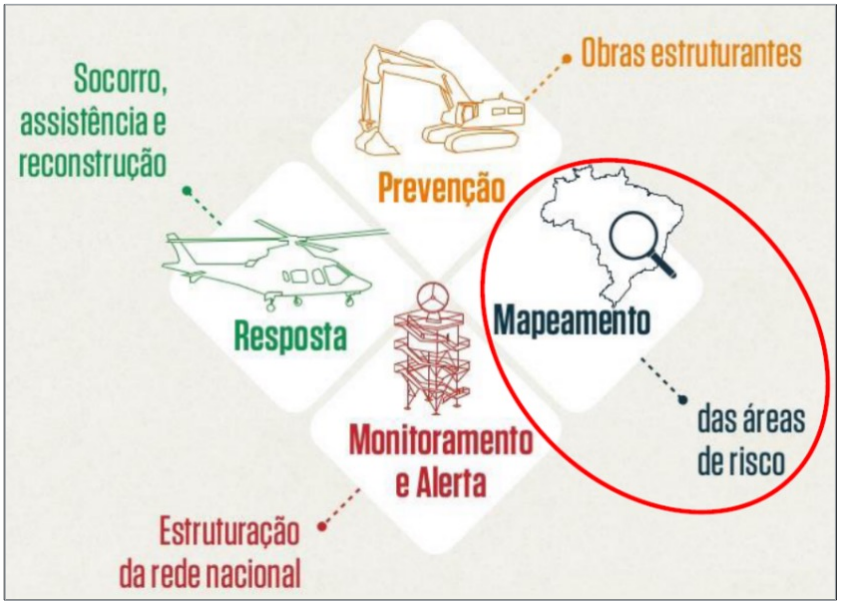
2.3.2. Setorização de Áreas de Risco - CPRM

A Setorização de Áreas de Risco Geológico corresponde a documentos cartográficos que representam as áreas sob "situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processos geológicos, induzidos ou não" (Cerri, 1993).

As áreas de risco geológico se restringem às regiões atualmente ocupadas e, portanto, são constituídas por uma ou mais edificações propensas a serem atingidas e danificadas por um dado evento geológico, seja ele natural ou induzido por ações humanas.

Após sucessivos desastres naturais ocorridos nas últimas décadas, em 2011 o Serviço Geológico do Brasil - CPRM passou a integrar o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais- PNGRRDN, a partir de quando foram então iniciadas as ações de mapeamento de áreas de risco geológico com abrangência nacional.

Figura 10 *- Ações relacionadas às áreas de risco geológico*



Fonte: *BRASIL (2012)*

Figura 11 *- Graus de risco - Movimentos de massa*

Fonte: *GOES (2018)*

O objetivo é apontar à Defesa Civil e aos gestores municipais, estaduais e federais quais são as áreas prioritárias para a implantação de ações de gerenciamento, mitigação, monitoramento e resposta frente aos desastres naturais. Em função dos indícios observados em campo, o grau de risco pode ser classificado em baixo, médio, alto ou muito alto, sendo os dois últimos os objetos principais do projeto:

No Plano Plurianual (PPA) 2012-2015, dentre os quatro eixos de ações estabelecidos no PNGRRDN - mapeamento, previsão, resposta e monitoramento, a CPRM recebeu a missão de realizar o mapeamento de áreas de risco geológico em 821 municípios prioritários, no período de 2011 a 2014.

Na ocasião, a seleção desses municípios foi elaborada por técnicos do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - MPOG, do Ministério da Integração Nacional - MI e da Casa Civil do Governo Federal, tendo como base os registros do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD do MI referentes aos decretos de calamidade pública, emergência e ocorrência de perdas de vidas humanas decorrentes de desastres naturais.

A partir de 2014, após a meta de mapear 821 municípios ter sido atingida, a CPRM deu continuidade aos trabalhos de mapeamento de áreas de risco geológico em todo o território nacional. O trabalho é realizado em conjunto com as defesas civis e consiste na identificação, caracterização e delimitação de áreas de risco geológico, por meio da observação de indícios e da análise de histórico de ocorrência de desastres.

Nesse contexto, as áreas de risco geológico se restringem às regiões atualmente ocupadas e, portanto, são constituídas por uma ou mais edificações propensas a serem atingidas e danificadas por um dado evento geológico, seja ele natural ou induzido por ações humanas. Em função da quantidade e intensidade dos indícios observados em campo, o grau de risco pode ser classificado em baixo, médio, alto ou muito alto, sendo os dois últimos objeto principal do projeto.

Os principais produtos gerados pelo projeto são os polígonos que delimitam as áreas de risco geológico cartografadas em campo. Eles são apresentados em pranchas no formato PDF A3, em extensão KML (Google Earth) e em ambiente SIG (formato shapefile), juntamente com as principais informações necessárias para identificação da área de risco geológico:

***Figura 12** - Modelo de elaboração de pranchas descritivas*

***Fonte:** GOES (2018)*

Para cada município é elaborado um relatório técnico que apresenta de forma detalhada as informações gerais do projeto, os procedimentos metodológicos, os resultados obtidos e algumas sugestões para intervenção.

O trabalho não se destina à avaliação de estabilidade de terrenos e não deve ser empregado em escala que não seja a de origem. Ressalta-se que o conceito de risco geológico se aplica somente a áreas habitadas, o que não significa que as áreas não ocupadas e, portanto, não englobadas no trabalho sejam próprias para a ocupação humana.

O risco geológico não é estático, ou seja, dependendo da natureza do processo e dos agentes externos que atuam em um determinado local, uma área de risco baixo ou médio pode evoluir para risco alto ou muito alto. Ademais, áreas consideradas de risco baixo ou médio não são necessariamente áreas aptas à ocupação humana. Recomenda-se que qualquer intervenção, especialmente em áreas de risco geológico e que envolva soluções de engenharia, deva ser embasada por estudos geológico-geotécnicos e ou hidrológicos, elaborados por profissionais habilitados. Os usos inapropriados do trabalho podem resultar em conclusões e ações inadequadas.

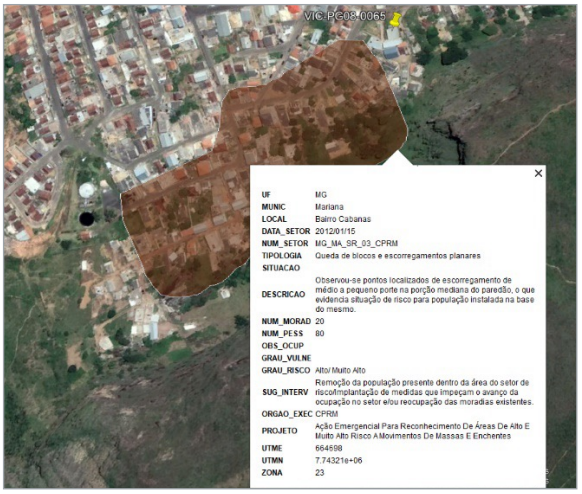


***Figura 13** - Sobreposição do levantamento CPRM*

***Fonte:** Google, acesso em 2023*

2.4. Utilização do roteiro sintetizado em fichas de avaliação de campo

2.4.1. Queda de blocos e rochas

Conforme citado anteriormente, todos os conceitos relacionados à estabilidade de taludes, como condições de cisalhamento, grau de fissuração, alteração, coesão e equilíbrio instável, são previstos como fatores favoráveis e desfavoráveis para a estabilidade da rocha ou talude. Assim como nas investigações de campo urgentes, a análise é rápida. O objetivo da pesquisa realizada é distinguir essencialmente duas condições, estabilidade e instabilidade.

Grupos de situações precárias devem ser divididos em subgrupos em que as decisões são tomadas após uma análise detalhada das situações identificadas sob a orientação de especialistas qualificados. Numa postura conservadora, qualquer situação de instabilidade deve ser considerada perigosa se houver previsão de dano potencial.

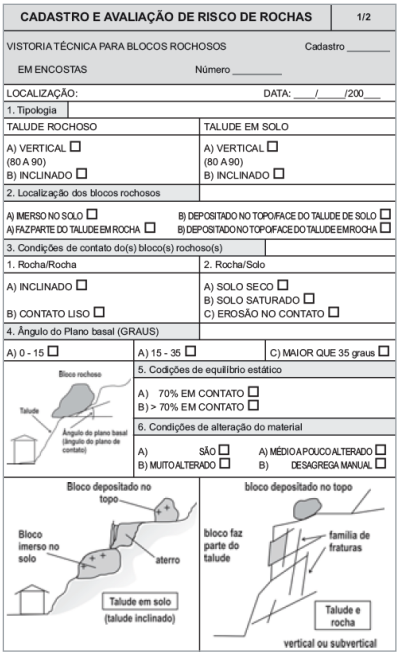
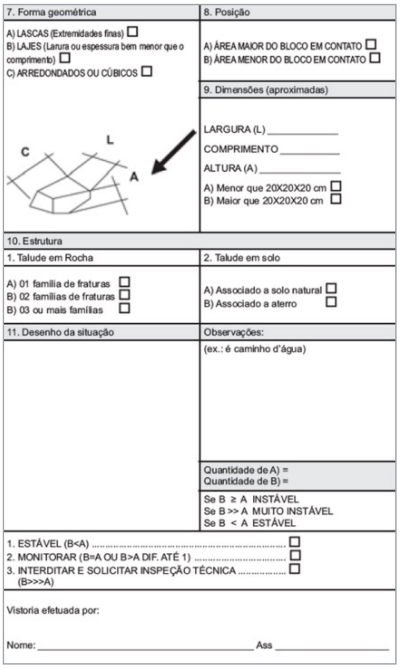


***Figura 14** - Ficha de preenchimento de campo*

***Fonte:** Livro - Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios*

***Figura 15** - Ficha de preenchimento de campo*



7. Forma geométrica
A) LASCAS (Extremidades finas) ☐
B) LAJES (Larura ou espessura bem menor que o comprimento) ☐
C) ARREDONDADOS OU CÚBICOS ☐
C L A
8. Posição
A) ÁREA MAIOR DO BLOCO EM CONTATO ☐
B) ÁREA MENOR DO BLOCO EM CONTATO ☐
9. Dimensões (aproximadas)
LARGURA (L) _____
COMPRIMENTO _____
ALTURA (A) _____
A) Menor que 20X20X20 cm ☐
B) Maior que 20X20X20 cm ☐
10. Estrutura
1. Talude em Rocha
A) 01 família de fraturas ☐
B) 02 famílias de fraturas ☐
B) 03 ou mais famílias ☐
2. Talude em solo
A) Associado a solo natural ☐
B) Associado a aterro ☐
11. Desenho da situação
Observações:
(ex.: é caminho d'água)
Quantidade de A) =
Quantidade de B) =
Se B ≥ A INSTÁVEL
Se B >> A MUITO INSTÁVEL
Se B < A ESTÁVEL
1. ESTÁVEL (B<A) ..... ☐
2. MONITORAR (B=A OU B>A DIF. ATÉ 1) ..... ☐
3. INTERDITAR E SOLICITAR INSPEÇÃO TÉCNICA ..... ☐ (B>>>A)
Vistoria efetuada por:
Nome: _____ Ass _____

***Fonte:** Livro - Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios.*

2.4.2. Critério para estabelecimento de risco

***Figura 16** - Critério para estabelecimento de risco*

Grau de risco	Condição da rocha obtida na ficha de campo	Caracterização do risco	Condicionante	Ação
R1	Estável	Risco baixo ou inexistente	Sinais de escavação ou outra atividade antrópica	-
R2	Instável	Risco Médio	Já ocorreu a ruptura Remanescente em direção da área de influência	Alerta – Interdição
R3	Instável	Risco Alto	Não ocorreu a ruptura Direção de queda provavelmente na área de influência	Alerta – Interdição
R4	Muito Instável	Risco Muito Alto	Qualquer atividade de uso e ocupação no entorno.	Alerta – Interdição

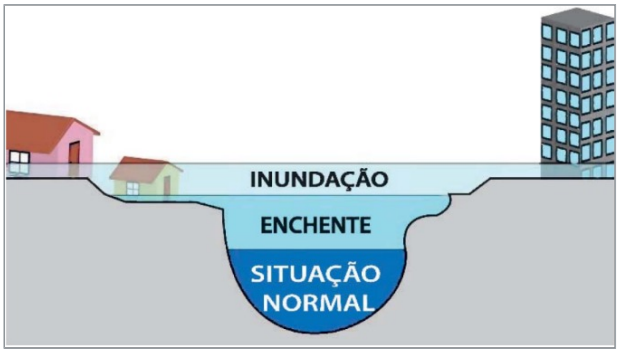
***Fonte:** Livro - Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios.*

2.5. Inundações, enchentes e alagamentos urbanos

Segundo UN-ISDR 2002, as inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica. Sabe-se hoje que as inundações estão relacionadas com a quantidade e intensidade da precipitação atmosférica (Souza, 1998). A magnitude e frequência das inundações ocorrem em função da intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem. A figura abaixo ilustra a diferença entre uma situação normal do volume de água no canal de um curso d'água e nos eventos de enchente e inundação.

Em condições naturais, as planícies e fundos de vales estreitos apresentam lento escoamento superficial das águas das chuvas, e nas áreas urbanas estes fenômenos têm sido intensificados por alterações antrópicas, como a impermeabilização do solo, retificação e assoreamento de cursos d'água. Neste modelo de urbanização, com a ocupação das planícies de inundação e impermeabilizações ao longo das vertentes, o uso do espaço afronta a natureza, e, mesmo em cidades de topografia relativamente plana, onde, teoricamente, a infiltração seria favorecida, os resultados são catastróficos (Tavares & Silva, 2008).

***Figura 17** - Perfil esquemático de enchente e inundação*



***Fonte:** Amaral & Gutjahr, 2011*

Além da inundação, existem também conceitos de alagamento e enchente empregados em áreas urbanas. De acordo como o Min. Cidades/IPT (2007), o alagamento pode ser definido como "acúmulo momentâneo de águas em uma dada área, por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza pluvial". A enxurrada é definida como o "escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. É comum a ocorrência de enxurradas ao longo de vias implantadas sobre antigos cursos d'água com alto gradiente hidráulico e em terrenos com alta declividade natural" (Amaral & Ribeiro, 2009).

A seguir são apresentadas algumas definições de termos utilizados em relação aos fenômenos e processos de natureza hidro meteorológica.

- Enchente: as águas de chuva, ao alcançar um curso d'água, causam o aumento na vazão por certo período de tempo. Este acréscimo na descarga d'água, tem o nome de cheia ou enchente. Inundação: Por vezes, no período de enchente, as vazões atingem tal magnitude que podem superar a capacidade de descarga da calha do curso d'água e extravasar para áreas marginais habitualmente não ocupadas pelas águas. Este extravasamento caracteriza uma inundação, e a área marginal, que periodicamente recebe esses excessos de água denomina-se planície de inundação, várzea ou leito maior.
- Vazão: a vazão é definida como o volume de água escoado na unidade de tempo em uma determinada seção do curso d'água;
- Várzea: Uma planície de inundação é definida como uma área relativamente plana e baixa, às vezes transbordando com o excesso de água dos canais de drenagem. Tecnicamente, as valas de drenagem que ligam os cursos de água são chamadas de subsolo, e as planícies de inundação são os maiores leitos dos rios. O termo várzea refere-se a planícies de inundação de drenagem natural.
- Inundação: A inundação é definida como a retenção temporária de água em uma área devido a problemas no sistema de drenagem, que podem ou não estar relacionados ao fluxo do rio.
- Escoamento: O escoamento é definido como escoamento superficial concentrado com alta energia de transporte que pode ou não estar associado a áreas dominadas por processos fluviais. As inundações geralmente ocorrem em estradas construídas sobre cursos de água antigos com altos gradientes hidráulicos em terrenos com grandes declives naturais.
- Erosão marginal: a erosão hídrica na calha remove e transporta o solo das encostas das margens do rio.;
- Solapamento: colapso das encostas das margens dos rios devido à erosão e ação instável das águas durante ou imediatamente após as cheias;
- Área de Risco de enchente e inundação: no contexto urbano, as inundações e áreas de risco de inundação são definidas como cursos de água que margeiam terrenos ocupados por unidades habitacionais instáveis expostas aos impactos diretos desses eventos. As pessoas que vivem nessas áreas estão expostas a danos físicos, materiais e materiais.

Pelas definições conceituais apresentadas a diferença entre enchente e inundação se resumiria ao confinamento ou não das águas de um curso d'água em seu canal de drenagem.

Importante entender que o processo hidrológico de enchente ou inundação é um fenômeno dinâmico e que ao longo de um curso d'água podemos ter trechos com cenários de enchentes e trechos com cenários de inundação, com características dinâmicas específicas de energia cinética, volumes de água e impacto destrutivo que podem ou não causar efeitos adversos às ocupações humanas presentes nas áreas de domínio dos processos hidrológicos.

Nas cidades, a questão da drenagem urbana envolve, além dos processos hidrológicos de enchentes e inundações diretamente ligados aos cursos d'água naturais, processos de alagamentos e enxurradas, decorrentes de deficiências no sistema de drenagem urbana e que podem ou não ter relação com os processos de natureza fluvial. Em muitas cidades o descompasso entre o crescimento urbano e a drenagem urbana tem originado graves problemas de alagamentos e enxurradas.

Os trabalhos em áreas de risco de enchentes e inundações devem procurar identificar e entender os diversos processos passíveis de ocorrer, tanto aqueles de natureza efetivamente hidrológica, quanto os processos consequentes, tais como erosão marginal e solapamento, capazes de causar danos para a ocupação.

Entre os condicionantes naturais destacam-se: formas do relevo; características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e o teor de umidade e presença ou ausência da cobertura vegetal.

O estudo desses condicionantes naturais permite compreender a dinâmica do escoamen-

to da água nas bacias hidrográficas (vazão), de acordo com o regime de chuvas conhecido. A planície de inundação, também denominada várzea, é uma área que periodicamente será atingida pelo transbordamento dos cursos d'água constituindo, portanto, uma área inadequada à ocupação. De acordo com as características do vale é possível prever a velocidade do processo de inundação. Os vales encaixados (em V) e vertentes com altas declividades predispõem as águas a atingirem grandes velocidades em curto tempo, causando inundações bruscas e mais destrutivas. Os vales abertos, com extensas planícies e terraços fluviais predispõem inundações mais lentas (graduais), devido ao menor gradiente de declividade das vertentes do entorno.

Chuvas fortes e/ou prolongadas promovem a saturação do solo, aumentando o escoamento superficial e as concentrações de água nessas áreas. A cobertura vegetal também é um fator importante, pois a presença da vegetação retém a umidade no solo e reduz as taxas de escoamento superficial para minimizar as taxas de erosão. Dentre os condicionantes antropológicos apontados estão: uso e ocupação irregular de planícies e margens de cursos d'água; Despejo irregular de resíduos próximo a cursos d'água; Mudanças nas bacias dos canais e características dos canais (vazão do canal, fertilização e drenagem, impermeabilização do solo, etc.); Processos intensivos de erosão do solo e turvação do canal.

As grandes cidades, particularmente as Regiões Metropolitanas, apresentam graves problemas com inundações decorrentes da ocupação das margens dos cursos d'água por pessoas de baixa renda, como a perda de vidas e de bens materiais. A ocupação dessas áreas marginais pelo homem deve ser orientada pelo disposto na legislação brasileira, em especial nas leis federais (Código Florestal e de Parcelamento do Solo Urbano). A disposição inadequada de lixo e entulho nas proximidades dos cursos d'águas acentua esses problemas.

A impermeabilização dos solos pelo asfalto impede a infiltração e é responsável pelo aumento da velocidade do escoamento superficial. As retificações, as canalizações e o assoreamento também alteram a dinâmica da vazão dos cursos d'água. Com a eliminação dos meandros (curvas) existentes em alguns cursos d'água, que reduzem gradualmente a velocidade da água, ocorre a concentração do fluxo em pouco tempo, e gera as chamadas "inundações relâmpagos".

A ONU (Organização das Nações Unidas) recomenda uma taxa de área verde por habitante da ordem de 12 m²/hab. Dessa forma, a conjugação dos condicionantes acima listados, aliados a alta densidade populacional das planícies, um único evento pode causar danos extensos em relação ao número de pessoas afetadas.

O número de afetados relacionados aos processos de inundação, enchentes e alagamentos geralmente é elevado, pois envolve efeitos diretos e indiretos. Dentre os efeitos diretos destacam-se as mortes por afogamento, destruição de moradias e danos materiais. Entre os efeitos indiretos destacam-se as doenças transmitidas por água contaminada, como a leptospirose, a febre tifoide, a hepatite e a cólera.

As ações voltadas à gestão dos problemas geoambientais requerem intenso planejamento territorial, organização institucional e participação da comunidade. Essas ações devem contemplar metas que respondam à diversas situações: antes, durante e depois dos eventos de inundações, enchentes e alagamentos.

Para alcançarem maior eficiência e eficácia, as sugestões e alternativas apresentadas neste texto devem estar intrinsecamente ligadas à legislação e às Políticas Públicas.

Ressalta-se, finalmente, que as ações para a redução de perdas e danos nos eventos de inundação, enchente e alagamento, bem como em outros problemas geoambientais, não são de responsabilidade apenas do poder público, mas também da sociedade como um todo. E isso já está devidamente definido na Constituição, conforme o art. 5º:

"Art. 5º - Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo- se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações".

2.6. Metodologia de mapeamento de áreas de risco

Inserido no Programa Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres, o Ministério de Minas e Energia, por intermédio da CPRM,

tem por objetivo efetuar até 2014 parte dos estudos geológico geotécnicos (PPA 2012- 2015), através do mapeamento de áreas de risco nas áreas urbanas em 821 municípios e a suscetibilidade em 286 municípios considerados críticos, com foco naqueles recorrentemente afetados por inundações, enxurradas e deslizamentos, visando contribuir para a total ou no mínimo diminuição das perdas de vidas e materiais relacionadas a desastres naturais.

As informações levantadas pela setorização de riscos têm por objetivo disponibilizar ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, as áreas identificadas com alto e muito alto risco a deslizamentos e enchentes, para que possa emitir alertas prevenindo as comunidades da forte possibilidade da ocorrência de desastres.

Também envia as referidas informações para as ações de prevenção e respostas do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD/Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC a cargo do Ministério da Integração Nacional, bem como a elaboração de cartas geotécnicas a serem integradas aos planos diretores municipais visando o planejamento adequado do uso e ocupação do solo e intervenções através de obras de contenção nas áreas indicadas pela setorização, sob a responsabilidade do Ministério das Cidades.

Os procedimentos adotados para a setorização de riscos em região urbana foram realizados em escala de detalhe, variando de 1:2.000 a 1:1.000, iniciando-se pela utilização de sensores remotos e bases cartográficas, bem como de bibliografia disponível, para o reconhecimento preliminar. A seguir é efetuado contato institucional com SEDEC/COMDECs para efetivar a necessária integração de técnicos municipais e de Defesa Civil com os pesquisadores da CPRM, constituídos por duplas compostas de geólogos ou geógrafos e engenheiros hidrólogos, que juntos percorrerem o município, principalmente a área urbana e periurbana, para identificar os setores de risco alto e muito alto a movimentos de massa e/ou sujeitas a processos de inundação.

A setorização consiste em um polígono envolvendo a porção de uma encosta ou planície de inundação com potencial para sofrer algum tipo de processo natural ou induzido, que possa causar danos, e será delimitado sobre imagens/fotografias. Em continuidade são elaborados os mapas (pranchas) de setorização (no formato A3) com fotos do setor relativas às rupturas e aos indícios observados no terreno e moradias, e outras estruturas urbanas em risco. O referido mapa contém a descrição da tipologia do processo e todas as informações para o entendimento dos condicionantes da ruptura.

A seguir é estimado o número de moradias (prédios) e pessoas afetadas ou passíveis de serem afetadas. Também são indicadas as intervenções estruturais/não estruturais, tais como obras de contenção, drenagem, educação ambiental, remoção ou relocação de moradores e moradias, entre outras intervenções.

Na etapa de geoprocessamento, fazendo intenso uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e com o apoio de imagens Google Earth georreferenciadas, ou de imagens de sensores remoto de alta resolução, é gerado o polígono envolvendo as moradias que estão sob risco, com a vetorização em tela. No ambiente SIG são adotados os seguintes parâmetros cartográficos: o Sistema de Projeção: UTM; Datum: WGS-84 (posteriormente os dados são convertidos para coordenadas geográficas para encaminhamento ao CEMADEN).

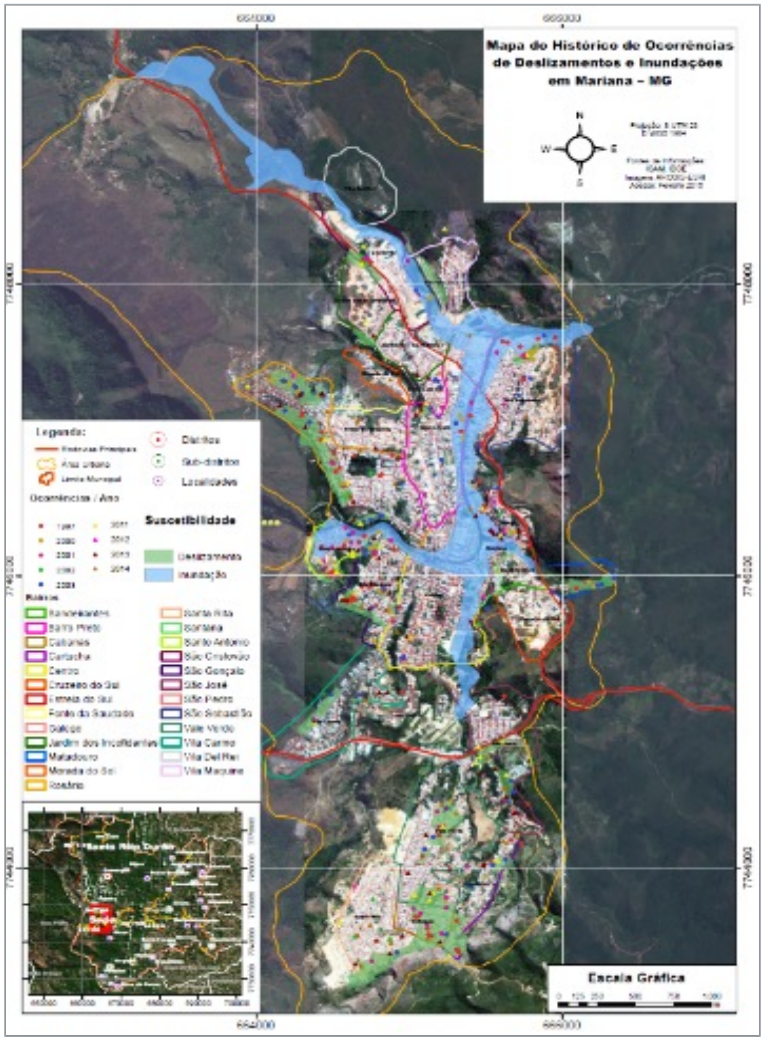
A finalização dos trabalhos é efetuada através da transferência do conhecimento para os representantes do município e defesa civil, com apresentações e disponibilização das pranchas em pdf, impressas e digital, bem como os dados vetoriais e base de dados para o próprio município, para o CEMADEN, CENAD, Ministério das Cidades e outros órgãos e instituições integrantes do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais do Governo Federal.

Para cada município é elaborado um relatório técnico que apresenta de forma detalhada as informações gerais do projeto, os procedimentos metodológicos, os resultados obtidos e algumas sugestões para intervenção. Importante destacarmos que no estudo da CPRM em relação ao Município de Mariana não foi apresentado uma setorização de riscos em relação a enchentes e inundações, somente em relação a movimentos de massa.

Entretanto, existe um Mapa do Histórico de Ocorrências de Deslizamentos e Inundações em Mariana, que auxilia em muito a identificação

das áreas do município sujeitas a inundações. Nesse mapa, em azul, se encontra destacado as áreas do município que apresentam suscetibilidade para inundações:

***Figura 18** - Delimitação das 25 áreas do município de Mariana - MG*



***Fonte:** SOUZA (2015)*

2.7. Definição de níveis de risco

A definição de níveis relativos de risco considerando os 3 critérios e parâmetros de análise de risco pode ser desenvolvida considerando diferentes arranjos entre os mesmos. São definidos nessa análise 4 níveis de risco: RISCO MUITO ALTO (MA), RISCO ALTO (A), RISCO MÉDIO (M) E RISCO BAIXO (B).

Descreve-se a seguir a análise de risco de enchentes e inundações segundo os 3 critérios adotados.

***Tabela 1** - Grau de risco preliminar segundo arranjo entre cenários hidrológicos e vulnerabilidade das habitações*

¤	C1¤	C2¤	C3¤
V1¤	M¤	A¤	MA¤
V2¤	B¤	M¤	A¤

***Fonte:** Min. Cidades/IPT*

***Tabela 2** - Grau de risco final segundo arranjo considerando os cenários hidrológicos, vulnerabilidade das habitações e periculosidade do processo segundo a distância das moradias ao eixo da drenagem*

¤	P1¤	P2¤
C1XV1¤	M¤	B¤
C1XV2¤	B¤	B¤
C2XV1¤	A¤	M¤
C2XV2¤	M¤	B¤
C3XV1¤	MA¤	A¤
C3XV2¤	A¤	M¤

***Fonte:** Min. Cidades/IPT*

No resultado final dos arranjos considerando os 3 critérios teríamos:

CENÁRIO DE RISCO MUITO ALTO (MA) - RISCO R4:

a. Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1).

CENÁRIOS DE RISCO ALTO (A) - RISCO R3:

a. Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

b. Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);

c. Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P2).

CENÁRIOS DE RISCO MÉDIO (M) - RISCO R2:

a. Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

b. Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P2);

c. Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);

d. Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C3) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1).

CENÁRIOS DE RISCO BAIXO - RISCO R1:

a. Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);

b. Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

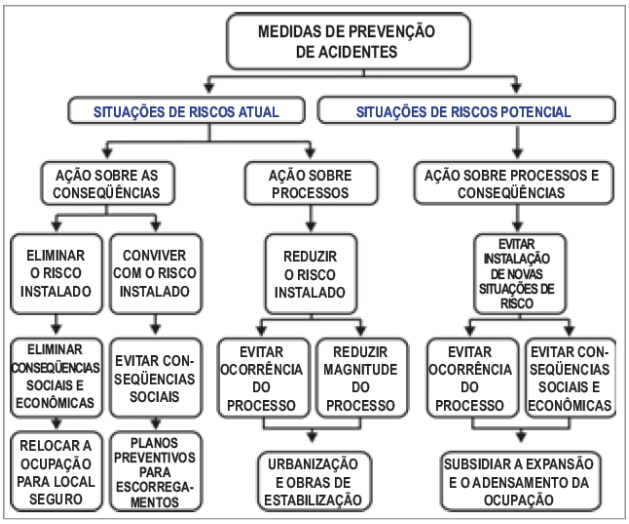
c. Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

d. Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2).

2.8. Medidas de prevenção de acidentes para áreas de risco de deslizamento, enchente e inundação

A Figura 24 apresenta um quadro com diversas alternativas de ações de prevenção de acidentes de deslizamentos, que, em resumo, se referem a medidas de caráter estrutural ou não estrutural.

Figura 19 *- Formas de atuação em relação a áreas de risco de deslizamentos*



Fonte: *Livro – Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios*

2.9. Estudos de caso

Os estudos de casos foram realizados pelos autores no município de Mariana - Minas Gerais.

2.9.1. Queda de blocos e rochas

O objetivo desse estudo é verificar situações potenciais de riscos geológicos, para a edificação e seus ocupantes. A vistoria no entorno do imóvel foi realizada no dia 02 de fevereiro de 2023 e abrangeu os seguintes procedimentos técnicos: identificação do imóvel e da sua posição em relação ao paredão rochoso; no paredão rochoso foi verificado a existência de fraturas e risco de quedas de blocos e de escorregamentos planares, além do sentido de escorregamento do material; identificação da distância da edificação em relação ao paredão rochoso e da existência de interferências entre o imóvel e o paredão e registros fotográficos.

Na imagem abaixo mostramos a sobreposição da área de risco geológico da CPRM de 01.2012, com a imagem atual do Google Earth e em destaque o imóvel vistoriado em amarelo. Destacamos que esse imóvel está posicionado fora da área de alto e muito alto risco.

Fonte: *CPRM*

O imóvel vistoriado é residencial e a edificação existente no mesmo tem peças de concreto armado em sua estrutura, paredes de alvenaria e a cobertura constituída por telhas metálicas e peças de madeira na maior parte. Essa edificação conta apenas com um nível térreo. Destacamos que essa edificação está a aproximadamente 80,00 metros do pé do paredão rochoso.

Na imagem a seguir destacamos a posição do imóvel e aos fundos o paredão rochoso, que foi mapeado pela CPRM. Nesse paredão a CPRM identificou o risco de queda de blocos e escorregamentos planares, e pontos localizados de escorregamento de médio e pequeno porte na porção mediana do paredão, o que evidenciou situação de risco para a população instalada na base do mesmo.

Ressaltamos que o imóvel está a aproximadamente 80,00 metros do pé do paredão rochoso existente no local. Destacamos também a existência de várias construções entre o paredão rochoso e a edificação vistoriada.

Figura 21 *- Distância aproximada da edificação vistoriada ao paredão rochoso*

Fonte: *Autores, 2023*

Figura 20 *- Imagem aérea do município de Mariana/MG e o imóvel vistoriado*

O paredão rochoso existente nos fundos do imóvel vistoriado praticamente não possui cobertura vegetal ou solo sobre as rochas, que estão aflorando em vários trechos. Nesse paredão identificamos ressaltos que não apresentam fraturas ou sinais de movimentação. Identificamos também, alguns blocos de menor porte que podem se soltar e atingir os imóveis mais próximos do mesmo, conforme mostramos na imagem a seguir. Essas rochas possuem formato lamelar e oferecem risco apenas para os imóveis posicionados mais próximos e não para o imóvel vistoriado.

***Figura 22** - Paredão rochoso*

***Fonte:** Autores, 2023*

A encosta natural rochosa do paredão apresenta uma inclinação significativa, de quase 90º e possui apenas vegetação rasteira (arbustos, capins, etc.). Ressaltamos que pelo levantamento de Setorização de Risco da CPRM, o imóvel vistoriado está posicionado fora da área de risco desse paredão.

Destacamos que os blocos menores, com maior risco de escorregamento, estão em sentido diverso ao imóvel vistoriado e, portanto, o risco de atingir esse imóvel é mínimo, ainda mais considerando a distância de 80,00 metros em relação a esse paredão. Chamamos a atenção também para a geometria desse paredão, que favorece o desprendimento de matacões e pedras em sentido diverso ao imóvel objeto.

Conclui-se, então, que o imóvel vistoriado está posicionado fora da área de risco geológico apresentada no levantamento realizado pela CPRM no ano de 2012. O imóvel está posicionado a aproximadamente 80,00 metros do pé do paredão rochoso existente no local. Ressaltamos também a existência de várias edificações entre o pé do paredão e esse imóvel.

O paredão rochoso existente nos fundos do imóvel praticamente não possui cobertura vegetal ou solo sobre as rochas, que estão aflorando em vários trechos. Destacamos também a existência de um ressalto nesse paredão rochoso, mas sem sinais de fraturas ou de movimentações significativas. No paredão rochoso existente próximo ao imóvel verificamos alguns blocos de menor porte que podem se soltar e atingir os imóveis mais próximos. Essas rochas possuem formato lamelar e oferecem risco apenas para os imóveis posicionados mais próximos e não para o imóvel objeto desse laudo. Esses blocos também apresentam o plano de escorregamento em sentido distinto ao imóvel objeto da vistoria.

2.9.2. Enchentes e inundações

O objetivo desse estudo é verificar situações potenciais de riscos hidrológicos para a edificação e seus ocupantes. A vistoria no entorno do imóvel foi realizada no dia 20 de fevereiro de 2023 e abrangeu os seguintes procedimentos técnicos: identificação do imóvel e da sua posição em relação ao Rio do Carmo; no entorno do imóvel foi verificada a existência de sinais de antigas inundações e a cota desse imóvel em relação à calha do Rio; identificação da distância da edificação em relação à calha do Rio e registros fotográficos.

A edificação vistoriada está localizada no município de Mariana/MG. Essa edificação possui três andares e apresenta peças de concreto armado na sua estrutura. Sua ocupação é mista, sendo que existe um comércio no pavimento térreo e imóveis residenciais nos pavimentos superiores.

A região próxima a edificação vistoriada e se encontra na planície de inundação do Rio do Carmo que corta a cidade. Essa região está consolidada há vários anos e apresenta registros de inundação. Destacamos que as características do relevo, e da conformação geomorfológica e geológica dessa área propiciam uma dinâmica relativamente lenta durante o processo de inundação, o que minimiza os potenciais riscos para a população. Entretanto, persistem os transtornos e riscos de contaminação durante o período de inundação. Podemos observar também que as edificações existentes nessa região são construídas com peças de concreto armado e alvenarias e que podem ser classificadas como um padrão construtivo variando de bom a médio.

***Figura 23** - Região onde se encontra a edificação vistoriada e aos fundos o Rio do Carmo*

***Fonte:** Autores, 2023*

A rua na altura do imóvel vistoriado apresenta pavimentação em bloquetes sextavados de concreto, é plana nesse trecho e apresenta deficiências no seu sistema de drenagem pluvial. Conforme informações essa Rua já apresentou problemas de inundação e a mesma se encontra inserida nas áreas do município que apresentam suscetibilidade para inundações. Durante a vistoria não verificamos nenhum vestígio recente de inundação no local e nem na fachada da edificação, que conforme informações foi construída em 2011.

Destacamos que o edifício vistoriado está a aproximadamente 80,00 metros do eixo da calha do Rio do Carmo. Ressaltamos também a existência de várias edificações entre o edifício e o rio.

***Figura 24** - Edifício vistoriado e nos fundos o Rio do Carmo.*

***Fonte:** Autores, 2023*

A edificação vistoriada está localizada no município de Mariana/MG. Essa edificação apresenta um bom padrão construtivo com peças de concreto armado em sua estrutura e paredes em alvenaria rebocadas, texturizadas e pintadas. Ela está posicionada na planície de inundação do Rio do Carmo, que corta a cidade de Mariana, a aproximadamente 80,00 metros do eixo da calha do Rio.

A planície de inundação do Rio do Carmo é uma região consolidada há vários anos e com edificações construídas com peças de concreto armado e alvenarias e que podem ser classificadas como um padrão construtivo variando de bom a médio. Destacamos que as características do relevo, da conformação geomorfológica e geológica da área do imóvel vistoriado propiciam uma dinâmica relativamente lenta durante o processo de inundação, o que minimiza os potenciais riscos para a população. Entretanto, persistem os transtornos e riscos de contaminação durante o período de inundação. A seguir vamos fazer uma análise de riscos em relação à região da edificação vistoriada, conforme a metodologia já apresentada.

Em relação ao cenário hidrológico presente na área do imóvel vistoriado, podemos considerar o Processo hidrológico 1 - ENCHENTE E INUNDAÇÃO LENTA DE PLANÍCIES FLUVIAIS (C1). Em relação à vulnerabilidade da ocupação urbana presente na área do imóvel vistoriado podemos considerar como baixa vulnerabilidade de acidentes (V2). Em relação à distância das moradias ao eixo da drenagem, considerando o tipo de processo ocorrente na área e o raio de alcance desse processo, podemos considerar como baixa periculosidade (P2). A definição de níveis relativos de risco, considerando os 3 critérios e parâmetros de análise de risco que foram descritos anteriormente, é obtida nas tabelas que serão apresentadas a seguir:

***Tabela 3** - Grau de risco preliminar segundo arranjo entre cenários hidrológicos e vulnerabilidade das habitações*

¤	C1¤	C2¤	C3¤
V1¤	M¤	A¤	MA¤
V2¤	B¤	M¤	A¤

C1·x·V2·=·B¶

***Fonte:** Min. Cidades/IPT*

***Tabela 4** - Grau de risco final segundo arranjo considerando os cenários hidrológicos, vulnerabilidade das habitações e periculosidade do processo segundo a distância das moradias ao eixo da drenagem*

¤	P1¤	P2¤
C1XV1¤	M¤	B¤
C1XV2¤	B¤	B¤
C2XV1¤	A¤	M¤
C2XV2¤	M¤	B¤
C3XV1¤	MA¤	A¤
C3XV2¤	A¤	M¤

C1XV2·x·P2=·B¶

***Fonte:** Min. Cidades/IPT*

Portanto, podemos concluir que conforme os 3 critérios e parâmetros de análise de risco desenvolvidos e considerando diferentes arranjos entre os mesmos, o imóvel vistoriado apresenta RISCO BAIXO (B).

Cenários de risco baixo – Risco R1: b) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de médio a bom padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2).

3. CONCLUSÕES

Uma das consequências do desenvolvimento urbano desordenado é o aumento do risco de desastres naturais acompanhados a processos de deslizamentos/escorregamentos, inundações, alagamentos, entre outros. O Plano Diretor e o Zoneamento do Uso do Solo são os instrumentos do planejamento urbano que indicam a destinação de cada área do município.

Desastres naturais são catástrofes que ocorrem quando um evento perigoso, tal como inundação e movimentos de massa, é deflagrado causando danos à propriedade ou fazendo grande número de vítimas.

A magnitude e a frequência dos eventos naturais, aliados à grande concentração humana desordenada e agressões ambientais são os componentes que potencializam os resultados dos desastres, aumentando o risco de ocorrências e danos severos.

As situações de risco ocorrem no âmbito do planejamento e gestão, somando as políticas públicas no meio municipal, estadual e federal. Devem ser aplicados diversos instrumentos técnicos e normativos, em ações de cinco tipos, conforme o Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos (Brollo & Tominaga, 2012 e 2013).

O mapeamento de risco em escala local visa o diagnóstico dos setores e da gravidade da situação de risco, voltado ao gerenciamento do risco por parte dos poderes públicos municipal e estadual. O gerenciamento de risco engloba ações de prevenção. Monitoramento, mitigação e redução dos riscos.

A identificação de risco por meio do mapeamento de áreas de risco se torna o primeiro passo para combater o problema, permitindo o desenvolvimento de ações preventivas afim de evitar e reduzir diversos danos.

4. REFERÊNCIAS

ALHEIROS M. M. e. al. 2003. **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife**, Recife-PE, Brasil.

BRASIL, 2001. **Lei Federal 10.257, de 10 de julho de 2001, Estatuto da Cidade, 2001.**

CARNEIRO, J. S., ARAÚJO, R. S., GUIMARÃES, M. S., SOUZA, T. R. S. & DE SOUZA, T. H. S. (2019). **Identificação das manifestações patológicas do palácio episcopal de Caxias/MA/*Identification of the pathological manifestations of the episcopal palace in the city of Caxias/MA*.** Brazilian Journal of Development, 5(4), 2789-2798.

CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. (Org.). **Prevenção de riscos de deslizamento em encostas: guia para elaboração de políticas municipais.** Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006. 111 p.

CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P. **Riscos Geológicos. In: ABGE. Geologia de Engenharia.** São Paulo: Oficina de Textos, 1998. p. 301-310.

FERNANDES, Samir Batista. **A ATUALIZAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCOS DE SÃO JOÃO DE MERITI/RJ.** 2018. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Defesa Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Rio de Janeiro, 2018.

FREITAS, C. & NUNES, B. (2012). Como e por que um prédio desaba. Revista Veja, https://veja.abril.com.br/brasil/como-e-por-que-um-prediodesaba/>Gomes, B. M. M., Santos Faro, A. A. & Nascimento, T. M. (2017). **Inspeção da Qualidade de Habitações Populares Após Entrega. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, 2(3).**

Informações referentes as Secretarias Municipais de Mariana, disponível em: < https://www.mariana.mg.gov.br/.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. **MAPEAMENTO DE RISCOS EM ENCOSTAS E MARGENS DE RIOS.** São Paulo: Cris Fernandes, 2007.

MARQUES, Júlia et al. **Brasil tem quase 4 mil mortes por deslizamentos de terra:** desastres como o de Petrópolis e franco da rocha estão ligados à ocupação urbana e a mudanças climát. Desastres como o de Petrópolis e Franco da Rocha estão ligados à ocupação urbana e a mudanças climát. 2022. Disponível em: https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/brasil-tem-quase-4-mil-mortes-por-deslizamentos-de-. Acesso em: 15 abr. 2023.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Públicas Municipais.** Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão (org.) – Brasília: Ministério das Cidades, 2006.

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal.** 2002. 266 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

PERNAMBUCO. WEBER SUTTI. **CURSO DE CAPACITAÇÃO EM GESTÃO E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCOS SOCIO-AMBIENTAIS.** Pernambuco: Ministério das Cidades, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. Decreto nº 10.818 de 08 de janeiro de 2022. **Declara situação emergencial nas áreas do Município de Mariana afetadas por desastre, 2022.**

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **Lei Municipal Complementar nº 191 de 05 de novembro de 2019. Institui o Programa Municipal de Habitação de Interesse Social, dispõe sobre o Conselho Municipal de Habitação de Interesse Social e dá outras providências, 2019.**

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **Lei Municipal nº 3.331 de 11 de março de 2020. Altera o art. 6° da Lei Municipal n° 2.591/2011 que institui o Programa Especial de Auxílio Moradia e dá outras providências, 2020.**

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. Lei Municipal nº 3.530 de 18 de janeiro de 2022. **Dispõe sobre a criação do Auxílio Financeiro de Emergencial denominado "Reconstruindo Vidas", voltado à mitigação dos impactos e dos prejuízos patrimoniais causados às famílias vítimas das chuvas iniciadas em janeiro de 2022 e dá outras providências, 2022.**

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **Plano Municipal de Contingência 2020-2021.** Mariana, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **Projeto Municipal de Lei Complementar nº 184 de 2021. Institui o Plano Diretor do Município de Mariana e dá outras providências, 2021.**

SOUZA, L. A. D. AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS: ETAPA 6. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-505, set./2022.

SOUZA, L. A. D. ELABORAÇÃO DO PLANO DE INTERVENÇÃO SOCIAL: ETAPA 3. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-505, dez./2021.

SOUZA, L. A. D. IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE RISCOS MARIANA REVISÃO:

ETAPA 2. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-505, dez./2021.

SOUZA, L. A. D. IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE RISCOS MARIANA REVISÃO: ETAPA 2. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 1-505, 2022.

SOUZA, L. A. D. INTERVENEÇÕES ESTRUTURAIS: ETAPA 4. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-505, dez./2021.

SOUZA, L. A. D. PROGRAMA MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCOS: ETAPA 7. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-505, ago./2022.

UNDRO – UNITED NATIONS DISASTER RELIEF OFFICE. UNDRO's approach to disaster mitigation. UNDRO News, Jan.-febr.1991. ***Geneva: Office of the United Nations Disasters Relief Co-coordinator. 20p. 1991.***

VAN DER VEEN, A.; DOPHEIDE, E.; PARKER, D.; TAPSELL, S.; HANDMER, J.; GREGG, C.; BONADONNA, C.; FERRARA, F.F. State-of-art on vulnerability of socio-economic systems. **European Commission:** ***Reference code: ENSURE – Del. 1.1.3, ENSURE PROJECT Contract n° 212045, 2009, 100 p.***

VARNES D.J.; IAEG ***Commission on Landslides and other Mass-Movements. Landslides hazard zonation: a review of principles and practice***, UNESCO, Paris, França, 1984.

ZANON, Gabryelle. **MOVIMENTOS DE MASSA NAS ENCOSTAS DO RIO SOTURNO ÀS MARGENS DA RS-149- FAXINAL DO SOTURNO, RS.** 2021. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Geologia, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2021.

A TECNOLOGIA COMO FERRAMENTA NAS INSPEÇÕES DE GALERIAS PLUVIAIS: VÍDEO INSPEÇÃO ROBOTIZADA

RESUMO

O presente trabalho visa identificar, a partir de um estudo de caso, as vantagens da utilização de vídeo inspeção robotizada em galerias de drenagem pluvial. O sistema de drenagem pluvial tem um papel importantíssimo na infraestrutura das cidades. A sua manutenção é crucial para a conservação de todo o sistema viário, proporcionando um bom escoamento e condução das águas pluviais da maneira adequada, evitando-se assim alagamentos e enchentes indesejáveis. Dessa forma, o surgimento de diversas tecnologias deve ser explorado para a realização de inspeções em galerias de drenagem pluvial e atualmente existem robôs adaptados com câmeras digitais e equipados com dispositivos de localização, os quais permitem fazer uma varredura completa nas galerias pluviais por meio de vídeos e fotografias, além de possibilitarem definir a posição e profundidade com significativa precisão de possíveis anomalias e/ou falhas desse sistema. Enormes são as vantagens do uso da tecnologia nessas inspeções, visto que dispensa a exposição humana em locais confinados e de risco, em áreas urbanas pode-se evitar vistorias destrutivas em locais profundos, mitigando assim danos ao pavimento e prejuízos à circulação. Consideráveis benefícios quanto a sustentabilidade e redução de custos podem ser alcançados.

ABSTRACT

The present work aims to identify, from a case study, the advantages of using robotic video inspection in storm drainage galleries. The storm drainage system plays a very important role in the infrastructure of cities. Its maintenance is crucial for the conservation of the entire road system, providing good drainage and proper conduction of rainwater, thus avoiding flooding. In this way, different technologies should be explored to carry out inspections in storm drainage galleries. Currently, there are robots adapted with digital cameras and equipped with location devices, which allow a complete sweep of the storm sewers through videos and photographs, in addition to making it possible to define the position and depth of possible anomalies and/or failures of this system with significant precision. The advantages of using technology in these inspections are enormous, since it eliminates human exposure to confined and risky places. In addition, in urban areas it is possible to avoid destructive visits in deep places, thus mitigating damage to the pavement and vehicle circulation. Considerable benefits in terms of sustainability and cost savings can be achieved.

AUTORES:

Lucas
Zappes Toledo Coutinho

Warley
Francisco Viana

Palavras-chave:
Drenagem pluvial, inspeções, tecnologia, infraestrutura.

Keywords:
Rainwater drainage, inspections, technology, infrastructure.

1. INTRODUÇÃO

A principal função da rede de drenagem pluvial é fazer a captação das águas de chuvas e evitar alagamentos nas cidades.

Essa captação ocorre direcionando as águas pluviais para lugares que menos afetem a durabilidade e a segurança das vias das cidades. É importante que o sistema de drenagem seja bem projetado e planejado, caso contrário, pode se tornar um incômodo para a comunidade e causar deterioração, alagamentos e inundações (Aires et al., 2018).

O processo hidrológico de enchentes e inundações ocorre de forma dinâmica ao longo de um curso d'água e/ou bacia de contribuição. Diversos são os efeitos que o volume de águas pluviais pode causar, estando esses muito relacionados principalmente com a velocidade de escoamento, que quando excessiva pode gerar muitos impactos e a destruição por onde as águas pluviais escoam. Consequentemente, nas áreas de incidência desses processos hidrológicos podem ocorrer efeitos danosos e a geração de transtornos para a população ocupante do local (Bezerra et al., 2016).

Figura 1 *- Alagamento na Avenida Sumaré, em São Paulo 14/03/2022 Leandro Chemalle/The News 2/Estadão Completo*

Fonte: *https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/cidade-de-sao-paulo-tem-pontos-de-alagamento-nesta-terca-feira-14/, acesso em 2023*

Nas cidades, a questão da drenagem urbana engloba os processos hidrológicos de enchentes e inundações ligados aos cursos d'água naturais, e também, os processos de alagamentos e enxurradas provenientes das falhas no sistema de drenagem urbana e que não necessariamente estão correlacionados com os processos de origem fluvial.

Fator recorrente nas cidades, principalmente nos locais com um maior adensamento populacional é o desequilíbrio entre o crescimento urbano e a eficiência do sistema de drenagem pluvial urbana existente, o que está acarretando os alagamentos e enxurradas cada vez mais frequentes.

Figura 2 *- Alagamento na Avenida Cristiano Machado, em Belo Horizonte 07/12/2022 – Foto: Câmera BHTrans*

Fonte: *https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2022/12/20/belo-horizonte-tem-pontos-de-alagamento-mapeados-nas-nove-regionais-veja-quais-sao.ghtml, acesso em 2023*

O presente trabalho visa identificar, a partir de um estudo de caso, as vantagens da utilização de vídeo inspeção robotizada em galerias de drenagem pluvial.

2. DESENVOLVIMENTO

O sistema de drenagem pluvial é composto pelos sistemas de microdrenagem e macrodrenagem.

O bom funcionamento da microdrenagem implica em um sistema de macrodrenagem eficiente e funcional, e, vice-versa.

2.1. Microdrenagem

A Microdrenagem é formada pelos sistemas iniciais de drenagem que abrangem a coleta e o afastamento das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias (ø<1,5m). Essa microdrenagem é necessária para criar condições para circulação de veículos e pedestres na área urbana, em virtude de ocorrência de chuvas frequentes, além de evitar danos às propriedades e riscos de vida aos humanos causados por temporais mais fortes.

A microdrenagem é composta por um conjunto de componentes que são conectados a macrodrenagem. Os principais componentes da microdrenagem são: guias ou meio-fios, sarjetas, bocas coletoras (bocas de lobo), galerias, poços de visita e caixas de interligação, dissipador e sarjetão.

2.1.1. Guias ou meio-fios

As guias ou meio-fios são elementos construídos por blocos de concreto ou de pedra, que se encontram entre a via pública (pista de rolamento) e o passeio (calçadas), com sua parte superior no mesmo nível que o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública. São classificados em simples ou conjugados.

2.1.2. Sarjetas

As sarjetas são faixas formadas pelo limite da via pública com a guia ou meio fio, formando uma calha que coleta as águas pluviais provenientes da via pública. A função das sarjetas é fazer a coleta e condução das águas superficiais sobre o pavimento, incluindo passeio, e as conduzir para os dispositivos de drenagem como as bocas de lobo e galerias.

2.1.3. Bocas coletoras (bocas de lobo)

As bocas coletoras, as quais são conhecidas por bocas de lobo ou bueiros são elementos de captação das águas escoadas pelas sarjetas. Existem variações e/ou tipologias distintas desses dispositivos, os quais poderão ser executados a depender do volume de água a ser captado e de sua localização.

2.1.4. Galerias/condutos

As galerias de drenagem de água pluvial são condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras que escoam até os pontos de lançamento determinados em projeto.

2.1.5. Poços de visita e caixas de interligação

Os poços de visita e as caixas de interligação são elementos instalados em pontos estratégicos do sistema de drenagem. Esses elementos devem ter dimensão suficiente para a entrada de um operador, pois são destinados a manutenção e inspeção do sistema.

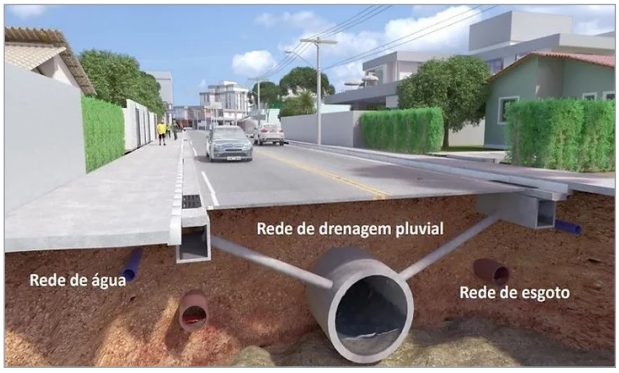
2.1.6. Dissipador

Os dissipadores são dispositivos cuja função é reduzir a velocidade de escoamento das águas pluviais provenientes da tubulação, as quais se fossem lançadas diretamente ao solo, poderiam provocar erosões devido ao forte impacto. É o ponto da conexão entre a micro e macrodrenagem. Um dos dispositivos dissipadores mais comumente utilizados são constituídos em concreto e pedra.

2.1.7. Sarjetão

São calhas de concreto formadas pela pavimentação, situando-se nos pontos onde ocorrem os cruzamentos das vias públicas e tem por finalidade direcionar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas. Os sarjetões conduzem as águas precipitadas sobre a via para sua lateral, sarjetas, e bocas coletoras, além de impedir que a água permaneça sobre a rua, o que provoca o desgaste do pavimento e a formação de buracos.

Figura 3 *- Ilustração de um sistema de drenagem comumente presente nas vias urbanas.*



Fonte: *https://www.benv360.com/post/drenagem-pluvial-saneamento-basico, acesso em março de 2023.*

2.2. Macrodrenagem

A macrodrenagem é constituída por um sistema de drenagem natural, ou seja, por fundos de vale, córregos e cursos d'água.

A execução de obras para a macrodrenagem visa otimizar o escoamento do sistema, como por exemplo: obras de barragens, canalizações, diques, piscinões, etc. A macrodrenagem é destinada à condução final das águas captadas pela microdrenagem, promovendo assim o escoamento das águas pluviais provenientes das ruas e captadas pelos dispositivos que compõem a microdrenagem (sarjetas, bocas de lobo, galerias).

A ausência e/ou deficiência desse sistema é o grande causador de enchentes, empoçamentos, inundações, assoreamentos e erosões. Nos terrenos planos ou que apresentam deficiência dos elementos de macrodrenagem ou quando o elemento se encontra obstruído, em períodos de grandes precipitações, surgem as enchentes. Essas enchentes também podem surgir devido a dimensionamentos incorretos.

A macrodrenagem é composta por componentes artificiais, além daqueles naturais como os fundos de vale e cursos d'água. Os principais elementos desse sistema são: galerias de grandes dimensões, canais artificiais, modificação morfológica de canais naturais, reservatórios de detenção e estruturas auxiliares de controle.

2.2.1. Galerias de grandes dimensões

As galerias de grandes dimensões realizam o transporte das águas do sistema de microdrenagem até os pontos de lançamento. Essas galerias são utilizadas em áreas urbanizadas devido às restrições do sistema viário e limitação de áreas.

2.2.2. Canais artificiais

Os canais artificiais são formados pela execução de valas que podem ou não estarem revestidas de material que lhes dê sustentação e que se destina ao escoamento das águas. Fatores como a natureza do solo, topografia do terreno e tipo de escoamento definem a escolha da seção, declividade e inclinação dos taludes.

Figura 4 *- Imagens da execução de um canal artificial*

Fonte: *FUNASA, 2016*

2.2.3. Modificação morfológica de canais naturais

A geometria de um canal é baseada na carga e descarga de água submetidas ao clima e à geologia da bacia hidrográfica. A alteração da capacidade do canal apresenta interferência na ampliação da forma e tamanho de sua seção transversal. As modificações são realizadas junto a forma e seção transversal dos canais naturais visando melhorar a vazão e a eficiência do escoamento das águas pluviais desses canais.

Figura 5 *- Execução de obras para ampliação de um canal natural*

Fonte: *FUNASA, 2016*

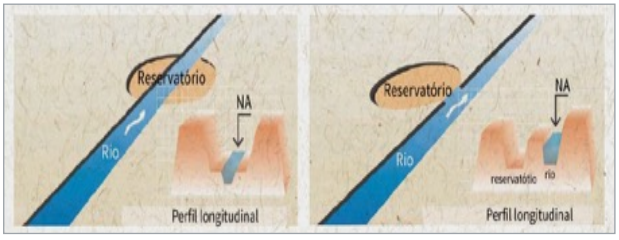
2.2.4. Modificação morfológica de canais naturais

O reservatório de detenção é um reservatório aberto ou fechado que é destinado a regular a vazão de saída em uma vazão desejada, de forma que minimize os efeitos a jusante da vazão de entrada. Esses reservatórios são classificados como em linha ou em fora de linha.

Reservatórios em linha: Esses reservatórios são executados ao longo do curso fluvial e retardam o tempo de escoamento, reduzindo as vazões de pico. O volume de água armazenado é direcionado ao canal por gravidade.

Reservatórios fora de linha: Os reservatórios fora do curso do canal fluvial são executados, geralmente em níveis mais baixos, e retiram os volumes que ultrapassam a capacidade de escoamento do canal. Parte do volume de água armazenado é direcionado ao canal por gravidade ou através de bombas.

Figura 6 *- Reservatórios de detenção*



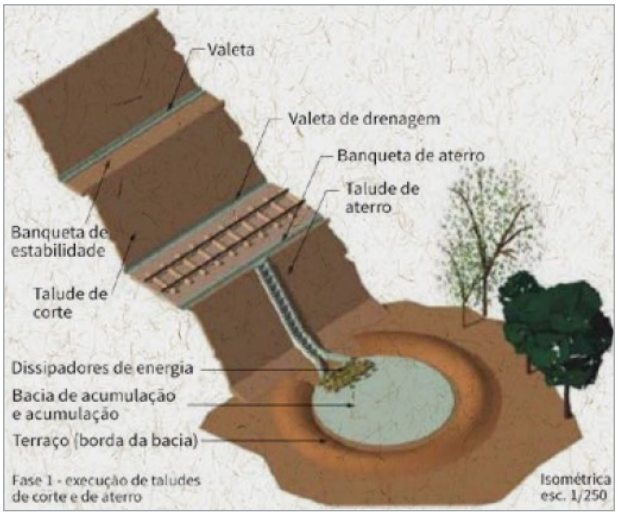
Fonte: *FUNASA, 2016*

2.2.5. Estruturas auxiliares de controle

Tratam-se das proteções contra erosões e assoreamentos, como por exemplo: os dissipadores de energia, as proteções de cortes e ater-

ros, as travessias, as estações de bombeamento, entre outros mecanismos ou dispositivos que possibilitam o controle das águas.

***Figura 7** - Sistemas diversos de controle das águas*



***Fonte:** FUNASA, 2016*

2.3. A inspeção em sistemas de drenagem pluvial com a utilização de robôs

O surgimento de diversas tecnologias deve ser explorado para a realização de inspeções em galerias de drenagem pluvial, pois, aprimorando-se as inspeções, é possível programarmos com mais eficácia as manutenções periódicas nesse sistema e identificar eventuais anomalias. A inspeção com a utilização de robôs em galerias de drenagem pluvial é um exemplo da tecnologia aplicada para essa finalidade.

Atualmente existem robôs adaptados com câmeras digitais e equipados com dispositivos de localização, os quais permitem fazer uma varredura completa nas galerias pluviais por meio de vídeos e fotografias, além de possibilitarem definir a posição e profundidade com significativa precisão de possíveis anomalias e/ou falhas desse sistema.

Enormes são as vantagens do uso da tecnologia nessas inspeções, visto que dispensa a exposição humana em locais confinados e de risco, em áreas urbanas pode-se evitar vistorias destrutivas em locais profundos, mitigando assim danos ao pavimento e prejuízos à circulação.

Esses robôs são conectados através de um cabo a um painel de controle externo onde é possível visualizar a integridade no interior das tubulações e dutos, detalhando estruturas, acabamento, revestimentos internos, falhas construtivas, vazamentos, trincas, emendas, obstruções que podem impedir a passagem de água, ligações clandestinas e qualquer tipo de interferência que possa comprometer o funcionamento do sistema de drenagem.

Com a inspeção robotizada o profissional que está visualizando as condições das tubulações e dutos no painel de controle pode encaminhar a equipe de campo no ponto exato para sanar os problemas identificados de forma mais rápida, não sendo necessário a demolição de trechos maiores da rede para identificar o local onde se encontram esses problemas, o que reduz tempo e custos do serviço.

Como vantagens da utilização de robôs para inspeção no sistema de drenagem das águas pluviais podemos citar a redução do tempo para a realização do serviço e dos custos de operação, a diminuição dos riscos, além da possibilidade de acesso a locais inacessíveis para profissionais da área.

Outro benefício é a gravação dos trechos percorridos das tubulações e dutos que compõem o sistema de drenagem para verificar possíveis falhas e não conformidades no sistema de drenagem pluvial não só no momento da inspeção, mas também posteriormente.

2.4. O uso de robôs de inspeção no Brasil

No Brasil, a inspeção robotizada vem sendo utilizada como exemplo nas cidades de Fortaleza/CE, Maceió/AL, Porto Alegre/RS e São Leopoldo/RS.

Na cidade de Fortaleza, conforme informações da prefeitura, foram removidas 210 toneladas de resíduos das galerias pluviais até o dia 16 de dezembro de 2022, material que foi retirado de 54 km de tubulações de drenagem que foram inspecionadas com o uso da tecnologia, robôs de inspeção.

Nas galerias vistoriadas no município de Fortaleza foram identificados vários materiais jogados na rua, como papéis plásticos e até objetos maiores, como colchões, pneus e sofás. A execução desse serviço faz parte do projeto Vídeo Inspeção, da Secretaria do Urbanismo e Meio Ambiente (Seuma), por meio do programa Fortaleza Cidade Sustentável (FCS), que tem como objetivo percorrer 180km de galerias pluviais da cidade até o fim de 2024.

***Figura 8** - Projeto Vídeo Inspeção com robôs no município de Fortaleza/CE.*

***Fonte:** Prefeitura de Fortaleza https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/projeto-video-inspecao-ja-removeu-mais-de-200-toneladas-de-residuos-das-galerias-pluviais, acesso em março de 2023.*

Outro case de sucesso no uso de robôs de inspeção em galerias de drenagem pluvial é o município de Porto Alegre/RS.

Conforme informações da prefeitura, o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) realizou uma inspeção com auxílio de robôs em 36 quilômetros das redes pluviais no município no ano de 2022.

A inspeção com uso dos robôs permitiu ao DMAE atuar de forma preventiva, detectando anomalias e pontos localizados de obstrução onde foram posteriormente efetuados reparos e desobstruções de redes para evitar possíveis alagamentos na cidade.

Os serviços foram executados com três equipamentos adaptados em robôs com câmeras digitais de 15 megapixels, de tamanhos diferentes para cada tamanho de tubulação. Para realizar as vistorias, os robôs vão filmando, tirando fotos e gerando relatórios detalhados, metro a metro, do estado das redes, identificando anomalias para posterior manutenção, tais como: sujeiras, obstruções, trincas, problemas construtivos, problemas operacionais, juntas desalinhadas, rompimentos e ligações irregulares.

"Desta forma, em muitos locais não precisamos abrir buracos e bloquear ruas para encontrar os problemas. Foram privilegiados muitos locais que sofrem alagamentos recentes, como é o caso da avenida Erico Verissimo", explica Alexandre Garcia – diretor geral do DMAE. O valor do contrato anual é estimado em R$ 673 mil e os serviços foram prestados por uma empresa especializada. Devido aos excelentes resultados obtidos com a utilização dos robôs de vídeo inspeção estava sendo elaborado um Termo de Referência para nova contratação como serviço contínuo.

Portanto, a inspeção de galerias de drenagem pluvial é uma nova tecnologia e que veio para somar e agregar no trabalho de inspeções, principalmente para órgãos públicos, que na maior parte das vezes são os responsáveis pelo estado de conservação e manutenção das redes coletoras.

***Figura 9** - Inspeção de redes pluviais com auxílio de robôs em Porto Alegre/RS.*

***Fonte:** Prefeitura de Porto Alegre, 2022. https://www.prefeitura.poa.br/dmae/noticias/dmae-conclui-inspecao-por-video-em-36-quilometros-de-redes-pluviais-com-auxilio-de, acesso em março de 2023.*

No município de Maceió foi apresentado pela prefeitura em 08 de julho de 2022, uma tecnologia que utiliza robôs em obra para garantir o devido escoamento das águas pluviais na capital. Para isso, foi contratada uma empresa especializada em desobstrução de tubulações e galerias com nível alto de assoreamento, além de ter expertise no diagnóstico de problemas

com drenagem profunda. "Esse equipamento será fundamental para fazer todo o georeferenciamento da nossa rede de drenagem e evitar alagamentos. Será útil na hora de fazer as intervenções precisas e assertivas, economizando recursos públicos", disse o prefeito João Henrique Caldas.

De acordo com a Secretaria Municipal de Infraestrutura (Seminfra), a intenção destes serviços é minimizar os impactos das chuvas, utilizando sistema robotizado para identificar os problemas na rede e, posteriormente, desobstruir as galerias pluviais, promovendo a reabilitação e efetiva funcionalidade do sistema de drenagem.

"A execução do serviço visa à utilização de equipamentos de alta tecnologia robótica para diagnóstico visual e documental das avarias e não conformidades a serem possivelmente encontradas ao longo das redes coletoras de drenagem existentes, para posterior correção e reforma", reforça Lívio Lima Fontenelle Filho, secretário-adjunto de Projetos e Obras Especiais da Seminfra.

Figura 10 *- Inspeção de redes pluviais com auxílio de robôs em Maceió/AL.*

Fonte: *Prefeitura de Maceió https://maceio.al.gov.br/noticias/gp/prefeito-jhc-apresenta-nova-tecnologia-que-utiliza-robos-para-evitar-inundacoes-e-erosoes, acesso em março de 2023.*

2.5. Estudo de caso

O presente trabalho refere-se a um estudo de caso, englobando um caso real de uma perícia de engenharia. Realizaram-se uma vistoria, pesquisas bibliográficas, além de imagens capturadas com auxílio de um drone e um robô de inspeção.

O estudo de caso retratado nesse artigo foi realizado pelos Autores no município de Contagem - MG. Visando não expor nenhuma das Partes, não será citado o nome da Indústria, da Vila e das Ruas que compreendem o trecho da galeria de drenagem pluvial vistoriada.

2.5.1. Vistoria

Os trabalhos de vistoria seguiram as determinações da NBR 13.752/96, Norma Técnica para Perícias de Engenharia na Construção Civil, publicada pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

O trabalho de vistoria foi realizado no dia 21 de fevereiro de 2022.

2.5.2 Informações da galeria pluvial e do local de vistoria

A galeria de drenagem pluvial se inicia em um imóvel industrial. Parte da água pluvial que atinge o empreendimento segue para um Poço de Visita (PV) posicionado na parte posterior desse imóvel, situado em cotas inferiores.

Desse PV, o caminhamento da galeria de drenagem pluvial prossegue passando pela Rua "X" e passa por uma Vila.

Atualmente, essa galeria de drenagem pluvial está implantada sob 5 (cinco) imóveis, pois, no local desse sistema ocorreu uma ocupação desordenada do território e foi constituída uma Vila.

Por fim, o trecho vistoriado dessa galeria segue até a Rua "Y".

Na página a seguir, mostraremos montagem representativa de todo o trecho e do traçado da galeria de drenagem pluvial que foi vistoriada. Essa montagem foi realizada com base em imagens de satélite do Google Earth, onde é possível expor o encaminhamento dessa galeria de drenagem pluvial.

Também destacamos que foi realizado o cadastro dos imóveis que estão sobre essa galeria de drenagem pluvial.

Figura 11 *- Traçado da galeria de drenagem pluvial vistoriada*

Fonte: *Google Earth, 2022 – adaptado pelos Autores*

Na ocasião da vistoria utilizou-se um drone para capturar imagens, modelo DJI Mini 3 Pro. Nessas imagens de aéreas de drone é possível observarmos a posição do Imóvel Industrial, início da galeria.

Também se destaca a posição da Vila, onde constatamos que 5 (cinco) imóveis estão edificados sobre a galeria de drenagem pluvial vistoriada.

Ressalta-se ainda as duas Ruas que fazem a delimitação dessa Vila (Ruas "X" e "Y", e, em detalhe, apontamos o caminhamento da galeria de drenagem pluvial.

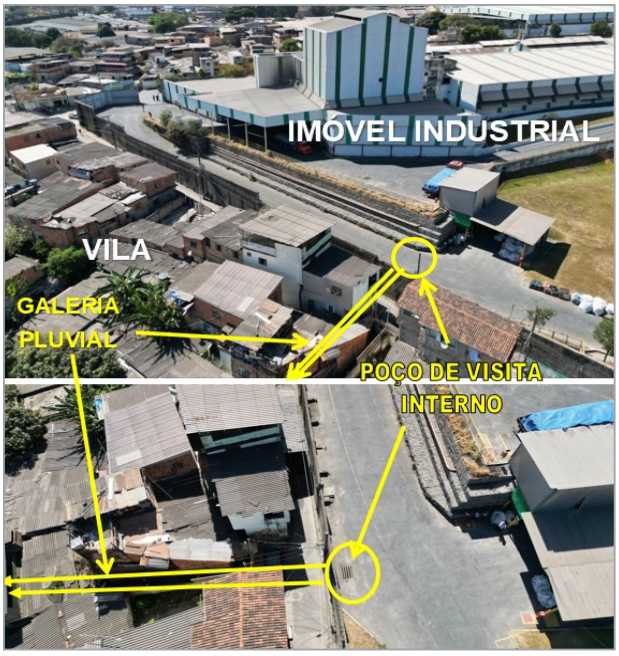
Figura 12 *- Posição da galeria de drenagem pluvial vistoriada*

Fonte: *Autores, 2022.*

Na figura 13 mostramos em destaque o trecho inicial da galeria pluvial vistoriada. O trecho inicial é um poço de visita interno, o qual fica locado nas dependências internas do Imóvel Industrial.

O sistema de drenagem interno do empreendimento, Imóvel Industrial, já está implantado. Esse sistema é formado por descidas de água dos telhados seguindo para canaletas, caixas de passagem e redes de dutos internas, de onde, a água é conduzida principalmente para a galeria pluvial que estamos retratando.

Figura 13 *- Outra perspectiva do local de implantação da galeria pluvial*



Fonte: *Autores, 2022.*

Outra figura (figura 14) onde é possível observamos a projeção da galeria pluvial que segue do Imóvel Industrial, passa por uma Vila, e posteriormente prossegue para a Rua "Y". Destacamos a existência de uma caixa de retenção e separação de sólidos, o que propicia um melhor funcionamento desse sistema de drenagem pluvial, mitigando-se assim, possíveis assoreamentos na galeria.

Essa caixa de retenção e separação de sólidos é essencial para otimizar o sistema de drenagem pluvial e tentar assegurar a maior parte do material conduzido para a galeria pluvial seja apenas águas das chuvas.

***Figura 14** - Posição da galeria de drenagem pluvial vistoriada*

***Fonte:** Autores, 2022.*

Também elaboramos uma montagem com imagens capturadas in loco, onde mostramos de outra perspectiva o trecho inicial (poço de visita interno) da galeria de drenagem pluvial vistoriada.

***Figura 15** - Trecho inicial da galeria de drenagem pluvial vistoriada*

***Fonte:** Autores, 2022.*

Por fim, mostraremos todo traçado galeria de drenagem pluvial, destacando-se do ponto inicial (poço de visita interno) até o trecho final (PV na Rua "Y"). Na imagem de drone a seguir observamos em amarelo a locação da galeria vistoriada.

***Figura 16** - Trecho inicial da galeria de drenagem pluvial vistoriada*

***Fonte:** Autores, 2022.*

Conforme destacado, pela imagem aérea capturada por drone observamos o poço de visita interno, situado no Imóvel Industrial. Em amarelo, retratamos a projeção da locação da galeria de drenagem pluvial, a qual segue do Imóvel Industrial para a Rua "Y", passando sob 5 (cinco) imóveis na Vila.

2.5.3. Da vistoria na galeria de drenagem pluvial: vídeo inspeção com robô

Para a execução da inspeção da galeria de drenagem pluvial foi utilizado um robô projetado para realizar vídeo inspeções em galerias de águas pluviais e esgoto, além de outros espaços confinados. Foi contratada uma empresa especializada para conduzir esses trabalhos de vídeo inspeção com robô.

O sistema trator (robô) possui câmeras de alta definição acopladas, as quais permitem capturar vídeos e imagens em alta resolução. Para o funcionamento do mesmo, destacamos uma estação de operação com joystick para operação e carretel medidor de distância.

Junto também, há um software que permite o usuário controlar o robô pelo computador e visualizar as imagens das câmeras, além da telemetria do equipamento. Diante de todo esse sis-

tema é possível realizar gravações e anotações pontuais nas imagens e nos vídeos obtidos.

A empresa especializada contratada emitiu um Relatório de Vídeo Inspeção, e, nesse relatório denominou o objetivo: "Analisar através da VÍDEO INSPEÇÃO ROBOTIZADA toda a galeria pluvial da saída do PV interno (grelha) do Imóvel Industrial passando pelo PV2 e PV1 sentido galeria pluvial da prefeitura na Rua "Y", demonstrando todas as anomalias existentes no trecho.

Figura 17 *- Trecho inspecionado*

Fonte: *Autores, 2022.*

Junto ao relatório, também foi pontuado que não estava chovendo, entretanto, havia a presença de água na galeria durante a inspeção, o que é um indicativo de ligações domésticas irregulares de esgoto na galeria de drenagem pluvial. Ademais, foi ressaltado que PV é a abreviação de Ponto de Visita.

Agora, vamos mostrar e analisar o material gerado com a VÍDEO INSPEÇÃO ROBOTIZADA realizada pela empresa especializada.

2.5.3.1 Trecho PV1 sentido Rua "Y"

Primeiramente, foi retratado o trecho PV1 sentido Rua "Y". Destacamos que a inspeção nesse trecho dentro da galeria de drenagem pluvial foi realizada no sentido do fluxo da drenagem.

Figura 18 *- Trecho inspecionado*

Fonte: *Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

Nesse trecho retratado a galeria é constituída em formato quadrado, cujas dimensões são 1.000 x 1.000mm.

Na inspeção realizada nesse trecho foi identificado pontos com ligações clandestinas de esgoto, e, aos 18 metros piso da galeria apresentando rompimento em sua parte inferior.

Figura 19 *- Rompimento na parte inferior da galeria*

Fonte: *Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

Figura 20 *- Ligações clandestinas de esgoto doméstico*

Fonte: *Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

Foi identificado pontos da galeria de drenagem pluvial em estado precário, os quais necessitam de intervenções imediatas. Em detalhes, ressaltamos armaduras de aço expostas e com acentuados sinais de oxidações.

Figura 21 *- Armaduras de aço expostas e oxidadas*

Fonte: *Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

***Figura 22** - Armaduras de aço expostas e oxidadas*

***Fonte:** Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

2.5.3.2. Trecho PV1 sentido PV2 até "degrau"

Agora vamos mostrar o trecho PV1 sentido PV2 até o "degrau". Nesse trecho identificamos armaduras de aço da estrutura da galeria expostas e com sinais de oxidação.

***Figura 23** - Ligações irregulares e clandestinas de esgoto doméstico*

***Fonte:** Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

***Figura 24** - Armaduras de aço expostas e oxidadas; esgoto irregular*

***Fonte:** Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

2.5.3.3, Trecho PV1 sentido PV2 até "degrau"

Esse trecho compreende o PV2 sentido PV1 até o "degrau" Ressaltamos que a inspeção nesse trecho dentro da galeria de drenagem pluvial foi realizada no sentido do fluxo da drenagem.

***Figura 25** - Trecho inspecionado PV2: ponto de acesso*

***Fonte:** Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

Nesse trecho foi identificado pontos da galeria de drenagem pluvial apresentando fissuras e trincas, além de desplacamento do revestimento das paredes.

Também foi constatado pontos com ligações clandestinas de esgotamento sanitário e armaduras de aço expostas e com sinais de oxidações.

Além disso, verificamos locais com infiltrações na galeria e diversos pontos com problemas como fuga de material, destacando-se piso da galeria aos 4,00 metros PV2 sentido PV1, e, aos 8,80 metros PV2 sentido PV1.

São problemas críticos e que devem ser reparados para uma maior durabilidade, vida útil e funcionalidade desse sistema de drenagem pluvial.

***Figura 26** - Fissuras e trincas nas paredes da galeria*

***Fonte:** Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

***Figura 27** - Grande abertura na parede da galeria pluvial*

***Fonte:** Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

***Figura 28** - Locação do degrau existente na galeria*

***Fonte:** Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

***Figura 29** - Ponto danificado no piso da galeria; fuga de material*

***Fonte:** Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

2.5.3.4. Trecho PV2 sentido Poço de Visita Interno do Imóvel Industrial

Esse trecho compreende o PV2 sentido Poço de Visita Interno, esse segundo locado dentro do Imóvel Industrial.

***Figura 30** - Trecho inspecionado PV2: ponto de acesso*

***Fonte:** Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

***Figura 31** - Trecho inspecionado PV-02 até Poço de Visita Interno*

***Fonte:** Autores, 2022*

Nesse trecho da galeria de drenagem pluvial identificamos pontos com infiltrações externas, fato creditado a diversos pontos danificados nas paredes e piso da galeria.

Também destacamos pontos sujeitos a fuga de material, além de falhas em revestimentos no piso e nas paredes dessa galeria. Em mais um trecho vistoriado também pontuamos ligações clandestinas de esgoto doméstico.

***Figura 32** - Ligações clandestinas e irregulares de esgoto doméstico*

***Fonte:** Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

Figura 33 *- Trincas na parede da galeria (ver setas) e esgoto irregular*

Fonte: *Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

Figura 34 *- Ponto com trincas e infiltrações externas*

Fonte: *Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

Figura 35 *- Pontos danificados no revestimento das paredes e piso*

Fonte: *Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

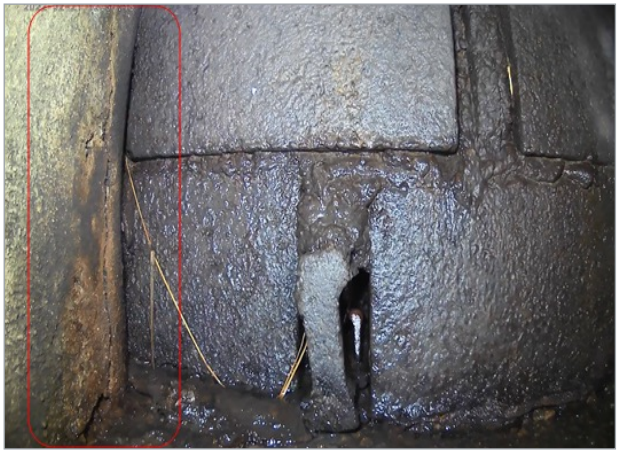
Figura 36 *- Ponto danificados no revestimento da parede; infiltrações*

Fonte: *Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

Figura 37 *- Falhas no revestimento em degrau próximo ao PV Interno*

Fonte: *Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

Figura 38 *- Falhas no revestimento em degrau próximo ao PV Interno do Imóvel Industrial; trinas (ver detalhe)*



Fonte: *Relatório de Vídeo Inspeção feito por Empresa Especializada, 2022.*

3. CONCLUSÕES (CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES)

O uso de robôs de inspeção em galerias de drenagem pluvial é uma nova tecnologia que deve ser amplamente explorada para a realização das inspeções, pois com esta é possível programarmos com mais eficácia as manutenções periódicas no sistema de drenagem pluvial e identificar eventuais anomalias.

Diversas prefeituras já estão com contratos firmados com empresas pioneiras dessa tecnologia e estão utilizando os robôs como ferramenta de inspeção no sistema de drenagem pluvial.

Os benefícios são inúmeros, pois os robôs de inspeção dispensam a exposição humana em locais confinados e de risco. Além disso, destacamos que essa tecnologia evita vistorias destrutivas em locais profundos, evitando-se assim

danos ao pavimento e prejuízos a circulação.

Otimiza-se também o tempo para a realização do serviço, o que consequentemente reduz custos de operação, possibilita acesso em locais inacessíveis para o homem – redes de menores dimensões, por exemplo, além de proporcionar a gravação dos trechos percorridos pelos robôs, podendo-se também ser feita uma análise por outras equipes de apoio e/ou escritório do material gerado.

O presente estudo de caso corrobora e está alinhado com os resultados que estão sendo colhidos pelas Prefeituras que estão na vanguarda e fazendo o uso dos robôs como ferramenta de inspeção.

No estudo de caso apresentado ressaltamos diversos pontos da galeria inspecionada apresentando manifestações patológicas sérias e graves, as quais precisam ser imediatamente reparadas para garantir a integridade e uma maior vida útil dessa galeria.

Assim sendo, o uso de robôs como ferramentas de inspeção é uma nova tecnologia que surgiu para somar e agregar. O trabalho de inspeção é o primeiro passo, posteriormente torna-se necessária as manutenções, desobstruções das galerias e também eventuais intervenções e reparos nas anomalias identificadas durante as inspeções.

4. REFERÊNCIAS

Aires, T. R. B.; Oliveira, J. M.; Cordeiro, D. H. G.; Pacheco, L. L. L.; Silva, M. H. A. & Freitas, S. X. (2018) **Degradação do asfalto causado por drenagem urbana ineficiente.** Ceres: Associação Educativa Evangélica.

Alagamento na Avenida Sumaré, em São Paulo. CNN Brasil, 2022. Disponível em: < https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/cidade-de-sao-paulo-tem-pontos-de-alagamento-nesta-terca-feira-14>. Acesso em: 13 de março de 2023.

Belo Horizonte tem pontos de alagamento mapeados nas nove regionais; veja quais são. G1, 2022. Disponível em: < https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2022/12/20/belo-horizonte-tem-pontos-de-alagamento-mapeados-nas-nove-regionais-veja-quais-sao.ghtml>. Acesso em: 13 de março de 2023.

Bezerra, A. M.; Queiroz Neto, M. L.; Florêncio, F. D. C.; Oliveira, A. S.& Souza Junior, P. L. (2016). **Drenagem urbana de água pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Assú/RN.** In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB, 7. Aanais.

Dmae conclui inspeção por vídeo em 36 quilômetros de redes pluviais com auxílio de robôs. Prefeitura de Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://www.prefeitura.poa.br/dmae/noticias/dmae-conclui-inspecao-por-video-em-36-quilometros-de-redes-pluviais-com-auxilio-de >. Acesso em: 13 de março de 2023.

Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Funasa, 2016.

Prefeito JHC apresenta nova tecnologia que utiliza robôs para evitar inundações e erosões. Prefeitura de Maceió, 2022. Disponível em: < https://maceio.al.gov.br/noticias/gp/prefeito-jhc-apresenta-nova-tecnologia-que-utiliza-robos-para-evitar-inundacoes-e-erosoes >. Acesso em: 13 de março de 2023.

Projeto Vídeo Inspeção já removeu mais de 200 toneladas de resíduos das galerias pluviais. Prefeitura de Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/projeto-video-inspecao-ja-removeu-mais-de-200-toneladas-de-residuos-das-galerias-pluviais>. Acesso em: 13 de março de 2023.

Trabalhos de *Congresso*

AVALIAÇÕES

ERROS E IMPLICAÇÕES DECORRENTES DA FALTA DE QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS: UM ESTUDO DE CASO

RESUMO

A apresentação de avaliações com valores de imóveis não correspondentes à realidade do mercado imobiliário em que se encontram inseridos é uma realidade vivenciada na área de Avaliações de Imóveis e ocorre, principalmente, devido à falta de qualificação, de conhecimento e de experiência de muitos profissionais que não estão preparados para exercer tão importante atribuição técnica. A norma ABNT NBR 14.653-1 (2001) determina procedimentos e requisitos gerais a serem adotados para avaliação de bens, mas não define o tratamento para situações particulares, como, por exemplo, imóveis inseridos em áreas de preservação ambiental ou em zona de expansão urbana. O objetivo deste trabalho é apresentar casos práticos em que a avaliação de imóveis pode resultar em erros, mesmo se seguidas as diretrizes da ABNT NBR 14.653. São apresentadas avaliações de um imóvel com características atípicas, sendo os resultados obtidos comparados com as avaliações deste mesmo imóvel, porém sem identificar e considerar suas particularidades. A significativa discrepância observada nos resultados obtidos para as avaliações comprova a importância e a necessidade de que a avaliação de imóveis seja uma atribuição específica para engenheiros e arquitetos que possuam experiência e qualificação para a sua realização.

AUTORES:

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello

Antônio
Cláudio Andrade Brum

Efigênia
Guariento Palhares Ferreira

Igor
Almeida Fassarella

Talita
Favaro Paixão Sá

Palavras-chave:
Particularidades de imóveis, Atribuições profissionais, Engenheiros, Arquitetos.

1. EXPOSIÇÃO

A avaliação de bens visa o atendimento de demandas com diversas finalidades. No Brasil, a atividade é orientada pela série da Norma Técnica ABNT NBR 14.653, que contém, entre outras providências, os esclarecimentos e orientações a respeito das metodologias admissíveis e aplicáveis para identificação do valor de um bem, de seus custos, frutos e direitos.

Em alguns casos, o objeto em avaliação apresenta particularidades, tais como ocupações irregulares, inserção em área de preservação ambiental, servidão e existência de benfeitorias específicas. Tais particularidades devem ser cuidadosamente estudadas, visando a correta escolha da metodologia a ser adotada. A respeito deste procedimento, a ABNT NBR 14.653-1 (2001) cita, em seu item 8.1.1:

> *A metodologia aplicável é função, basicamente, da natureza do bem avaliando, da finalidade da avaliação e da disponibilidade, qualidade e quantidade de informações colhidas no mercado. A sua escolha deve ser justificada e ater-se ao estabelecido nesta parte da NBR 14653, bem como nas demais partes que compõem a NBR 14653, com o objetivo de retratar o comportamento do mercado por meio de modelos que suportem racionalmente o convencimento do valor ABNT NBR 14.653-1 (2001).*

Ainda, é importante destacar o item 8.1.2, que trata das situações atípicas que podem ocorrer na avaliação de imóveis:

> *Esta parte da NBR 14653 e as demais partes se aplicam a situações normais e típicas do mercado. Em situações atípicas, onde ficar comprovada a impossibilidade de utilizar as metodologias previstas nesta parte da NBR 14653, é facultado ao engenheiro de avaliações o emprego de outro procedimento, desde que devidamente justificado ABNT NBR 14.653-1 (2001).*

No caso da avaliação de imóveis urbanos, a ABNT NBR 14653-2 (2011) destaca itens que atentam para o conhecimento da vocação do imóvel, da legislação pertinente e da metodologia a ser utilizada:

> *3.81 Vocação do imóvel: Uso presumidamente mais adequado de determinado imóvel, em função das características próprias e de entorno, respeitadas as limitações legais. [...]*
>
> *7.2 Legislação a consultar: Recomenda-se consultar as legislações municipal, estadual e federal, bem como examinar outras restrições (inclusive decorrentes de passivo ambiental) ou incentivos que possam influenciar no valor do imóvel.*
>
> *8.1.2 Quando couber e o objetivo for a identificação do valor de mercado, é recomendável que sejam apresentadas considerações quanto ao aproveitamento eficiente do imóvel; [...]*
>
> *8.1.4 Métodos utilizados não detalhados nesta Norma devem ser descritos e fundamentados no trabalho ABNT NBR 14653-2 (2011).*

Ainda que a norma brasileira apresente conceitos e diretrizes metodológicas, não são raros os casos de avaliação de imóveis com apresentação de valores incondizentes com as suas características e com os mercados nos quais estão inseridos. Na maioria das vezes este fato acontece devido à falta de qualificação, de conhecimento técnico e de experiência de muitos profissionais que não se apresentam aptos a realizar tal procedimento.

A reportagem "Avaliação de Imóveis", da Revista Construção Mercado (EDITORA PINI, 2008), discute a capacidade de diferentes profissionais para avaliação de imóveis. Sobre as metodologias adotadas, destaca-se o que é discutido e defendido pelo perito e consultor Paulo Grandiski:

> *"(...) limitar a avaliação de imóveis ao método comparativo direto, que depende de uma quantidade grande de elementos comparáveis no mercado, é um aspecto crítico da Resolução 1.066. Tanto que a NBR 14.653 - Avaliação de Bens apresenta, além da comparação direta, outros métodos avaliatórios, com destaque para o tratamento científico, que se apoia principalmente na técnica da inferência estatística. "Esse método requer profundos conhecimentos de estatística para sua correta utilização e não está acessível a profissionais sem formação técnica adequada", salienta Grandiski, que considera ineficientes os cursos de gestão imobiliária reconhecidos pelo Cofeci com carga horária mínima de 24 horas-aula para capacitação de corretores para avaliação imobiliária" (EDITORA PINI, 2008).*

Assim sendo, este trabalho tem como objetivos apresentar e discutir alternativas técnicas que possam ser adotadas para avaliação de imóveis atípicos, além de comparar os resultados obtidos nesta avaliação com aqueles que seriam alcançados em uma avaliação sem fundamentação técnica, sem serem observadas e consideradas as particularidades do imóvel. Para tanto, é apresentado a seguir, como demonstação, um caso real.

Tal caso envolve a avaliação de um imóvel inserido em área rural e urbana, localizado entre os Municípios de Mariana e Ouro Preto, no Estado de Minas Gerais, Brasil, com área total de 819,4038 ha (oitocentos e dezenove hectares, quarenta ares e trinta e oito centiares). As particularidades desse imóvel, apresentadas na figura 1, são relacionadas abaixo:

i. Parcialmente inserido no Parque Estadual do Itacolomi (515,6088 ha);

ii. Parcialmente inserido em Zona de Pro-

teção Ambiental (219,4894 ha);

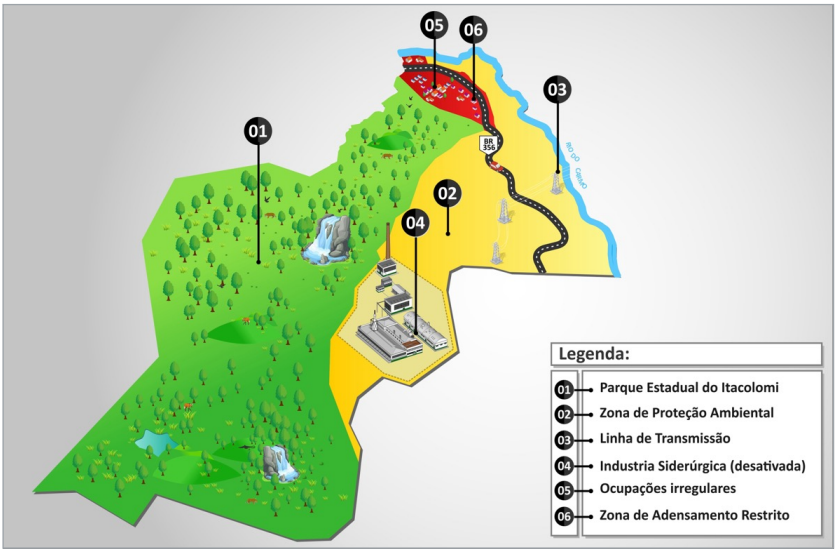
iii. Seccionado por linha de transmissão de energia elétrica, possuindo uma faixa de servidão (4,8000 ha);

iv. Ocupado, em parte, por benfeitorias de uso específico, destinadas a uma indústria siderúrgica, que foi desativada (45,4000 ha);

v. Parcialmente atingido por ocupações irregulares (25,5000 ha);

vi. Inserido, em parte, em Zona de Adensamento Restrito (8,6056 ha).

Figura 1 *- Particularidades existentes no imóvel em avaliação. Ilustração: Flávia Guerra Soares.*



2. DESENVOLVIMENTO

Neste trabalho inicialmente são discutidas e consideradas na avaliação todas as particularidades já mencionadas e existentes no imóvel. Além disso, são apresentados, para comparação, os resultados obtidos nas avaliações realizadas sem observar e considerar tais peculiaridades, comprovando que as discrepâncias e os desvios nas avaliações desprovidas de análise técnica crítica são significativos e podem prejudicar sobremaneira as partes envolvidas.

A conclusão destaca os resultados encontrados em três cenários distintos, comprovando a discrepância dos valores obtidos.

2.1. AVALIAÇÃO DO IMÓVEL SEM CONSIDERAR SUAS PARTICULARIDADES

Um profissional sem experiência e sem a qualificação necessária para realizar avaliações de imóveis poderia seguir a norma ABNT NBR 14.653, em suas partes 1, 2 e 3 (2001, 2011 e 2004), coletar elementos para composição de uma amostra representativa das características de imóvel rural, considerando a sua área total de 819,4038 ha, e simplesmente determinar o valor de avaliação aplicando o método comparativo direto de dados de mercado. Essa avaliação simples é apresentada a seguir e comparada com a avaliação feita por profissional qualificado e indicado para o serviço, que consideraria todas as particularidades existentes no imóvel.

O tratamento estatístico resultou da pesquisa mercadológica de 12 (doze) imóveis a venda na época da avaliação, localizados na região do avaliando, sendo consideradas como variáveis independentes (i) a área de cada dado; (ii) o seu município; e (iii) o tipo de cobertura vegetal existente. Todos os pressupostos básicos e testes previstos na norma ABNT NBR 14.653, em suas partes 1, 2 e 3 (2001, 2011 e 2004) foram atendidos na regressão linear realizada. Assim, o resultado final da avaliação determinou um valor médio unitário de R$ 8.212,43/ha (oito mil, duzentos e doze reais e quarenta e três centavos, por hectare).

Portanto, sem considerar as particularidades existentes no imóvel, mas apenas a sua área total de 819,4038 ha, o valor final da avaliação é de R$ 6.729.296,35 (seis milhões, setecentos e vinte e nove mil, duzentos e noventa e seis reais e trinta e cinco centavos). Entretanto, esse resultado não representa a realidade do valor de mercado desse imóvel, uma vez que ele possui áreas com restrições de uso e/ou passíveis de urbanização, ocupações irregulares e benfeitorias de uso específico. Sendo assim, esse valor é comparado a seguir com a avaliação condizente com o uso permitido para o imóvel, realizada por um engenheiro ou arquiteto competente, qualificado e especializado, que conhece as restrições existentes no avaliando.

Para facilitar a comparação, a avaliação realizada acima foi dividida de acordo com suas particularidades, conforme apresentado na tabela a seguir:

Tabela 1 *- Valores de avaliação divididos de acordo com as particularidades existentes no imóvel.*

Particularidades existentes no imóvel	Área (ha)	Valor unitário (R$/ha)	Valor total (R$)
Parque Estadual do Itacolomi	515,6088	8.212,43	4.234.401,18
Zona de Proteção Ambiental	219,4894		1.802.541,33
Servidão de Linha de Transmissão	4,8000		39.419,66
Indústria Siderúrgica desativada	45,4000		372.844,32
Ocupações Irregulares	25,5000		209.416,97
Zona de Adensamento Restrito	8,6056		70.672,89
Valor total	**819,4038**	**-**	**6.729.296,35**

2.2. AVALIAÇÃO DO IMÓVEL CONSIDERANDO SUAS PARTICULARIDADES

I. Avaliação da área pertencente ao Parque Estadual do Itacolomi

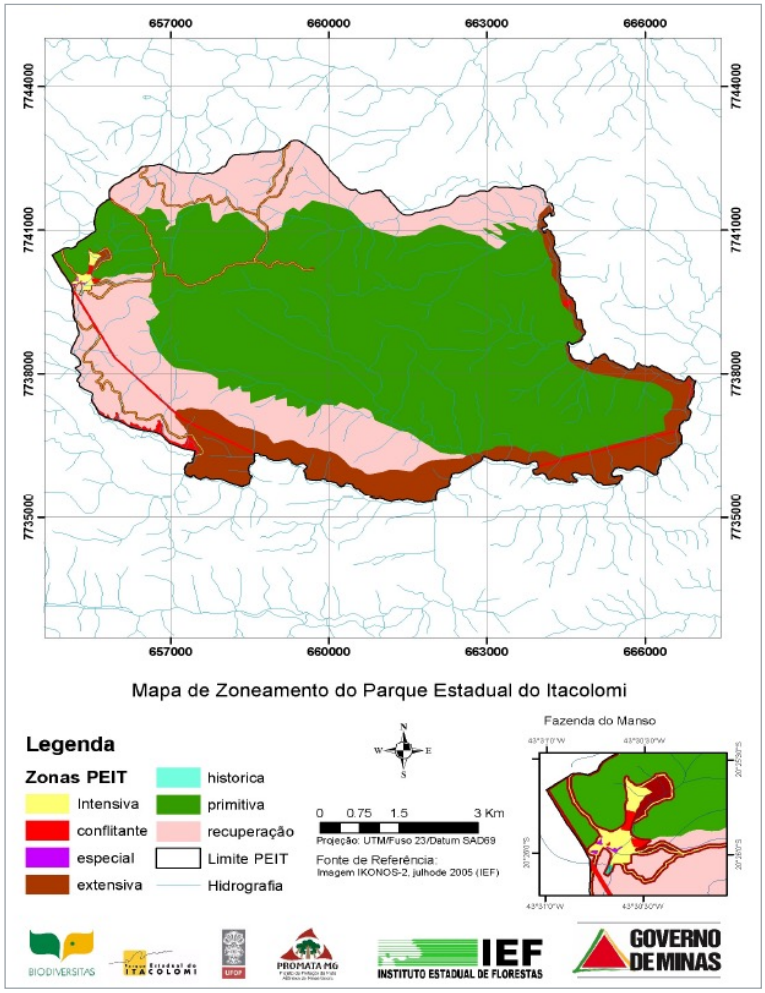
O imóvel em estudo possui parte de sua área inserida no Parque Estadual do Itacolomi, correspondente a 515,6088 ha (quinhentos e quinze hectares, sessenta ares e oitenta e oito centiares):

Figura 2 *- Parte do imóvel em avaliação onde se localiza o Parque Estadual do Itacolomi. Ilustração: Flávia Guerra Soares.*

O Parque Estadual do Itacolomi foi criado pela Lei Estadual nº 4.493 de 14 de junho de 1967, e é uma importante Unidade de Conservação do Estado de Minas Gerais, cuja administração é de responsabilidade do IEF (Instituto Estadual de Florestas). De acordo com OSTANELLO (2012), o seu zoneamento foi desenvolvido pelo Plano de Manejo, no ano de 2007, onde foram propostas as seguintes zonas de uso: primitiva, intensiva, extensiva, especial, recuperação, conflitante e histórico-cultural:

A zona primitiva ocupa toda a região central e compreende áreas onde a intervenção antrópica é baixa ou nula, o que faz com que haja espécies preservadas de flora e fauna. A pesquisa e a educação ambiental são atividades prioritárias nessa zona, sendo admitidas formas primitivas de recreação que se caracterizam pela ausência de infraestrutura e equipamentos de apoio, pelo controle de número de visitantes e, principalmente, pela obrigatoriedade de acompanhamento dos grupos por monitores ambientais. A zona de recuperação ocupa toda a região norte e centro-sul do Parque e compreende os locais que sofreram interferência humana direta e hoje estão em recuperação. Ao norte, compreende áreas que sofrem constantemente com queimadas provocadas por comunidades vizinhas da unidade de conservação; a centro-sul compreende uma região onde antigamente havia uma plantação de eucalipto. Trata-se, portanto, de uma área de transição, ou seja, assim que a área for recuperada, ela passa a englobar outras áreas do zoneamento. O uso turístico é proibido, porém é admitida ações de educação ambiental, prioritariamente com as comunidades do entorno. A zona de uso extensivo é constituída por áreas naturais, mas que podem apresentar algumas alterações humanas. São permitidas ações de lazer, educação ambiental e turismo, todos pautados na visita consciente e em atividades recreativas que tenham como objetivo a manutenção de um ambiente natural com o mínimo impacto humano. A zona de uso conflitante ocupa a região onde se acham as linhas de transmissão, estradas, estações de captação e tratamento de água, barragens e antenas de rádio e TV. As ações desenvolvidas nessas áreas devem amenizar o impacto desses empreendimentos sobre a unidade de conservação. A zona de uso intensivo engloba áreas onde o uso público é bastante intenso. Seu objetivo é disseminar a recreação intensiva e a educação ambiental em contato com a natureza, envolvendo áreas naturais ou construídas como o centro de visitantes, restaurante, área de camping, museus, sanitários, dentre outros. A zona de uso especial constitui-se por áreas destinadas a sedes administrativas, de manutenção e serviços da unidade de conservação, abrangendo habitações, oficinas e outros, que não comportam visitação, admitindo-se somente a presença de funcionários. Na zona histórico-cultural é onde estão localizadas antigas edificações que foram transformadas em museus. Devem ser preservadas e podem servir à pesquisa científica, educação e turismo cultural OSTANELLO (2012).

Figura 3 *- Zoneamento do Parque Estadual do Itacolomi - BRASIL (2007).*



Conforme apresentado pela classificação do Plano de Manejo, a parte do imóvel inserida em áreas de preservação ambiental apresenta severas restrições de utilização, dentre as quais se destacam a impossibilidade de construção, de desenvolvimento de culturas e de supressão vegetal. Tais restrições impactam de forma significativa na formação do seu valor de mercado, fazendo com que seja inferior, quando comparado a imóveis semelhantes mas sem restrições de uso.

De acordo com o Plano Diretor de Ouro Preto (BRASIL, 2011), em relação ao zoneamento, a área está parcialmente inserida em zona de proteção de recursos naturais e/ou paisagísticos, necessárias à preservação de mananciais; proteção do solo; flora; fauna e de monumentos naturais e paisagísticos. O Plano Diretor não determina os parâmetros aplicáveis a terrenos classificados como Área Protegida, sendo feita uma comparação com a Lei no 9959/10 – Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo Urbano do Município de Belo Horizonte (BRASIL, 2010), que apresenta em seu zoneamento, Zonas de Proteção Ambiental (ZPAM), que possuem significativas restrições de uso, como é o caso do imóvel em estudo.

Segundo o artigo 6º da Lei de Uso e Ocupação do Solo do Município de Belo Horizonte (BRASIL, 2010), as "ZPAMs" - Zonas de Proteção Ambientais, são assim definidas:

> *Art. 6º - São ZPAMs as regiões que, por suas características e pela tipicidade da vegetação, destinam-se à preservação e à recuperação de ecossistemas, visando a:*
>
> *I - garantir espaço para a manutenção da diversidade das espécies e propiciar refúgio à fauna;*
>
> *II - proteger as nascentes e as cabeceiras de cursos d'água;*
>
> *III - evitar riscos geológicos.*
>
> *Parágrafo único - É vedada a ocupação do solo nas ZPAMs, exceto por edificações destinadas exclusivamente ao seu serviço de apoio e manutenção.*
>
> *§ 1º - É vedada a ocupação do solo nas ZPAMs de propriedade pública, exceto por edificações destinadas, exclusivamente, ao seu serviço de apoio e manutenção.*
>
> *§ 2º - As áreas de propriedade particular classificadas como ZPAMs poderão ser parceladas, ocupadas e utilizadas, respeitados os parâmetros urbanísticos previstos nesta Lei e assegurada sua preservação ou recuperação, mediante aprovação do Conselho Municipal de Meio Ambiente – COMAM BRASIL (2010).*

A referida legislação define os seguintes parâmetros urbanísticos para os terrenos classificados como ZPAM:

- coeficiente de aproveitamento básico: 0,05;
- coeficiente de aproveitamento máximo: 0,05;
- taxa de ocupação: 0,02;
- taxa de permeabilidade: 95%.

Pelo exposto, conclui-se que os parâmetros urbanísticos definidos na Lei no 9959/10 (BRASIL, 2010) para ZPAMs são altamente restritivos, com coeficiente de aproveitamento básico de apenas 5%.

O potencial construtivo de um terreno é calculado pela multiplicação de sua área total pelo coeficiente de aproveitamento básico do zoneamento em que está inserido. Isso significa que terrenos situados em ZPAMs possuem apenas 5% de percentual construtivo. Sendo as-

sim, para a parte do imóvel inserida no Parque Estadual do Itacolimi, de 515,6088 ha, tem-se uma depreciação de 95%, devido as suas severas restrições de utilização. Portanto, o valor de mercado dessa área corresponde a 5% do valor de mercado de uma área com características semelhantes, inserida na mesma localização, mas que não apresenta as restrições citadas.

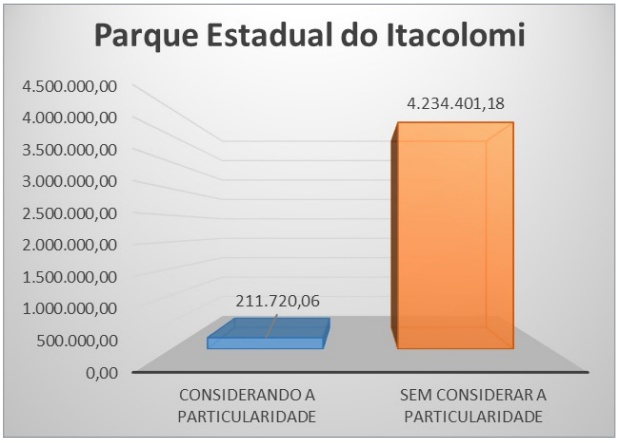
O tratamento estatístico realizado resultou no valor médio unitário de R$ 8.212,43/ha (oito mil, duzentos e doze reais e quarenta e três centavos, por hectare). Sendo assim, o valor de avaliação da área inserida no Parque Estadual do Itacolomi corresponde a R$ 211.720,06 (duzentos e onze mil, setecentos e vinte reais e seis centavos):

Tabela 2 *- Resultado final da avaliação da área inserida no Parque Estadual do Itacolomi.*

Particularidade existente no imóvel	Área (ha)	Valor unitário (R$/ha)	Valor total (R$)	Coeficiente	Valor final de avaliação (R$)
Parque Estadual do Itacolomi	515,6088	8.212,43	4.234.401,18	5%	**211.720,06**

A importância do conhecimento e da especialização do profissional de avaliação é comprovada pela comparação feita entre a avaliação obtida na tabela 2 com a apresentada na tabela 1. No caso em estudo, um avaliador não qualificado para realizar a avaliação, mesmo seguindo as determinações da ABNT NBR 14.653 (1:2001, 2:2011 e 3:2004), poderia chegar a um valor de avaliação 20 vezes maior que o real valor de mercado da porção do imóvel inserida no Parque Estadual do Itacolomi.

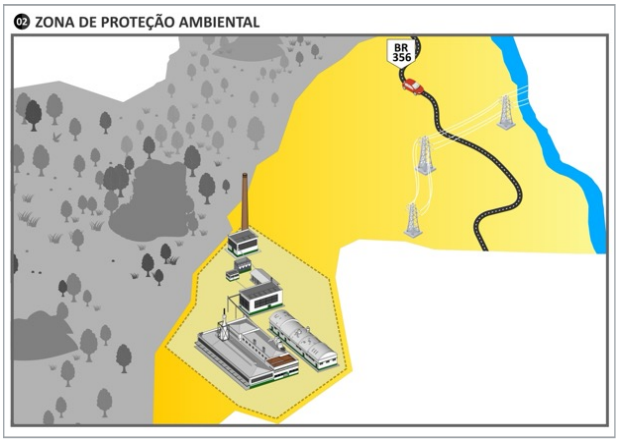
Figura 4 *- Comparação entre avaliações considerando e não considerando a particularidade existente no imóvel.*



II. Avaliação de área inserida em Zona de Proteção Ambiental

Conforme a Lei Complementar nº 93, de 20 de janeiro de 2011 (BRASIL (2011)), que dispõe sobre as normas e condições para o parcelamento, a ocupação e o uso do solo urbano no Município de Ouro Preto, parte do imóvel em estudo e avaliação está inserido em Zona de Proteção Ambiental (ZPAM), com área correspondente a 219,4894 ha (duzentos e dezenove hectares, quatrocentos e oito ares e noventa e quatro centiares):

Figura 5 *- Parte do imóvel em avaliação onde se localiza a Zona de Proteção Ambiental. Ilustração: Flávia Guerra Soares.*



Seguem trechos da Lei Complementar nº 93, de 20 de janeiro de 2011 (BRASIL (2011)), que definem a ZPAM, as suas áreas correspondentes e as possibilidades de ocupação:

> *Art. 8º A ZPAM - Zona de Proteção Ambiental compreende as áreas que devem ser preservadas ou recuperadas em função de suas características topográficas, geológicas e ambientais de flora, fauna e recursos hídricos, e/ou pela necessidade de preservação do patrimônio arqueológico ou paisagístico.*
>
> *§1º Compreende as áreas em que, em função de suas características geo-ambientais, pela presença de condições geológicas de risco e da necessidade de preservar o patrimônio arqueológico e ambiental, o parcelamento e a ocupação do solo não sejam permitidos, ressalvado o disposto no §2º deste artigo.*
>
> *§2º A ocupação do solo na ZPAM será admitida mediante parecer favorável do Grupo Técnico - GT, criado pela Lei do Plano Diretor, e pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente BRASIL (2011).*

A Lei Complementar nº 93, de 20 de janeiro de 2011 (BRASIL (2011)), em seu Quadro I, Anexo III, apresenta os parâmetros urbanísticos para os terrenos classificados como ZPAM, sendo definidos da seguinte forma:

- coeficiente de aproveitamento básico: 0,2;
- coeficiente de aproveitamento máximo: 0,5;
- taxa de ocupação: 0,10;
- taxa de permeabilidade: 75%.

Pelo exposto, conclui-se que os parâmetros urbanísticos definidos pela Lei Complementar nº 93, de 20 de janeiro de 2011 (BRASIL (2011)) para ZPAMs são restritivos, com coeficiente de aproveitamento básico de apenas 0,2 ou 20%. Conforme já citado, o potencial construtivo de um terreno é calculado pela multiplicação de sua área total pelo coeficiente de aproveitamento básico do zoneamento em que está inserido. Isso significa que terrenos situados em ZPAMs possuem apenas 20% de percentual construtivo.

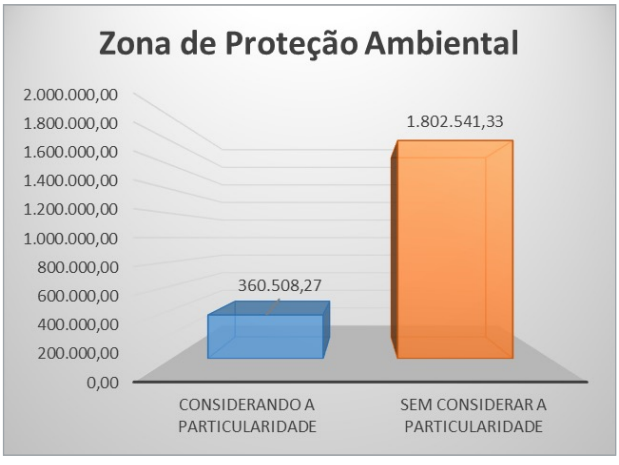
Sendo assim, para a parte do imóvel inserida em Zona de Proteção Ambiental, de 219,4894 ha, tem-se uma depreciação de 80%, devido as suas restrições de utilização. O método comparativo direto de dados de mercado determinou um valor médio unitário de R$ 8.212,43/ha. Para a área total em questão, tem-se então um valor total de avaliação de R$ 360.508,27 (trezentos e sessenta mil, quinhentos e oito reais e vinte e sete centavos):

Tabela 3 *- Resultado final da avaliação da área inserida em Zona de Proteção Ambiental.*

Particularidade existente no imóvel	Área (ha)	Valor unitário (R$/ha)	Valor total (R$)	Coeficiente	Valor final de avaliação (R$)
Zona de Proteção Ambiental	219,4894	8.212,43	1.802.541,33	20%	**360.508,27**

Novamente, a importância do conhecimento e da especialização do profissional de avaliação é comprovada pela comparação feita entre a avaliação obtida na tabela 3 com a tabela 1. No caso em estudo, um avaliador não qualificado para realizar a avaliação, mesmo seguindo as determinações da ABNT NBR 14.653 (1:2001, 2:2011 e 3:2004), poderia chegar a um valor de avaliação 5 vezes maior que o real valor de mercado praticado da porção do imóvel inserida em Zona de Proteção Ambiental:

Figura 6 *- Comparação entre avaliações considerando e não considerando a particularidade existente no imóvel.*



III. Avaliação de área que possui servidão de linha de transmissão de energia elétrica

Imóveis com partes inseridas em áreas de servidão têm porções caracterizadas como áreas que possuem restrições de uso. A servidão constituída sobre um imóvel geralmente não impede o proprietário de utilizar toda a área servienda; devendo corresponder a eventuais restrições ao seu pleno uso.

As restrições aos direitos do proprietário do imóvel serviente podem variar desde um benefício a esse imóvel até sua expropriação total, mas, de uma forma geral, uma servidão só limita o proprietário serviente ao uso de parte ou de toda a propriedade, sem que lhe seja tomada fisicamente qualquer porção.

A aquisição de uma servidão habilita o proprietário do imóvel a uma justa indenização em dinheiro, que é fixada por acordo entre as partes ou por avaliação judicial. MEIRELLES et al. (2010) define a indenização da servidão da seguinte forma:

> *A indenização da servidão faz-se em correspondência com o prejuízo causado ao imóvel. Não há fundamento algum para estabelecimento de um percentual fixo sobre o valor do bem serviente, como pretendem alguns julgados. A indenização há que corresponder ao efetivo prejuízo causado ao imóvel, segundo sua normal destinação. Se a servidão não prejudica a utilização do bem, nada há que indenizar; se a prejudica, o pagamento deverá corresponder ao efetivo prejuízo, chegando, mesmo, a transformar-se em desapropriação indireta com indenização total da propriedade, se a inutilizou para sua exploração econômica normal MEIRELLES et al. (2010).*

No imóvel em avaliação e estudo foi constituída uma servidão administrativa aérea para implantação de linha de transmissão de energia elétrica, com área de 4,8000 ha (quatro hectares e oitenta ares):

Figura 7 *- Parte do imóvel em avaliação que possui uma servidão. Ilustração: Flávia Guerra Soares.*

Portanto, conforme mencionado, essa faixa possui restrições de uso e, por isso, não pode ter o mesmo valor unitário aplicado para o restante do imóvel. Para a determinação da depreciação incidente sobre tal faixa de servidão, devido às limitações de aproveitamento impostas pela presença da linha de transmissão, foram adotados os índices presentes na tabela organizada por Phillipe Westin (MOREIRA, 2007), que é transcrita a seguir:

Tabela 4 *- Tabela de Phillipe Westin (MOREIRA, 2007).*

Principais fatores depreciativos	Índices de depreciação	
	Linhas de transmissão	Faixas de servidão
Proibição de construção	0,30	0,30
Proibição de culturas	-	0,33
Limitação de culturas	0,10	-
Perigos decorrentes	0,10	0,02
Indução	0,02	-
Fiscalização e reparos	0,03	0,05
Desvalorização do remanescente	0,08	0,10
Seccionamento do imóvel (cortes)	-	0,10 a 0,20

O engenheiro avaliador, ao utilizar esta tabela, deve definir criteriosamente quais os coeficientes se aplicam para depreciação em função das restrições. Assim, no caso em estudo, considerou-se que a porção do imóvel ocupada pela faixa de servidão da linha de transmissão ficou sujeita aos seguintes fatores depreciativos:

Tabela 5 *- Tabela de Phillipe Westin para a faixa em questão.*

Principais fatores depreciativos	Índices de depreciação
	Linhas de transmissão
Proibição de construção	0,30
Limitação de culturas	0,10
Perigos decorrentes	0,10
Indução	0,02
Fiscalização e reparos	0,03
Desvalorização do remanescente	0,08
Total	**0,63**

FIKER (2013) sugere para a desapropriação parcial de um terreno o critério do metro quadrado médio, no qual é aplicado o valor unitário médio da área total à área atingida, sendo tal critério adotado para a área servienda. Logo, a faixa de servidão devido às restrições de uso sofreu depreciação de 63%. Por isso, seu valor unitário de mercado corresponde a 37% do valor considerado.

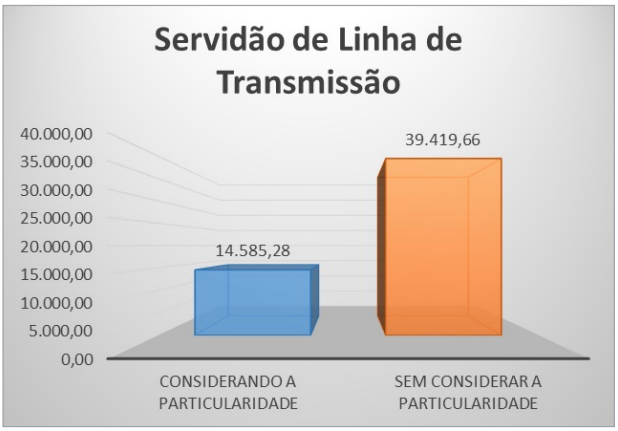
O método comparativo direto de dados de mercado determinou um valor médio unitário de R$ 8.212,43/ha. Para a área total em questão, de 4,8000 ha, tem-se então um valor total de avaliação de R$ 14.585,28 (quatorze mil, quinhentos e oitenta e cinco reais e vinte e oito centavos):

Tabela 6 *- Resultado final da avaliação para área que possui servidão de Linha de Transmissão.*

Particularidade existentes no imóvel	Área (ha)	Valor unitário (R$/ha)	Valor total (R$)	Coeficiente	Valor final de avaliação (R$)
Servidão de Linha de Transmissão	4,8000	8.212,43	39.419,66	37%	**14.585,28**

Novamente, a importância do conhecimento e da especialização do profissional de avaliação é comprovada pela comparação feita entre a avaliação obtida na tabela 6 com a tabela 1. No caso em estudo, um avaliador não qualificado para realizar a avaliação, mesmo seguindo as determinações da ABNT NBR 14.653 (1:2001, 2:2011 e 3:2004), poderia chegar a um valor de avaliação 2 vezes maior que o real valor de mercado da parte do imóvel atingida pela linha de transmissão:

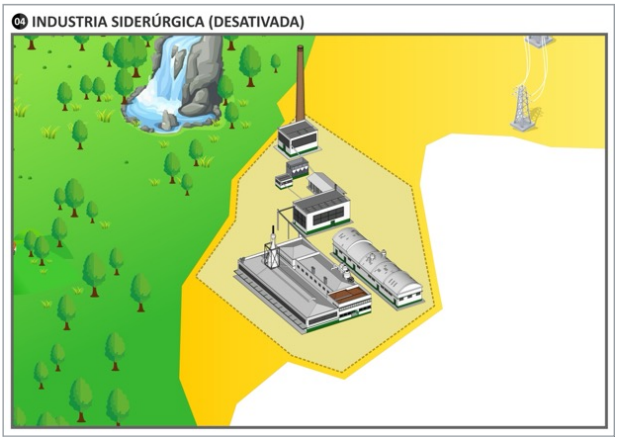
Figura 8 *- Comparação entre avaliações considerando e não considerando a particularidade existente no imóvel.*



IV. Avaliação de área que possui benfeitorias pertencentes a uma indústria siderúrgica que foi desativada

Em uma parte do imóvel envolvido na avaliação, mais precisamente em uma área de terreno de 45,40 ha (quarenta e cinco hectares e quarenta ares), foi implantada uma usina siderúrgica não integrada, cuja finalidade era a produção de ferro gusa para vendas no mercado interno e eventuais exportações. No momento da vistoria foi possível constatar que esta usina se encontrava desativada e apresentava remotíssimas chances de voltar a operar:

Figura 9 *- Parte do imóvel em avaliação ocupada por benfeitorias de uso específico (indústria siderúrgica desativada). Ilustração: Flávia Guerra Soares.*



A usina siderúrgica era composta das edificações e benfeitorias principais relacionadas na tabela reproduzida a seguir, sendo apresentada também uma fotografia. Destaca-se que o custo de reedição dessas benfeitorias, também explicitados na tabela, foi obtido pelo método da quantificação do custo.

Tabela 7 *- Benfeitoras existentes na usina siderúrgica e seu custo de reedição.*

Benfeitoria	Área construída (m²)	Custo de reedição (R$)
Guarita	51,40	79.500,00
Consultório Médico	32,70	50.600,00
Almoxarifado	213,00	329.500,00
Oficina	706,50	732.000,00
Casa de Força	13,50	21.000,00
Edificação da Amostragem de Minério	43,20	67.000,00
Edificação do Laboratório e Expedição	151,80	235.000,00
Edificação da Análise de Gusa	22,00	34.000,00
Escritório	622,00	1.480.000,00
Vestiário	98,40	150.000,00
Galpão da Descarga de Carvão (altos-fornos 1 e 3)	700,00	497.000,00
Galpão de Depósito de Carvão do Alto-Forno 1	850,00	740.000,00
Galpão de Depósito de Carvão do Alto-Forno 3	850,00	428.000,00
Galpão da Descarga de Minério do Alto-Forno 1	300,00	260.000,00
Galpão de Depósito de Carvão do Alto-Forno 2	600,00	520.000,00
Galpão da Descarga de Carvão do Alto-Forno 2	296,00	210.000,00
Galpão da Descarga de Minério do Alto-Forno 2	150,00	130.000,00
Casa de Máquinas do Alto-Forno 2	221,00	157.000,00
Galpão do Alto-Forno 2	1.498,50	1.060.000,00
Galpão do Alto-Forno 1	1.411,00	1.000.000,00
Casa de Máquinas do Alto-Forno 1	176,00	125.000,00
Galpão do Alto-Forno 3	1.460,00	1.030.000,00
Casa de Máquinas do Alto-Forno 3	210,00	55.000,00
Refeitório	53,00	82.000,00
Edificação do Setor de Segurança	184,00	285.000,00
Edificação da Manutenção / Vestiários	423,00	300.000,00
Edificação da Fundição	743,00	375.000,00
Custo de reedição total (R$)		10.432.600,00

Figura 10 *- Galpão do Alto-Forno 1.*

Conforme já demonstrado neste trabalho, o valor unitário médio obtido para o hectere do imóvel sob avaliação corresponde a R$ 8.212,43. Portanto, o valor de mercado da porção de terreno na qual foi implantada a usina siderúrgica equivale a R$ 372.844,32 (trezentos e setenta e dois mil, oitocentos e quarenta e quatro reais e trinta e dois centavos).

Como a avaliação da porção do imóvel ocupada pela usina siderúrgica foi realizada pelo método evolutivo, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$VI = (VT + CB)xFC$$

Onde:

VI é o valor do imóvel (parte ocupada pela usina);
VT é o valor do terreno (R$ 372.844,32);
CB é o custo de reedição das benfeitorias (R$ 10.432.600,00);
FC é o fator de comercialização.

De acordo com o subitem 3.20 da ABNT NBR 14.653-1 (2001), o fator de comercialização é definido como a "razão entre o valor de mercado de um bem e o seu custo de reedição ou de substituição, que pode ser maior ou menor do que 1 (um)". No caso da porção do imóvel tomada pela usina siderúrgica, as benfeitorias existentes não agregavam valor a esse imóvel, pois, conforme constatado durante a inspeção, a referida usina se encontrava desativada há um período de tempo significativo e tinha remotíssimas chances de voltar a operar, em razão da inviabilidade financeira provocada, dentre outros fatores, pelos elevados custos para recupeção dos equipamentos, em especial os altos-fornos. Por isso, qualquer comprador ou investidor interessado em adquirir o imóvel sob avaliação iria desprezar as benfeitorias da usina siderúrgica e ainda teria de removê-las para poder explorar o aproveitamento do terreno no qual tais benfeitorias foram implantadas.

Em razão do exposto foi adotado um fator de comercialização igual a 0,035. Este fator, menor do que um, foi utilizado para retirar do imóvel todo o valor referente às benfeitorias, sendo obtido através do seguinte cálculo:

$$FC = 1{,}00 - \frac{CB}{(CB + VT)} = 0{,}035$$

Definido o fator de comercialização, foi então possível calcular o valor de mercado da porção do imóvel tomada pela usina siderúrgica:

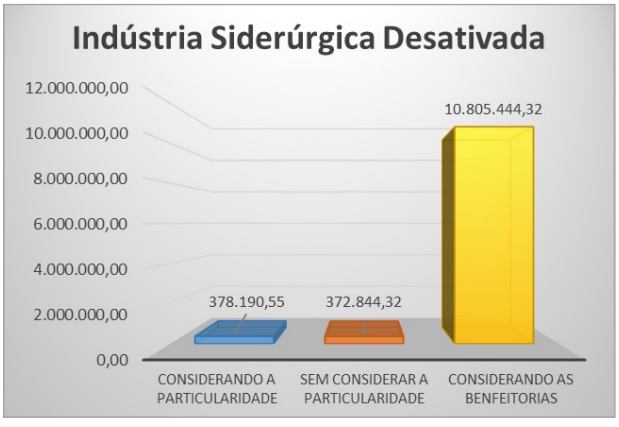
Tabela 8 *- Resultado final da avaliação para área ocupada por indústria siderúrgica desativada.*

Particularidade existentes no imóvel	Área (ha)	Valor do terreno (R$)	Valor das benfeitorias (R$)	Fator de comercialização	Valor final de avaliação (R$)
Indústria Siderúrgica desativada	45,4000	372.844,32	10.432.600,00	0,035	**378.190,55**

Portanto, nas avaliações de imóveis com benfeitorias de uso específico, deve-se adotar o método evolutivo, definindo-se com critério e coerência o fator de comercialização, cuja tendência é ser inferior a um. Se as benfeitorias tiverem o uso significativamente específico e restrito, sem condições de serem reaproveitadas, o fator de comercialização deve ser suficiente para retirar do valor total de avaliação do imóvel o valor dessas benfeitorias.

Já foi demonstrado no início deste trabalho que uma avaliação sem considerar as particularidades da área corresponderia ao valor de R$ 372.844,32 (trezentos e setenta e dois mil,oitocentos e quarenta e quatro reais e trinta e dois centavos). Entretanto, caso o profissional responsável pela avaliação desconsiderasse a impossibilidade de aproveitamento das benfeitorias da usina siderúrgica, o valor de mercado da porção do imóvel ocupado por tal usina apresentaria uma distorção altamente significativa, sendo que o valor de mercado da parte do imóvel tomada pela usina siderúrgica, com a inclusão das benfeitorias, corresponderia a R$ 10.805.444,32 (dez milhões, oitocentos e cinco mil, quatrocentos e quarenta e quatro reais e trinta e dois centavos).Tais discrepâncias são apresentadas no gráfico a seguir:

Figura 11 *- Comparação entre avaliações considerando e não considerando a particularidade existente no imóvel.*



V. Avaliação de área inserida em Zona de Adensamento Restrito que possui ocupações irregulares

Imóveis com ocupações irregulares se caracterizam como aqueles nos quais o proprietário detém apenas a titularidade, ao passo que o invasor ou o ocupante possui a sua posse.

LIPORONI e BENITE (2008) definiram posse como sendo a detenção física da porção de terra ou de um imóvel, sendo considerado possuidor todo aquele que tem de fato o exercício, pleno ou não, de algum dos poderes inerentes à propriedade. Já ter o domínio é ter o direito de propriedade desse imóvel ou, como assim conceituado: "Direito de propriedade é o direito complexo, absoluto, perpétuo e exclusivo, pelo qual uma coisa fica submetida à vontade de uma pessoa, observadas as limitações da Lei" (LIPORONI e BENITE (2008)).

Para avaliação desse tipo de imóvel não há diretrizes específicas na ABNT NBR 14.653 (1:2001, 2:2011 e 3:2004), sendo que o ideal seria compará-lo com outros com características semelhantes, inclusive na forma de ocupação. Entretanto esses dados são de difícil captação, principalmente em áreas rurais.

MOURA, MARTINS e SOUZA (2001) afirmam que imóveis que se apresentam de forma desimpedida são comercializados mais rápidos e a preços de mercado, enquanto imóveis com pendências legais, ocupados, deteriorados, demoram mais a ser vendidos e possuem valores abaixo do mercado normal.

ASSIS e MEDVID (2007) citam que a Prefeitura Municipal de Curitiba utiliza nas desapropriações de áreas invadidas o fator de depreciação igual a 0,4 sobre o valor de mercado do imóvel a ser desapropriado, como forma de representar influência negativa das condições de ocupação. E que tal fator é empírico, baseado em valores aceitos por proprietários de imóveis ocupados, desapropriados em épocas pretéritas.

A Lei nº 14941, de 29 de dezembro de 2003 (BRASIL (2003)) dispõe sobre o Imposto sobre Transmissão Causa Mortis e Doação de Quaisquer Bens ou Direitos (ITCD). De acordo com a Lei, a base de cálculo do imposto é nos seguintes casos:

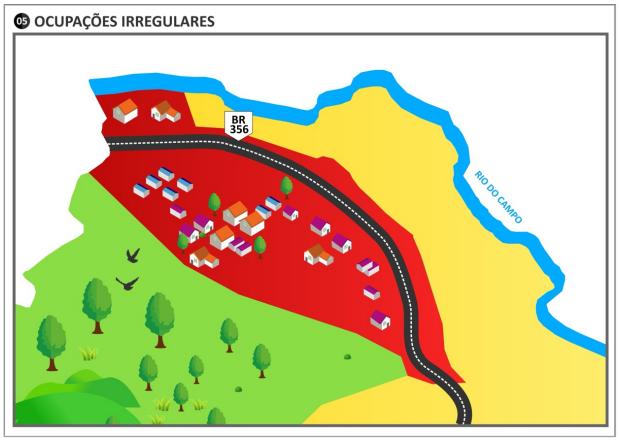
> *Efeitos de 1º/01/2004 a 28/12/2007 - Redação original: "I - 1/3 (um terço) do valor do bem, na transmissão não onerosa do domínio útil; II - 2/3 (dois terços) do valor do bem, na transmissão não onerosa do domínio direto; III - 1/3 (um terço) do valor do bem, na instituição do usufruto, por ato não oneroso, bem como no seu retorno ao nu proprietário; IV - 2/3 (dois terços) do valor do bem, na transmissão não onerosa da nua propriedade. V - o valor total da propriedade plena, na hipótese de consolidação desta mediante aquisição não onerosa da nua propriedade pelo usufrutuário; BRASIL (2003).*

A base de cálculo citada é considerada na avaliação de imóveis que possuem ocupações irregulares, sendo considerada a proporção de 2/3 (dois terços) do valor dos bens, na transmissão não onerosa da nua-propriedade, ou seja, da posse. O conceito de nua propriedade é o estado de um imóvel onde não existe a plenitude das condições inerentes à propriedade total, absoluta ou perfeita, compreendendo poder de usar, gozar e dispor da coisa sob sua posse (JURÍDICA, 2016).

Conforme apresentado, há várias formas de se avaliar um imóvel ocupado, sendo que no caso em estudo foi utilizada a base de cálculo prevista na Lei nº 14941, de 29 de dezembro de 2003 (BRASIL (2003)), por se tratar de fonte já consagrada.

No imóvel em avaliação foram constatadas sete ocupações irregulares, todas inseridas em Zona de Adensamento Restrito 1 (ZAR-1), conforme a Lei Complementar Nº 93, de 20 de janeiro de 2011 (BRASIL, 2011), com área total de 25,50 ha (vinte e cinco hectares e cinquenta ares):

***Figura 12** - Parte do imóvel em avaliação que possui ocupações irregulares – Ilustração: Flávia Guerra Soares.*



O método comparativo direto de dados de mercado determinou um valor médio unitário de R$ 8.212,43/ha. O valor de cada uma das áreas ocupadas irregularmente foi então multiplicado por esse valor e aplicado o coeficiente de 1/3,

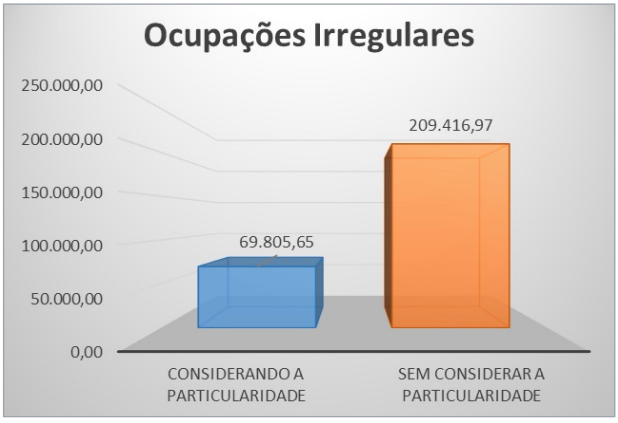
correspondente ao domínio do imóvel. Portanto, para o imóvel que possui área total de 819,4038 ha e 25,50 ha ocupados irregularmente, há uma depreciação de 2/3 sobre essa parcela de área ocupada, sendo o valor total de avaliação de R$ 69.805,65 (sessenta e nove mil, oitocentos e cinco reais e sessenta e cinco centavos):

Tabela 9 *- Valor de avaliação correspondente ao domínio das áreas ocupadas irregularmente.*

Particularidade existentes no imóvel	Área (ha)	Valor unitário (R$/ha)	Valor total (R$)	Coeficiente	Valor final de avaliação (R$)
Ocupações Irregulares	25,5000	8.212,43	209.416,97	33%	**69.805,65**

Também neste caso, um avaliador não qualificado para realizar a avaliação, mesmo seguindo as determinações da ABNT NBR 14.653 (1:2001, 2:2011 e 3:2004), poderia chegar a um valor de avaliação 3 vezes maior que o real valor de mercado da porção do imóvel atingida por ocupações irregulares.

Figura 13 *- Comparação entre avaliações considerando e não considerando a particularidade existente no imóvel.*

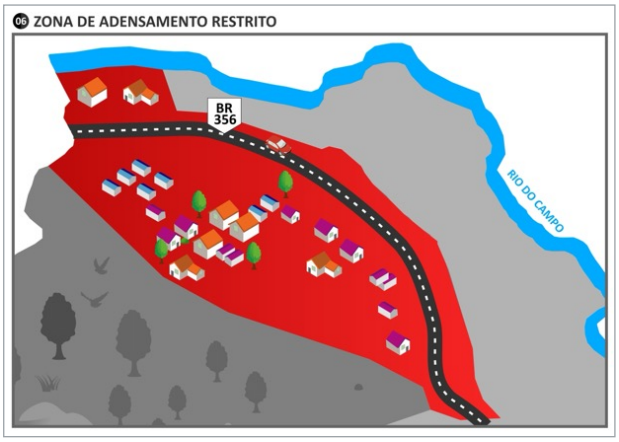


VI. Avaliação de área inserida em Zona de Adensamento Restrito livre e desimpedida

O restante do imóvel em avaliação que está inserido em Zona de Adensamento Restrito 1 (ZAR-1) que pode ser considerado como livre e desimpedido, e apresenta área de 8,6056 (oito hectares, sessenta ares e cinquenta e seis centiares). Conforme a Lei Complementar Nº 93 (BRASIL, 2011), tem-se que:

> *Art. 9º A ZAR - Zona de Adensamento Restrito compreende as áreas em que a ocupação e o uso do solo são controlados, em razão da ausência ou deficiência de infraestrutura de drenagem, de abastecimento de água ou esgotamento sanitário, da precariedade ou saturação da articulação viária externa ou interna, de condições topográficas, hidrográficas e geológicas desfavoráveis e da interferência sobre o patrimônio cultural ou natural, além das áreas que, por suas características geo-ambientais incluindo o seu entorno, devem ser preservadas, podendo ser parceladas e/ou ocupadas mediante condições especiais, observando a tendência ou a forma de ocupação existente.*
>
> *Parágrafo único - A ZAR subdivide-se nas seguintes categorias: ZAR-1: compreende as áreas que devem ser preservadas por suas características geo-ambientais e por seu entorno, mas que poderão ser parceladas e/ou ocupadas mediante condições especiais (BRASIL, 2011).*

Figura 14 *- Parte do imóvel em avaliação inserida em Zona de Adensamento Restrito 1 – Ilustração: Flávia Guerra Soares.*



Nesta porção do imóvel, foi aplicado o valor unitário médio obtido pelo método comparativo direto de dados de mercado:

Tabela 10 *- Resultado final da avaliação da área inserida no Zoneamento ZAR-1.*

Particularidades existentes no imóvel	Área (ha)	Valor unitário (R$/ha)	Valor total (R$)	Coeficiente	Valor final de avaliação (R$)
Zona de Adensamento Restrito 1	8,6056	8.212,43	70.672,89	100%	**70.672,89**

A avaliação da porção de área não invadida localizada em Zona de Adensamento Restrito I corresponde a R$ 70.672,89 (setenta mil, seiscentos e setenta e dois reais e oitenta e nove centavos). Este valor, somado ao encontrado na avaliação da porção de área com ocupações irregulares, que também está localizada em Zona de Área Restrita-1, resulta em R$ 140.478,54 (cento e quarenta mil, quatrocentos e setenta e oito reais e cinquenta e quatro centavos), conforme se verifica na tabela a seguir:

***Tabela 11** - Resultado final da avaliação da área inserida no Zoneamento ZAR-1.*

Descrição	Extensão (ha)	Subtotal (R$)
Área com ocupações irregulares	25,5000	69.805,65
Área sem ocupações irregulares	8,6056	70.672,89
Total	**34,1056**	**140.478,54**

O avaliador não qualificado poderia considerar esta porção de área como gleba urbanizável e então proceder à avaliação através da utilização do método involutivo.

Segundo a ABNT NBR 14653-2:2011, o método involuitvo é um critério indireto de valoração de uma gleba ou terreno de grandes dimensões considerando seu aproveitamento por meio de subdivisão de área maior em lotes menores.

Para efeito comparativo, é apresentada uma simulação da utilização do método involutivo para a área em questão. Para parcelamento do solo, no caso de loteamento, o artigo nº 22 da Lei Complementar Nº 93 do Município de Ouro Preto (BRASIL, 2011) estabelece que:

> *Nos loteamentos, é obrigatória a transferência ao Município de, no mínimo, 35% (trinta e cinco por cento) da área total do imóvel objeto de parcelamento, para instalação de equipamentos urbanos e comunitários, sistema de circulação, áreas verdes e espaços livres de uso público (BRASIL, 2011).*

Portanto, a área útil da porção inserida em ZAR-1, corresponderia a 22,1686 ha (vinte e dois hectares, dezesseis ares e oitenta e seis centiares) ou 221.686,40 m² (trezentos e quarenta e um mil metros e cinquenta e seis centímetros quadrados).

Pelo Quadro I do Anexo III da referida Lei, tem-se que a área para o lote mínimo corresponde a 500,00 m² (quinhentos metros quadrados). Dividindo a área útil pela área mínima de cada lote, o resultado da operação equivale ao número de lotes a serem implantados, o qual corresponde a aproximadamente 443 (quatrocentos e quarenta e três) lotes. As tabelas a seguir mostram as taxas, prazos, despesas e lucros utilizados no cáculo do valor da implantação de um empreendimento hipotético na área em questão:

***Tabela 12** - Valores aplicados ao cálculo do loteamento hipotético.*

Taxas, Prazos, Despesas de vendas, Lucro		
Item	**Descrição**	**Valor**
1	Taxa mensal de juros do capital investido	0,01
2	Prazo total do empreendimento em meses	36
3	Despesas de aquisição da Gleba	0,02
4	Tempo estimado de venda dos lotes em meses	120
5	Despesas totais de vendas (5% do valor apurado nas vendas - VL)	0,05
6	Taxa decimal de valorização média dos lotes	0,02
7	Alíquota decimal de imposto territorial anual sobre a gleba	0,01
8	Relação entre o valor de mercado e o valor fiscal da gleba	1,00
9	Alíquota decimal de imposto territorial anual sobre os lotes	0,01
10	Relação entre o valor de mercado e o valor fiscal do lote	1,00
11	Taxa decimal de desconto no imposto territorial pela sua transformação de gleba bruta em lotes	0,00
12	Lucro do empreendimento	0,20
13	Taxa mensal decimal de juros do capital realizado	0,01

Os custos de urbanização apresentados na tabela abaixo foram extraídos da Revista Construção Mercado, Edição n.º 175 (EDITORA PINI):

***Tabela 13** - Simulação das despesas com loteamento hipotético - EDITORA PINI (2016).*

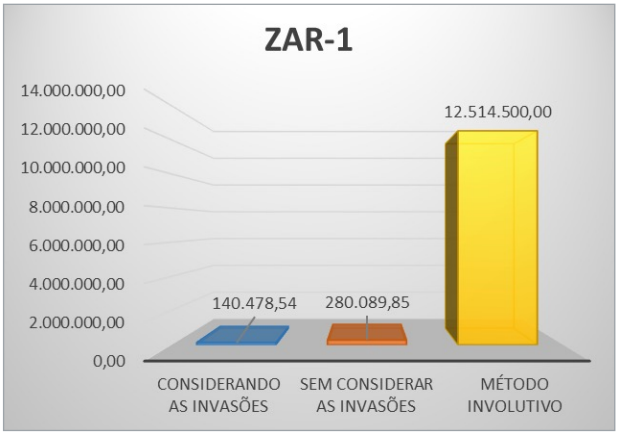
Descrição	Unidade	Quantidade (ha)	Valor Unitário c/BDI (R$)	Valor Total (R$)
Serviços Topográficos	1000 m² de área útil	221,69	1.736,91	385.049,33
Rede de Água Potável	1000 m² de área útil	221,69	6.329,62	1.403.190,67
Rede de Esgoto	1000 m² de área útil	221,69	13.798,34	3.058.904,32
Rede de aguas pluvias - Galerias	1000 m² de área útil	221,69	5.859,46	1.298.962,59
Drenagem de águas pluviais - Guias e sarjetas	1000 m² de área útil	221,69	4.827,46	1.070.182,23
Terraplenagem Pesada	1000 m² de área útil	221,69	8.006,29	1.774.885,61
Pavimentação asfáltica	1000 m² de área útil	221,69	12.872,80	2.853.724,69
Rede de Iluminação pública	1000 m² de área útil	221,69	2.200,90	487.909,60
Total			**55.631,78**	**12.332.809,03**

De acordo com a pesquisa de mercado realizada no período, o valor unitário médio de um terreno em oferta

na região, com área aproximada de 500 m², corresponde a R$ 185,89/m² (cento e oitenta e cinco reais e oitenta e nove centavos). Este valor, aplicado aos cálculos com os valores demostrados nas tabelas anteriores, resulta no valor final da gleba, considerando a implantação de um loteamento hipotético, e correspondente a R$ 12.514.500,00 (Doze milhões, quinhentos e quatorze mil e quinhentos reais). Este valor é aproximadamente 89 vezes o valor avaliado pelo método comparativo de dados de mercado, para a área inserida em Zona de Adensamento Restrito-1.

Diante da discripância dos valores demostrados, ressalta-se a importância do conhecimento do local e das particularidades que envolvem o imóvel em questão. Ainda devem ser observadas atentamente as recomendações da Norma ABNT NBR 14.653 que preconiza que o método involutivo só deve ser empregado quando não houver mínimas condições de utilização do método comparativo direto, o que não é o caso em questão. O gráfico a seguir demonstra a diferença nos resultados obtidos:

***Figura 15** - Comparação entre avaliações considerando e não considerando a particularidade existente no imóvel.*



3. CONCLUSÕES

A norma ABNT NBR 14.653 (1:2001, 2:2011 e 3:2004) determina procedimentos e requisitos gerais a serem adotados para avaliação de bens, mas não define o tratamento para situações particulares, como o exemplo apresentado neste trabalho, de imóvel que possui parte de sua área inserida no Parque Estadual do Itacolomi; outra parte inserida em Zona de Proteção Ambiental; em Zona de Adensamento Restrito; com restrições de uso, devido a servidão de Linha de Transmissão de energia elétrica; com ocupações irregulares; e que possui benfeitorias de uso específico.

A apresentação de avaliações com valores de imóveis não correspondentes à realidade do mercado imobiliário em que se encontram inseridos é uma realidade vivenciada na área de Avaliações de Imóveis e ocorre, principalmente, devido à falta de qualificação, de conhecimento e de experiência de muitos profissionais que não estão preparados para exercer tão importante atribuição técnica, principalmente em casos de imóveis atípicos, como o abordado neste trabalho.

Para comprovação dos significativos desvios e discrepâncias que podem ser cometidos, foram considerados 3 possíveis cenários, os quais são citados a seguir:

1º Cenário: avaliação correta realizada por engenheiro/arquiteto qualificado e preparado para realizar uma análise técnica crítica das restrições existentes no imóvel;

2º Cenário: avaliação incorreta realizada por profissional não qualificado, que não considerou nenhuma das particularidades existentes no imóvel e apenas o avaliou como área rural de 819,4038 ha, com valor unitário de R$ 8.212,43/ha;

3º Cenário: avaliação incorreta realizada por profissional não qualificado, que além de não considerar as particularidades existentes no imóvel, avaliou a área pertencente à Zona ZAR-1 como passível de urbanização, aplicando o método involutivo; e avaliou as benfeitorias da indústria siderúrgica como se fossem possíveis de serem aproveitadas para qualquer finalidade.

A discrepância dos valores obtidos para os três cenários é apresentada na figura a seguir:

***Figura 16** - Comparação do valor total entre os três cenários.*

A diferença nos resultados apresentados comprova a importância de que a avaliação de imóveis seja uma atribuição específica para engenheiros e arquitetos que possuam experiência, qualificação e preparo para exercer tão importante função. Profissionais de outros ramos de atuação da engenharia e arquitetura que, por diversos motivos, se aventuram e conseguem espaço no mercado de avaliações de bens, têm grandes chances de cometer os erros e equivocos apontados neste trabalho. Tais erros são significativos e podem prejudicar, de maneira irremediável, as partes envolvidas na avaliação. Verifica-se que, em casos de avaliações com a finalidade de desapropriação do imóvel, o prejuízo é definitivo. Em casos de avaliações com a finalidade de locação, o prezuízo é de, no mínimo, 30 (trinta) meses para imóveis comerciais e 12 (doze) meses para imóveis residenciais.

4. BIBLIOGRAFIA

ASSIS, Cynthia Marilia Carraro de; MEDVID, Marcelo. **Venda de Imóveis Ocupados: Qual o Deflator?.** XIV Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. Salvador, Bahia, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1:** Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2:** Avaliação de bens Parte 2: Imóveis Urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 54 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-3:** Avaliação de bens Parte 3: Imóveis Rurais. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 27 p.

BRASIL. Lei Complementar nº 29, de 28 de dezembro de 2006. **Estabelece O Plano Diretor do Município de Ouro Preto.** Ouro Preto, MINAS GERAIS.

BRASIL. Lei Complementar nº 93, de 20 de janeiro de 2011. Estabelece Normas e Condições Para O Parcelamento, A Ocupação e O Uso do Solo Urbano no Município de Ouro Preto. Ouro Preto, MINAS GERAIS.

BRASIL. Lei nº 14941, de 29 de dezembro de 2003. **Dispõe sobre o Imposto sobre Transmissão Causa Mortis e Doação de Quaisquer Bens ou Direitos - ITCD.** Belo Horizonte, MINAS GERAIS.

BRASIL. Lei nº 9959, de 20 de julho de 2010. Altera as leis nº 7.165/96 - que institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte - e nº 7.166/96 - que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município -, estabelece normas e condições para a urbanização e a regularização fundiária das Zonas de Especial Interesse Social, dispõe sobre parcelamento, ocupação e uso do solo nas Áreas de Especial Interesse Social, e dá outras providências. **Lei Nº 9.959,**

de 20 de julho de 2010. Belo Horizonte, MINAS GERAIS.

BRASIL. Plano de Manejo de outubro de 2007. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Itacolomi.** Instituto Estadual de Florestas. Belo Horizonte, MINAS GERAIS.

EDITORA PINI (São Paulo) (Ed.). **Avaliação de Glebas. Revista Construção e Mercado**, São Paulo, n. 175, p.64-64, fev. 2016. Mensal.

EDITORA PINI (São Paulo) (Ed.). **Avaliação de Imóveis. Revista Construção e Mercado**, São Paulo, n. 84, jul. 2008. Mensal.

FIKER, José. **Desapropriações urbanas: aspectos jurídicos, cálculo de indenização e laudos.** Editora Pini, 1ª Edição. São Paulo, 2013.

JURÍDICA, Enciclopedia. **Conceito de Nua Propriedade.** Disponível em: <http://www.enciclopedia-juridica.biz14.com/pt/d/nua-propriedade/nua-propriedade.htm>. Acesso em: 26 jul. 2016.

LIPORONI, Antônio Sérgio; BENITE, Odair Martins. **Posse e Domínio:** Aspectos Pertinentes à Perícia Judicial. 2. Ed. São Paulo: Leud, 2008. 184 p.

MEIRELLES, Hely Lopes et al. **Direito Administrativo Brasileiro:** 36ª Edição, atualizada até a Emenda Constitucional 64, de 4.2.2010. 36. ed. São Paulo: Malheiros Editores Ltda., 2010.

MOREIRA, Alberto Lélio. **Princípios de engenharia de avaliações.** Editora Pini, 4ª Edição. São Paulo, 1997.

MOURA, Edmundo Melo de; MARTINS, Luiz Eduardo Marques Alves; SOUZA, MILTON Cesar Nogueira Raulino de. **Análise dos Preços de Mercado de Imóveis Adjudicados pela Caixa Econômica Federal.** XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. Guarapari, Espírito Santo, 2001.

OSTANELLO, Mariana Cristina Pereira. Patrimônio Geológico do Parque Estadual do Itacolomi (Quadrilátero Ferrífero, MG): Inventariação e Análise de Lugares de Interesse Geológicos e Trilhas Geoturísticas. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, 2012.

TRANSFORMANDO A AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA COM O USO DO *POWER BI* E *BIG DATA*: UMA ABORDAGEM INOVADORA PARA A ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO DE DADOS

RESUMO

A engenharia de avaliações possui alguns desafios a serem superados, dentre eles: a falta de agilidade na obtenção de uma amostragem confiável durante a pesquisa de mercado. O uso das tecnologias "*Big Data*" e "*Power BI*" podem melhorar o trabalho do engenheiro avaliador, trazendo inovação na análise e visualização de dados. Com o uso do *Big Data*, é possível coletar e processar uma grande quantidade de dados de mercado, enquanto que no *Power BI*, obtém-se uma análise de dados com leitura clara e intuitiva dos elementos, facilitando a interpretação das informações disponíveis na amostragem. Combinadas as duas tecnologias, torna-se possível a obtenção de amostragens de forma rápida, com uma análise de dados assertiva. O uso das tecnologias traz a inovação para a área de engenharia de avaliações, podendo melhorar o trabalho de avaliação de imóveis, trazendo eficiência, precisão e confiabilidade.

Palavras-chave:
Avaliação; Big Data; Power BI.

ABSTRACT

Value Engineering has some challenges to be overcome, among them: the lack of agility in managing a reliable take during market research. The use of "Big Data" and "Power BI" technologies can improve the work of the evaluating engineer, bringing innovation in data analysis and visualization. With the use of Big Data, it is possible to collect and process a large amount of market data, while in Power BI, data analysis is obtained with clear and intuitive reading of the elements, facilitating the interpretation of the information available in simplification. Combining the two technologies, it becomes possible to obtain samples quickly, with an assertive data analysis. The use of technologies brings innovation to the area of estimation engineering, which can improve the work of evaluating automobiles, bringing efficiency, accuracy and reliability.

Keywords:
Big Data; Power BI; Value.

AUTORES:

Antônio
Cláudio Andrade Brum

Isabela
Azevedo de Melo

1. INTRODUÇÃO

O mercado imobiliário é um dos setores mais importantes da economia. Tudo o que envolve compra, venda e locação de bens imóveis, diz sobre o mercado imobiliário, ou seja, a maioria das pessoas algum dia estiveram envolvidas com o mercado imobiliário.

De acordo com a NBR 14653-1:2019, as atividades básicas de uma avaliação imobiliária consistem em: requisição e conhecimento da documentação; vistoria do bem avaliando; coleta de dados; diagnóstico de mercado; escolha da metodologia; tratamento de dados; resultado da avaliação; pressupostos, ressalvas e condições limitadas.

Na prática de avaliação de imóveis, é comum se deparar com algumas dificuldades durante a coleta e análise de dados de mercado, tais como: uma amostra muito grande de dados, gerando dificuldade na análise e organização; grande variação de preços em uma mesma região (sem uma justificativa plausível); subjetividade, falta de transparência e padronização nos anúncios; assim como mudanças abruptas no mercado.

Afim de superar esses desafios, uma boa saída é a utilização de ferramentas e técnicas avançadas para coletar, organizar e analisar dados imobiliários. Neste contexto, o *Power BI* e o *Big Data* surgem como uma forma inovadora para transformar a avaliação imobiliária, permitindo uma análise mais precisa e ágil do mercado imobiliário.

O *Power BI* é uma ferramenta criada pela Microsoft, que permite a análise e visualização de dados, permitindo a criação de relatórios interativos e dashboards com os dados coletados. Já o *Big Data*, é uma abordagem que foca na coleta e análise de grandes amostras, permitindo a identificação de padrões e tendências no mercado imobiliário.

Esperamos com esse estudo, comprovar que a implementação da ferramenta *Power BI* e da abordagem *Big Data* podem ajudar a superar os desafios existentes na avaliação imobiliária, dando agilidade e rapidez no serviço de avaliação de imóveis.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1. A avaliação de imóveis

A avaliação de imóveis consiste na determinação do valor de mercado de um imóvel, para fins de venda, locação, financiamento, partilha de bens, entre outros. O laudo de avaliação de imóveis pode ser uma solicitação procedente do setor imobiliário, financeiro, ou até mesmo jurídico, o que torna o trabalho de extrema importância, atuando em um mercado amplo e diversificado.

A norma técnica brasileira que regulamenta essa atividade é a NBR 14.653 da ABNT (Associação Brasileira De Normas Técnicas). Dividida em 6 partes, essa norma é uma referência para os profissionais que trabalham na área. Ela estabelece diretrizes e procedimentos para a avaliação de bens, incluindo a elaboração dos laudos. Além disso, a norma define os requisitos mínimos de informações que um laudo de avaliação de imóveis deve ter e define o grau mínimo de fundamentação e precisão, que trazem um padrão de qualidade e um nível de segurança para as avaliações feitas no brasil.

Essa norma também possui uma referência normativa, que define quais profissionais estão aptos para a atuação na área de avaliação de imóveis, e indica os requisitos mínimos, como a formação em nível superior, e a realização de cursos específicos na área de avaliação de bens.

2.2. O mercado imobiliário

O mercado imobiliário, assim como a economia do país, passou por um período de incertezas, que foi a época da pandemia. Nessa temporada, houve uma queda na demanda dos imóveis, o que resultou num declínio na área de avaliações. Houve também, uma enorme variação nos preços de aluguéis, por conta da oferta limitada de imóveis.

Depois desse período, é notório que o mercado tem se recuperado gradualmente, e tem se aquecido novamente. Esse período de incertezas trouxe consigo novas demandas e necessidades. Foi necessário se adaptar. Uma das demandas que surgiram nesse meio tempo, foi a necessidade da implementação de novas tecnologias.

O isolamento social, trouxe a necessidade dos corretores se reinventarem, fazendo chamadas de vídeo diretamente dos imóveis com seus clientes (antes isso não era tão comum). Além disso, muitas imobiliárias investiram em seus websites, para que o cliente conseguisse

obter o máximo de informações possíveis sem ter que sair de casa, inclusive na hora de assinar contratos - podendo ser feito de maneira remota. Segundo a Trendsce (2021), algumas construtoras investiram em realidade virtual, trazendo uma nova experiência para os seus clientes, muito mais realista do que visualizar uma simples planta em 2D.

Com o passar do tempo, novas tecnologias estão surgindo, e cada dia mais, é perceptível a necessidade de implementação delas na nossa vida profissional. Segundo Tecnoblog (2023), antes, presumia-se que a inteligência artificial serviria apenas para realizar trabalhos repetitivos e que sempre seria necessário um ser humano por trás para tomar certas decisões, mas não é bem assim. Os novos robôs são capazes de fazer tarefas complexas, tendo maior sucesso do que os humanos em determinadas situações. Dessa forma, podemos nos beneficiar do uso de algumas tecnologias, melhorando nosso trabalho, desde as tarefas mais simples, até as mais complexas.

Em entrevista para a Exame em março de 2023, Marcos Leite (general manager da OLX Brasil) tratando-se do *big data* e da inteligência artificial, disse: "Essas ferramentas digitais permitem entender com muito mais profundidade o perfil, as necessidades e as preferências de cada consumidor. Elas também permitem categorizar imóveis com precisão muito maior, a partir de uma gama enorme de critérios que contemplam cada aspecto de um empreendimento."

3. DESAFIOS DAS AVALIAÇÕES IMOBILIÁRIAS

No cotidiano de um profissional de avaliações de imóveis, é comum se deparar com alguns desafios que prejudicam a agilidade do trabalho. Durante a obtenção de uma amostragem na fase da pesquisa de mercado é possível se deparar com os seguintes desafios:

- Variação de preço dos imóveis: frequentemente, durante a realização de buscas no mercado, nos deparamos com um mesmo imóvel, anunciado em várias imobiliárias com diversos preços diferentes;
- Repetição de dado: quando um imóvel é anunciado diversas vezes, com informações diferentes ou até mesmo informações ocultas, trazendo impossibilidade na diferenciação e dúvida quanto a veracidade das informações;
- Falta de informações ou informações confusas: nos sites das imobiliárias, podemos nos deparar com imóveis sem informações básicas (como a localização), ou com essas informações confusas / erradas;
- Falta de transparência: quando alguma informação é ocultada do anúncio. Como por exemplo, o anúncio de uma vaga de garagem de um apartamento: ela pode ser presa ou livre, demarcada ou não, coberta ou descoberta. Mas essas informações podem estar omissas no anúncio da imobiliária.

Além das dificuldades existentes na composição da amostragem, o profissional ainda lida com as mudanças repentinas nos preços dos imóveis e com a falta de dados históricos de mercado.

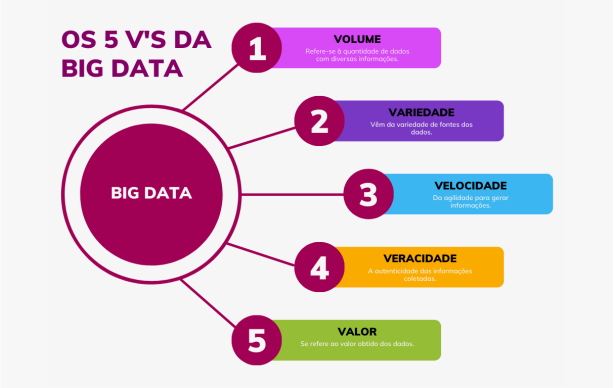
Visando superar esses desafios, a implementação das tecnologias (*Power BI* e *Big Data*), podem facilitar o trabalho do profissional de avaliações. Essas ferramentas permitem uma análise mais precisa, personalizada e ágil do mercado imobiliário, trazendo mais confiabilidade e segurança ao resultado final.

4. *BIG DATA*

O "*Big Data*", que vem do inglês: grandes dados, é um termo que define a análise e interpretação de grandes volumes de dados. Esses dados podem vir de diversas fontes, como celulares, sites, redes sociais, entre outros. As informações podem vir de forma desconexa e desorganizada. Mesmo assim, é possível organiza-los rapidamente utilizando a tecnologia.

O *Big Data* pode ser definido como 5v's, sendo eles representados na figura a seguir:

Figura 1 *- Os 5V's do Big Data*



Fonte: *Adaptado pelo autor (TechTarget, 2023).*

Os 5 V's do *Big Data*: volume, que se refere a quantidade de dados; velocidade, se refere à rapidez em que os dados são gerados; variedade, quanto a diversidade dos tipos de dados; veracidade, se refere a qualidade dos dados; valor, que se refere ao valor que o *Big Data* pode prover (TechTarget, 2023).

Na avaliação de imóveis, o *Big Data* ajuda na obtenção de dados de mercado, auxiliando na coleta, armazenamento e análise de dados durante a pesquisa de mercado. A utilização da tecnologia pode trazer algumas vantagens:

- Análise direcionada, através da separação e organização dos dados coletados, com base nas variáveis pré-definidas.
- Geolocalização: análise de tendências de mercado por regiões, através de mapas e imagens de satélite;
- Análise preditiva: para prever os preços dos imóveis com base em dados atuais ou históricos, utilizando técnicas de análise preditiva;
- Análise de risco: avaliação do risco e identificação de preços abaixo ou acima do mercado;

Assim, o *Big Data* é uma ferramenta promissora para garantia de agilidade e precisão na análise de dados imobiliários, otimizando o tempo do profissional de avaliações de imóveis.

5. *POWER BI*

O *Power BI* é uma ferramenta de business inteligence (BI) criada pela Microsoft com o objetivo de coletar, organizar e visualizar uma amostra de dados. A ferramenta promete dar apoio na tomada de decisões assertivas em empresas através da organização e visualização de dados, com eficiência e agilidade.

Na avaliação imobiliária, a utilização do *Power BI* pode ser empregada na parte de análise e no diagnóstico de mercado, se tratando de uma grande amostragem de dados imobiliários, obtidos na pesquisa de mercado. A utilização da ferramenta pode ajudar na visualização da tendência de mercado para a região, por meio de gráficos e dashboards intuitivos, visuais e dinâmicos. A leitura da tendência de mercado se torna mais fácil e rápida, e a ferramenta consegue disponibilizar essas visualizações de forma eficaz e assertiva.

Para a utilização do *Power BI* na avaliação imobiliária seguimos os seguintes passos:

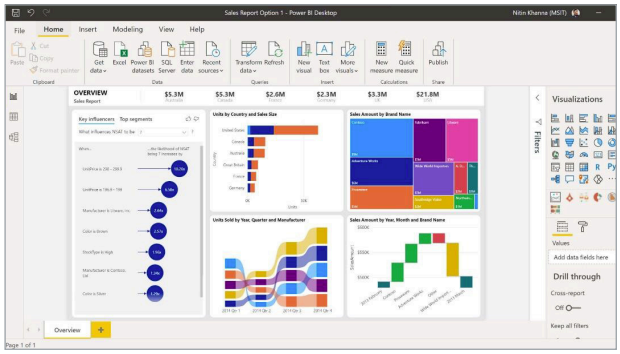
***Figura 2** - Utilização do Power BI na avaliação imobiliária*

***Fonte:** Autoria própria.*

- 1° passo - definição das fontes de dados: identificar as fontes de dados relevantes para a avaliação do imóvel. É importante definir também, quais informações (variáveis) são previstas para a utilização na avaliação do imóvel em questão.
- 2° passo - coleta e integração dos dados: as ferramentas permitem a conexão com diversas fontes de dados, incluindo bancos de dados, sites, planilhas de diversos programas e aplicativos.
- 3° passo - limpeza e transformação dos dados: após a coleta e integração dos dados, é necessário fazer a limpeza e transformação das informações, para garantir que estejam prontos para a análise. Nesta etapa, é feito a remoção de dados duplicados, a formatação e o preenchimento de lacunas.
- 4° passo - criação de visualizações: O *Power BI* oferece diversos tipos de visualizações, como gráficos, tabelas e mapas, que podem ser personalizados de acordo com as necessidades de análise imobiliária. É possível colocar qualquer informação obtida na pesquisa, de maneira mais didática, obtendo-se uma fácil visualização.
- 5° passo - utilização de dashboards: Por fim, é possível utilizar os dashboards do *Power BI* com um resumo integrado das informações em estudo, gerando uma rápida visualização da tendência de mer-

cado da região. Os dashboards permitem que os usuários acompanhem os dados em tempo real e visualizem informações relevantes de forma rápida e fácil. A figura a seguir mostra um exemplo de visualização de dados no *Power BI*.

Figura 3 *- Visualização de dados no Power BI*



Fonte: *Microsoft (2023).*

Após a realização da análise de dados, é possível dar prosseguimento na inferência estatística, que é o próximo passo a ser seguido na avaliação de imóveis. Dessa forma, a ferramenta traz maior organização na visualização dos dados, auxiliando na tomada de decisões e facilitando a vida do profissional de avaliações de imóveis.

6. COMO UTILIZAR AS FERRAMENTAS PARA OTIMIZAR O PROCESSO DE AVALIAÇÃO

6.1. Desafios

O processo de avaliação de um imóvel envolve diversas etapas, e uma das que mais demanda tempo é a pesquisa de mercado. Dentre os desafios enfrentados pelos avaliadores nesta etapa, alguns se destacam:

- Coleta de dados: Durante a coleta e análise de dados, o profissional pode se deparar com uma quantidade muito grande de dados e informações, não tendo tempo hábil ou até mesmo capacidade humana para organizar e interpretar de forma confiável toda a amostra.
- Precisão: Durante a coleta de dados, o avaliador pode verificar dados subjetivos e desatualizados, além de informações inverídicas em anúncios. Isso pode poluir a amostra e prejudicar a precisão dos valores.
- Tomada de Decisão: Se os resultados dos valores do imóvel não forem precisos, a tomada de decisão fica prejudicada. Os valores devem ser precisos e confiáveis.

6.2. Soluções

O uso do *Big Data* e do *Power BI* podem ajudar a superar esses desafios da seguinte forma:

- Coleta De Dados: O *Power BI* ajuda na coleta e organização de grandes amostras de diferentes fontes. É possível obter informações de sites de imobiliárias, banco de dados e registros públicos. Dessa forma, obtém-se o ganho de agilidade na parte de coleta de dados, fazendo com que o profissional dedique seu tempo maior na análise e interpretação do mercado.
- Precisão: As avaliações imobiliárias podem ficar mais precisas e confiáveis com a utilização de *Big Data*, garantindo o fornecimento de informações em tempo real de diferentes fontes. Isso pode reduzir a subjetividade nas avaliações.
- Tomada De Decisão: Com a análise e visualização de dados através do *Power BI*, a tomada de decisões se tornam mais confiáveis, com base em informações precisas e atualizadas. Com o uso dos dashboards e relatórios personalizados, a interpretação dos resultados da avaliação juntamente com clientes e investidores, fica mais fácil, por meio da visualização didática das informações.

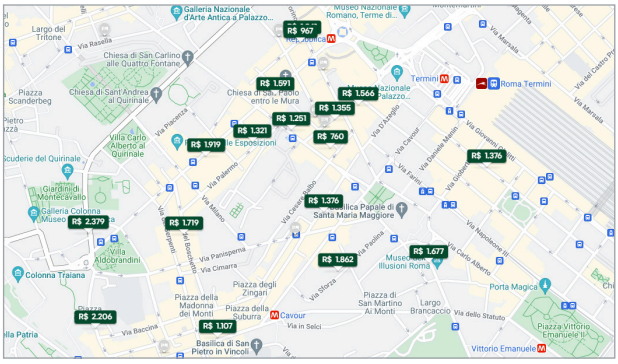
Desta forma, o uso do *Power BI* e *Big Data* na avaliação imobiliária ajuda a tornar o processo mais eficiente, preciso e confiável, melhorando a qualidade do resultado e auxiliando na tomada de decisões importantes. Assim, o engenheiro avaliador poderá passar mais tempo trabalhando no tratamento estatístico da amostra e na montagem do laudo de avaliação, ao invés de focar tanto tempo na pesquisa de mercado e na análise de dados, que será providenciada rapidamente com a implementação da tecnologia.

7. EXEMPLOS PRÁTICOS

Existem algumas empresas que já implementaram essas tecnologias em seu cotidiano. Uma das formas em que podemos observar a implementação do *Power BI* é na utilização de

dados de geolocalização: alguns sites de venda e locação de imóveis coletam informações sobre os imóveis em oferta e criam dashboards interativos que permitem a visualização de dados com seus respectivos valores em determinadas regiões. A figura a seguir mostra um exemplo de geolocalização com demonstração de valores: trata-se de um print de tela do mapa gerado pelo Tripadvisor (site de buscas de hotéis). Quando é realizado uma busca por hospedagens, é gerado um mapa com a localização dos dados e seus respectivos valores de diária.

Figura 4 *- Geolocalização de hotéis*



Fonte: *Print de tela do mapa (TripAdvisor, 2023).*

As ferramentas tem sido utilizadas também na análise de dados de vendas e aluguéis de imóveis através da coleta e organização de dados, identificando tendências de mercado e avaliando o desempenho de mercado de profissionais e empresas.

Algumas empresas também têm utilizado as tecnologias para análise de risco de propriedade, aumentando a assertividade na tomada de decisões. O interessante é que cada empresa pode personalizar sua abordagem de acordo com suas necessidades específicas e com os dados disponíveis. Dessa forma, é possível perceber que a implementação das tecnologias é totalmente possível e pode ser o próximo passo a ser dado a caminho da inovação na engenharia de avaliações.

7.1. Cases de sucesso no brasil

Existem algumas empresas que já começaram a utilizar ferramentas inovadoras para melhorar o processo de avaliação imobiliária. Abaixo estão citadas algumas delas:

- De acordo com Setor Energetico (2023), a empresa Loft (plataforma de compra e venda de imóveis), utiliza de inteligência artificial para analisar grandes bases de dados de transações imobiliárias para precificar seus imóveis de forma rápida e escalonável.
- De acordo com a Ilumeo, a maior empresa de aluguel de imóveis do brasil, o QuintoAndar, teve um crescimento exponencial até 2020. Muito do seu sucesso se deve a utilização dos dados nos negócios, que são tratados utilizando a ciência de dados (Machine Learning e o *Big Data*).
- De acordo com a AWS (2016), o Viva Real (plataforma digital de compra e venda de imóveis) utilizou o *Big Data* para criar insighs sobre o comportamento de seus usuários, para desenvolver melhores produtos aos seus clientes.
- Deloitte Brasil: A empresa de consultoria utiliza o *Big Data* para fornecer insights sobre o mercado para seus clientes.

8. ESTUDO DE CASO

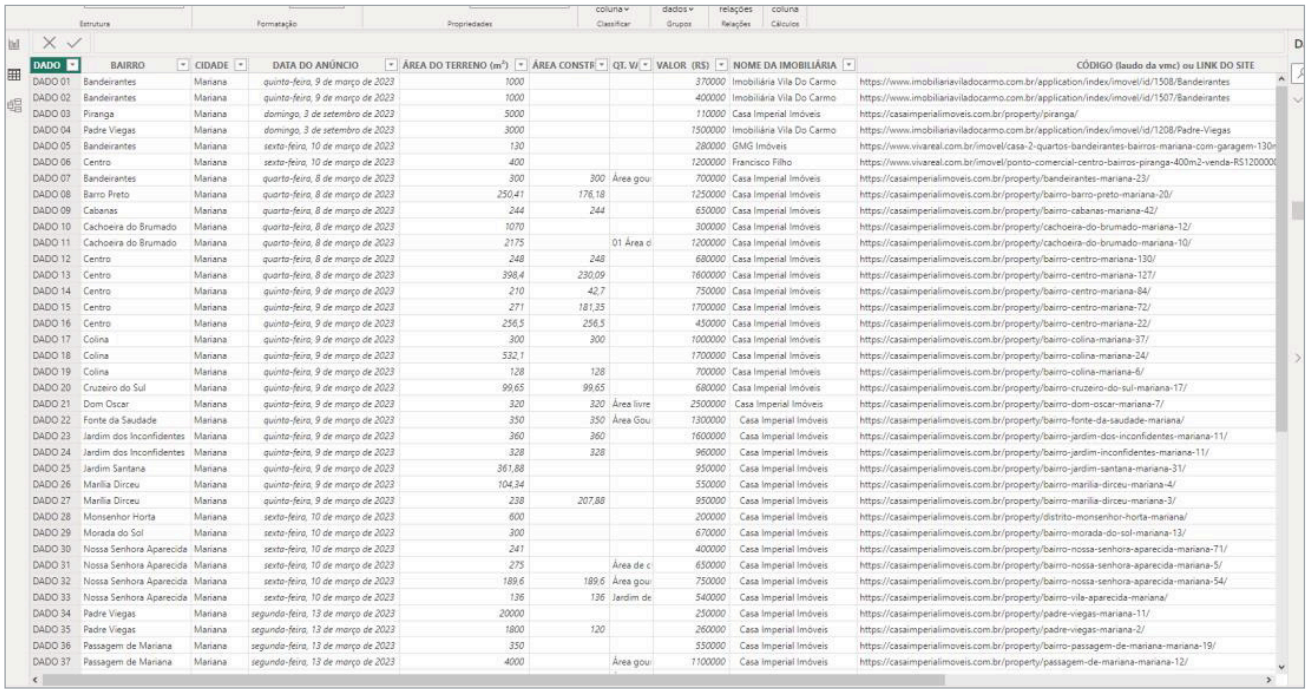
Para exemplificar este artigo, foi realizada uma pesquisa de mercado de imóveis no município de Mariana - MG, com o objetivo de se obter uma amostragem, para fins de avaliação de imóveis.

Para se obter a amostragem, foram utilizadas as ferramentas em estudo, criando um banco de dados. Com essas informações reunidas, posteriormente, foram criadas visualizações interativas da amostragem, para realização do diagnóstico de mercado de forma rápida e simplificada.

Para se fazer a implementação do *Big Data*, basta configurar uma programação para captação dos imóveis nas fontes comumente utilizadas para pesquisa. A ferramenta pode trazer em tempo real todos os dados solicitados que estejam disponíveis no mercado, inclusive fazendo a filtragem de informações repetidas ou omissas. Com a utilização do *Big Data*, é possível coletar as informações dos imóveis de maneira mais rápida, diminuindo o tempo gasto durante as pesquisas de mercado.

Esses dados coletados, juntamente com as informações das variáveis obtidas, são lançados no programa da Microsoft. A figura a seguir ilustra uma amostragem de dados coletados, já lançadas no *Power BI*.

Figura 5 *- Painel de exibição de dados no Power BI*

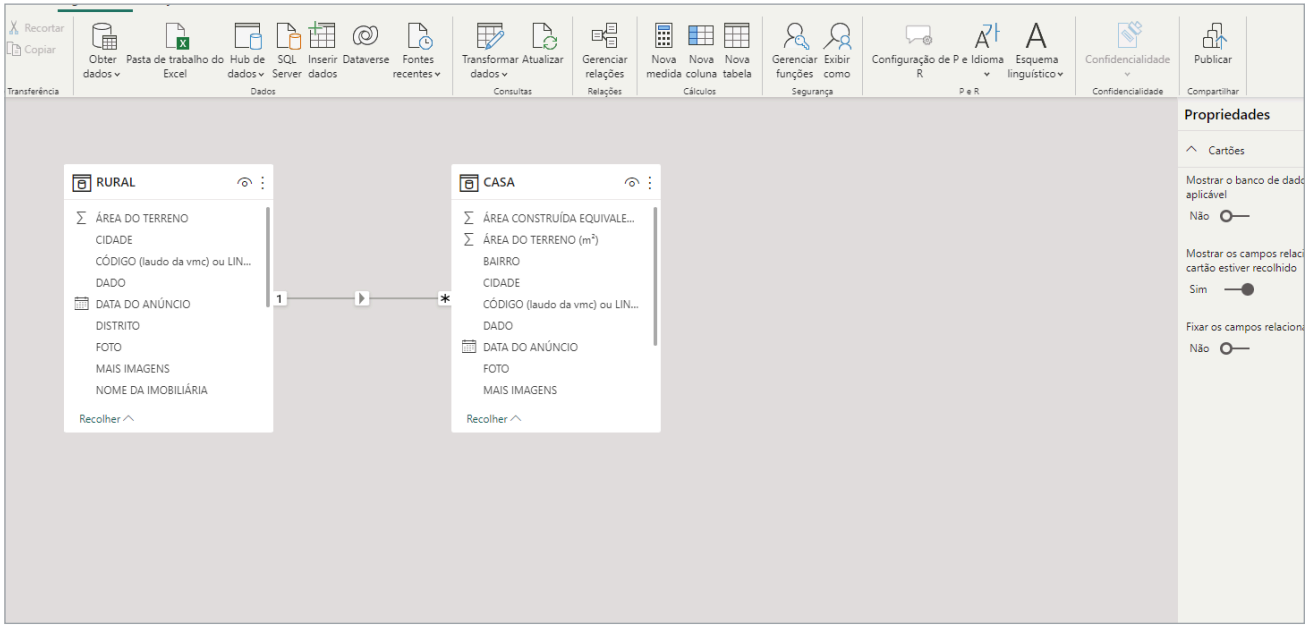


DADO	BAIRRO	CIDADE	DATA DO ANÚNCIO	ÁREA DO TERRENO (m²)	ÁREA CONSTR	QT. V/	VALOR (R$)	NOME DA IMOBILIÁRIA	CÓDIGO (laudo da vmc) ou LINK DO SITE
DADO 01	Bandeirantes	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	1000			370000	Imobiliária Vila Do Carmo	https://www.imobiliariaviladocarmo.com.br/application/index/imovel/id/1508/Bandeirantes
DADO 02	Bandeirantes	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	1000			400000	Imobiliária Vila Do Carmo	https://www.imobiliariaviladocarmo.com.br/application/index/imovel/id/1507/Bandeirantes
DADO 03	Piranga	Mariana	domingo, 3 de setembro de 2023	5000			110000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/piranga/
DADO 04	Padre Viegas	Mariana	domingo, 3 de setembro de 2023	3000			1500000	Imobiliária Vila Do Carmo	https://www.imobiliariaviladocarmo.com.br/application/index/imovel/id/1208/Padre-Viegas
DADO 05	Bandeirantes	Mariana	sexta-feira, 10 de março de 2023	130			280000	GMG Imóveis	https://www.vivareal.com.br/imovel/casa-2-quartos-bandeirantes-bairros-mariana-com-garagem-130m
DADO 06	Centro	Mariana	sexta-feira, 10 de março de 2023	400			1200000	Francisco Filho	https://www.vivareal.com.br/imovel/ponto-comercial-centro-bairros-piranga-400m2-venda-RS1200000
DADO 07	Bandeirantes	Mariana	quarta-feira, 8 de março de 2023	300	300	Área gou	700000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bandeirantes-mariana-23/
DADO 08	Barro Preto	Mariana	quarta-feira, 8 de março de 2023	250,41	176,18		1250000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-barro-preto-mariana-20/
DADO 09	Cabanas	Mariana	quarta-feira, 8 de março de 2023	244	244		650000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-cabanas-mariana-42/
DADO 10	Cachoeira do Brumado	Mariana	quarta-feira, 8 de março de 2023	1070			300000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/cachoeira-do-brumado-mariana-12/
DADO 11	Cachoeira do Brumado	Mariana	quarta-feira, 8 de março de 2023	2175		01 Área c	1200000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/cachoeira-do-brumado-mariana-10/
DADO 12	Centro	Mariana	quarta-feira, 8 de março de 2023	248	248		680000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-centro-mariana-130/
DADO 13	Centro	Mariana	quarta-feira, 8 de março de 2023	398,4	230,09		1600000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-centro-mariana-127/
DADO 14	Centro	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	210	42,7		750000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-centro-mariana-84/
DADO 15	Centro	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	271	181,35		1700000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-centro-mariana-72/
DADO 16	Centro	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	256,5	256,5		450000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-centro-mariana-22/
DADO 17	Colina	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	300	300		1000000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-colina-mariana-37/
DADO 18	Colina	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	532,1			1700000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-colina-mariana-24/
DADO 19	Colina	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	128	128		700000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-colina-mariana-6/
DADO 20	Cruzeiro do Sul	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	99,65	99,65		680000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-cruzeiro-do-sul-mariana-17/
DADO 21	Dom Oscar	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	320	320	Área livre	2500000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-dom-oscar-mariana-7/
DADO 22	Fonte da Saudade	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	350	350	Área Gou	1300000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-fonte-da-saudade-mariana/
DADO 23	Jardim dos Inconfidentes	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	360	360		1600000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-jardim-dos-inconfidentes-mariana-11/
DADO 24	Jardim dos Inconfidentes	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	328	328		960000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-jardim-inconfidentes-mariana-11/
DADO 25	Jardim Santana	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	361,88			950000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-jardim-santana-mariana-31/
DADO 26	Marília Dirceu	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	104,34			550000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-marilia-dirceu-mariana-4/
DADO 27	Marília Dirceu	Mariana	quinta-feira, 9 de março de 2023	238	207,88		950000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-marilia-dirceu-mariana-3/
DADO 28	Monsenhor Horta	Mariana	sexta-feira, 10 de março de 2023	600			200000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/distrito-monsenhor-horta-mariana/
DADO 29	Morada do Sol	Mariana	sexta-feira, 10 de março de 2023	300			670000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-morada-do-sol-mariana-13/
DADO 30	Nossa Senhora Aparecida	Mariana	sexta-feira, 10 de março de 2023	241			400000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-nossa-senhora-aparecida-mariana-71/
DADO 31	Nossa Senhora Aparecida	Mariana	sexta-feira, 10 de março de 2023	275		Área de c	650000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-nossa-senhora-aparecida-mariana-5/
DADO 32	Nossa Senhora Aparecida	Mariana	sexta-feira, 10 de março de 2023	189,6	189,6	Área gou	750000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-nossa-senhora-aparecida-mariana-54/
DADO 33	Nossa Senhora Aparecida	Mariana	sexta-feira, 10 de março de 2023	136	136	Jardim de	540000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-vila-aparecida-mariana/
DADO 34	Padre Viegas	Mariana	segunda-feira, 13 de março de 2023	20000			250000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/padre-viegas-mariana-11/
DADO 35	Padre Viegas	Mariana	segunda-feira, 13 de março de 2023	1800	120		260000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/padre-viegas-mariana-2/
DADO 36	Passagem de Mariana	Mariana	segunda-feira, 13 de março de 2023	350			550000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/bairro-passagem-de-mariana-mariana-19/
DADO 37	Passagem de Mariana	Mariana	segunda-feira, 13 de março de 2023	4000		Área gou	1100000	Casa Imperial Imóveis	https://casaimperialimoveis.com.br/property/passagem-de-mariana-mariana-12/

Fonte: *Autoria própria.*

Após a obtenção e lançamento dos dados no *Power BI*, é necessário organizar os fluxos de dados obtidos, através do gerenciamento de organizações. Nessa etapa, é feito uma correlação entre os dados recebidos.

Figura 6 *- Painel de organização do Power BI*



Fonte: *Autoria própria.*

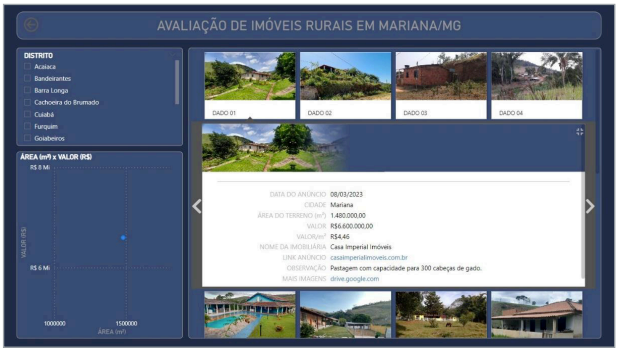
Com essas informações lançadas e com os fluxos organizados, foram criados painéis de visualização das informações, conforme ilustra a figura a seguir.

Figura 7 *- Painel de visualização dos dados no Power BI*

Fonte: *Autoria própria.*

Na figura anterior, é possível visualizar com clareza os dados coletados na pesquisa de mercado. A figura seguinte mostra, no detalhe, as informações coletadas de um imóvel especificado. Essas informações são mostradas quando se é clicado em um dado.

Figura 8 *- Informações detalhadas de um dado na amostragem*

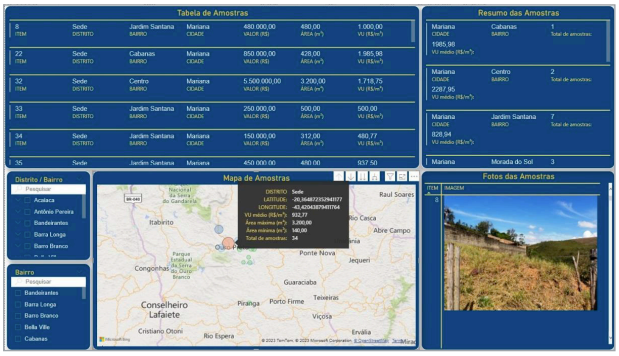


Fonte: *Autoria própria.*

A forma de visualização do painel pode ser configurada de acordo com o interesse do trabalho. É possível gerar gráficos, mapas, tabelas, usar geolocalização, visualizar as principais variáveis influenciadoras, fazer uma segmentação, organização hierarquica, entre outros.

No caso em estudo, foram colocadas as informações mais importantes dos dados (como área, localização, preço e valor unitário de cada imóvel) e uma foto representativa de cada imóvel pesquisado. Além disso, foi possível gerar um gráfico ilustrativo de área x valor unitário da amostragem, com o intuito de se observar o comportamento dos valores de acordo com a variação da área na região. É possível colocar também, filtros, fonte de consulta, outras informações de variáveis e até mesmo um mapa de geolocalização, conforme ilustra na próxima figura.

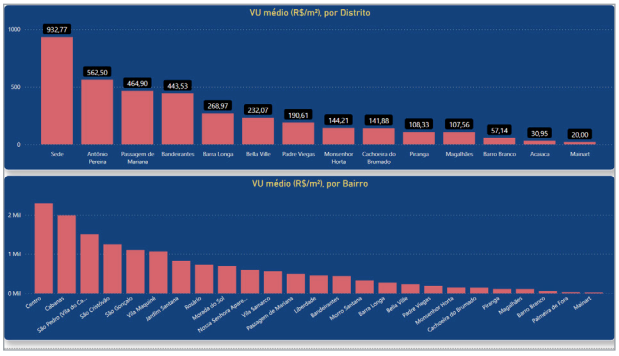
Figura 9 *- Outra forma de visualização de painel*



Fonte: *Autoria própria.*

A imagem seguinte, mostra o valor unitário médio por regiões, gráfico gerado a partir da análise de dados coletados. Esse gráfico proporciona uma leitura rápida da tendência de mercado por região, que não seria possível se fazer apenas com as informações soltas e desorganizadas.

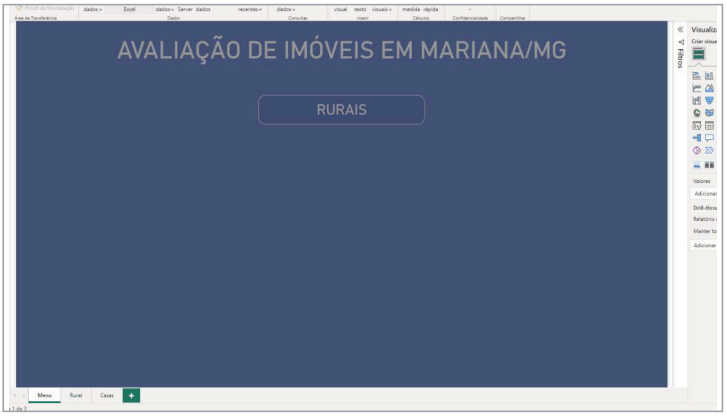
Figura 10 *- Gráficos de tendências gerados pelo Power BI*



Fonte: *Autoria própria.*

Se o objetivo do trabalho for uma apresentação para um cliente, é possível fazer um dashboard interativo, apresentando dados atualizados e informações personalizadas de interesse do cliente. Dessa forma, o cliente final consegue visualizar facilmente o que foi feito e a tendência de mercado, mesmo quando se tem uma pesquisa muito grande, com informações densas. A figura a seguir mostra uma capa de apresentação, que é interativa: a partir do clique, o cliente é levado para um painel de visualização.

Figura 11 *- Capa de apresentação*



Fonte: *Autoria própria.*

Os painéis que foram criados, facilitam a visualização da amostra como um todo, fazendo com que as informações mais complexas se tornem dados visuais e simples, por meio da criação de gráficos e ilustrações. Com isso, é possível fazer um diagnóstico de mercado de maneira mais rápida, ver as tendências de mercado com clareza, obter as médias de preços para cada tipo de imóvel, além de filtrar os dados mais relevantes. Obtendo-se assim uma amostragem ideal para então, poder dar continuidade ao trabalho e começar a análise do tratamento estatístico.

Juntando as duas ferramentas é possível obter ganhos na eficiência do trabalho, na clareza das informações e na confiança da obtenção de informações verídicas, proporcionando um trabalho mais visual e claro.

8.1. Desafios enfrentados

Durante a implementação das ferramentas na área de avaliação de imóveis, nos deparamos com alguns desafios. O primeiro desafio: a necessidade de investimento em hardwares e softwares, que pode ser um custo alto – mas que vale a pena. Além disso, a necessidade de fazer treinamentos para capacitar equipes com intuito de se obter mão de obra especializada. O segundo desafio: a organização dos dados, que podem vir de diferentes fontes em diversos formatos. O terceiro desafio: a integração com outros sistemas, para se obter as informações em tempo real. Por fim, o quarto desfio: a adaptação e organização das empresas para uso nova tecnologia.

8.2. Vantagens

Como esperado, obteve-se uma análise de dados da amostra, e foi possível identificar tendências com uma visualização mais clara e objetiva. Foi possível diminuir as chances de erros humanos e obteve-se um ganho na eficiência do trabalho, tendo em vista que foi gasto menos tempo na coleta de dados da pesquisa de mercado.

9. CONCLUSÕES

A implementação do *Power BI* e *Big Data* pode ajudar a superar muitos dos desafios que os profissionais de avaliação enfrentam, permitindo que a definição do valor de mercado dos imóveis seja uma decisão mais precisa e ágil.

O uso do *Big Data* permite uma ampla e rápida análise de dados, gerando uma amostra confiável de maneira rápida. O *Power BI* permite a criação de visualizações personalizadas e interativas da amostragem, que podem ajudar na interpretação e análise de mercado. Juntas, essas ferramentas abordam de maneira inovadora a avaliação imobiliária, gerando resultados mais precisos e confiáveis. Além disso, as ferramentas podem ser usadas de maneira personalizada, criando soluções para os mais diversos desafios.

Como a tecnologia analisa os dados de maneira instantânea, o maior ganho para os profissionais de engenharia seria a rápida adaptação às mudanças do mercado, garantindo informações mais precisas e atualizadas. Mas além disso, os profissionais de avaliações se beneficiam da agilidade, confiabilidade e assertividade na coleta e análise de dados.

Claro que para se obter um laudo de avaliação de imóveis bem feito, é essencial ter um profissional capacitado por trás das ferramentas. A pesquisa de mercado e a análise de dados é apenas uma das etapas do processo de avaliação, e apenas um profissional da área pode emitir um laudo de avaliação. Com a evolução da tecnologia e a quantidade de informações disponíveis, é importante que os profissionais se adaptem e se atualizem, adquirindo o máximo de proveito das ferramentas que estão disponíveis.

REFERÊNCIAS

AWS. **#AWSSummit Insights – Lançando seu primeiro aplicativo de *Big Data*: Caso Viva Real.** Disponível em: https://aws.amazon.com/pt/blogs/aws-brasil/awssummit-insights--tracks-lancando-seu-primeiro-aplicativo-de-big-data-caso-viva-real/. Acesso em: 25 abr. 2023.

DELOITTE. **Customer experience & Digital customer.** Disponível em: https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/technology/solutions/customer-experience-digital-customer.html. Acesso em: 25 abr. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14653: **Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais.** Rio de Janeiro. 2019.

EXAME. **Afinal, o que esperar do mercado imobiliário em 2023?.** Disponível em: https://exame.com/colunistas/genoma-imobiliario/afinal-o-que-esperar-do-mercado-imobiliario-em-2023/. Acesso em: 17 abr. 2023.

ILUMEO. **O uso de dados que faz o QuintoAndar subir cada vez mais.** Disponível em: https://ilumeo.com.br/todos-posts/2020/11/16/o-uso-de-dados-que-faz-o--quinto-andar-subir-cada-vez-mais. Acesso em: 25 abr. 2023.

MICROSOFT. **O que é o *Power BI*?.** Disponível em: https://powerbi.microsoft.com/pt-br/what-is-power-bi/. Acesso em: 10 abr. 2023.

MICROSOFT. ***Power BI*.** Disponível em: https://powerbi.microsoft.com/pt-br/. Acesso em: 10 abr. 2023.

SETORENERGETICO. **Por que a Loft se tornou uma das maiores empresas do Brasil.** Disponível em: https://setorenergetico.com.br/loft-maiores-empresas-brasil/. Acesso em: 25 abr. 2023.

TECHTARGET.**5V'sofbigdata.**Disponívelem: https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/5=-Vs-of-big-data#:~:text-The%205%20V's%20of%20big%20data%20(velocity%2C%20volume%2C%20value,to%20become%20more%20customer%2Dcentric. Acesso em: 17 abr. 2023.

TECNOBLOG. **O que é inteligência artificial?.** Disponível em: https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-inteligencia-artificial/. Acesso em: 17 abr. 2023.

TRENDSCE. **Novas tecnologias transformam o mercado imobiliário.** Disponível em: https://www.trendsce.com.br/2021/08/11/novas-tecnologias-transformam-o-mercado-imobiliario/. Acesso em: 11 abr. 2023.

TRIPADVISOR. **Os 10 melhores hotéis baratos em Roma 2023.** Disponível em: https://www.tripadvisor.com.br/HotelsList-Roma-Hotel-Barato-zfp120030.html#MAPVIEW. Acesso em: 17 abr. 2023.

VISTAOFFICE. **Avaliação de imóveis: tudo o que você precisa saber!.** Disponível em: https://www.vistasoft.com.br/avaliacao-de-imoveis/#:~:text=A%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20im%C3%B3veis%20%C3%A9%20necess%C3%A1ria%20para%20todos%20os%20processos,propriet%C3%A1rio%20ou%20em%20decis%C3%B5es%20judiciais. Acesso em: 16 abr. 2023.

WIKIPEDIA. ***Big data*.** Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Big_data. Acesso em: 17 abr. 2023.

A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE VARIÁVEIS EM AVALIAÇÕES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

RESUMO

A norma NBR 14.653-5:2006 de Máquinas e Equipamentos determina como ideal a aplicação do método comparativo de dados de mercado, que apura o valor do bem através de outros bem similares usados. Desta forma, a análise é dependente de inúmeras variáveis que caracterizam o equipamento avaliado e possibilitam o cálculo do seu valor total aproximado. No entanto, em muitos casos, certos equipamentos não possuem um mercado bem definido, o que dificulta a aplicação desta metodologia, devendo recorrer, portanto, a modelos lógicos baseados em fatores que influenciem seu valor. Ainda assim, a aplicação de tais modelos não é direta, devendo o avaliador se aprofundar na operação e manutenção do maquinário para entender como se deve aplicar as variáveis no modelo lógico de modo que os valores calculados sejam condizentes, apesar de aproximados, com a realidade. Portanto, de modo a se entender o nível de importância e o impacto sobre o valor total da análise de tais variáveis, este artigo propõe o estudo de valoração de quatro altos-fornos, com características diferentes entre si, situados em um mesmo empreendimento na região metropolitana de Belo Horizonte.

AUTORES:

Amanda
de Castro Almeida Mendes

Efigênia
Guariento Palhares Ferreira

Palavras-chave:
Avaliação; Alto-forno; Metodologia; Depreciação.

ABSTRACT

The NBR 14.653-5 norm for Machinery and Equipment determines as ideal the application of the comparative method of market data, which determines the value of the good through other similar used goods. In this way, the analysis is dependent on numerous variables that characterize the evaluated equipment and allow the calculation of its approximate total value. However, in many cases, certain equipment does not have a well-defined market, which makes the application of this methodology difficult, therefore resorting to logical models based on factors that influence its value. Even so, the application of such models is not straightforward, and the evaluator must go deeper into the operation and maintenance of the machinery in order to understand how to apply the variables in the logical model so that the calculated values are consistent, despite being approximate, with reality. Therefore, in order to understand the level of importance and the impact on the total value of the analysis of such variables, this article proposes the valuation study of four blast furnaces, with different characteristics, located in the same enterprise in the region metropolitan area of Belo Horizonte.

Keywords:
Evaluation; Blast Furnace; Metodology; Depreciation.

1. INTRODUÇÃO

Como disposto por MOREIRA (1997), a Engenharia de avaliações não se trata de uma ciência exata, executando seu serviço ao engenheiro através da estimação de valores, necessitando do conhecimento do profissional e seu bom julgamento para permitir que a avaliação seja a mais precisa possível, considerando suas limitações.

Assim, de modo a balizar o conhecimento do profissional, foram criadas normas, como é o caso da NBR 14.653-5, que rege a avaliação de máquinas e equipamentos e determina que a melhor metodologia a ser aplicada em seu estudo seria o método comparativo de dados de mercado, que apura o valor do bem através de outros valores similares de equipamentos usados disponíveis no mercado.

Desta forma, ao utilizar tal metodologia, a análise se torna dependente da oferta e demanda natural. No entanto, em muitos casos, certas máquinas e equipamentos não possuem um mercado bem definido, o que dificulta a aplicação de métodos comparativos diretos, devendo recorrer, portanto, a modelos lógicos baseados em fatores que influenciem seu valor.

Um dos principais métodos utilizados dentro do ambiente industrial, quando observada a incapacidade de aplicação da metodologia de comparativos diretos, é o método de custo, que fornece uma indicação de valor usando o princípio de que um dado comprador não irá pagar por um ativo um valor superior a de um outro bem com características semelhantes, que possa ser comprado ou construído, como disposto por BENVENHO (2019).

A aplicação de tal modelo se daria através da identificação do bem avaliando, de suas características, da pesquisa de identificação de bem igual ou similar, a escolha do método de depreciação, a determinação de sua vida útil, do seu valor residual, da efetuação do cálculo do valor depreciável, da estimativa do coeficiente de depreciação e, por fim, do cálculo do valor depreciado (BENVENHO, 2019).

Como se vê, a aplicação de tais modelos lógicos não é direta. Estes são intrinsicamente dependentes de inúmeras variáveis que caracterizam o equipamento avaliado como único e possibilitam a determinação de uma tendência para cálculo do valor total aproximado, sendo necessário, muitas vezes, se aprofundar no estudo do funcionamento e manutenção do maquinário de modo a entender, plenamente, as características deste e como afetam a aplicação das variáveis ao modelo lógico, gerando valores condizentes, apesar de aproximados, com a realidade da máquina.

Portanto este trabalho tem como objetivo entender o nível de importância da análise de tais variáveis, suas correlações e como o seu uso inadequado pode afetar o resultado de uma avaliação. Para isso, utilizou-se como base do estudo a perspectiva de valoração de quatro altos-fornos, símbolo da indústria siderúrgica dominante em Minas Gerais, situados em um mesmo empreendimento na região metropolitana de Belo Horizonte.

Cada alto-forno apresenta características diferentes entre si, o que permite avaliar como pequenas alterações na condição física, operação e manutenção do equipamento podem afetar, em um maior ou menor grau, o seu valor de mercado, além de demonstrar que tais variáveis também influenciam diretamente na escolha dos modelos lógicos a serem utilizados pelo engenheiro avaliador.

2. PRODUÇÃO DE FERRO GUSA

Atualmente, o aço é um dos principais materiais utilizados na indústria de construção civil (LINS, 2008), além de ser a base da indústria mecânica e automobilística, transformando, assim, a indústria siderúrgica em um setor básico e prioritário para o desenvolvimento econômico da nação.

O processo clássico para a produção de aço é a partir da redução de minério de ferro em um alto-forno, gerando uma liga com alto teor de carbono, o chamado ferro gusa, posteriormente sendo refinado na aciaria, transformando-se, finalmente, em aço (LINS, 2008).

O aço, em sua forma líquida, é vazado em lingoteira e posteriormente laminado, sendo sua forma alterada para blocos, tarugos, placas, etc (CHIAVERINI, 1986). A partir de tais formas brutas, outras, fundamentais para a indústria, são criadas, como as cantoneiras.

2.1. Matérias-primas

A principal matéria prima para a produção

de aço é o minério de ferro, nome genérico dado para os minerais que contém íon Fe (ferro) em sua estrutura química, como a Magnetita, a Hematita e a Limonita (CHIAVERINI, 1986). Nas jazidas brasileiras, os minerais são comumente encontrados na forma de hematita compacta, itabirito compacto, itabirito friável, canga e itabirito impuro, cada minério com composições e características diferenciadas.

Por conta de suas diferentes composições químicas, cada minério pode ter um processo de beneficiamento diferente, com menos ou mais etapas, a depender do nível de enriquecimento desejado para sua posterior utilização (LINS, 2008).

Outro processo comum que os minérios de ferro podem sofrer é o processo de aglomeração, que tende a melhorar a permeabilidade da carga do alto-forno, reduz o consumo de carvão neste e acelera o processo de redução e transformação em ferro gusa, consequentemente reduzindo a quantidade de material particulado que é lançado pelas chaminés e recuperado posteriormente por sistema adjacente de despoeiramento (LINS, 2008).

Para a aglomeração, os finos podem ser sintetizados ou pelotizados. Na sintetização, os finos são aglomerados em mistura com 5% de carvão, coque ou antracito, aquecida a altas temperaturas (cerca de 1500 ºC), obtendo-se o sínter, de baixa resistência mecânica. Já a pelotização gera bolotas de finos de alto teor de ferro com adição de água a ponto de se obter 10% de umidade e bentonita em cerca de 0,75% da carga (CHIAVERINI, 1986).

As jazidas encontradas em Carajás, no norte do país, por exemplo, não apresentam necessidade de operações de enriquecimento, por possuir alto teor de Fe, passando somente por operações de redução granulométrica (que separa as partículas de minério das de estéril) e classificação por tamanho. Por serem do tipo granulado, estas não passam, igualmente, pelo processo de aglomeração e podem ser utilizadas diretamente no alto-forno (CVRD, 2006).

O carvão, na siderurgia, atua como combustível, redutor do minério e fornecedor de carbono, fundamental para a produção do ferro gusa. Para ser alimentado no alto-forno, o carvão precisa ter resistência mecânica significativa, o que leva à necessidade de processo de beneficiamento, como a coqueificação, no qual o carvão mineral é aquecido a altas temperaturas na ausência de oxigênio, produzindo não só o coque mas seus subprodutos, como o alcatrão, sulfato de amônio, óleos leves e gás combustível (LINS, 2008).

O carvão vegetal, produzido através da pirólise da madeira, apresenta benefícios diversos em sua aplicação na indústria siderúrgica, além de não conter elementos deletérios que estariam presentes no carvão mineral, como enxofre e diversos tipos de fósforos. Ademais, por conta das baixas reservas de carvão mineral no Brasil, a utilização de carvão vegetal na indústria siderúrgica se difundiu significativamente nos últimos anos (LINS, 2008).

O calcário, aditivo utilizado no processo de fabricação do ferro gusa, é um tipo de fundente, com pH baixo, capaz de reagir com substancias estranhas ou impurezas, formando a escória. Outros minerais também são utilizados, como o manganês (um tipo de dessulfurante e desoxidante), quartzo, cromita, molibdênio, minério de níquel, tungstênio, ilmenita e outros (LINS, 2008).

2.2. O alto-forno

O alto forno normalmente possui uma forma cilíndrica, alta, por volta dos 30 m, dividido em três partes principais: cadinho, rampa e cuba (CHIAVERINI, 1986).

O cadinho é a parte mais alta do alto-forno e é nela que se acumula o metal fundido e a escória, após ocorridas as reações de redução em seu interior. O diâmetro desta parte, por sua vez, é dependente da capacidade do alto-forno, geralmente chegando a diâmetros acima de 10 m e altura acima de 4 m (LINS, 2008).

Abaixo do cadinho, cerca de 2 m do furo, encontra-se o furo de corrida de escória. Por sua composição química, a escória possui menor densidade, permanecendo acima do gusa em seu estado liquido e sendo facilmente separada deste quando necessário (LINS, 2008).

Mais abaixo do cadinho, cerca de 1 m de altura do fundo, se encontra o furo de corrida do gusa. Durante a operação do alto-forno este permanece fechado, com massa refratária colocada sob pressão. No momento da corrida, este é aberto mediante o emprego de uma perfuratriz ou lança de oxigênio (LINS, 2008).

A rampa é onde ocorre as principais reações químicas de redução do minério, enquanto que na cuba se situam as cargas que formarão as próximas corridas (LINS, 2008).

Para resfriar o alto forno, utiliza-se água aditivada, que circula através de tubos, trocando calor e propiciando a quantidade do processo químico. Ademais, utiliza-se água derramada em suas paredes externas, como forma adicional de refrigeração. Desta maneira, nota-se que o consumo de água para a manutenção da fabricação de ferro gusa é significativa, chegando a cerca de 20 m3 por tonelada de gusa produzido (CHIAVERINI, 1986).

2.3. A produção nacional

As primeiras indústrias siderúrgicas surgiram no Brasil no início do século XX em resposta ao grande desenvolvimento industrial visto no país entre 1917 e 1930, movimento visto mesmo com a ênfase governamental na produção de café. Foi significativo de tal forma que foram emitidos decretos que concediam às empresas de ferro e aço diversos benefícios fiscais, levando a uma produção de gusa de incríveis 36 mil toneladas anuais, à época (FONSECA; CARVALHO; SILVA., 2011).

Durante esse período (FONSECA;CARVALHO;SILVA, 2011) foi criado, na cidade de Sabará, a Companhia Siderúrgica Mineira (CSM), tendo, em 1922, se juntado a capitais belgas, transformando-se em CSBM (Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira).

Em 1937, com a inauguração da usina de Monlevade, a CSBM era responsável, sozinha, pela produção de 50 mil toneladas anuais de lingotes de aço. Mesmo com esse aumento significativo de produção, o Brasil, como um todo, continuava dependentes de aços importados, levando o Governo Getúlio Vargas a inaugurar, em 1946, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), inicialmente produzindo coque metalúrgico e, rapidamente, produzindo lingotes, marcando o início da autonomia brasileira na produção de aço (FONSECA;-CARVALHO;SILVA, 2011).

Se de 1950 a 1970 a produção nacional de aço bruto passou de 788 mil toneladas para 5,5 milhões de toneladas ao ano, o acelerado crescimento industrial estimulado pelo Governo Militar na década de 70 levou, novamente, a um aumento das importações de aço, gerando o Plano Siderúrgico Nacional (PSN), objetivando quadruplicar a produção das empresas estatais, que, à época, eram responsáveis por cerca de 70% de toda a produção nacional, com exclusividade dos produtos planos (FONSECA; CARVALHO; SILVA, 2011).

Durante a década de 70 e 80 houve um aumento significativo na criação de siderúrgicas. No entanto, por conta da crise de 1980 e a retração do mercado, as empresas deixaram de abastecer exclusivamente o mercado interno, transformando de importadoras para exportadoras mundiais, ainda que governos em outros países, tentando garantir a produção interna, estabelecessem medidas protecionistas, como sobretaxas e direitos compensatórios (FONSECA; CARVALHO; SILVA, 2011).

Em 1990, com o esgotamento do modelo estatal e à entrada de um novo período democrático e uma nova moeda no país, iniciou-se o processo de privatização das empresas do setor, trazendo afluxos de capitais expressivos e levando à integração de empresas em grupos industriais, cujos interesses na siderurgia se desdobraram para atividades correlatas e apoio logístico, de modo a alcançar economia de escala e competitividade (FONSECA; CARVALHO; SILVA, 2011).

A partir de 1994, observou-se uma nova tendência de investimentos no controle ambiental, na modernização e atualização tecnológica das usinas, alcançando uma capacidade instalada de 41,5 milhões de toneladas anuais.

Assim, atualmente, por conta da disponibilidade praticamente em níveis nacionais e a considerada simplicidade de produção, pode-se dividir o mercado nacional em produtores independentes, que utilizam pequenos alto-fornos, com o carvão vegetal como combustível na maior parte das vezes, e usinas integradas, que utilizam o coque como combustível (ANDRADE, 2000).

De 1989 até 2006, houve um incremento na produção global de ferro gusa de 2,5 vezes, enquanto que os produtores independentes aumentaram sua produção em 3,8 vezes (LINS, 2008).

O gusa produzido em Minas Gerais, usualmente, vem sendo mais direcionado para o mercado interno, dependente do comportamento do mercado siderúrgico nacional e in-

ternacional. Em fases de maior demanda de aço para consumo no país e para exportação, as siderúrgicas integradas utilizam o gusa para elevar a produção de aço (LINS, 2008).

Ainda assim, seu preço no mercado internacional é dependente não só dos ciclos de oferta e demanda, mas também do preço dos metálicos alternativos ao gusa da aciaria, como sucata e redução direta, nominalmente ferro esponja (LINS, 2008).

O município mineiro de maior destaque na produção de ferro gusa é Sete Lagoas, que concentra 33% dos produtores independentes do estado, seguido por Divinopólis e Pará de Minas. Além disso, 41% das indústrias estão na zona urbana e 52% em zona mista, beneficiados pela infraestrutura presente para transporte de matérias primas e produtos processados in loco (GOMES et al., 2007).

Em 2005, 70,8% dos altos-fornos do Brasil estavam em Minas Gerais, detentores de uma capacidade instalada conjunta de 7 milhões de toneladas e efetiva de mais de 6 milhões de toneladas de gusa, equivalente a 61,7% da produção total efetiva no país. Geralmente as empresas possuem de 1 a 3 altos-fornos, apresentando capacidade instalada de cerca de 10 a 20 mil toneladas ao mês (GOMES et al., 2007).

3. METODOLOGIA DE DEPRECIAÇÃO

A Avaliação de Máquinas e Equipamentos é dependente de características mercadológicas, que definem a aplicação de métodos para sua valoração. Com o aumento da população e a maior utilização de dada máquina, formam-se mercados abertos e é possível a utilização de métodos comparativos diretos baseados na lei da oferta e demanda, que, em contrapartida, nem sempre é norteada, de maneira direta, pela lógica. Isso pode ser visto a partir do mercado de veículos automotores (veículos de passeio, caminhões, tratores, etc.).

No entanto, outras máquinas e equipamentos, como é o caso dos altos-fornos, não possuem um mercado de negociação bem definido, dificultando, assim, a aplicação dos métodos comparativos diretos, recorrendo, portanto, a modelos lógicos baseados em fatores que influenciam, direta ou indiretamente, no seu "Valor Básico de Referência" (CHEDE, 1979).

Esses modelos se baseiam no custo de reprodução para obtenção direta do valor e dos métodos financeiros para estudo analítico. Desta forma, escolheu-se, para esse trabalho, o "Método de Custo" (BENVENHO, 2019).

Esse método se caracteriza pela identificação do valor do bem avaliado a partir do princípio que o valor a ser pago por um suposto comprador no mercado não seria superior ao custo de comprar um ativo novo ou de construí-lo em sua integralidade. Para tal, é necessário identificar o bem, suas características e um bem igual ou similar novo. Posteriormente deve-se escolher o método de depreciação a ser aplicado, a determinação de sua vida útil, do seu valor residual e calcular o valor depreciável e seu coeficiente de depreciação, para, por fim, calcular o valor depreciado (BENVENHO, 2019).

Um bem novo pode ser identificado a partir de cotação direta no mercado, através de pesquisa junto ao fabricante ou orçamentos, propostas comerciais, notas fiscais e invoices disponíveis. Quando não for possível, pode-se buscar por bens com características similares em função, capacidade e tecnologia, fazendo os ajustes necessários relativos à obsolescência. Ainda, existem ábacos para estimativa de valores de equipamentos novos, especialmente para a indústria química, em certos casos (BENVENHO, 2019).

Toda máquina é formada pela composição de diversos elementos, que, ao iniciar sua vida operacional, obedecem à uma proporção de crescimento de sua capacidade operacional. A fase inicial de operação do maquinário seria a de "Mortalidade Infantil", onde ocorreriam ajustes e perda de material, podendo levar ao colapso total e morte (WUTTKE & SELLITTO, 2008).

Posteriormente, a fase de "Mortalidade" onde o valor médio da taxa de falha é constante. As falhas ocorrem por motivos aleatórios, externas ao sistema. Por fim, o "Mortalidade Senil" seria o início do fim: há um crescimento constante da taxa de falhas, levando à deterioração do equipamento até o fim de sua vida. No entanto, dependendo das condições obtidas durante o início do colapso do maquinário, poderia, a partir desse momento, ser iniciada nova vida útil para outra utilidade (WUTTKE & SELLITTO, 2008).

Considera-se a "Vida Útil" de um equipamento o "seu prazo de utilização funcional", como disposto pela NBR 14.653-1(BENVENHO, 2019). Após esgotada sua vida útil, o que resta da máquina é denominado de "Valor Residual".

Já a depreciação do maquinário pode ocorrer por causas físicas ou funcionais. As causas físicas estão relacionadas ao uso do bem e seu comportamento estrutural/mecânico em condições normais. Elas atuam progressivamente e continuamente durante o período de operação da máquina, podendo ainda ser retardada ou recuperada a depreciação ocorrida nessa fase (CAIRES, 2007).

No caso das causas funcionais, estas decorrem de fatores indiretos e independentes do projeto inicial da máquina, podendo atuar de maneira progressiva ou instantânea, em qualquer momento e fase da vida da máquina, influenciando juntamente (ou não) com as causas físicas. Dentre as causas funcionais mais comuns destaca-se a condição de obsoletismo (CAIRES, 2007), caracterizado por ser uma condição com baixa produtividade ou rendimento em relação a um equipamento similar para o mesmo fim, devido a aperfeiçoamentos, novos projetos, novos conceitos e ideias, etc (CHEDE, 1979).

Ainda assim, mesmo considerando as causas funcionais, os fatores que dão origem aos modelos de avaliação de máquinas são as causas físicas e seu desgaste progressivo atrelado a elas, sendo estas passíveis de previsão ou estimação por uma máquina, através de princípios e projetos mecânicos, ou através da observação empírica, chegando-se a modelos de curvas que podem reproduzir aproximadamente o comportamento e vidas das máquinas (BENVENHO, 2019).

A seguir, serão listados os principais modelos de depreciação utilizados para a Avaliação de Máquinas e Equipamentos:

3.1. Método da linha reta

Um dos métodos mais simples, o valor do bem, neste caso, deprecia linearmente com o tempo (BENVENHO, 2019).

Para esse modelo, somente é levado em consideração a idade do bem, falhando em considerar a vida útil, aspecto importante que determina se tal maquinário está ainda dentro de sua fase de "Mortalidade" ou se já estaria em sua fase de "Mortalidade Senil". Ademais, não são consideradas a operação e manutenção do equipamento, que se relacionam diretamente para a longevidade do item em questão.

3.2. Método de Cole

O modelo estabelece que dada depreciação para cada período seria igual ao "produto da depreciação total pelos elementos da série" (BENVENHO, 2019).

Neste caso, somente é levada em consideração a idade do bem e sua vida útil, ignorando o impacto intrínseco que o bom cuidado do maquinário e sua carga ao longo de sua operação possa afetar a depreciação do bem.

3.3. Método da criticidade

Método desenvolvido pelo Eng. João Carlos Alves Barbosa, relaciona o percentual do valor do bem novo e sua manutenção. Desta maneira, cria-se um índice que funciona com índices de disponibilidade compatíveis com o empreendimento (BENVENHO, 2019).

Apesar de ser um método muito utilizado para determinação e aplicação de manutenções no equipamento, é um método qualitativo, que se baseia fortemente no know-how do engenheiro avaliador que o utiliza.

3.4. Método de Caires

Como determinado pelo Eng. Hélio de Caires (BENVENHO, 2019), o modelo pretende aproximar uma curva que represente o dado valor depreciado do bem para a sua vida útil, ponderando nessa aproximação a sua idade, o seu valor residual, sua vida útil e fatores de manutenção e operação, da seguinte maneira:

$$D(t,\mu,\tau,\eta) = \frac{A}{1 + Be^{\theta(\mu,\tau)*C*(\frac{t}{\eta})}}$$

Onde:

A = 1,347961431
B = A-1
C = 3,579761431
E = 2,7182
$\theta(\mu,\tau) = 0{,}853081710 * e^{\wedge(0{,}067348748\tau - 0{,}041679277\mu - 0{,}001022860\tau\mu)}$

Onde:

t - Idade real da máquina
μ - Coeficiente de Manutenção
τ - Coeficiente de trabalho
T - Vida útil média, para a manutenção e trabalho normais.

O coeficiente de trabalho τ tem a função de levar em conta as condições de carga de trabalho do equipamento tais como: regime contínuo, intermitente, constantes acionamentos e paradas, rotação alta e/ou baixa, sub ou super utilização em relação às condições de projeto, temperaturas e ambientes corrosivos, entre outros aspectos (BENVENHO, 2019).

O Coeficiente de Práticas de Manutenção μ leva em conta o regime e manutenção aplicado aos equipamentos tais como: sem manutenção, com manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva, com equipe própria, terceirizada ou externa (BENVENHO, 2019).

***Figura 1** - Valores para o Coeficiente de Manutenção (chamado abaixo de CM) e para o Coeficiente de Trabalho (chamado abaixo de CT)*

	CM	CT
0	Inexistente	Nulo
5	Sofrível	Leve
10	Normal	Normal
15	Rigorosa	Pesado
20	Perfeita	Extremo

***Fonte:** OLIVEIRA (2003)*

3.5. Método de Ross e Ross-Heidecke

O método de Ross considera uma função polinomial da vida útil e idade do bem como sendo equivalente à depreciação deste (BENVENHO, 2019). Tal modelo sofre da mesma limitação vista para a metodologia de Cole, que considera a depreciação do equipamento somente relacionada à sua vida útil e sua idade, sem levar em conta fatores adicionais que possam modificá-la.

Desta maneira, o método de Ross-Heidecke adiciona uma camada de variável, ao combinar o modelo de Ross com a tabela de estados de conservação de Heidecke, muito utilizada na avaliação de benfeitorias e construções (BENVENHO, 2019).

Assim, apesar de não considerar a operação e a manutenção do maquinário, de certa forma, se considera o cuidado, de maneira indireta, que o proprietário teve com seu equipamento no cálculo de depreciação.

3.6. Método de Ross-Heidecke adaptado

Como visto anteriormente, o método de Ross-Heidecke considera que a depreciação seria uma perda de valor que não pode ser recuperada com gastos de manutenção, sendo que as reparações apenas melhoram a durabilidade do bem.

No entanto, uma boa manutenção, regular, levaria a uma depreciação continua e estável, enquanto que um bem mal-conservado sofreria maior depreciação. Assim, BENVENHO & SABINO (2013) aplicaram a metodologia de Rosse-Heicke em conjunto com a metodologia de Caires, de modo a se obter valores mais fidedignos dos equipamentos.

A seguir observa-se a tabela de critérios aplicada a máquinas e equipamentos, para determinação do estado de conservação:

***Figura 2** - Critérios de Heidecke adaptados para a avaliação de máquinas e equipamentos*

ESTADO	CONCEITO	CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO
1	NOVO	Máquina/equipamento, com até seis meses de uso e sem danos.
1,5	ENTRE NOVO E REGULAR	Quando a máquina/equipamento em questão, apesar de já submetido ao uso, apresenta-se nas condições de novo ou bem próximo disso. Não recebeu e nem necessita de reparos.
2	REGULAR	Quando o objeto de serviço de recuperação ou de restauração recente deixou a máquina/equipamento em condições próximas ao de novo. Quando da existência de atividade de manutenção permanente e eficiente que mantém a aparência e/ou uso em condições de novo; Requer apenas limpeza sem utilização de mão de obra especializada para manter a máquina/equipamento em boas condições de uso/aparência.
2,5	ENTRE REGULAR E REPAROS SIMPLES	Atividade de manutenção eventual ou periódica que mantém uma boa aparência e condições normais de uso, mas sem o aspecto de novo ou recuperação recente. Requer intervenções superficiais em pontos localizados para recuperação de desgastes naturais. Pode requerer mão de obra especializada com uso de instrumentos especiais.
3	REPAROS SIMPLES	Requer intervenções em pontos localizados ou em partes/componentes definidos para restauração de aspectos e/ou funcionalidades originais. Necessitam de serviços generalizados de manutenção e limpeza. Implicam a realização de serviços superficiais ou reparos de partes ou componentes definidos/localizados com mão de obra especializada. Não comprometem a operação e a funcionalidade.
3,5	ENTRE REPAROS SIMPLES E IMPORTANTES	Requer intervenções generalizadas na maior parte da máquina/ equipamento, ou com profundidades em peças ou componentes específicos sob pena de comprometimento iminente de operação e segurança. Implica restauração ou recuperação com remoção/ substituição/ adição de elementos ou peças com mão de obra especializada.
4	REPAROS IMPORTANTES	Requer intervenções generalizadas e com profundidade em partes ou peças críticas sob o aspecto de estética, salubridade, segurança e funcionalidade. Implica restauração ou recuperação com remoção/ substituição/ adição de elementos ou peças com mão de obra especializada.
4,5	ENTRE REPAROS IMPORTANTES E SEM VALOR	Restauração total de elementos ou peças importantes. Degradação generalizada e com alto grau de exposição. Alto nível de comprometimento da funcionalidade, segurança e operação.
5	SEM VALOR	Máquina/equipamento em estado de demolição. Sem condição de operação ou uso.

***Fonte:** BENVENHO & SABINO (2013)*

Consultado o estado do bem, identifica-se, em seguida, o percentual de depreciação imposto:

***Figura 3** - Critérios de Heidecke adaptados e seus percentuais de depreciação*

Condições Físicas	Estado	Conceito	EC	Depreciação (%)
Não sofreu nem requer reparos	Novo	1	1,0000	0,00%
	Novo-Regular	1,5	0,9968	0,32%
Requer pequenos reparos	Regular	2	0,9748	2,52%
	Regular-Rep.simples	2,5	0,9191	8,09%
Requer reparacões simples	Rep.simples	3	0,8190	18,10%
	Rep. simples-import	3,5	0,6680	33,20%
Requer reparações importantes	Rep.import.	4	0,4740	52,60%
	Rep.import-sem valor	4,5	0,2480	75,20%
Valor de demolição (residual)	Sem valor	5	0,0000	100,00%

***Fonte:** BENVENHO & SABINO (2013)*

4. DESCRIÇÃO DAS MÁQUINAS

Como visto na seção anterior, é um aspecto importante do processo de avaliação de máquinas e equipamentos a caracterização dos ativos a serem estudados. A seguir, os quatro altos-fornos analisados são expostos com suas características técnicas:

4.1. Alto-forno "A"

Volume: 80 m3
Produção prevista: 180 t/dia ou 65.700 t/ano.
Manutenção: Manutenção preventiva, com etapas diárias, semanais e mensais. Reforma geral a cada 15 anos.
Estado de conservação: Em perfeito funcionamento.
Operação: Operação contínua, comum de um alto-forno.
Data de implementação: Por volta de 2000. Última reforma ocorrida em 2015.

4.2. Alto-forno "B"

Volume: 115 m3
Produção prevista: 260 t/dia ou 94.900 t/ano.
Manutenção: Manutenção preventiva, com etapas diárias, semanais e mensais. Reforma geral atrasou por conta da pandemia do COVID-19.
Estado de conservação: Necessitando de reparos importantes (lingoteira, ventaneiras e timpas, correias transportadoras e bombas danificadas, refratários em necessidade de substituição).
Operação: Operação contínua, comum de um alto-forno, com paradas frequentes para manutenção corretiva.
Data de implementação: Por volta de 2005.

4.3. Alto-forno "C"

Volume: 150 m3
Produção prevista: 340 t/dia ou 124.100 t/ano.
Manutenção: Alto-forno está funcionando estritamente à base de manutenções corretivas desde 2020, quando foi determinada que sua operação seria de apoio aos altos-fornos menores, devido à queda na produção.
Estado de conservação: Em perfeito funcionamento.
Operação: Operação contínua, comum de um alto-forno, com paradas frequentes para manutenção corretiva.
Data de implementação: Por volta de 2010.

4.4. Alto-forno "D"

Volume: 150 m3
Produção prevista: 340 t/dia ou 124.100 t/ano.
Manutenção: O equipamento não sofre nenhum tipo de manutenção desde 2020.
Estado de conservação: Péssimo estado de conservação, com necessidade de reparos vitais para o funcionamento correto do equipamento.
Operação: Alto-forno se encontra abafado desde 2020.
Data de implementação: Instalado em 2010 e abafado em 2020.

5. AVALIAÇÃO DOS ALTOS-FORNOS

Para efetuar a avaliação dos altos-fornos caracterizados acima, utilizando o método de custos, buscou-se no mercado um orçamento para um alto-forno novo. No entanto, devido à dificuldade de se obter informações, por conta das características próprias desses equipamentos estudados e da baixa oferta no mercado para o equipamento, utilizou-se como base um orçamento datado de janeiro de 2010, devidamente atualizado de acordo com o IPA – Máquinas e Equipamentos.

Ademais, como visto anteriormente, os altos-fornos encontram-se em diferentes estados de conservação, manutenção e operação, muitas vezes descaracterizados completamente, com ausência de peças complementares e, muitas vezes, fundamentais.

Assim, a depreciação de um equipamento novo, íntegro, com todas as peças fundamentais, não seria capaz de refletir a real depreciação sofrida por um forno descaracterizado.

Portanto, o orçamento foi adaptado para cada condição do alto-forno, refletindo sua descaracterização, sua capacidade e os itens que estariam, no momento presente da avaliação, ausentes de sua composição.

Entre os modelos genéricos, um dos mais simples e conhecidos é do Eng. Hélio Roberto de Caires. Este modelo é particularmente utilizado para os cálculos de avaliação de máquinas e equipamentos sujeitos a regime severo de operação ou sob condições precárias de manutenção, quando estes fatores possam exercer influência decisiva no resultado final da avaliação.

Desta maneira, optou-se pela aplicação da metodologia no estudo dos altos-fornos, com

adaptações conforme as características de condições, operação e manutenção apresentadas pelos equipamentos.

Para os fornos "A" e "C" que se encontram em perfeito estado de funcionamento, ainda que com diferentes estados de manutenção e operação, manteve-se a aplicação do Método de Caires em sua concepção inicial. Para o forno "B", que apresenta necessidade de reparos importantes, demonstrando um estado de conservação mais precário, optou-se pela aplicação do Método Adaptado de Ross-Heidecke. Por fim, para o forno "D", com estado avançado de deterioração, optou-se pela aplicação do Método de Ross-Heidecke tradicional.

Para Valor Residual, sendo este um valor geralmente arbitrado, optou-se por considerar como a taxa de depreciação prevista para fornos industriais, conforme previsto pela Instrução Normativa nº 1700 da Receita Federal (BRASIL, 2017):

Figura 4 *- Trecho da IN nº 1700*

Referência NCM	Bens	Prazo de vida útil (anos)	Taxa anual de depreciação
8417	FORNOS INDUSTRIAIS OU DE LABORATÓRIO, INCLUÍDOS OS INCINERADORES, NÃO ELÉTRICOS Ver Nota (1)	10	10%

Fonte: *BRASIL (2017)*

Em relação à vida útil, apesar da Instrução Normativa indicar 10 anos, este não é um valor tecnicamente próximo da realidade tecnológica atual. Como visto em reportagem, a vida útil de um alto-forno não pode ultrapassar 20 anos (BIANCHETTI, 2019):

Figura 5 *- Trecho da reportagem do Diário do Comércio*

> Ainda no exercício passado, uma fonte da área siderúrgica que pediu para não ser identificada, alertou para a necessidade de uma intervenção maior na estrutura, como a troca dos refratários do equipamento, pois as últimas manutenções ocorreram em 1999. "A vida útil de um alto-forno não pode passar de 20 anos. E o que diz muito sobre sua manutenção ou troca é não somente sua utilização, mas o material refratário e até o tipo do minério que é transformado", explicou, na época, dizendo que obra deste porte custaria mais alguns milhões de reais para a empresa.

Fonte: *BIANCHETTI (2019)*

Destaca-se, no entanto, que tal vida útil é medida por campanha, ou seja, a operação de um alto-forno até a sua próxima grande reforma (OLIVEIRA, 2019). Desta forma, pode-se considerar como, em média, para a vida útil total do alto-forno, a vida-útil em cada campanha e a prevista na campanha atual.

Figura 6 *- Trecho da reportagem do site Click Petróleo e Gás*

> Já o alto-forno 3 que irá parar para manutenção em 2021, produz sozinho 7 mil toneladas de ferro-gusa diariamente, quase o dobro dos outros dois equipamentos.
> O alto-forno 3 também já opera há 20 anos e a intenção é estender a sua vida útil em 20 anos. O investimento total nas reformas está previsto em R$ 1,234 bilhão, confirmando a confiança da Usiminas na retomada do mercado nos próximos anos.

Fonte: *OLIVEIRA (2019)*

Os dados de idade, estado de conservação, manutenção e operação já foram apresentados na seção anterior.

Desta forma, pode-se analisar a avaliação feita para os altos-fornos a seguir:

5.1. Alto-forno "A"

Como se observou, apesar de ser o menor alto-forno, o Alto-Forno A é o que apresenta melhor operação: sua operação é contínua, como se espera de um alto-forno, e este não é afetado, de maneira significativa, pela necessidade de manutenções corretivas, que levariam a paradas e suspensão da produção em muitos casos. Assim, pode-se considerar seu Coeficiente de Trabalho como "Normal".

O alto-forno em questão, de maneira similar, apresenta controle rigoroso de manutenção. As manutenções preventivas estão em dia e estão separadas por ações diárias, semanais e mensais. Adicionalmente, antes de dar o prazo máximo para a vida útil do alto-forno, este ainda passa por extensa reforma geral, garantindo seu funcionamento normal pelos próximos anos, garantindo, portanto, o Coeficiente de Manutenção como "Rigorosa".

É um dos primeiros equipamentos a serem instalados no sítio, com idade total de 23 anos. Ainda assim, como sofreu uma grande reforma em 2015, antes do prazo de sua vida útil, esta foi renovada por mais 20 anos, de certa forma, levando à sua nova vida útil considerada como 35 anos.

Considerando os fatores acima e a garantia do Valor Residual de 0,1, tem-se:

***Tabela 1** - Avaliação do Alto-Forno A*

ALTO FORNO "A"		
Vo	R$ 26.595.971,19	Cotação no mercado.
τ	10	O coeficiente de trabalho
μ	15	O Coeficiente de Práticas de Manutenção.
t	23	Idade do bem em avaliação em anos
T	35	Vida útil média em anos
VR	0,1	Valor residual do bem entre 0 e 1.
Φ	0,77	Tabela 3 de Caires
t/T	0,51	
D(t)	0,42777	Tabela 4 de Caires
V	R$ 12.898.859,86	Valor de mercado do bem

***Fonte:** Elaborado pelo Autor.*

***Tabela 2** - Avaliação do Alto-Forno B*

ALTO-FORNO B		
Vo	R$ 24.860.072,64	Cotação no mercado.
τ	10	O coeficiente de trabalho
μ	5	O Coeficiente de Práticas de Manutenção.
t	18	Idade do bem em avaliação em anos
T	20	Vida útil média em anos
VR	0,1	Valor residual do bem entre 0 e 1.
Φ	1,29	Tabela 3 de Caires
t/T	1,16	
D(t)	0,06	Tabela 4 de Caires
V	R$ 1.813.851.856,45	Valor de mercado do bem a

***Fonte:** Elaborado pelo Autor.*

Observa-se, assim, que apesar dos inúmeros cuidados dispostos para a máquina, a idade do equipamento ainda é um fator determinante para a depreciação do alto-forno, denotando as mudanças tecnológicas que são naturais e esperadas em um período de 23 anos.

5.2. Alto-forno "B"

O Alto-Forno B, de maior capacidade produtiva, também foi instalado em momento posterior (2005). Apesar de ter se mantido controle rigoroso de manutenção até um certo ponto, com manutenções preventivas presentes e contínuas, não foi efetuada a reforma prevista para 2020, por conta da pandemia da COVID-19, e, portanto, o equipamento não sofreu extensão de sua vida útil. Desta maneira, com o declínio natural do forno previsto, a ocorrência de manutenções corretivas é muito superior do que o considerado o normal, afetando não só a integridade do item como sua funcionalidade.

Assim, estabeleceu-se o Coeficiente de Trabalho como "Normal" e o Coeficiente de Manutenção como "Normal".

Por fim, foi observado que, por conta da deficiência de manutenção e ausência de reforma em tempo esperado, há inúmeros reparos e trocas necessárias para o funcionamento perfeito do maquinário, como em suas lingoteiras, ventaneiras, timpas, correias, bombas e refratários.

Por conta do estado de conservação pontual e característico, que evidencia a ausência de cuidados mecânicos com o maquinário, foi realizada a avaliação a partir do Método de Ross-Heidecke adaptado, como se segue:

Considerando o apresentado, nota-se que o valor final do item foi muito impactado pelo estado observado no momento de avaliação. Se comparado com o Alto-Forno A, mais antigo e menor que o forno B, seu valor é bastante inferior.

Ainda que tenha sido considerado, para o V0 um valor adaptado de modo a desconsiderar as peças que deveriam ser trocadas ou reformadas para que o equipamento funcionasse perfeitamente, o fato de que a manutenção não foi cumprida de maneira rigorosa, permitindo que o equipamento se aproximasse mais do fim de sua vida útil, garantindo a necessidade de maiores intervenções, paradas e reformas generalizadas (e caras), levou a uma depreciação significativa do alto-forno.

5.3. Alto-forno "C"

Já o Alto-Forno C, de 150 m3, foi instalado em 2010. Por conta de momento de crise sofrido pela empresa independente, a partir de 2020 sua produção foi reduzida, servindo apenas de apoio ao Alto-Forno A e B.

Dessa maneira, como sua produção foi reduzida, diminuindo seu grau de operação, gastos correlacionados ao maquinário também foram reduzidos, levando à troca consciente, pela empresa, das manutenções preventivas periódicas por manutenções meramente corretivas. Desta maneira, determinou-se seu Coeficiente de Trabalho como "Leve" e seu Coeficiente de Manutenção como "Deficiente".

Ainda assim, é um equipamento relativamente jovem e sem evidências de grandes deteriorações, aparentemente. Desta forma, segue:

***Tabela 3** - Avaliação do Alto-Forno C*

ALTO-FORNO B		
Vo	R$ 50.236.834,48	Cotação no mercado.
τ	5	O coeficiente de trabalho
μ	5	O Coeficiente de Práticas de Manutenção.
t	13	Idade do bem em avaliação em anos
T	20	Vida útil média em anos
VR	0,1	Valor residual do bem entre 0 e 1.
Φ	0,95	Tabela 3 de Caires
t/T	0,62	
D(t)	0,32079	Tabela 4 de Caires
V	R$ 19.527.610,17	Valor de mercado do bem

***Fonte:** Elaborado pelo Autor.*

Ressalta-se que o alto-forno analisado acima apresenta capacidade superior aos outros dois altos-fornos "A" e "B", além de ser relativamente jovem, se comparado a ambos.

Assim, observa-se que estes fatores previnem que o forno em questão sofra com um grande coeficiente de depreciação, mesmo com a aplicação da manutenção mecânica sobre o equipamento de maneira pouco condizente com os parâmetros de qualidade mundiais.

Outro fator que pode ter auxiliado à menor taxa de depreciação sofrida pelo forno seria seu Coeficiente de Trabalho. Trabalhando de maneira "leve", entende-se que o equipamento estaria sendo resguardado contra grandes esforços mecânicos, que levariam ao desgaste mais rápido do equipamento e, consequentemente, à diminuição de sua vida útil natural.

5.3. Alto-forno "D"

Por fim, o Alto-Forno D, com a mesma capacidade que o Alto-Forno C e mesma época de instalação, é o equipamento em estado mais crítico. Por conta da redução da produção em 2020, o forno foi abafado e não se encontra mais em funcionamento. Por esse mesmo motivo, não passa por nenhum tipo de manutenção, nem mesmo corretiva, sendo, praticamente, esquecido.

Desta forma, o forno, em um ambiente pouco propício para ser mantido fora de funcionamento e sem manutenção, sofreu grandes danos e perdas de partes importantes para seu funcionamento. As lingoteiras, ventaneiras, timpas, correias transportadoras, bombas, glendons e outras máquinas anexas, por exemplo, não estão em mais nenhuma condição de reparo e devem ser trocadas imediatamente.

Considerando o exposto, optou-se pela aplicação do Método Ross-Heidecke comum, já que a operação e a manutenção do equipamento não afetam mais na análise de depreciação da máquina. Assim, segue:

***Tabela 4** - Avaliação do Alto-Forno D*

ALTO-FORNO D		
tc	13	Idade do Alto-Forno
T	20	Vida útil do Alto-Forno
%AFD	66	t/T
D(x)	0,112	Coeficiente de Depreciação
V	R$ 2.251.901,78	Valor de mercado

***Fonte:** Elaborado pelo Autor.*

Analisando o item avaliado, nota-se que o valor final do equipamento foi muito impactado pelo estado observado no momento de avaliação. Se comparado com o Alto-Forno C, de mesma capacidade e mesmo ano de instalação, a depreciação para o Alto-Forno D foi significativa.

Ainda que tenha sido considerado, para o V0 um valor adaptado de modo a desconsiderar as peças que deveriam ser trocadas ou reformadas para que o equipamento funcionasse perfeitamente, o fato de que não só a manutenção e operação cuidadosa são importantes para a menor depreciação de equipamentos usados, como também a sua conservação.

Mesmo parados e sem manutenção, se as partes que formam o alto-forno fossem alocadas e conservadas em local propicio, de acordo com manual de instrução do fabricante e a estrutura do alto-forno fosse protegido contra intempéries, enquanto parado, o seu estado de conservação estaria melhor e, consequentemente, seu valor de mercado.

6. CONCLUSÕES

A indústria siderúrgica no Brasil e, especialmente, em Minas Gerais, evoluiu muito nos últimos cem anos. Tais evoluções permitiram que a indústria de aço crescesse a ponto de fornecer esse bem de consumo a outros países, com qualidade e bons preços, criando um legado e um objeto de desejo, em muitos casos.

Já o estudo de Engenharia de Avaliações, fundamental para a verificação de valores de diversos tipos de bens, ainda é muito baseado em fatores qualitativos, como o conhecimento e o bom julgamento do profissional que executa a avaliação, deixando margem para a disposição e análise de variáveis que são fundamentais para a correta valoração de bens de maneira equivocada, levando a diversos resultados diferentes do esperado

Por conta de sua importância na indústria brasileira e mineira e por suas características marcantes de um bom equipamento mecânico, que se correlacionam em diferentes níveis, foi escolhida a avaliação de altos-fornos para demonstrar e entender qual o nível de importância da análise de variáveis e o impacto de seu modo de uso no resultado de uma avaliação.

Ao longo deste trabalho foi analisada a avaliação de quatro altos-fornos diferentes, instalados na mesma região, que apresentavam algumas características diferentes e outras semelhantes, entre si.

O Alto-Forno A, menor e mais antigo, apresentava um excelente estado de conservação, operação continua e manutenção rigorosa. Passava por reformas gerais a cada 15 anos, garantindo a extensão da vida útil do equipamento.

Já o Alto-Forno B, maior que o "A" e mais novo (de 2005), ainda mantinha operação regular e manutenção considerada normal, ainda que tenha faltado com a reforma geral do equipamento no momento esperado. Por isso, apresentava necessidade de diversos reparos, fundamentais para a continuidade de sua operação.

O Alto-Forno C, um dos maiores e mais jovens, sofreu com a queda de produtividade observada na empresa a partir de 2020, sendo relegado a manutenções majoritariamente corretivas e a uma carga de trabalho mais leve, de modo que sua capacidade produtiva não alcança a nominal esperada.

Por fim, o Alto-Forno D, instalado no mesmo ano que o forno "C" e com mesmo volume, foi "abafado" em 2020, impactado pela mesma diminuição de produtividade mencionada anteriormente. Esquecido, não sofreu nenhum tipo de manutenção, sendo lentamente dilapidado pelo tempo e pela atmosfera, chegando em um ponto crítico de má conservação.

Considerando os pontos expostos acima, notou-se que uma das variáveis preponderantes e mais importantes em todas as análises é a idade do bem, aliada à vida útil. Quando aplicado grandes reparos, que estendiam a vida útil do bem, a maior idade do bem sofria um amortecimento na sua relação com a taxa de depreciação, sendo um fator importante para aqueles que tem intenção de garantir a funcionalidade prolongada do bem ou pretendem ser beneficiados em futura venda deste.

Outro fator de extrema importância observado foi a manutenção do bem. Equipamentos que sofriam manutenção mais rigorosa (de acordo com as normas de qualidade conhecidas) tendiam a refrear a taxa de depreciação sofrida pelo bem. Desta maneira, resta evidente que a aplicação de manutenção preventiva de

maneira periódica garante não só a longevidade do bem, mas também reduz o índice de reparos de grande magnitude, caros e extensivos, que impactam significativamente na operação e produção do alto-forno.

Por fim, outro fator que se mostrou de grande importância na análise das variáveis foi o estado de conservação do equipamento. Altos-fornos em pior estado de conservação tinham um aumento súbito em sua taxa de depreciação, mesmo para equipamentos mais novos e com maior capacidade produtiva.

Esse estado de conservação muitas vezes está relacionado diretamente à manutenção mecânica aplicada ao equipamento, levando à uma correlação dos fatores. Ainda assim, pode ser um indicativo da maneira como os bens estão sendo preservados, demonstrando a necessidade, sempre, de se seguir as instruções dispostas pelos fabricantes, evitando perdas não só financeiras, mas também de bens, gerando menos entulho e sucata, garantindo uma empresa limpa, organizada e sustentável.

Logo, entende-se que, para a avaliação metódica de qualquer tipo de equipamento ou máquina, é necessário entender como funciona o bem avaliado e como suas principais variáveis se comportam, não só em relação ao meio em que estão aplicadas, mas também entre si.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-1/19. Avaliação de Bens. Parte 1: Procedimentos Gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. **NBR 14653-1/19. Avaliação de Bens. Parte 5: Máquinas, equipamentos, instalações e bens industriais em geral.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ANDRADE, Maria et al. Ferro Gusa: Metálico Alternativo – Área de Operações Industriais. **Mineração e Metalurgia**, nº 41, BNDES, 2000.

BENVENHO, Agnaldo Calvi. **Avaliação de Máquinas, Equipamentos, Instalações e Complexos Industriais.** São Paulo: EUD, 2019.

BENVENHO, Agnaldo Calvi; SABINO, Alexandre Gustavo. Proposta de uso conjunto do método de Caíres e Ross-Heidecke de modo a complementar e aprimorar a metodologia tradicional de avaliação de máquinas e equipamentos. In: **XVII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS**, 2013.

CAIRES, Hélio Roberto Ribeiro de. **Técnicas especiais em avaliação. In: IBAPE-SP. Engenharia de Avaliações.** São Paulo: Editora Pini, 2007.

CHEDE, Gil José. **Engenharia de Avaliação** – I. Curitiba: BDMG, 1979.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica.** São Paulo: McGraw-Hill, 1986.
CVRD. **Seminário ABM.** 2006.

FONSECA, Paulo Sergio Moreira; CARVALHO, Pedro Sérgio Landim de; SILVA, Marcelo Machado da. Investimentos na siderurgia brasileira. In: TORRES, Ernani. **Perspectivas do Investimento 2010-2013.** Rio de Janeiro: BNDES, 2011, p. 71-107.

GOMES, Marcu Túlio Maciel et al. Diagnóstico da Indústria Siderúrgica em Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, vol. 13, p. 60-66, dezembro, 2007. Disponível em: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74459039011. Acesso em: 10 de abril de 2023.

LINS, Márcio Cavalcanti. **O Ferro Gusa na Região Norte:** Estudo de Caso das Siderúrgicas Instaladas ao Longo da Estrada de Ferro Carajás. TCC (Especialização em Gestão Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, p.46, 2008.

MOREIRA, Alberto Lélio. **Princípios de Engenharia de Avaliações.** São Paulo: Pini, 1997.

OLIVEIRA, Angelo Megumi de. MÉTODO COMPARATIVO-ESTATÍSTICO PARA AVALIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. In: X**II COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias**, 2003.

WUTTKE, Régis André; SELLITTO, Miguel Afonso. Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, vol. 8, nº 4, 2008. Disponivel em: https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/134. Acesso em: 10 de abril de 2023.

A INFLUÊNCIA DE NEGOCIAÇÕES SUCESSIVAS E CONTINUADAS NA FORMAÇÃO DO VALOR DE MERCADO PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS - ESTUDO DE CASO NO SERTÃO NORDESTINO

RESUMO

A implantação de projetos de mineração é composta por várias etapas, sendo que, uma das principais é o acesso à terra por aquisição ou servidão nas áreas de interesse. Neste trabalho foram identificadas, cadastradas, avaliadas e negociadas 111 áreas para implantação de uma linha de transmissão com aproximadamente 21km de extensão e 40m de largura (faixa de servidão). Todas as fases de identificação, cadastro, avaliação e negociação foram concluídas com êxito, dessa maneira, 100% do traçado foi desimpedido.

Com o objetivo de manter atualizado os valores das áreas, a partir da avaliação dinâmica e da inserção de elementos reais na base de dados (preços praticados/negociados nas áreas vizinhas), foi obtido o valor de mercado atualizado.

Assim sendo, após a retroalimentação do sistema, obtém-se o valor sempre atualizado e analisa-se o percentual de influência de negociações sucessivas e continuadas na formação do valor de mercado e, portanto, na base para as negociações. Além de ser um importante mecanismo de correção de rota ou correção de erro.

Além das diretrizes preconizadas pela ABNT NBR 14653 e suas partes pertinentes, serão abordados os princípios das Normas Internacionais de Avaliação (IVS), tais como: valor de mercado (IVS 104) maior e melhor uso (IVS 104) e direitos sobre imóveis (IVS 400).

Como conclusão são apresentadas a importância da constante análise sistêmica do mercado imobiliário e de seus participantes influenciadores, além da observância estrita dos princípios e diretrizes das normas técnicas de avaliação de bens.

AUTORES:

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello

Antônio
Cláudio Andrade Brum

Igor
Almeida Fassarella

Palavras-chave:
Avaliação, Gestão fundiária, Linha de Transmissão, Negociação, Servidão.

1. INTRODUÇÃO

Os trabalhos foram realizados com o intuito de desimpedimento de faixa para implantação de linha de transmissão.

Neste trabalho tem-se destaque para a determinação do valor de indenização os quais serão adotados para a negociação preferencialmente amigável para fins de liberação da área da faixa de servidão e, por fim, a implantação da linha de transmissão.

Definidos a largura da faixa de transmissão, o traçado final e a locação das torres (desejável) foram realizadas as vistorias de campo e para elaboração dos laudos. Neste tema há procedimentos técnicos normatizados pela ABNT e considerações sobre aplicação de índices sobre o valor de mercado das terras, rotineira e frequentemente adotados pelo meio técnico. Aplica-se sobre o valor do terreno ou da terra nua coeficiente de acordo com a limitação e/ou proibição de construir ou estabelecer certos tipos de culturas agrícolas.

Esta negociação para a passagem de linha de transmissão trata-se de servidão de passagem. Diferente de servidão de domínio como é o caso de uma rodovia ou ferrovia. Não secciona física e materialmente o terreno. Todavia, não leva ao superficiário o benefício e valorização de suas terras como o faz a rodovia, por exemplo. Ele em nada se vê favorecido. Então, a princípio ele tende a não se mostrar favorável. Em outros projetos, alguns superficiários chegaram a frontalmente se opor a passagem da linha em suas terras.

Até por isso, é muito importante a obtenção de servidão de passagem para e linha de transmissão. Seja por meio do Código de Mineração - Decreto-Lei 227/1967 - Servidão Mineral; seja por meio da resolução da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) que trata do requerimento para DUP - Declaração de Utilidade Pública quer seja ao concessionário, permissionário ou autorizado - Resolução Normativa 560 de 2013.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o sertão nordestino é uma área de transição entre as sub-regiões do agreste (seco) e meio-norte (úmido). Compreende uma faixa que vai desde o litoral do Rio Grande do Norte e Ceará até a região sudoeste da Bahia, passando pelos estados de Pernambuco, Paraíba (exceto o litoral), um pouco da região noroeste de Alagoas e Sergipe, e quase todo o estado do Piauí, com exceção da parte mais próxima à fronteira com o Maranhão.

O solo da região é antigo e em geral pouco profundo. A maior parte da região tem solo de embasamento cristalino com baixa capacidade de infiltração, mas, em outros locais, nas bacias sedimentares, os solos são mais profundos permitindo uma maior infiltração e um melhor suprimento de água.

Seu clima predominante é o semiárido, caracterizado pelos longos períodos de seca. Os cursos d'água do sertão são, geralmente, formados por rios temporários (também chamados de intermitentes), com exceção do Rio São Francisco. A vegetação predominante é a Caatinga.

Embora grande parte da região seja muito árida, há presença de locais mais úmidos, como os brejos. Ali, são desenvolvidas atividades de agricultura com destaque para as plantações de cana-de-açúcar, milho, mandioca e feijão.

2.2. IDENTIFICAÇÃO E CADASTRO

Trata-se da primeira etapa dos trabalhos. Neste primeiro momento, tem-se a abordagem com o objetivo de conhecer o superficiário, identificá-lo e cadastrá-lo. Além deste, é importante realizar o mesmo procedimento para o imóvel, pois em seu documento de registro ficará averbada a referida servidão.

2.3 LAUDO DE AVALIAÇÃO

Foram adotadas, no presente trabalho, as seguintes normas de avaliação, publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas:

- NBR 14653-1:2019 (Avaliação de Bens - Parte 1: Procedimentos gerais);
- NBR 14653-2:2011 (Avaliação de Bens - Parte 2: Imóveis urbanos);
- NBR 14653-3:2019 (Avaliação de Bens - Parte 3: Imóveis rurais e seus componentes).

As atividades básicas de uma avaliação, de acordo com o item 6 da NBR 14653-1:2019 (Avaliação de Bens - Parte 1: Procedimentos

gerais), estão relacionadas abaixo, sendo que os procedimentos que se referem às áreas de interesse dos imóveis urbanos ou rurais em estudo foram seguidos na íntegra:

- Requisição da documentação;
- Conhecimento da documentação;
- Vistoria do bem avaliando;
- Coleta de dados;
- Diagnóstico de mercado;
- Escolha da metodologia;
- Tratamento dos dados;
- Resultado da avaliação.

As diretrizes de cada um dos subitens acima relacionados estão descritas no texto da NBR 14653-1:2019.

O valor de mercado é definido da seguinte forma pelo subitem 3.1.47 da NBR 14653-1:2019 (Avaliação de Bens - Parte 1: Procedimentos Gerais): "Quantia mais provável pela qual se negociaria voluntariamente e conscientemente um bem, em uma data de referência, dentro das condições do mercado vigente".

Já a avaliação de bens, de seus frutos e direitos tem a seguinte definição, de acordo com o subitem 3.1.5 da NBR 14653-1:2019: "Análise técnica para identificar valores, custos ou indicadores de viabilidade econômica, para um determinado objetivo, finalidade e data, consideradas determinadas premissas, ressalvas e condições limitantes".

Na servidão de passagem de linha de transmissão é instituída uma faixa de terras, na largura projetada para implantação da linha. No caso da linha de transmissão em questão, esta faixa é de 40m (quarenta metros) de largura. Nesta faixa de terras, em cada imóvel é indenizado o necessário para compensar, no valor de mercado e pelo custo de construir, o existente na faixa.

Na avaliação das faixas em estudo foi utilizado o método evolutivo. Neste método o valor da terra nua ou do terreno é obtido através do método comparativo direto de dados de mercado e as benfeitorias são apropriadas pelo método da quantificação de custo. Portanto, após a conclusão da etapa de vistoria foram efetuadas pesquisas com o objetivo de coletar elementos (terrenos, sítios e fazendas) em oferta para venda no mercado imobiliário com características semelhantes às dos imóveis em avaliação. Tais elementos foram submetidos a um tratamento estatístico (tratamento científico) aprovado pelas normas de avaliação da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Este tratamento tem como finalidade a determinação do valor do terreno ou da terra nua que compõe os imóveis em estudo. Já as benfeitorias reprodutivas e não reprodutivas foram avaliadas através da aplicação de orçamentos ou composições de custo.

Alguns exemplos das benfeitorias identificadas por ocasião das vistorias são: sede, curral, cercas, represas, estradas, paiol, pocilga, pomar, lavouras (perenes ou temporárias) porteiras, energia elétrica, mata-burros, pontes, pastagens.

Note-se que raras vezes teremos valores semelhantes para imóveis, mesmo que sendo vizinhos. Se as áreas de faixa são diferentes os valores de terra nua serão diferentes. Mesmo os fatores a serem aplicados podem ser diferentes.

As benfeitorias também serão diferentes. Um imóvel pode ter mais extensão de cerca que o outro, ou maior área de plantação, ou mesmo, um pode ter benfeitorias não reprodutivas (curral, casa, galpão) e outro não. Assim, não haverá valores iguais.

2.4. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE DEPRECIAÇÃO DA FAIXA DE SERVIDÃO

As Normas Gerais IVS 400 Direitos Sobre Imóveis apresentam os seguintes tipos:

20.2. Um direito sobre imóvel é um direito de propriedade, controle, uso ou ocupação de terrenos e edifícios. Um direito imobiliário inclui direitos de posse informais para comunidades e ou terra coletiva ou tribal e assentamentos informais urbanos/rurais ou economias de transição, que podem ter a forma de posse, ocupação e direitos de uso.

Há três tipos principais de direitos:

a. direito superior em qualquer área definida de terra. O proprietário desse direito tem um direito absoluto de posse e controle da terra e de todos os edifícios nela localizados permanentemente, sujeito apenas a quaisquer direitos subordinados e quaisquer restrições jurídicas legais ou de outro tipo,

b. um direito subordinado que normalmente concede ao titular direitos de posse exclusiva e controle de uma área definida de terra ou edifícios por um período definido, por exemplo, nos termos de um

contrato de arrendamento, e/ou

c. um direito de uso de terras ou edifícios, mas sem o direito de posse exclusiva ou controle, por exemplo, o direito de passagem sobre o solo ou utilizá-lo apenas para uma atividade especificada.

...

90. Hierarquia de Direitos

90.2. Estes direitos sobre imóveis terão suas próprias características, conforme ilustrado nos exemplos a seguir:

a. Embora um direito absoluto proporcione a propriedade de forma permanente, pode estar sujeito ao efeito dos direitos subordinados.

Estes direitos subordinados poderiam incluir arrendamentos, restrições impostas por um titular anterior ou restrições impostas por lei.

b. Um direito de arrendamento terá vigência por um período determinado, no final do qual o imóvel reverte em benefício do titular do direito superior a partir do qual foi criado. O contrato de arrendamento normalmente imporá obrigações ao locatário, por exemplo, o pagamento de aluguel e outras despesas. Também pode impor condições ou restrições, tais como a forma como o imóvel poderá ser utilizado ou sobre qualquer transferência do direito a terceiros.

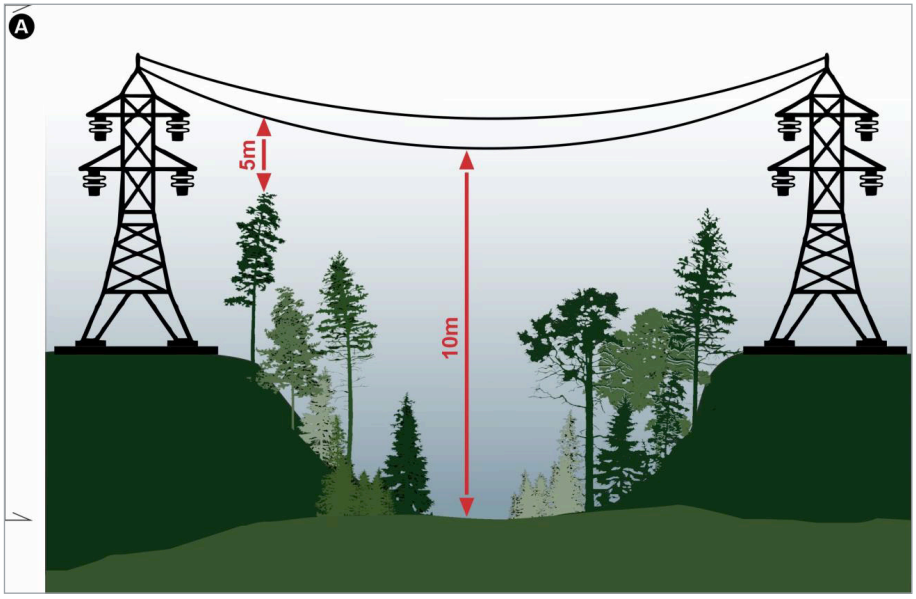
c. Um direito de uso pode ser mantido permanentemente ou por um período determinado. O direito pode ser dependente de pagamentos ou do cumprimento de certas outras condições por parte do titular.

90.3. Ao avaliar um direito sobre imóveis, portanto, é necessário identificar a natureza dos direitos correspondentes ao titular daquele direito e refletir quaisquer restrições ou gravames impostos pela existência de outros direitos sobre o mesmo imóvel. A soma dos valores individuais de vários direitos diferentes sobre o mesmo imóvel frequentemente será diferente do valor do direito superior livre de gravame. (IVS 400 Direitos Sobre Imóveis). (Grifos nossos)

Genericamente, uma servidão é o direito de alguém usar as terras de outrem para uma finalidade específica sem se tornar proprietário dessas terras.

As restrições aos direitos do proprietário do imóvel serviente podem variar desde um benefício a esse imóvel até sua expropriação total, mas, de uma forma geral, uma servidão só limita o proprietário serviente do uso de parte ou de toda a propriedade sem que lhe seja tomada fisicamente qualquer porção.

Figura 1 *- Ilustração da linha de transmissão*



A aquisição de uma servidão habilita o proprietário do imóvel serviente a uma justa indenização, em dinheiro, que é fixada por acordo entre as partes ou por avaliação judicial.

> *"Indenização - A indenização da servidão faz-se em correspondência ao prejuízo causado ao imóvel. Não há fundamento legal algum para estabelecimento de um percentual fixo sobre o valor do bem serviente, como pretendem alguns julgados. A indenização há que corresponder ao efetivo prejuízo causado ao imóvel, segundo sua normal destinação. Se a servidão não prejudica a utilização do bem, não há que indenizar; se a prejudica, o pagamento deve corresponder ao efetivo prejuízo, chegando, mesmo, a transformar-se em desapropriação indireta com indenização total da propriedade, se a inutilizou para sua exploração econômica normal. STJ, REsp 5.741-RS, j. 8.5.91; TJSP, RJTJSP 130/44." (MEIRELLES, 1997. p. 629).*

Para a determinação da depreciação incidente sobre as faixas de servidão envolvidas na questão foram consultados os índices presentes na tabela organizada por Phillipe Westin, que é transcrita a seguir:

***Tabela 1** - Tabela de Phillipe Westin (MOREIRA, 2007).*

PRINCIPAIS FATORES DEPRECIATIVOS	ÍNDICES DE DEPRECIAÇÃO	
	LINHAS DE TRANSMISSÃO	OLEODUTOS / FAIXAS DE SERVIDÃO
Proibição de construção	0,30	0,30
Proibição de culturas	-	0,33
Limitação de culturas	0,10	-
Perigos decorrentes	0,10	0,02
Indução	0,02	-
Fiscalização e reparos	0,03	0,05
Desvalorização do remanescente	0,08	0,10
Seccionamento do imóvel (cortes)	-	0,10 a 0,20

Este critério técnico de depreciação é previsto na literatura e tem uso frequente em engenharia de avaliações; entretanto, em certos trabalhos é contestado, principalmente pelas concessionárias de energia. Tal contestação se baseia na impossibilidade de verificação dos estudos que precederam e justificam os índices de depreciação adotados.

A jurisprudência no caso de desapropriação por servidão de energia elétrica é dúbia. Se de um lado se fala entre 20% e 30% sobre o valor da terra nua em áreas rurais.

> *"a regra é a indenização, porque seus proprietários estão sofrendo prejuízo em benefício da coletividade. Nesses casos, a indenização terá de ser calculada em cada caso concreto, para que se demonstre o prejuízo efetivo, se este não existiu, não há o que indenizar. No caso da servidão de energia elétrica, que é a mais frequente, a jurisprudência fixa a indenização em valor que varia entre 20% e 30% sobre o valor da terra nua".(PROCESSO N. 2448778-02.2014.8.13.0024).*

Por outro lado, em vários acórdãos do judiciário, verifica-se aplicação de percentuais sobre o valor da terra com valores variando entre 1/3 em áreas rurais e 2/3 em áreas urbanas.

> *"No que tange à alíquota de 2/3 referente à servidão, convém salientar que ela foi corretamente fixada na r. Sentença. Se de um lado, não pode ser aceito o percentual de 100% adotado pelo perito, porque a propriedade remanesce com o apelado, de outro, não pode ser acolhida fração de 1/3 pretendida pela apelante, porque ela não recompõe o prejuízo acarretado pela instituição de servidão. De fato, a área objeto de servidão localiza-se em perímetro urbano e em industrial e a instituição do ônus implica restrição à utilização da área para construção e ampliação das instalações da fábrica. Por tudo isso, deve ser mantida a alíquota de 2/3, adotada pela r. Sentença, que indeniza os prejuízos causados."*

De uma maneira geral, vários têm sido os critérios utilizados para apuração do valor das perdas pela ocupação, e para estimar o valor da indenização pelos danos e restrições impostas à área expropriada, descritos em artigos publicados ou objeto de discussão em Congressos de Engenharia de Avaliações. O engenheiro Luiz Augusto Seabra da Costa (SEABRA DA COSTA, 1978) propõe índices de desvalorização pela instituição da servidão definidos conforme o uso e a localização do imóvel em áreas urbanas, interurbanas e rurais. Já o engenheiro José Carlos Pellegrino (PELEGRINO, 1983) com base em estudo elaborado a partir da taxa de rendimento dos imóveis concluiu pela adoção de coeficientes de servidão de 66,6% para terrenos urbanos e de 33,3% do valor para terrenos na zona rural.

Outros ensaios sobre o mesmo tema foram desenvolvidos visando a aplicação para estimativas das indenizações pela servidão em faixas de domínio de Linhas Transmissão de Energia Elétrica, como o do Eng. Walter Zer dos Anjos, propondo a análise e quantificação dos fatores subjetivos e das restrições de uso na faixa de domínio.

***Figura 2** - Índices de depreciação (DOS ANJOS, 1999).*

Fatores Depreciativos	Índices de Depreciação L.Transmissão	Gasodutos
Proibição de construção	0,30	0,30
Proibição de culturas	-	0,33
Limitação de culturas	0,10	-
Perigos decorrentes	0,10	0,02
Indução	0,02	-
Fiscalização e reparos	0,03	0,05
Desvalorização do remanescente	0,08	0,10
Seccionamento do imóvel (cortes)	-	0,10 a 0,20
Soma	0,63	0,90 a 1,00

Em outra direção, de acordo com a ABNT NBR 14.653-2:2011 (Avaliação de bens - Parte 2: Imóveis urbanos), subitem 11.2.2.1, a indenização pela servidão deve equivaler aos danos e prejuízos causados ao imóvel, obtida pela diferença entre o valor da gleba nas condições "antes e depois".

> *"O valor da indenização pela presença de servidão corresponde à perda do valor do imóvel decorrente das restrições a ele impostas, calculadas alternativamente por: diferença entre as avaliações do imóvel original e do imóvel serviente, na mesma data de referência (critério "antes e depois"), com a consideração de circunstâncias especiais, tais como alterações de uso, ocupação, acessibilidade a aproveitamento: diferença entre os valores presentes dos rendimentos imobiliários líquidos relativos ao uso do imóvel antes e depois da instituição da servidão". (ABNT, 2011).*

Em imóveis (terrenos rurais ou urbanos) de grandes dimensões, nos quais o traçado da linha de transmissão ocupe áreas de preservação, áreas não edificantes e espaços posicionados junto às divisas, o índice de depreciação é praticamente nulo, pois não haverá proibições de uso, seccionamento do imóvel e desvalorização de área remanescente, que praticamente não existira.

Em contrapartida, se o traçado da linha de transmissão provocar restrições significativas de aproveitamento da área atingida, a depreciação deve ser praticamente integral. Além disso, se o imóvel for seccionado pela linha de transmissão, deve ser analisada, ainda, eventual desvalorização do remanescente.

Portanto, fica claro que cada projeto tem suas particularidades e deve ser analisado de forma criteriosa para que os índices de depreciação sejam calculados de corretamente, de forma a se obter o valor correto de indenização.

Em razão do exposto, a tabela de Phillipe Westin deve ser considerada, mas os coeficientes de depreciação devem ser definidos e ajustados de acordo com as características físicas dos imóveis atingidos pela linha de transmissão e também conforme o traçado e dimensões da linha de transmissão e a sua posição no imóvel impactado.

2.5. NEGOCIAÇÃO

Definidos os valores de indenização, são propostas pelo menos três reuniões de negociação com cada e qual superficiário. Estas reuniões ocorreram sempre na residência, escritório ou no local indicado pelo superficiário. Utiliza-se dilatado tempo de reunião de forma a poder colocar todos os argumentos e expor todos os contrapontos necessários à realização da melhor negociação.

Aqui é possível diferenciar: melhor negociação e melhor negociação possível. A melhor negociação para o Projeto, evidentemente, seria a servidão simples do imóvel. A melhor negociação possível dependerá do desenvolvimento e desenrolar das negociações. Neste aspecto a amplitude é expandida. É possível tratar de benefícios adicionais como também o exercício da Lei com a servidão judicial.

3. ESTUDO DE CASO

As imagens de satélite reproduzidas a seguir, geradas pelo Google Earth, destacam a linha de transmissão, cuja implantação afetou 111 imóveis. Para tal implantação, conforme já mencionado, foi necessária a identificação / cadastro, levantamento das dimensões, avaliação e negociação para constituição de servidão administrativa das faixas de terreno atingidas, para garantir o acesso a tais faixas e execução das obras necessárias.

Convém ressaltar que a linha de transmissão possui aproximadamente 21 quilômetros de extensão, atravessando dois municípios distintos, e 40 metros de largura média.

***Figura 3** - Imagem satélite com a identificação da linha de transmissão em relação aos municípios*

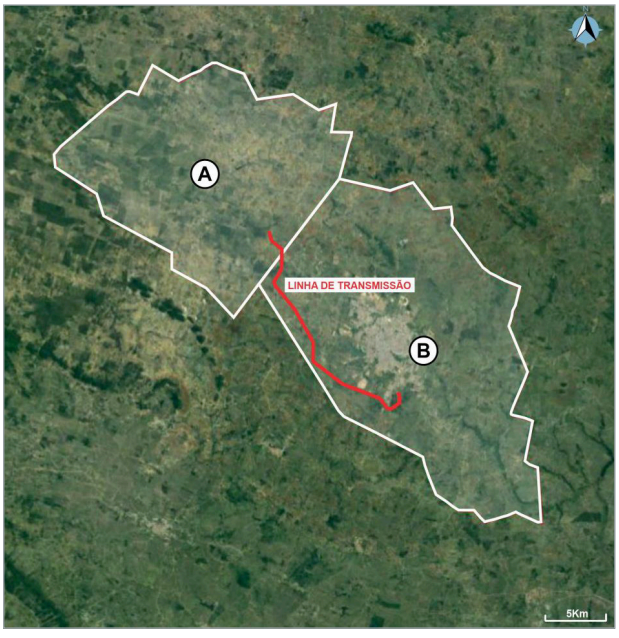
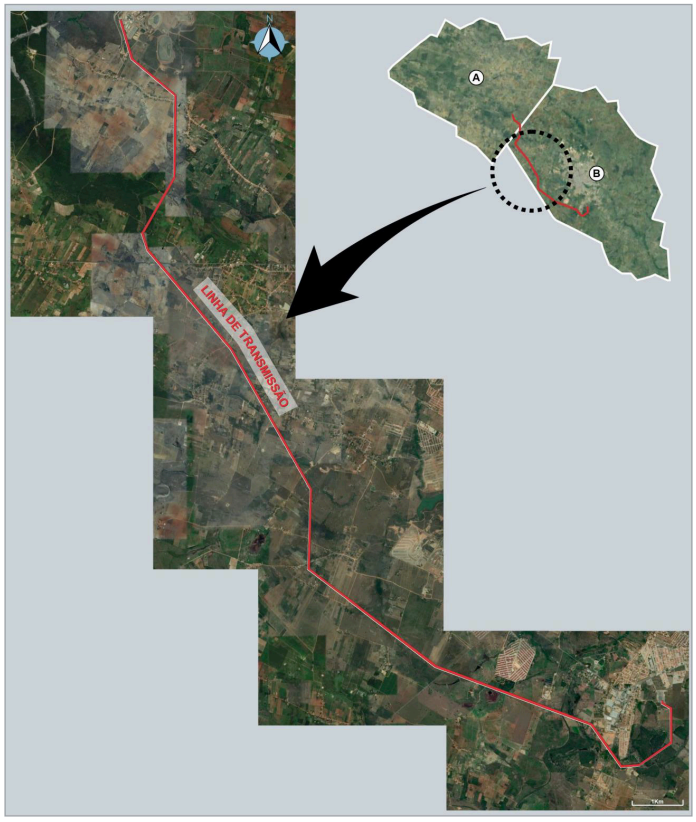


Figura 4 *- Imagem satélite com destaque para linha de transmissão.*



Como exemplo prático, serão apresentados a seguir dois casos reais de avaliação, negociação, atualização de valor e constituição de servidão administrativa de duas faixas de terreno nas quais foram implantados dois trechos da linha de transmissão.

3.1. IMÓVEL 111

Terreno com destinação rural, com área total de 9 hectares, sendo que a faixa atingida pelo traçado da linha de transmissão tinha área total de 0,8264 hectares, ou seja, aproximadamente 9% da área total.

A imagem de satélite reproduzida a seguir, gerada pelo Google Earth, destaca o imóvel em análise.

Figura 5 *- Imagem satélite da área de servidão do imóvel 111.*

Importante destacar que a valor de mercado da faixa de terreno atingida pela linha de transmissão foi obtido pelo método evolutivo, ou seja, o valor da terra nua foi calculado pelo método comparativo direto de dados de mercado e o custo de reedição das benfeitorias (reprodutivas e não reprodutivas) existentes foi apropriado pelo método da quantificação do custo. As fotografias seguintes destacam parte da área atingida pela faixa de servidão e as benfeitorias identificadas (cercas de divisa e cultura de milho).

Figura 6 *- Fotografia da cultura de milho identificada no imóvel 111 (AUTORES).*

Figura 7 *- Fotografia das cercas de divisa identificadas no imóvel 111 (AUTORES).*

A amostra utilizada na avaliação da terra nua, no ano de 2018, era composta de 24 (vinte e quatro) imóveis em oferta para venda, todos situados nas regiões dos imóveis atingidos pelo traçado da linha de transmissão de energia elétrica.

***Tabela 2** - Pesquisa de mercado realizada pelos autores (2018).*

ITEM	DESCRIÇÃO	ÁREA (ha)	VALORES	
			TOTAL (US$)	UNITÁRIO (US$/ha)
01	Opinião de profissional ligado ao setor imobiliário rural. Imóvel rural situado na região 1. Não possui benfeitorias.	3,0520	25.000,00	**8.196,72**
02	Opinião de profissional ligado ao setor imobiliário rural. Imóvel rural situado na região 2. Possui benfeitorias.	3,0520	175.000,00	**57.377,05**
03	Imóvel rural em oferta para venda localizado na região 4. Não possui benfeitorias.	0,3052	7.500,00	**24.193,55**
04	Imóvel rural em oferta para venda situado na região 4. Possui benfeitorias.	213,6400	2.500.000,00	**11.701,93**
05	Imóvel urbano em oferta para venda localizado próximo ao bairro na região 5. Não possui benfeitorias.	10,6820	612.500,00	**57.350,19**
06	Imóvel rural em oferta para venda localizado no povoado da região 5. Não possui benfeitorias.	1,8312	80.000,00	**43.715,85**
07	Imóvel urbano em oferta para venda localizado na região 4. Não possui benfeitorias.	13,1236	537.500,00	**40.967,99**
08	Imóvel rural em oferta para venda localizado na região 4. Não possui benfeitorias.	1,2208	32.500,00	**26.639,34**
09	Imóvel urbano em oferta para venda localizado na região 3, às margens da rodovia. Não possui benfeitorias.	4,8832	220.000,00	**45.081,97**
10	Imóvel rural em oferta para venda localizado na região 3, às margens da rodovia. Não possui benfeitorias.	0,6104	10.000,00	**16.393,44**
11	Imóvel urbano em oferta para venda localizado na região 3, às margens da rodovia. Não possui benfeitorias.	4,2728	140.000,00	**32.786,89**
12	Imóvel urbano em oferta para venda localizado na região 3, às margens da rodovia. Não possui benfeitorias.	1,9838	57.500,00	**29.040,40**
13	Imóvel urbano em oferta para venda localizado na região 3, às margens da rodovia. Não possui benfeitorias.	2,1364	50.000,00	**23.364,49**
14	Imóvel rural em oferta para venda localizado na região 4. Possui benfeitorias.	48,8320	800.000,00	**16.383,37**
15	Opinião de profissional ligado ao setor imobiliário urbano. Imóvel urbano situado na região denominada 4. Não possui benfeitorias.	0,4578	12.500,00	**27.173,91**
16	Imóvel rural em oferta para venda localizado em zona de expansão urbana, próximo à rodovia na região 5. Possui benfeitorias.	3,9676	400.000,00	**100.755,67**
17	Opinião de profissional ligado ao setor imobiliário rural. Imóvel rural situado na região 1, Craíbas-AL. Não possui benfeitorias.	0,3052	2.500,00	**8.064,52**
18	Imóvel rural em oferta para venda localizado na região denominada 2. Não possui benfeitorias.	1,5260	12.500,00	**8.169,93**
19	Imóvel rural em oferta para venda, localizado na região 1. Não possui benfeitorias.	6,1040	50.000,00	**8.196,72**
20	Imóvel rural em oferta para venda, localizado na região 1. Possui benfeitorias.	1,2208	15.000,00	**12.295,08**
21	Imóvel rural em oferta para venda, localizado na região 1. Não possui benfeitorias.	0,3052	2.500,00	**8.064,52**
22	Imóvel rural em oferta para venda, localizado na região 2. Não possui benfeitorias.	1,3734	13.750,00	**10.036,50**
23	Imóvel rural em oferta para venda, localizado na região 2. Não possui benfeitorias.	0,6104	8.750,00	**14.344,26**
24	Imóvel rural em oferta para venda, localizado na região 2. Não possui benfeitorias.	0,3052	5.000,00	**16.129,03**

Na aplicação do método comparativo direto, a amostra em questão foi submetida ao tratamento científico (modelos de regressão linear), sendo definidas, além da variável dependente, quatro variáveis independentes, ou explicativas.

Os resultados desta avaliação foram obtidos a partir da utilização do programa Infer32, que é um dos softwares de estatística, no qual os dados da pesquisa mercadológica são lançados em uma planilha e recebem tratamento científico a fim de formar um modelo matemático e relacionar as informações inseridas.

Figura 8 *- Tabela da Amostra 2018 (INFER).*

Amostra

Nº Am.	VU	AT	BNF	LOC	REG	« VT »
1	8.196,72	3,0500	0	0	1	25.000,00
2	57.377,05	3,0500	1	1	2	175.000,00
3	24.193,55	0,3100	0	0	4	7.500,00
4	11.701,93	213,6400	1	0	4	2.500.000,00
5	57.350,19	10,6800	0	1	5	612.500,00
6	43.715,85	1,8300	0	1	5	80.000,00
7	40.967,99	13,1200	0	1	4	537.500,00
8	26.639,34	1,2200	0	0	4	32.500,00
9	45.081,97	4,8800	0	1	3	220.000,00
10	16.393,44	0,6100	0	0	3	10.000,00
11	32.786,89	4,2700	0	1	3	140.000,00
12	29.040,40	1,9800	0	1	3	57.500,00
13	23.364,49	2,1400	0	1	3	50.000,00
14	16.383,37	48,8300	1	0	4	800.000,00
15	27.173,91	0,4600	0	1	4	12.500,00
16	100.755,67	3,9700	1	1	5	400.000,00
17	8.064,52	0,3100	0	0	1	2.500,00
18	8.169,93	1,5300	0	0	2	12.500,00
19	8.196,72	6,1000	0	0	1	50.000,00
20	12.295,08	1,2200	1	0	1	15.000,00
21	8.064,52	0,3100	0	0	1	2.500,00
22	10.036,50	1,3700	0	0	2	13.750,00
23	14.344,26	0,6100	0	0	2	8.750,00
24	16.129,03	0,3100	0	0	2	5.000,00

Variáveis marcadas com "«" e "»" não serão usadas nos cálculos.

A variável dependente (VU) representa o valor unitário de cada imóvel pesquisado, ou seja, o valor total de oferta dividido pela área.

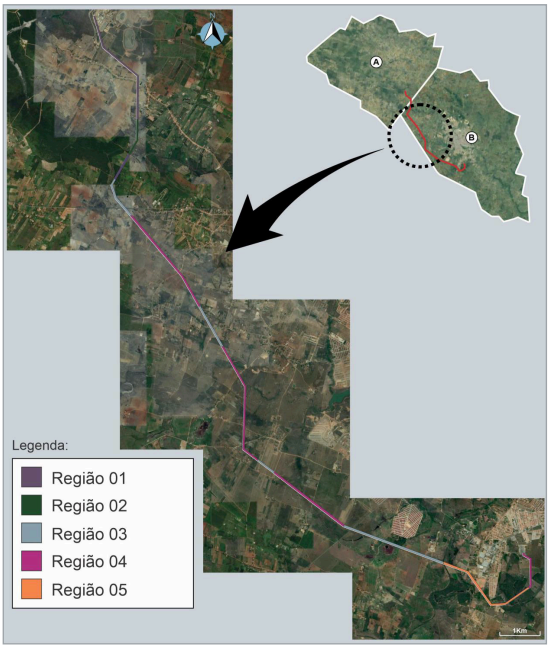
A primeira variável independente adotada foi a área (AT), ou seja, uma variável quantitativa aplicada para expressar a área de cada imóvel pesquisado, adotando-se como unidade de medida o hectare.

A segunda variável explicativa foi uma variável dummy, ou dicotômica, aplicada para indicar a relevância das benfeitorias (BNF) na formação do valor de mercado de cada imóvel pesquisado. Foram consideradas duas características: imóveis com benfeitorias irrelevantes e imóveis com benfeitorias relevantes.

A terceira variável independente, também dicotômica, foi utilizada com o intuito de definir o potencial de aproveitamento dos imóveis pesquisados (LOC). As características consideradas foram: imóveis com aproveitamento / vocação rural e imóveis com aproveitamento / vocação urbana.

A quarta variável explicativa foi uma variável qualitativa (códigos alocados), aplicada para indicar a região em que se localizavam os imóveis pesquisados (REG). Foram consideradas 5 regiões distintas, sendo que, na escala de ordenação dos códigos alocados, a região de menor valorização recebeu a classificação "1", e assim sucessivamente, até classificação "5", definindo a região mais valorizada dentre as cinco analisadas.

Figura 9 *- Imagem satélite com destaque para as cinco regiões da linha de transmissão.*



O modelo estatístico obtido atendeu a todas as diretrizes das normas técnicas de avaliação em vigor no Brasil. A correlação (relação entre a variável dependente e as independentes), foi da ordem de 94,70%. Já o coeficiente de determinação ajustado (percentual do modelo estatístico explicado pelas variáveis independentes), atingiu 87,50%.

Figura 10 *- Resultado da correlação do modelo (INFER).*

Correlação do Modelo

Coeficiente de correlação (r)	: 0,9470
Valor t calculado	: 12,84
Valor t tabelado (t crítico)	: 2,093 (para o nível de significância de 5,00 %)
Coeficiente de determinação (r²) ...	: 0,8967
Coeficiente r² ajustado	: 0,8750

Classificação: Correlação Fortíssima.

Convém ressaltar que as quatro variáveis independentes foram importantes na formação do modelo estatístico e tiveram o comportamento esperado. A área, por exemplo, foi inversamente proporcional ao valor unitário, ou seja, quanto maior a área do imóvel, menor o seu valor de mercado.

As variáveis mais significativas na formação do modelo estatístico foram a variável dummy de aproveitamento e a variável qualitativa (códigos alocados) de localização em relação à região.

Figura 11 *- Resultado da significância dos regressores (bicaudal) (INFER).*

Significância dos Regressores (bicaudal)

(Teste bicaudal - significância 20,00%)

Coeficiente t de Student: t(crítico) = 1,3277

Variável	Coeficiente	t Calculado	Significância	Aceito
AT	b1	-4,335	0,04%	Sim
BNF	b2	4,141	0,06%	Sim
LOC	b3	6,881	1,5x10-4%	Sim
REG	b4	6,924	1,3x10-4%	Sim

Os coeficientes são importantes na formação do modelo.
Aceita-se a hipótese de ß diferente de zero.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-3 Regressão Grau II.

É muito importante destacar que foi adotado o mesmo modelo estatístico para todos os imóveis atingidos pela linha de transmissão. Com isso, aplicou-se critério técnico idêntico para todos esses imóveis, preservando-se o princípio da isonomia e mantendo-se a coerência da definição dos valores. Foram alteradas apenas as características de cada imóvel avaliado, referentes às variáveis independentes do tratamento estatístico.

Modelo para a Variável Dependente:

[VU] = Exp {(8,9710) - (5,3853x10-3x[AT]) + (0,5425x[BNF]) + (0,7426x[LOC]) + (0,6644x Ln([REG])}

À medida que as avaliações foram concluídas, as negociações conduzidas e bem sucedidas, e as constituições de servidão administrativa concretizadas por parte da empresa responsável pela implantação da linha de transmissão, o projeto, em sua evolução, provocou um significativo impacto no mercado imobiliário das regiões abrangidas por tal projeto.

Com o intuito de acompanhar e monitorar o comportamento do mercado imobiliário, e também para se manter o princípio de isonomia e a coerência técnica em futuras constituições de servidão administrativa e aquisições, no ano de 2019, em novas avaliações realizadas, adotou-se uma amostra composta de 16 (dezesseis) faixas de terreno efetivamente negociadas pela empresa responsável pela implantação da linha de transmissão.

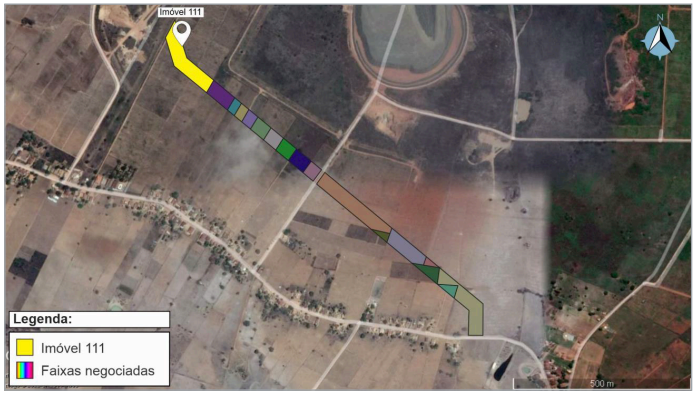


Figura 12 *- Imagem satélite das faixas negociadas e da faixa do imóvel 111.*

Importante apresentar a diferença entre valor e preço. Para isso, convém reproduzir parte da Normas gerais - IVS 104 Bases de valor:

> *30. IVS - Base de Valor Definida - Valor de Mercado*
> *30.1.* ***O Valor de Mercado é o valor estimado pelo qual um ativo ou passivo deveria ser permutado na data de avaliação entre um comprador predisposto e um vendedor predisposto em uma operação entre partes independentes****, após adequada exposição ao mercado e na qual as partes tenham atuado com conhecimento, prudência e sem compulsão.*
> *...*
> *30.3.* ***O conceito de Valor de Mercado pressupõe um preço negociado em um mercado aberto e competitivo em que os participantes estejam agindo livremente.*** *O mercado de um ativo pode ser um mercado internacional ou um mercado nacional. O mercado pode consistir em numerosos compradores e vendedores, ou pode ser um mercado caracterizado por um número limitado de participantes. O mercado em que o ativo está supostamente exposto à venda é aquele em que o ativo que está sendo transacionado de forma hipotética é normalmente permutado. (IVS 104 Bases de valor). (Grifos nossos)*

Após a publicação da revisão em 2019 da ABNT NBR 14653-1, tem-se a definição explícita desses dois conceitos.

> *0.2 Princípios gerais da avaliação de bens*
> *A avaliação de bens, de seus frutos e direitos é uma análise técnica para identificar valores, custos ou indicadores de viabilidade econômica, para um determinado objetivo, finalidade e data, consideradas determinadas premissas, ressalvas e condições limitantes claramente explicitadas.*
> *Os conceitos de valor, preço e custo são distintos.*
> ***O valor*** *de um bem decorre de várias características, entre as quais se destacam sua raridade e sua utilidade para satisfazer necessidades e interesses humanos e sofre influências por suas características singulares e condições de oferta e procura.* ***Trata-se de um conceito econômico abstrato e não de um fato.***
> *O preço é uma expressão monetária que define uma transação de um bem, de seu fruto, de um direito, ou da expectativa de sua transação.* ***O preço é um fato concreto, relacionado às capacidades financeiras, às motivações ou aos interesses específicos do comprador ou do vendedor.*** *(ABNT, 2019). (Grifos nossos)*

Assim sendo, vale destacar que, de forma distinta das avaliações de 2018, na qual a amostra era composta de imóveis em oferta para venda, na amostra aplicada nas avaliações de 2019 foram considerados os valores reais de negociação de dezesseis faixas de terreno, ou seja, **nesta amostragem foram considerados os preços.**

Reforçando a ideia que a avaliação considera apenas parte do todo e, em alguns casos, os valores de oferta ou os preços estão sujeitos a deformações decorrentes do informante, Rubens Alves Dantas destaca:

> *"Preços de imóveis colocados em oferta podem também ser considerados como eventos do mercado imobiliário, desde que sejam atuais e perfeitamente identificados. Contudo, são dados menos consistentes que os de transação, pois podem tanto sofrer flutuações de preço como estar no mercado há bastante tempo ou ainda saírem dele. Um dado de oferta é um dado incompleto: enquanto que numa transação o comprador e o vendedor chegam a um entendimento sobre o preço e condições de pagamento; na oferta falta ainda a parte compradora. Assim, a média dos preços de oferta serve como um indicador de um limite superior de preço que se pagaria pelo bem no mercado. Isto é, ninguém em sã consciência pagaria mais do que o preço de oferta. É importante acompanhar as ofertas. Isso dará mais confiabilidade a informações futuras, principalmente quanto ao cruzamento de informações sobre as transações dos respectivos bens. A superestimativa que, em geral, acompanha estes preços deve ser quantificada quando confrontados com dados de negociações, por ocasião da construção do modelo de regressão, através de uma variável tipo 'dummy' (...)" (DANTAS, 2005, p. 50).*

***Tabela 3** - Valores negociados (2019).*

ITEM	DESCRIÇÃO	ÁREA (ha)	VALORES NEGOCIADOS	
			TOTAL (US$)	UNITÁRIO (US$/ha)
01	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,2112 ha (vinte e um ares e doze centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,63.	0,2112	4.401,25	**20.839,25**
02	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,2029 ha (vinte ares vinte e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,95.	0,2029	3.772,50	**18.592,90**
03	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,2012 ha (vinte ares e doze centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,59.	0,2012	6.250,00	**31.063,62**
04	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,4831 ha (quarenta e oito ares e trinta e um centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,69.	0,4813	6.637,50	**13.739,39**
05	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,1722 ha (dezessete ares e vinte e dois centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,75.	0,1722	4.325,00	**25.116,14**
07	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,3079 ha (trinta ares e setenta e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,90.	0,3079	7.225,00	**11.361,85**
08	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,1668 ha (dezesseis ares e sessenta e oito centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,77.	0,1668	4.800,00	**15.589,48**
09	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,2199 ha (vinte e um ares e noventa e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,75.	0,2199	4.300,00	**25.779,38**
10	Parte do Imóvel rural - localizado na 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,1889 ha (dezoito ares e oitenta e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,84.	0,1889	4.250,00	**19.326,97**
11	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,1780 ha (dezessete ares e oitenta centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,66.	0,1780	4.350,00	**23.028,06**
12	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,1934 ha (dezenove hectares e trinta e quatro centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,66.	0,1934	4.500,00	**25.280,90**
13	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,2349 ha (vinte e três ares e quarenta e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,84.	0,2349	4.075,00	**17.347,81**
14	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,2069 ha (vinte ares e sessenta e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,68.	0,2069	4.025,00	**19.453,84**

***Tabela 4** - Valores negociados (2019) (continuação).*

15	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,1956 ha (dezenove ares e cinquenta e seis centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,60.	0,1956	4.525,00	**23.133,95**
16	Parte do Imóvel rural - localizado na região 1. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,3188 ha (trinta e um ares e oitenta e oito centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,84.	0,3188	5.300,00	**16.624,84**

Novamente foi aplicado o método comparativo direto, sendo que a amostra de 2019 também foi submetida ao tratamento científico (modelos de regressão linear), sendo definidas desta vez, além da variável dependente, duas variáveis independentes, ou explicativas.

***Figura 13** - Tabela da Amostra 2019 (INFER).*

Amostra

Nº Am.	VU	AS	TN	«VT»
1	20.839,25	0,2112	0,63	4.401,25
2	18.592,90	0,2029	0,95	3.772,50
3	31.063,62	0,2012	0,59	6.250,00
4	13.739,39	0,4831	0,69	6.637,50
5	25.116,14	0,1722	0,75	4.325,00
6	11.361,85	0,6359	0,90	7.225,00
7	15.589,48	0,3079	0,90	4.800,00
8	25.779,38	0,1668	0,77	4.300,00
9	19.326,97	0,2199	0,75	4.250,00
10	23.028,06	0,1889	0,84	4.350,00
11	25.280,90	0,1780	0,66	4.500,00
12	25.723,89	0,1934	0,66	4.975,00
13	17.347,81	0,2349	0,84	4.075,00
14	19.453,84	0,2069	0,68	4.025,00
15	23.133,95	0,1956	0,60	4.525,00
16	16.624,84	0,3188	0,84	5.300,00

Variáveis marcadas com "«" e "»" não serão usadas nos cálculos.

A variável dependente é o valor unitário de cada faixa de servidão negociada (VU), ou seja, o valor total de indenização dividido pela área.

A primeira variável independente escolhida foi a área (AS), ou seja, uma variável quantitativa aplicada para expressar a área de cada faixa de terreno, adotando-se como unidade de medida o hectare.

A segunda variável explicativa foi uma variável quantitativa, aplicada para indicar o percentual do valor de indenização da terra nua em relação ao valor total da faixa de terreno (TN).

O modelo estatístico obtido mais uma vez atendeu a todas as diretrizes das normas técnicas de avaliação em vigor no Brasil. A correlação (relação entre a variável dependente e as independentes), foi da ordem de 96,76%. Já o coeficiente de determinação ajustado (percentual do modelo estatístico explicado pelas variáveis independentes), atingiu 92,64%.

***Figura 14** - Resultado da correlação do modelo (INFER).*

Correlação do Modelo

Coeficiente de correlação (r) ..... : 0,9676
Valor t calculado ..... : 13,81
Valor t tabelado (t crítico) ..... : 2,160 (para o nível de significância de 5,00 %)
Coeficiente de determinação (r^2) ... : 0,9362
Coeficiente r^2 ajustado ..... : 0,9264

Classificação: Correlação Fortíssima.

Convém ressaltar que as duas variáveis independentes foram importantes na formação do modelo estatístico e tiveram o comportamento esperado. A variável quantitativa manteve o mesmo comportamento da amostra de 2018, sendo inversamente proporcional ao valor unitário, ou seja, quanto maior a área do imóvel, menor o seu valor negociado. Esta foi a variável mais significativa na formação do modelo estatístico.

***Figura 15** - Resultado da significância dos regressores (bicaudal) (INFER).*

Significância dos Regressores (bicaudal)

(Teste bicaudal - significância 20,00%)

Coeficiente t de Student: t(crítico) = 1,3502

Variável	Coeficiente	t Calculado	Significância	Aceito
AS	b1	12,13	$1{,}8x10^{-6}$%	Sim
TN	b2	-3,618	0,3%	Sim

Os coeficientes são importantes na formação do modelo.
Aceita-se a hipótese de ß diferente de zero.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-3 Regressão Grau II.

Modelo para a Variável Dependente:

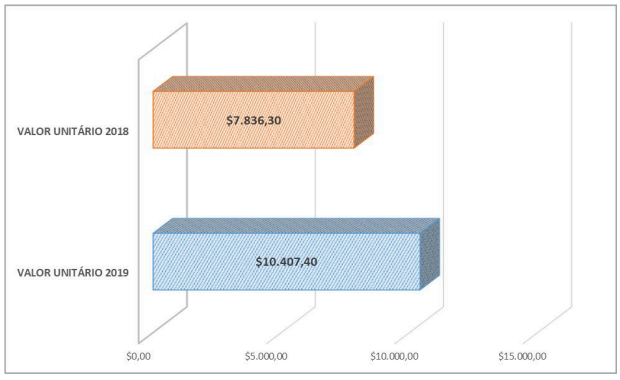
[VU] = 1/{(1,2268x10-4)+ [(3,2592x10-5) xLn([AS])]-[(1,7935x10-5/[TN])]}

Para o imóvel em análise, o valor unitário da terra nua obtido em 2019 passou a ser de US$ 10.407,40 / hectare.

Logo o valor de 2019 passou a ser, aproximadamente, 1,3 vezes superior ao valor obtido no ano de 2018 (US$ 10.407,40 / hectare ÷ US$ 7.836,30 / hectare = 1,33).

Portanto, a implantação da linha de transmissão causou um significativo impacto no mercado imobiliário das regiões atingidas pelo projeto, sendo que, em um ano, os imóveis tiveram aumento de aproximadamente 33%.

Figura 16 *- Gráfico com a identificação dos valores unitário de 2018 e 2019 (AUTORES).*



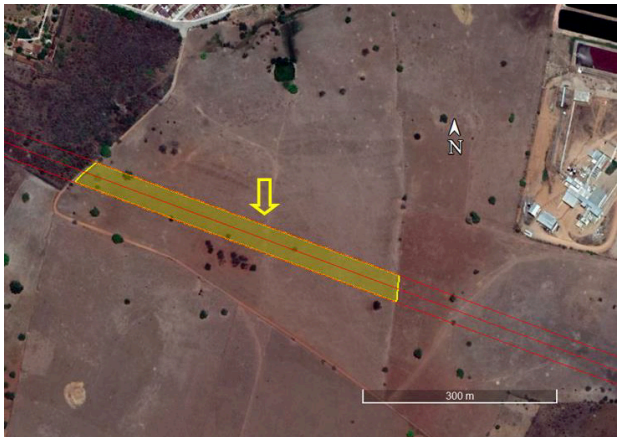
Por tratar-se de imóvel rural e, conforme os levantamentos e observações realizados durante a vistoria, a faixa de servidão envolvida em questão ficou sujeita às restrições que correspondem a aproximadamente 63% de aproveitamento.

3.2. IMÓVEL 17

O terreno em questão, apesar de apresentar destinação rural, se situava em zona de expansão urbana, em razão de sua proximidade com a área de ocupação urbana já consolidada da região. Esse terreno possuía área total de 19,3250 hectares, sendo que a faixa atingida pelo traçado da linha de transmissão tinha área total de 2,0779 hectares, ou seja, aproximadamente 11% da área total.

A imagem de satélite reproduzida a seguir, gerada pelo Google Earth, destaca o imóvel em análise.

Figura 17 *- Imagem satélite da área de servidão do imóvel 17.*



Importante destacar que a valor de mercado da faixa de terreno atingida pela linha de transmissão foi obtido pelo método evolutivo, ou seja, o valor do terreno foi calculado pelo método comparativo direto de dados de mercado e o custo de reedição das benfeitorias (reprodutivas e não reprodutivas) existentes foi apropriado pelo método da quantificação do custo. A fotografia abaixo destaca parte da área atingida pela faixa de servidão e as benfeitorias identificadas (cercas de divisa e pastagens).

Figura 18 *- Fotografia da área de servidão do imóvel 17.*

A amostra utilizada na avaliação da terra nua ou do terreno, no ano de 2018, era composta de 24 (vinte e quatro) imóveis em oferta para venda, todos situados nas regiões dos imóveis atingidos pelo traçado da linha de transmissão de energia elétrica. Esta amostra já foi apresentada no estudo de caso anterior.

Na aplicação do método comparativo direto, a amostra em questão foi submetida ao tratamento científico (modelos de regressão linear), sendo definidas, além da variável dependente, quatro variáveis independentes, ou explicativas. Tais variáveis também já foram explicitadas no caso anterior.

Conforme já demonstrado, o modelo estatístico obtido atendeu a todas as diretrizes das normas técnicas de avaliação em vigor no Brasil. A correlação (relação entre a variável dependente e as independentes), foi da ordem de 94,63%. Já o coeficiente de determinação ajustado (percentual do modelo estatístico explicado pelas variáveis independentes), atingiu 87,34%.

Importante ressaltar que as quatro variáveis independentes foram importantes na formação

do modelo estatístico e tiveram o comportamento esperado.

As variáveis mais significativas na formação do modelo estatístico foram a variável dummy de aproveitamento e a variável qualitativa (códigos alocados) de localização em relação à região.

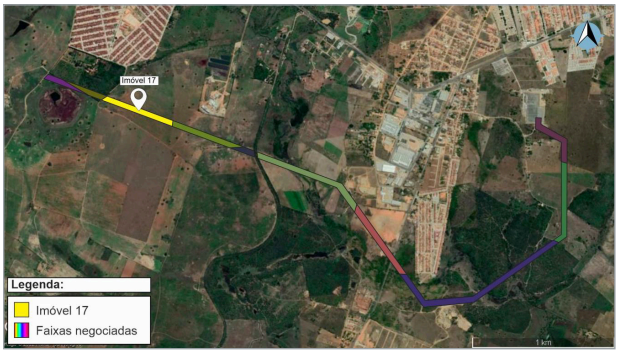
Vale frisar que foi adotado o mesmo modelo estatístico para todos os imóveis atingidos pela linha de transmissão. Com isso, aplicou-se critério técnico idêntico para todos esses imóveis, preservando-se o princípio da isonomia e mantendo-se a coerência da definição dos valores. Foram alteradas apenas as características de cada imóvel avaliado, referentes às variáveis independentes do tratamento estatístico.

Para o imóvel em análise, foi obtido, em 2018, um valor unitário de terra nua de US$ 41.082,54 / hectare. Vale frisar que esse imóvel possuía potencial de aproveitamento urbano, em razão de sua proximidade com a zona urbana consolidada da região em que se situava.

À medida que as avaliações foram concluídas, as negociações conduzidas e bem sucedidas, e as aquisições concretizadas por parte da empresa responsável pela implantação da linha de transmissão, o projeto, em sua evolução, provocou um significativo impacto no mercado imobiliário das regiões abrangidas portal projeto.

Com o intuito de acompanhar e monitorar o comportamento do mercado imobiliário, e também para se manter o princípio de isonomia e a coerência técnica em futuras aquisições, no ano de 2020, em novas avaliações realizadas, adotou-se uma amostra composta de 17 (dezessete) faixas de terreno efetivamente adquiridas pela empresa responsável pela implantação da linha de transmissão.

Figura 19 *- Imagem satélite das faixas negociadas e da faixa do imóvel 17.*



Portanto, de forma distinta das avaliações de 2018, na qual a amostra era composta de imóveis em oferta para venda, na amostra aplicada nas avaliações de 2020 foram considerados os valores reais de aquisição de dezessete faixas de terreno. Tal amostra foi destacada no estudo de caso anterior.

Tabela 5 *- Valores negociados em 2020.*

ITEM	DESCRIÇÃO	ÁREA (ha)	VALORES NEGOCIADOS	
			TOTAL (US$)	UNITÁRIO (US$/ha)
01	Parte do Imóvel rural localizado na 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 1,4301ha (um hectare, quarenta e três ares e um centiare). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,96.	1,4301	35.132,62	**24.566,55**
02	Parte do Imóvel rural - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,1658 ha (dezesseis ares e cinquenta e oito centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,58.	0,1658	5.163,43	**31.142,55**
03	Parte do Imóvel rural - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 1,3909ha (um hectare, trinta e nove ares e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,96.	1,3909	34.332,82	**24.683,89**
04	Parte do Imóvel rural - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,9557ha (noventa e cinco ares e cinquenta e sete centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,90.	0,9557	27.659,55	**28.941,67**
05	Parte do Imóvel rural - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 5,2744 ha (cinco hectares, vinte e sete ares e quarenta e quatro centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,99.	5,2744	105.310,20	**19.966,29**
06	Parte do Imóvel urbano - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,4970 ha (quarenta e nove ares e setenta centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,97.	0,4970	47.390,98	**95.354,09**

***Tabela 6** - Valores negociados em 2020 (continuação).*

07	Parte do Imóvel localizado na zona de expansão urbana, na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 1,7401 ha (um hectare, setenta e quatro ares e um centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,99.	1,7401	100.000,00	**57.467,96**
08	Parte do Imóvel urbano - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,6347 ha (sessenta e três ares e quarenta e sete centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,96.	0,6347	61.547,84	**96.971,55**
09	Parte do Imóvel urbano - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 2,6215 ha (dois hectares, sessenta e dois ares e quinze centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,97.	2,6215	136.888,86	**52.217,76**
10	Parte do Imóvel rural - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,5315 ha (cinquenta e três ares e quinze centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,93.	0,5315	13.723,07	**25.819,52**
11	Parte do Imóvel rural - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 1,9449 ha (um hectare, noventa e quatro ares e quarenta e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,96.	1,9449	50.708,11	**26.072,35**
12	Parte do Imóvel rural - localizado na 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,8989 ha (oitenta e nove ares e oitenta e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,91.	0,8989	25.881,09	**28.791,96**
13	Parte do Imóvel rural - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,8305 ha (oitenta e três ares e cinco centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,90.	0,8305	22.568,06	**27.174,06**
14	Parte do Imóvel rural localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 3,4532 ha (três hectares, quarenta e cinco ares e trinta e dois centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,96.	3,4532	81.530,95	**23.610,26**
15	Parte do Imóvel rural - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,2189 ha (vinte e um ares e oitenta e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,77.	0,2189	6.313,88	**28.843,67**
16	Parte do Imóvel rural - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,3989 ha (trinta e nove ares e oitenta e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,87.	0,3989	9.139,35	**22.911,37**
17	Parte do Imóvel rural - localizado na região 4. A área afetada pela faixa de servidão da Linha de Transmissão corresponde a 0,2309 ha (vinte e três ares e nove centiares). Percentual de terra nua em relação ao valor total: 0,86.	0,2309	7.223,55	**31.284,33**

Novamente foi aplicado o método comparativo direto, sendo que a amostra de 2020 também foi submetida ao tratamento científico (modelos de regressão linear), sendo definidas desta vez, além da variável dependente, três variáveis independentes, ou explicativas, também já explicitadas anteriormente.

***Figura 20** - Tabela da Amostra 2020 (INFER).*

Amostra

Nº Am.	VU	AS	LOC	TN	«VT»
1	24.566,55	1,4301	0	0,96	35.132,62
2	31.142,55	0,1658	0	0,58	5.163,43
3	24.683,89	1,3909	0	0,96	34.332,82
4	28.941,67	0,9557	0	0,90	27.659,55
5	19.966,29	5,2744	0	0,99	105.310,20
6	95.354,09	0,4970	1	0,97	47.390,98
7	57.467,96	1,7401	1	0,99	100.000,00
8	96.971,55	0,6347	1	0,96	61.547,84
9	52.217,76	2,6215	1	0,97	136.888,86
10	25.819,52	0,5315	0	0,93	13.723,07
11	26.072,35	1,9449	0	0,96	50.708,11
12	28.791,96	0,8989	0	0,91	25.881,09
13	27.174,06	0,8305	0	0,90	22.568,06
14	23.610,26	3,4532	0	0,96	81.530,95
15	28.843,67	0,2189	0	0,77	6.313,88
16	22.911,37	0,3989	0	0,87	9.139,35
17	31.284,33	0,2309	0	0,86	7.223,55

Variáveis marcadas com "«" e "»" não serão usadas nos cálculos.

Conforme já demonstrado, o modelo estatístico obtido mais uma vez atendeu a todas as diretrizes das normas técnicas de avaliação em vigor no Brasil. A correlação (relação entre a variável dependente e as independentes), foi da ordem de 96,57%. Já o coeficiente de determinação ajustado (percentual do modelo estatístico explicado pelas variáveis independentes), atingiu 91,70%.

Figura 21 *- Resultado da correlação do modelo (INFER).*

Correlação do Modelo

Coeficiente de correlação (r)	: 0,9657
Valor t calculado	: 13,41
Valor t tabelado (t crítico)	: 2,160 (para o nível de significância de 5,00 %)
Coeficiente de determinação (r^2) ...	: 0,9326
Coeficiente r^2 ajustado	: 0,9170

Classificação: Correlação Fortíssima.

Convém ressaltar que as três variáveis independentes foram importantes na formação do modelo estatístico e tiveram o comportamento esperado. A variável dicotômica de aproveitamento foi a mais significativas na formação do modelo estatístico.

Modelo para a Variável Dependente:

[VU] = Exp{(9,7011)-[(0,16623 x Ln([AS])]+(1,0212 x [LO-C])+(0,4990x[TN])}

Para o imóvel em análise, o valor unitário do terreno obtido em 2020 passou a ser de US$ 64.520,76 / hectare.

Logo o valor de 2020 passou a ser, aproximadamente, 1,6 vezes superior ao valor obtido no ano de 2018 (US$ 64.520,76 / hectare ÷ US$ 41.082,54 / hectare = 1,57).

Portanto, a implantação da linha de transmissão causou um significativo impacto no mercado imobiliário das regiões atingidas pelo projeto, sendo que, em dois anos, os imóveis tiveram um aumento superior a 50% em relação ao seu valor de mercado.

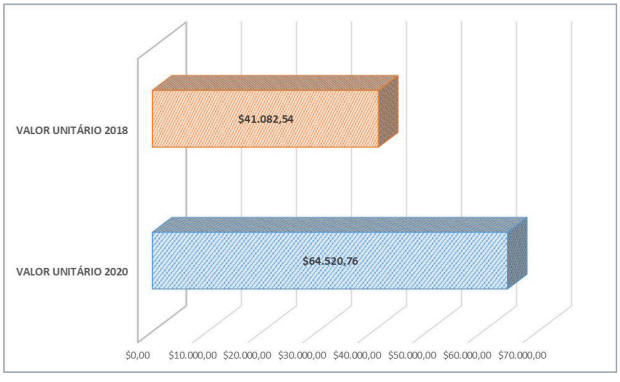


Figura 22 *- Gráfico com a identificação dos valores unitário de 2018 e 2020 (AUTORES).*

Por tratar-se de imóvel situado com potencial para urbanização, importante observar o disposto nas Normas gerais - IVS 104 Bases de valor.

> *140. Premissa de Valor - Maior e melhor uso*
> *140.1.* ***O maior e melhor uso é o uso, da perspectiva de um participante, que produziria o maior valor para um ativo.*** *Embora o conceito seja mais frequentemente aplicado a ativos não financeiros, uma vez que muitos ativos financeiros não têm usos alternativos, pode haver circunstâncias em que o maior e melhor uso dos ativos financeiros necessite ser considerado.*
> *140.2.* ***O maior e melhor uso deverá ser fisicamente possível (quando aplicável), financeiramente viável, legalmente permitido e resultar no maior valor.*** *Se diferente do uso corrente, os custos para converter um ativo para o seu maior e melhor uso teriam impacto no valor.*
> *140.3. O maior e melhor uso para um ativo pode ser o seu uso corrente ou existente quando estiver sendo usado de forma otimizada. No entanto, o maior e melhor uso pode diferir do uso corrente ou até mesmo ser uma liquidação ordenada.*
> *140.4. O maior e melhor uso de um ativo avaliado de forma autônoma pode ser diferente de seu maior e melhor uso como parte de um grupo de ativos em cujo caso a sua contribuição para o valor global do grupo deverá ser considerada.*
> *140.5. A determinação do maior e melhor uso considera o seguinte:*
> *(a) Para estabelecer se um uso é fisicamente possível, deve-se levar em conta o que seria considerado razoável pelos participantes.*
> *(b)* ***Para refletir o requisito de que seja legalmente admissível, quaisquer restrições legais sobre o uso do ativo, por exemplo, determinações de planejamento/zoneamento da cidade, precisam ser levadas em conta, bem como a probabilidade de que essas restrições possam vir a ser alteradas.***
> *(c) A exigência de que o uso seja financeiramente viável leva em consideração se uma utilização alternativa fisicamente possível e legalmente admissível gerará retorno suficiente a um participante típico do mercado, após levar em conta os custos de conversão a esse uso, acima e além do retorno sobre o uso existente. (IVS 104 Bases de valor). (Grifos nossos)*

O princípio do maior e melhor uso mencionado acima está alinhado ao conceito de aproveitamento eficiente extraído da ABNT NBR 14653-2:2011:

> ***"3.1 aproveitamento eficiente***
> *aquele recomendável e tecnicamente possível para o local, numa data de referência, observada a atual e efetiva tendência mercadológica nas circunvizinhanças, entre os diversos usos permitidos pela legislação pertinente." (ABNT, 2011)*

É importante destacar que, no caso em estudo, a depreciação

provocada pela faixa de servidão é integral, em razão dos impactos negativos que tal faixa irá provocar no empreendimento dimensionado para o imóvel em questão, o qual possui potencial de expansão urbana. Os lotes atingidos ou adjacentes à linha de transmissão de energia elétrica perdem totalmente o seu valor de mercado, principalmente pela impossibilidade de ocupação e construção e pelos perigos decorrentes da proximidade da linha de transmissão.

4. CONCLUSÕES

A implantação da linha de transmissão, no período de 2018 a 2020, ou seja, em dois anos, impactou significativamente o mercado imobiliário das regiões e municípios em que se situavam os imóveis atingidos. O mercado imobiliário, que em 2018 se encontrava estabilizado e com uma razoável oferta de imóveis para venda, sofreu uma significativa valorização nos anos de 2019 e de 2020.

Assim sendo, foi demonstrada a necessidade da retroalimentação do sistema, com o intuito de obter sempre a atualização do preço.

O percentual de influência de negociações sucessivas e continuadas na formação do valor de mercado e, portanto, na base para as negociações, provocou uma valorização média de 33% em um ano e de 57% em dois anos.

Com a constante atualização, tem-se um importante mecanismo de correção de rota ou correção de erro, pois, dessa maneira, foi possível o desimpedimento integral da faixa de servidão, e assim, a implantação da linha de transmissão. Este fato evidencia a importância da constante análise sistêmica do mercado imobiliário e de seus participantes influenciadores, além da observância estrita dos princípios e diretrizes das normas técnicas de avaliação de bens.

REFERÊNCIAS

ALVES DANTAS, R. (2005). **Engenharia de Avaliações - Uma introdução à metodologia científica**. São Paulo: Pini, 2ª edição.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14653-1: **Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14653-2: **Avaliação de bens Parte 2: Imóveis urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 54 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14653-3: **Avaliação de bens Parte 3: Imóveis rurais e seus componentes**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 48 p.

DOS ANJOS, Walter Zer. **"Critérios e Método para a Determinação do Coeficiente de Servidão em Faixas de Domínio"** nos Anais do X-Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Pendas, Porto Alegre, 1999.

INFER. (2022). Versão 32.37b: **Ária Sistemas de Informática Ltda**.

IVSC - International Valuation Standards Council. (2022). **Normas Internacionais de Avaliação (IVS) - Tradução: Carlos Eduardo Cardoso e Eduardo Rottmann**. IBAPE - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia.

MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito Administrativo Brasileiro**. 33 ed. São Paulo: Malheiros, 1997.

MOREIRA, Alberto Lélio. **Princípios de engenharia de avaliações**. Editora Pini, 4ª Edição. São Paulo, 1997.

PELEGRINO, José Carlos. "**Avaliações de Faixas de Servidão de Passagem"** in Engenharia de Avaliações, Ed. Pini, 1983.

Processo n. 2448778-02.2014.8.13.0024 – **Parecer Técnico elaborado pelo Eng. Civil Clémenceau Chiabi Saliba Júnior**, MSc. - CREA-MG 49584/D

SEABRA DA COSTA, Luis Augusto. **"Avaliação de Servidões"** in Revisão e Atualização de Engenharia de Avaliações, Instituto de Engenharia, 1978.

AVALIAÇÃO DE ARENAS ESPORTIVAS PELO MÉTODO COMPARATIVO DIRETO DE DADOS DE MERCADO, COM A APLICAÇÃO DO TRATAMENTO CIENTÍFICO

RESUMO

O conhecimento técnico de engenharia de avaliações pode também ser aplicado na avaliação de bens e ativos incomuns. Um dos principais mercados em termos de movimentação financeira e de repercussão mundial é o de futebol. Para se ter uma noção da magnitude deste mercado, a FIFA (Federação Internacional de Futebol) superou suas próprias projeções e fechou o período de quatro anos que englobou a Copa do Mundo da Rússia (2015-2018) com receita recorde de US$ 6,4 bilhões. As reservas de caixa também registraram um número histórico: US$ 2,74 bilhões. Para efeito comparativo, a entidade máxima do futebol mundial faturou US$ 5,718 bilhões entre os anos de 2011 e 2014, e US$ 4,189 bilhões no ciclo anterior entre 2007 e 2010. A Copa do Mundo de 2018 registrou uma audiência recorde de mais de 3,5 bilhões de pessoas, e a final entre França e Croácia atraiu 1,12 bilhão de telespectadores, segundo registros da própria Fifa. Em razão do exposto, a proposta deste trabalho é a apresentação de um modelo estatístico científico para avaliação de estádios de futebol e arenas esportivas. Atualmente se verifica uma nova e moderna concepção dos projetos de estádios de futebol. Se antigamente estes estádios tinham como única finalidade a prática esportiva, atualmente são construídos com múltiplos usos, abrigando também shoppings centers, museus e espaços para a realização de shows de música e eventos culturais diversos.

AUTORES:

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello

Antônio
Cláudio Andrade Brum

Eduardo
Almeida Veneroso

Palavras-chave:
Ativos Incomuns, Estádios, Estatística Científica, Futebol, Múltiplos Usos.

1. INTRODUÇÃO

O tratamento estatístico científico também pode ser aplicado na avaliação de estádios de futebol e arenas esportivas, conforme será demonstrado a seguir. Atualmente se verifica uma nova e moderna alteração na concepção dos projetos de estádios de futebol. Se antigamente estes estádios tinham como única finalidade a prática esportiva, atualmente são construídos com múltiplos usos, abrigando também shoppings centers, museus e espaços para a realização de shows de música e eventos diversos culturais.

Será apresentada a seguir uma simulação para a avaliação técnica de estádios de futebol, abrangendo desde a formação da amostra, a definição das variáveis independentes, a verificação da consistência do modelo estatístico e a análise dos resultados obtidos.

É importante destacar que a amostra adotada neste estudo conta com 32 estádios de futebol distribuídos por todo o planeta, mais precisamente na Ásia, Europa, África, América do Sul e América do Norte. Esta amostra inicial, com um incremento de mais dados, terá a tendencia de dar maior precisão aos resultados obtidos, permitindo inclusive uma maior opção de variáveis independentes.

2. AMOSTRA

A amostra adotada neste estudo, conforme citado anteriormente, é composta de 32 estádios ou arenas esportivas, os quais serão descritos de forma suscinta a seguir.

2.1. ESTÁDIO SAPORO DOME

O Sapporo Dome é um estádio localizado em Sapporo, na ilha de Hokkaido, norte do Japão.

Inaugurado em março de 2001, com 42.122 lugares, é utilizado em jogos de baseball e futebol. Sediou 3 partidas da 1ª Fase da Copa do Mundo de 2002.

Ficou conhecido pelo seu sistema onde o gramado se movimenta para fora do estádio (semelhante ao University of Phoenix Stadium nos EUA e a Veltins-Arena na Alemanha).

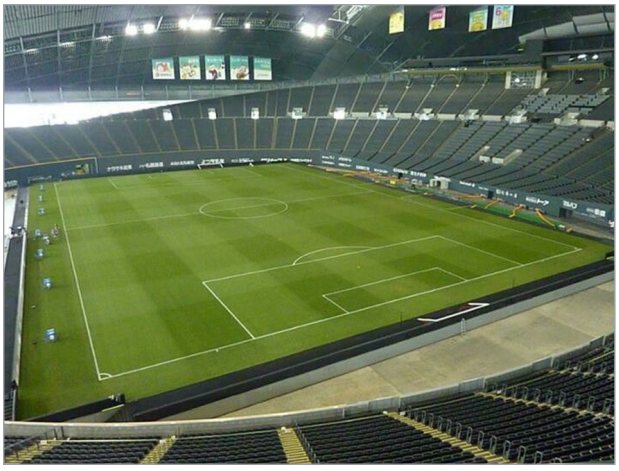
O Sapporo Dome tem dois gramados: um artificial e fixo (para jogos de baseball) e um natural e móvel (para jogos de futebol).

Os times mandantes do estádio são o Hokkaido Nippon Ham Fighters de beisebol que disputa a NPB e o Consadole Sapporo de futebol que disputa a J. League.

Figura 1 *- Fotografia externa do Estádio Sapporo Dome*

Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2019)*

Figura 2 *- Fotografia interna do Estádio Sapporo Dome*



Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2019)*

2.2 CAPE TOWN STADIUM

O Estádio da Cidade do Cabo é um estádio na África do Sul, sede da Copa do Mundo de 2010. Localiza-se no bairro de Green Point, entre a montanha da Mesa e o Oceano Atlântico, na Cidade do Cabo.

Tendo sido designado African Renaissance Stadium (Estádio da Renascença Africana) ainda na fase de planejamento, foi construído no lugar do antigo Estádio Green Point (Green Point Stadium), que foi demolido no ano de 2007. Em 28 de outubro de 2009 foi votada por unanimidade a atribuição do nome oficial de "Cape Town Stadium" pelo Conselho da Cidade do Cabo (Cape Town City Council).

Devido ao fato de ter sido introduzido no sistema de vendas de bilhetes o nome do antigo estádio "Green Point", ainda antes da sua no-

meação oficial, foram impressos e vendidos bilhetes e folhetos com esse nome, passando a ser esse o nome utilizado pela FIFA e por muitos países ligados à Copa do Mundo 2010.

O estádio conta atualmente com aproximadamente 66 mil lugares.

2.3. NISSAN STADIUM

O Estádio Internacional de Yokohama é um estádio localizado em Yokohama, Japão.

Inaugurado em março de 1998, o estádio tem capacidade para 72.327 torcedores e é casa do time de futebol Yokohama F. Marinos, da J-League.

Sediou três jogos da primeira fase da Copa do Mundo de 2002 e a grande final entre Alemanha e Brasil, com a vitória brasileira por 2 a 0 (com gols de Ronaldo).

Em 1 de Março de 2005, o nome do estádio mudou para Nissan Stadium devido ao patrocínio da montadora de automóveis Nissan para somente os jogos nacionais com contrato até dia 28 de fevereiro 2010 e depois foi renovado até 2016, E nos jogos internacionais usa o nome de Internacional Stadium Yokohama.

Foi a principal sede da Copa do Mundo de Clubes da FIFA nas edições de 2005, 2006, 2007, 2008, 2011, 2012, 2015 e 2016, sendo o palco inclusive das conquistas de São Paulo em 2005, do Internacional em 2006 e do Corinthians em 2012. O local também sediou as três últimas edições da Copa Intercontinental.

O lugar original, foi palco de muitos shows de turnês de alguns cantores como Madonna. Michael Jackson fez a turnê Bad World Tour, que teve os primeiros shows no Japão, e no dia 13 de setembro de 1987, o show foi para o estádio de Yokohama.

2.4. ESTÁDIO MANÉ GARRINCHA

O Estádio Nacional de Brasília "Mané Garrincha", também conhecido como simplesmente Mané Garrincha, é um estádio de futebol e arena multiuso brasileiro, situado em Brasília, no Distrito Federal.

O estádio faz parte do Complexo Poliesportivo Ayrton Senna, que engloba também o Ginásio de Esportes Nilson Nelson e o Autódromo Internacional de Brasília Nelson Piquet, dentre outros. Inaugurado em 1974, o estádio tinha a capacidade de acomodar 45.200 pessoas.

Após a reforma de 2010-2013, iniciada para receber a Copa do Mundo FIFA de 2014, sua capacidade foi aumentada para 72.788 pessoas, tornando-se o segundo maior estádio do Brasil e um dos maiores da América, atrás do Maracanã (RJ). O estádio atualmente pertence à Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal (Terracap). Inicialmente prevista para 31 de dezembro de 2012 e posteriormente para 21 de abril de 2013, a inauguração do novo estádio foi em 18 de maio de 2013.

2.5. ESTÁDIO MARACANÃ

O Estádio Jornalista Mário Filho, mais conhecido como Maracanã, é um estádio de futebol localizado na Zona Norte da cidade brasileira do Rio de Janeiro. Foi inaugurado em 1950, inicialmente com o nome de Estádio Municipal, durante o mandato do então general de divisão e prefeito do Distrito Federal do Rio de Janeiro Ângelo Mendes de Moraes, tendo sido utilizado na Copa do Mundo de Futebol daquele ano. Quando da sua inauguração, a capacidade oficial de 155 mil lugares fez o Maracanã superar o Hampden Park, de Glasgow, e se tornar o maior estádio do mundo na época.

Figura 3 *- Fotografia interna do Estádio Maracanã*

Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2019)*

Desde então, o Maracanã foi palco de grandes momentos do futebol brasileiro e mundial, como o milésimo gol de Pelé, finais do Campeonato Brasileiro, Campeonato Carioca, Copa Libertadores da América e da primeira Copa do Mundo de Clubes da FIFA, além de competições internacionais e partidas da Seleção Brasileira.

O estádio foi um dos locais de competição dos Jogos Pan-Americanos de 2007, recebendo o futebol, as cerimônias de abertura e de encerramento. Sediou futebol e as cerimônias de abertura e encerramento dos Jogos Olímpicos de Verão de 2016, que foram realizados na ci-

dade do Rio de Janeiro. Foi também o palco das partidas finais da Copa das Confederações de 2013 e da Copa do Mundo FIFA de 2014.

Após diversas obras de modernização, a capacidade do estádio é de 78 838 espectadores, sendo o maior estádio do Brasil.

2.6. MOSES MABHIDA STADIUM

O Estádio Moses Mabhida é um estádio na África do Sul, construído às margens do Oceano Índico. Localiza-se em Durban, construído no local do antigo Kings Park Soccer Stadium que foi demolido em 2006 e próximo do Kings Park Stadium ou ABSA Stadium, cuja demolição foi também já decidida.

Após o Mundial, o arco superior em "y" com 106 metros de altura, inspirado no do Estádio de Wembley e uma referência à bandeira da África do Sul, tinha a previsão de receber um bondinho com a finalidade de ampliar o turismo da região, já que é possível ter uma vista privilegiada da cidade e de suas praias. A cobertura está ligada ao arco por meio de cabos de aço com 95 mm de diâmetro.

Sua capacidade inicial foi de aproximadamente 62.000 torcedores, reduzida para 54 mil após o Mundial. E para sua construção foram investidos US$ 350 milhões.

Seu nome é uma homenagem a Moses Mabhida, um dos líderes na luta contra o apartheid.

Figura 4 *- Fotografia externa do Moses Mabhida Stadium*

Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2019)*

2.7. ALLIANZ ARENA

O Allianz Arena é um estádio em Munique, Alemanha, inaugurado no final de abril de 2005, localizado na parte norte da capital bávara, no distrito de Fröttmaning. É o estádio oficial do Bayern de Munique (substituindo o Olympiastadion) e sediou o jogo de abertura da Copa do Mundo de 2006. O Bayern Munique é dono de 100% do Allianz Arena desde abril de 2006.

Antes da reforma de 2015, a capacidade da Allianz Arena era de até 71 mil espectadores em jogos da Bundesliga ou 67.812 em competições europeias (devido à proibição de torcedores de pé nos estádios), sendo dividido em sete pavimentos e três níveis de arquibancadas. A arquibancada, planejada com base nos estádios ingleses, alcança o máximo de inclinação que a arquitetura e engenharia hoje em dia conhecem: 34 graus. É constituído por estrutura mista de aço e concreto armado. A vedação externa apresenta 1056 painéis à prova de fogo com o formato de diamantes, que são divididos em 29 anéis de 700m de comprimento. Esticados e empilhados verticalmente, eles alcançariam uma altitude de 20.300m (nível da estratosfera).

Está equipado com 4 telões de plasma do tamanho de dormitórios convencionais, possuindo ainda um eficiente sistema de evacuação de emergência, que permite a completa evacuação do estádio em cerca de 15 minutos. A título de comparação, no Estádio do Maracanã, no Rio de Janeiro, um processo semelhante exigiria entre dois e três horas.

Figura 5 *- Fotografia externa do Allianz Arena*

Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2019)*

2.8. MIYAGI STADIUM

Hitomebore Stadium Miyagi anteriormente Miyagi Stadium, rebatizado em 1 de abril de 2014 por naming rights), é um estádio de futebol e atletismo na cidade de Rifu, na província de Miyagi, no Japão. A capacidade do estádio é de 49.133 lugares. O telhado em forma de meia-lua que se estende além da borda do estádio tem o objetivo de evocar imagens de Date Masamune, um daimyō da província de Mutsu, que incluía a atual Prefeitura de Miyagi.

O Estádio Miyagi sediou três jogos da Copa do Mundo de 2002 e também sediou o 56º Festival Nacional de Esportes do Japão em 2001. É um dos estádios de futebol planejados para os Jogos Olímpicos de 2020.

Além disso, o Estádio Miyagi também sediou seis partidas da Copa do Mundo Feminina Sub-20 da FIFA 2012 e se tornaria o primeiro estádio (e até agora o único) a receber jogos da Copa do Mundo da FIFA masculina e feminina da FIFA U -20 Copa do Mundo.

O campo de futebol é cercado por uma pista de nove raias. Uma grande tela de vídeo e um placar estão instalados na extremidade norte.

2.9. ECOPA STADIUM

O Estádio Shizuoka Ecopa é um estádio localizado na cidade de Fukuroi, no Japão. Inaugurado em março de 2001, o estádio tem capacidade para 50.000 torcedores e conta com uma pista de atletismo. Recebeu alguns jogos da Copa do Mundo de 2002.

2.10. ESPIRIT ARENA

A Merkur Spiel-Arena é um estádio localizado em Düsseldorf, na Alemanha. É a casa do time de futebol Fortuna Düsseldorf e do time de futebol americano Rhein Fire.

Inaugurado em 20 de janeiro de 2004, o estádio tem capacidade para 54.600 torcedores.

Substituiu o antigo Rheinstadion, que havia sediado partidas da Copa do Mundo de 1974 e da Eurocopa de 1988.

Apesar da capacidade e do histórico de Düsseldorf, uma das maiores e mais importantes cidades da Alemanha, não foi escolhido como uma das sedes da Copa do Mundo de 2006.

Foi escolhido para sediar o Festival Eurovisão da Canção em 2011, depois da Alemanha ter ganho o Festival Eurovisão da Canção 2010 que decorreu em Oslo, na Noruega.

O nome vem da empresa aérea alemã LTU, que patrocina o clube e tem sede na cidade.

2.11. ARENA FONTE NOVA

A Arena Fonte Nova é um estádio de futebol localizado em Salvador, no estado brasileiro da Bahia, reconstruído no mesmo local do antigo Estádio Octávio Mangabeira. O nome oficial é Complexo Esportivo Cultural Octávio Mangabeira. Entretanto, por questões de patrocínios de nome ganhou a denominação Itaipava Arena Fonte Nova, ao mesmo tempo que manteve o apelido do antigo estádio que substituiu, também sendo conhecido popularmente como Fonte Nova.

Para a construção, a antiga estrutura foi implodida em 29 de agosto de 2010 para dar lugar à Arena Fonte Nova, projeto de sede baiana para a Copa do Mundo FIFA de 2014. No início do mês de janeiro de 2013 atingiu 90% das obras concluídas, tendo sido o quarto estádio mais avançado dentre os doze que sediaram a Copa das Confederações de 2013 e a Copa do Mundo de 2014. E em março, alcançou 99% das obras concluídas. O estádio foi oficialmente inaugurado no dia 5 de abril com presença da então presidente Dilma Rousseff. O primeiro jogo da arena foi o clássico Ba-Vi, ocorrido dois dias depois, onde o Vitória se sagrou vencedor por 5 a 1. Renato Cajá, jogador do rubro-negro baiano, entrou para a história ao marcar o primeiro gol após a inauguração.

Utiliza o mesmo modelo de gestão multiuso de sucesso na Europa, o da Johan Cruijff Arena, um dos maiores centros de lazer do mundo, casa do Ajax e parceiro na operação da nova arena baiana. O estádio tem capacidade oficial para 47.907 pessoas em três níveis de arquibancadas com assentos cobertos, camarotes, vista para o estádio e para o Dique do Tororó e 2 mil vagas de estacionamento. Sua estrutura abriga também sala de imprensa, quiosques, elevadores, sanitários e centro de negócios que funciona independentemente dos jogos. Além de partidas de futebol, a Arena Fonte Nova permite a realização de outros eventos como apresentações musicais, congressos e encontros de negócios. Sua estrutura verticalizada, com três anéis de arquibancada, coloca o público mais próximo do espetáculo promovendo um maior envolvimento e favorecendo a acústica.

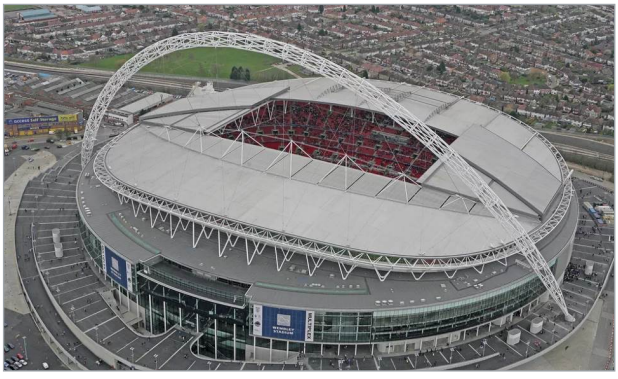
2.12. DEMAIS ESTÁDIOS DA AMOSTRA

Para não deixar este trabalho prolixo, como já foram descritos em detalhes 11 estádios da amostra, os demais estádios que compõem tal amostra serão apenas citados a seguir:

- Arena Pernambuco (Recife, Pernambuco, Brasil): capacidade para aproximadamente 46.000 pessoas e 4.700 vagas de estacionamento, sendo 800 cobertas;

- Estádio Governador Magalhães Pinto, mais conhecido como Mineirão (Belo horizonte, Minas Gerais, Brasil): capacidade para 62 mil expectadores;
- Olympiastadion (Berlim, Alemanha): capacidade permanente para 74.475 lugares, sendo o maior estádio da Alemanha para jogos internacionais de futebol;
- Estádio Nelson Mandela Bay (Porto Elizabeth, na África do Sul): estádio com 48.000 assentos;
- Daegu Stadium, apelidado de Blue Arc (Daegu, Coreia do Sul): capacidade para 68.000 torcedores, foi utilizado para jogos da Copa do Mundo de 2002;
- Estádio FNB (Joanesburgo, na África do Sul): durante a Copa do Mundo de 2010 foi chamado de Soccer City e foi sede de partidas, entre as quais a partida inaugural e a grande final; capacidade para 94.700 espectadores sentados, sendo o maior estádio da África;
- Estádio Busan Asiad, ou Estádio Asiad Main (Busan, Coreia do Sul): utilizado para partidas na Copa do Mundo de 2002, tem capacidade para 56.000 torcedores;
- Estádio Governador Plácido Castelo, também conhecido como Arena Castelão (Fortaleza, Ceará, Brasil): capacidade atual de aproximadamente 60.000 espectadores, sendo o quarto maior estádio do Brasil e o maior do Norte/Nordeste;
- Estádio de Wembley (Londres, Inglaterra): capacidade para abrigar 90.000 espectadores, é o maior estádio do Reino Unido e 2º maior estádio da Europa, sendo ultrapassado somente pelo Camp Nou, em Barcelona;

Figura 6 *- Fotografia externa do Estádio de Wembley*



Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2019)*

- Stade de Suisse Wankdorf (Berna, Suíça): É o segundo maior estádio do país; tem capacidade para 32.000 torcedores e conta com um sistema de painéis solares que gera 700.000 kWh; foi uma das sedes do Campeonato Europeu de Futebol de 2008;

Figura 7 *- Fotografia interna do Estade de Suisse*

Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2019)*

- Lusail Stadium (Qatar): É o maior estádio do Oriente Médio e palco da grande final da Copa do Mundo de 2022; tem capacidade para 80.000 lugares;

Figura 8 *- Fotografia externa do Lusail Stadium*

Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2023)*

- Allianz Stadium (Sdney, Austrália): capacidade para 42.500 lugares;
- Jakarta International Stadium (Jakarta, Indonésia): capacidade para 82.000 lugares;
- Chengdu Fenghuangshan Football Stadium (China): capacidade para 60.000 lugares;

Figura 9 *- Fotografia externa do Chengdu Fenghuangshan Football Stadium*

Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2023)*

- CityPark Stadium (St. Louis, Estados Unidos): capacidade para 22.500 espectadores;
- Snapdragon Stadium (San Diego, Estados Unidos): capacidade para 35.000 espectadores;
- GEODIS Park (Nashville, Estados Unidos): estádio típico de futebol, com capacidade para 30.000 espectadores, sendo o maior estádio específico para futebol dos Estados Unidos e Canadá;
- Gazprom Arena (São Petersburgo, Rússia): capacidade para 62.315 espectadores; recebeu uma das semifinais da Copa do Mundo de Futebol de 2018;
- Mercedez Bens Stadium (Atlanta, Estados Unidos): capacidade para 71.041 espectadores;

Figura 10 *- Fotografia externa do Mercedez Bens Stadium*

Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2017)*

- Kyle Field Stadium (College Station, Estados Unidos): capacidade para 102.733 espectadores;
- Tottenham Hotspur Stadium (Londres, Inglaterra): capacidade para 62.062 espectadores.

Figura 11 *- Fotografia externa do Mercedez Bens Stadium*

Fonte: *http://stadiumdb.com/ (2017)*

3. ANÁLISE DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO

3.1. AMOSTRA

O tratamento estatístico (tratamento científico com modelos de regressão linear) foi realizado com o software Infer 32. A amostra utilizada é composta de 32 (trinta e dois) dados, descritos no item 2 deste trabalho.

Convém ressaltar que foram adotadas, além da variável dependente (destacada em amarelo na figura 11), 4 (quatro) variáveis independentes (destacadas em verde na figura 11).

A variável dependente VU (Valor Unitário), ou variável a ser explicada, representa o custo unitário de cada estádio por número de lugares (assentos), ou seja, o custo total, em dólares americanos, dividido pelo número total de assentos.

***Figura 12** - Amostra do Tratamento Estatístico*

Modificado | 32 linhas | 7 colunas | 32.51

	VU	LG	DT	P1	P2	Custo de Construção	Estádio
	Z=X+Y	1.234	1.234	1.234	1.234	1.234,56	Texto
1	10.374,63	42.122	4	1	0	437.000.000,00	Sapporo Dome
2	10.045,45	66.000	13	1	0	663.000.000,00	Cape Town Stadium
3	8.845,94	72.327	1	1	0	639.800.000,00	Nissan Stadium
4	8.829,75	72.788	16	0	1	642.700.000,00	Mané Garrincha
5	7.729,77	78.838	16	0	1	609.400.000,00	Maracanã
6	5.576,80	62.760	13	0	0	350.000.000,00	Moses Mabhida Stadium
7	6.970,00	75.000	8	1	0	522.750.000,00	Allianz Arena
8	6.665,99	49.133	3	0	1	327.520.000,00	Miyagi Stadium
9	6.035,00	50.889	4	0	0	307.115.000,00	Ecopa Stadium
10	5.915,02	54.600	7	0	0	322.960.000,00	Espirit Arena
11	5.430,06	47.900	16	0	0	260.100.000,00	Arena Fonte Nova
12	5.518,48	46.154	16	0	0	254.700.000,00	Arena Pernambuco
13	5.512,10	62.000	15	0	0	341.750.000,00	Mineirão
14	5.099,03	74.475	7	0	1	379.750.000,00	Olympiastadium
15	4.645,16	48.459	12	0	0	225.100.000,00	Nelson Mandela Bay
16	4.546,69	66.422	4	0	0	302.000.000,00	Daegu Stadium
17	4.371,70	94.700	13	0	0	414.000.000,00	Soccer City
18	4.283,94	53.864	4	0	0	230.750.000,00	Busan Asiad Stadium
19	3.932,58	60.342	16	0	0	237.300.000,00	Castelão
20	12.522,22	90.000	10	1	0	1.127.000.000,00	Wembley
21	12.031,25	32.000	8	1	0	385.000.000,00	Stade de Suisse
22	8.621,27	88.966	24	1	0	767.000.000,00	Lusail Stadium
23	13.600,00	42.500	25	1	0	578.000.000,00	Allianz Stadium
24	3.658,54	82.000	25	0	0	300.000.000,00	Jakarta International Stadium
25	16.800,00	60.000	25	1	0	1.008.000.000,00	Chengdu Stadium
26	20.346,67	22.500	25	1	0	457.800.000,00	CityPark Stadium
27	8.857,14	35.000	25	0	1	310.000.000,00	Snapdragon Stadium
28	11.166,67	30.000	25	0	1	335.000.000,00	GEODIS Park
29	8.928,83	62.315	20	0	1	556.400.000,00	GazProm Arena
30	21.114,57	71.041	20	1	0	1.500.000.000,00	Mercedez Bens Stadium
31	4.720,98	102.733	18	0	1	485.000.000,00	Kyle Field Stadium
32	15.984,02	62.062	22	1	0	992.000.000,00	Tottenham Hotspur Stadium

***Fonte:** Elaborado pelos Autores no Software Infer 32*

Conforme já mencionado, foram adotadas, no tratamento estatístico científico, quatro variáveis independentes, ou explicativas, as quais são descritas a seguir:

- LG (lugares): variável quantitativa usada para indicar a capacidade (lugares, assentos) de cada estádio / arena pesquisado;
- DT (data): variável quantitativa aplicada para indicar a data (ano) de inauguração de cada estádio pesquisado. O estádio mais antigo pesquisado, Nissan Stadium, foi inaugurado em 1998. Já os estádios mais recentes pesquisados foram inaugurados em 2022. Portanto, na escala de números naturais consecutivos, o ano de 1998 recebeu o número 1, 1999 o número 2, e assim por diante, até se atingir o ano de 2022, representado pelo número 25;
- P1 (Padrão 1): Variável dummy, ou dicotômica, aplicada para indicar se o estádio pesquisado é uma arena moderna, de alto padrão, com estrutura tecnológica de ponta, preparada para múltiplos usos. Esta variável assume duas posições (sim = 1 ou não = 0);
- P2 (Padrão 2): Variável dummy, ou dicotômica, aplicada para indicar se o estádio pesquisado é uma arena com estrutura tecnológica regular, preparada para usos básicos, além das partidas de futebol. Esta variável também assume duas posições (sim ou não).

Em relação às duas variáveis dicotômicas, é importante destacar que foram identificados, na amostra, três padrões distintos de estádios esportivos. As duas variáveis dicotômicas adotadas foram suficientes para explicar as diferenças entre os padrões existentes, uma vez que, se P1 e P2 assumirem a posição "não", resta então o terceiro padrão identificado, referente à estádios esportivos com estrutura tecnológica básica, não preparados para múltiplos usos.

Convém ressaltar que em relação às variáveis dicotômicas P1 e P2, foi respeitado o número mínimo de dados para cada característica, para se evitar a micronumerosidade, conforme demostrado abaixo:

variável P1: 12 estádios na posição "sim" e 20 estádios na posição não;

variável P2: 8 estádios na posição "sim" e 24 estádios na posição não.

É importante destacar que, de acordo com o subitem A.2, do Anexo A, da ABNT NBR 14653-2:2011 (Avaliação de bem - parte 2: imóveis urbanos), para se evitar a micronumerosidade, caso a amostra tenha entre 31 e 100 dados, o número mínimo de dados efetivamente considerados no modelo de mesma característica, no caso de utilização de variáveis dicotômicas, deve ser maior

ou igual a 10 % do total de dados da amostra. Portanto, como a amostra submetida ao tratamento científico conta com 32 dados, seriam necessários, pelo menos, 4 dados para cada característica das variáveis dicotômicas adotadas.

3.2. MODELO ESTATÍSTICO DO TRATAMENTO CIENTÍFICO

A amostra submetida ao tratamento estatístico científico gerou o seguinte modelo estatístico, ou equação:

$$[VU] = Exp(8{,}7543 - 7{,}0064x10\text{-}6 \times [LG] + 1{,}3824x10\text{-}2 \times [DT] + 0{,}8803 \times [P1] + 0{,}3820 \times [P2])$$

3.3. COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (r) E COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO AJUSTADO (r^2)

O modelo estatístico apresentou correlação fortíssima, representada pelos seguintes coeficientes:
coeficiente de correlação (r): 0,9085 (90,85 %);
coeficiente de determinação (r^2): 0,8254 (82,54 %);
coeficiente r^2 ajustado: 0,7996 (75,68 %).

Figura 13 *- Correlação do Modelo Estatístico*

Correlação do Modelo

Coeficiente de correlação (r)	: 0,9085
Valor t calculado	: 11,30
Valor t tabelado (t crítico)	: 2,052 (para o nível de significância de 5,00 %)
Coeficiente de determinação (r^2) ...	: 0,8254
Coeficiente r^2 ajustado	: 0,7996

Classificação: Correlação Fortíssima

Fonte: *Infer 32*

A correlação é a medida padronizada da relação entre duas variáveis e nunca pode ser maior do que 1 ou menor do que menos 1. Uma correlação próxima a zero indica que as duas variáveis não estão relacionadas. Uma correlação positiva indica que as duas variáveis movem juntas, e a relação é forte quanto mais a correlação se aproxima de um. Uma correlação negativa indica que as duas variáveis se movem em direções opostas, e que a relação também fica mais forte quanto mais próxima de menos 1 a correlação ficar. Duas variáveis que estão perfeitamente correlacionadas positivamente (r=1) movem-se essencialmente em perfeita proporção na mesma direção, enquanto dois conjuntos que estão perfeitamente correlacionados negativamente movem-se em perfeita proporção em direções opostas.

Portanto, quanto mais próxima de 1 for a correlação, melhor o ajuste do modelo. Uma correlação é considerada forte quando é igual ou superior a 0,80, sendo este o índice mínimo que deve ser perseguido durante a realização do tratamento científico.

O quadrado do coeficiente de correlação de Pearson é chamado de coeficiente de determinação ou simplesmente r^2. É uma medida da proporção da variabilidade em uma variável que é explicada pela variabilidade da outra. É pouco comum que se tenha uma correlação perfeita ($r^2 = 1$) na prática, porque existem muitos fatores que determinam as relações entre variáveis na vida real.

O valor do coeficiente de determinação r^2 cresce com o aumento do número de variáveis explicativas. Não é prática coerente tentar aumentar r^2 introduzindo mais variáveis explicativas, pois:

há o risco de incluir variáveis explicativas não relevantes (erros de especificação);

há o risco de criar multicolinearidade entre as variáveis explicativas.

Por isso, considera-se um coeficiente de determinação alternativo que desconta o efeito de um elevado número de variáveis explicativas. Este é conhecido como o coeficiente de determinação ajustado ou corrigido pelos graus de liberdade.

Resumindo, o coeficiente de determinação ajustado indica o percentual do modelo que foi explicado pelo uso das variáveis independentes. Portanto, quanto maior o r^2 ajustado melhor o modelo estatístico.

3.4. TESTE F

Mede o grau de viabilidade do conjunto das variáveis do modelo, isto é, testa a hipótese de que a(s) variável(eis) explicativa(s) exerce(m) "conjuntamente" efeito significativo sobre a variável dependente.

O teste "F", em que se compara um valor calculado com a tabela de distribuição "F", sendo o "F" da tabela identificado a partir do número de graus de liberdade da variação explicada pela regressão e da variação não explicada; isto é, para o teste da hipótese nula (ou da não existência de regressão). O "F" calculado é obtido a partir da relação entre a variação explicada dividida por "k"

graus de liberdade (sendo "k" o número de variáveis explicativas do modelo), e a variação não explicada dividida por "n - k - 1" (sendo "n" o número de observações da série). O "F" calculado então é comparado com o "F" da tabela (para um determinado nível de significância) ou "F" crítico, obedecendo-se à seguinte regra de decisão:
"F" calculado > ou = ao "F" crítico: rejeitar Ho (há regressão);
"F" calculado < do que o "F" crítico: aceitar Ho (sem regressão).

***Figura 14** - Análise da Variância do Modelo Estatístico - Test F*

Análise da Variância

Fonte de erro	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado
Regressão	6,1686	4	1,5421	31,92
Residual	1,3045	27	0,0483	
Total	7,4731	31	0,2410	

F Calculado : 31,92
F Tabelado : 3,498 (para o nível de significância de 2,000 %)

Significância do modelo igual a $7{,}1x10^{-8}$%

Aceita-se a hipótese de existência da regressão.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau II.

***Fonte:** Infer 32*

3.5. REGRESSORES

No modelo estatístico foram adotados 4 regressores, ou variáveis independentes (explicativas). Todas foram importantes na formação do modelo, sendo que a mais significativa foi a variável dicotômica P1 (Padrão 1).

***Figura 15** - Significância dos Regressores (Teste Bicaudal)*

Significância dos Regressores (bicaudal)

(Teste bicaudal - significância 20,00%)

Coeficiente t de Student: t(crítico) = 1,3137

Variável	Coeficiente	t Calculado	Significância	Aceito
LG	b1	-3,434	0,19%	Sim
DT	b2	2,725	1,1%	Sim
P1	b3	10,97	$1{,}9x10^{-9}$%	Sim
P2	b4	4,257	$2{,}2x10^{-2}$%	Sim

Os coeficientes são importantes na formação do modelo.
Aceita-se a hipótese de ß diferente de zero.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau II.

***Fonte:** Infer 32*

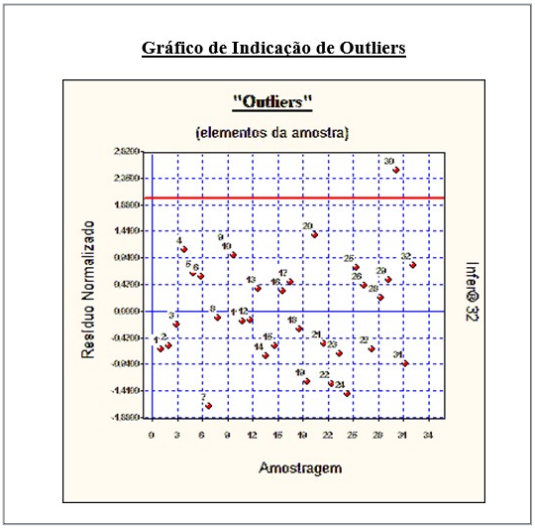
3.6. OUTLIERS

As observações que apresentam um grande afastamento das restantes, ou são inconsistentes com elas, são habitualmente designadas por outliers. Estas observações são também designadas por observações "anormais", contaminantes, estranhas, extremas ou aberrantes.

A preocupação com observações outliers é antiga e data das primeiras tentativas de analisar um conjunto de dados. Inicialmente pensava-se que a melhor forma de lidar com este tipo de observações seria através da sua eliminação da análise. As opiniões não eram unânimes: uns defendiam a rejeição das observações "inconsistentes com as restantes", enquanto outros afirmavam que as observações nunca deveriam ser rejeitadas simplesmente por parecerem inconsistentes com os restantes dados e que todas as observações deviam contribuir com igual peso para o resultado final.

Na estatística de avaliações não há uma regra definida. Os outliers, caso sejam detectados no modelo estatístico, podem ser preservados ou excluídos, sendo que a decisão tomada deve priorizar o aumento da consistência do modelo estatístico. Convém ressaltar que no modelo estatístico analisado foi identificado apenas um outlier (dado nº 30), que foi mantido, pois representa apenas 3%, aproximadamente, do total de dados da amostra.

***Figura 16** - Gráfico da Indicação de Outliers*



***Fonte:** Infer 32*

3.7. NORMALIDADE

Em estatística, os testes de normalidade são usados para determinar se um conjunto de dados de uma dada variável aleatória é bem modelado por uma distribuição normal ou não, ou para calcular a probabilidade de a variável aleatória subjacente estar normalmente distribuída. Mais precisamente, os testes são uma forma de seleção de modelos, e podem ser interpretados de várias maneiras, dependendo de como se interpreta as probabilidades.

A regressão linear só deve ser usada se os

erros são normais; portanto, caso o teste aponte que esta premissa é inválida, os resultados da regressão (intervalos de confiança, etc.) não podem ser usados. Neste caso, o modelo deve ser modificado (introduzindo outras variáveis explanatórias, ou mudando o modelo) para que os erros se comportem como uma variável normal. Convém ressaltar que no modelo estatístico analisado há normalidade.

***Figura 17** - Teste de Kolmogorov-Smirnov **(Verificação de** Normalidade)*

Teste de Kolmogorov-Smirnov

Nº Am.	Resíduo	F(z)	G(z)	Dif. esquerda	Dif. Direita
7	-0,3703	0,0460	0,0313	0,0460	0,0147
24	-0,3205	0,0724	0,0625	0,0411	$9,8922x10^{-3}$
22	-0,2810	0,1005	0,0938	0,0380	$6,7643x10^{-3}$
19	-0,2756	0,1049	0,1250	0,0111	0,0200
31	-0,2055	0,1749	0,1563	0,0499	0,0186
14	-0,1743	0,2138	0,1875	0,0575	0,0262
23	-0,1645	0,2270	0,2188	0,0394	$8,2323x10^{-3}$
1	-0,1476	0,2509	0,2500	0,0321	$8,9040x10^{-4}$
27	-0,1476	0,2509	0,2813	$9,0757x10^{-4}$	0,0303
15	-0,1370	0,2665	0,3125	0,0147	0,0460
2	-0,1370	0,2665	0,3438	0,0459	0,0772
21	-0,1257	0,284	0,3750	0,0600	0,0913
18	-0,0695	0,376	0,4063	$8,6573x10^{-4}$	0,0303
3	-0,0539	0,403	0,4375	$3,1883x10^{-3}$	0,0344
11	-0,0401	0,428	0,4688	$9,9450x10^{-3}$	0,0411
12	-0,0362	0,435	0,5000	0,0341	0,0654
8	-0,0286	0,448	0,5313	0,0519	0,0831
28	0,0490	0,588	0,5625	0,0570	0,0257
16	0,0779	0,639	0,5938	0,0761	0,0448
13	0,0874	0,655	0,6250	0,0609	0,0296
26	0,0981	0,672	0,6563	0,0473	0,0160
17	0,1124	0,696	0,6875	0,0392	$8,0047x10^{-3}$
29	0,1209	0,709	0,7188	0,0213	$9,8529x10^{-3}$
6	0,1321	0,726	0,7500	$7,3456x10^{-3}$	0,0239
5	0,1477	0,749	0,7813	$6,8072x10^{-4}$	0,0319
25	0,1693	0,779	0,8125	$1,8030x10^{-3}$	0,0330
32	0,1754	0,788	0,8438	0,0248	0,0561
10	0,2167	0,838	0,8750	$5,7747x10^{-3}$	0,0370
4	0,2384	0,861	0,9063	0,0140	0,0452
9	0,2523	0,874	0,9375	0,0317	0,0630
20	0,2930	0,909	0,9688	0,0287	0,0600
30	0,5443	0,993	1,0000	0,0246	$6,6311x10^{-3}$

Maior diferença obtida: 0,0913
Valor crítico: 0,2492 (para o nível de significância de 5 %)

Segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, a um nível de significância de 5%, não se rejeita a hipótese de que os resíduos possuam distribuição normal (não se rejeita a hipótese nula).
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau II.

Observação:
O teste de Kolmogorov-Smirnov tem valor aproximado quando é realizado sobre uma população cuja distribuição é desconhecida como é o caso das avaliações pelo método comparativo.

***Fonte:** Infer 32*

***Figura 18** - Teste de Sequências / Sinais*

Teste de Sequências
(desvios em torno da média):

Limite inferior .... : -0,1579
Limite superior : -0,5187
Intervalo para a normalidade: [-1,6452, 1,6452] (para o nível de significância de 5%)

Pelo teste de sequências, aceita-se a hipótese da aleatoriedade dos sinais dos resíduos.

Teste de Sinais
(desvios em torno da média)

Valor z (calculado) ..... : 0,3536
Valor z (crítico) ..... : 1,6452 (para o nível de significância de 5%)

Pelo teste de sinais, aceita-se a hipótese nula, podendo ser afirmado que a distribuição dos desvios em torno da média segue a curva normal (curva de Gauss).

***Fonte:** Infer 32*

3.8. TESTE DE SEQUENCIAS / SINAIS

O teste de sequências verifica se existe aleatoriedade na ordem com que os resíduos são apresentados. Não é um teste determinante, somente dá uma ideia se estes resíduos foram realmente obtidos aleatoriamente.

O teste de sinais é outro teste de normalidade da distribuição dos resíduos.

3.9. AUTOCORRELAÇÃO

As variáveis explicativas e a variável resposta são dependentes do tempo, o que gera uma estrutura de correlação entre os termos de erro do modelo. Autocorrelação significa dependência temporal dos valores sucessivos dos resíduos, ou seja, os resíduos são correlacionados entre si.

Quando os resíduos são auto correlacionados, as estimativas de mínimos quadrados ordinários dos parâmetros não são eficientes, isto é, não apresentam variância mínima, além de seu erro-padrão ser tendencioso, o que conduz a testes e intervalos de confiança incorretos. Se a autocorrelação for positiva, os erros padrões serão subestimados e, consequentemente, os valores da estatística t, superestimados. Se a autocorrelação for negativa, os erros padrões serão superestimados e o valor da estatística t, subestimado.

Logo, a autocorrelação positiva é mais danosa, porque existirá, no caso do teste "t", o risco de rejeitar-se a hipótese nula de ausência do efeito, quando deveria aceitá-la.

Portanto, o que se busca na estatística de avaliações é a ausência de autocorrelação. No modelo estatístico em análise não foi detectada autocorrelação positiva.

***Figura 19** - Autocorrelação (Teste de Durbin-Watson)*

Autocorrelação

Estatística de Durbin-Watson (DW) : 2,0095
(nível de significância de 5,0%)

Autocorrelação positiva (DW < DL) : DL = 1,29
Autocorrelação negativa (DW > 4-DL) : 4-DL = 2,71

Intervalo para ausência de autocorrelação (DU < DW < 4-DU)
DU = 1,72 4-DU = 2,28

Pelo teste de Durbin-Watson, não existe autocorrelação.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau II.

A autocorrelação (ou autorregressão) só pode ser verificada se as amostragens estiverem ordenadas segundo um critério conhecido. Se os dados estiverem aleatoriamente dispostos, o resultado (positivo ou negativo) não pode ser considerado.

***Fonte:** Infer 32*

4. ANÁLISE DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO

O comportamento das variáveis independentes que compõem o modelo estatístico adotado será analisado a seguir.

4.1. VARIÁVEL INDEPENDENTE QUANTITATIVA LG (LUGARES)

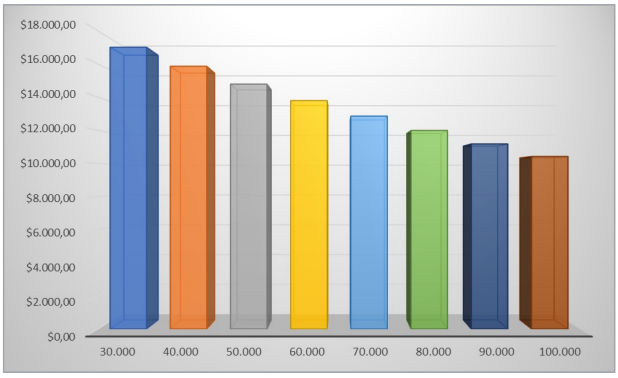
Para testar o comportamento da variável independente "LG (lugares)", foram verificados os custos de construção de estádios modernos e com completa estrutura tecnológica, inaugurados no ano de 2020, com capacidade para 30 mil, 40 mil, 50 mil, 60 mil, 70 mil, 80 mil, 90 mil e 100 mil lugares. Os resultados obtidos estão explicitados na tabela reproduzida a seguir.

***Tabela 1** - Custos unitários por assento em função da capacidade do estádio*

CAPACIDADE	CUSTO UNITÁRIO (U$)	CUSTO TOTAL (U$)
30.000	$17.023,55	$510.706.500,00
40.000	$15.871,64	$634.865.600,00
50.000	$14.797,68	$739.884.000,00
60.000	$13.796,39	$827.783.400,00
70.000	$12.862,85	$900.399.500,00
80.000	$11.992,47	$959.397.600,00
90.000	$11.181,00	$1.006.290.000,00
100.000	$10.424,43	$1.042.443.000,00

***Fonte:** Elaborado pelos autores*

***Gráfico 1** - Custo de Construção por Lugar em Função da Capacidade do Estádio*

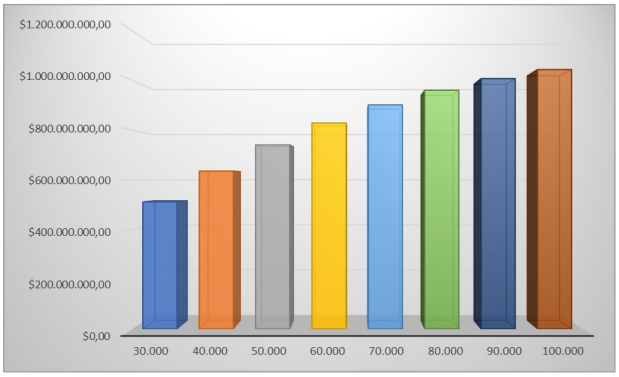


***Fonte:** Elaborado pelos autores*

Portanto, a variável dependente "VU (custo unitário por assento)" é inversamente proporcional a variável independente "LG (lugares)", ou seja, quanto maior a capacidade de um estádio, maior será o seu custo de construção total; porém, menor será o custo unitário por assento.

O custo por assento de um estádio com 40.000 lugares, por exemplo, é aproximadamente 1,3 vezes superior ao custo por assento de um estádio com o dobro de capacidade, ou seja, 80 mil lugares. Já o custo total de construção de um estádio com 80.000 lugares é aproximadamente 1,5 vezes superior ao custo total de construção de um estádio com metade dessa capacidade (40.000 lugares).

***Gráfico 2** - Custo Total de Construção do Estádio em Função da Capacidade*



***Fonte:** Elaborado pelos autores*

4.2. VARIÁVEL INDEPENDENTE QUANTITATIVA DT (DATA)

Para verificar o comportamento da variável independente quantitativa "DT (data)", foram verificados os custos de construção de estádios com estrutura tecnológica básica e não preparado para múltiplos usos, com capacidade para 60 mil expectadores, inaugurados nos anos de 1998, 2001, 2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019 e 2022. Os resultados obtidos estão explicitados na tabela reproduzida a seguir.

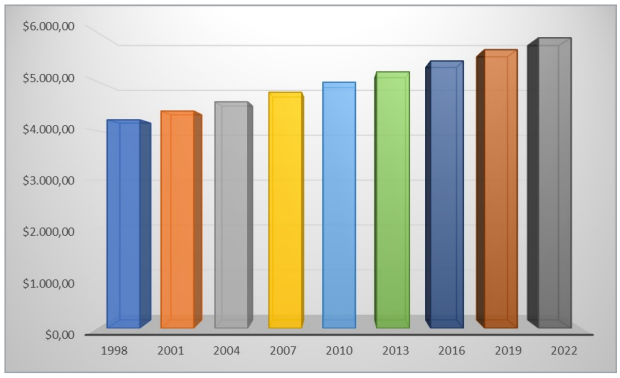
***Tabela 2** - Custos unitários por assento em função da data de inauguração do estádio*

DATA DE INAUGURAÇÃO	CUSTO UNITÁRIO (U$)	CUSTO TOTAL (U$)
1998	$4.220,47	$253.228.200,00
2001	$4.399,19	$263.951.400,00
2004	$4.585,47	$275.128.200,00
2007	$4.779,64	$286.778.400,00
2010	$4.982,03	$298.921.800,00
2013	$5.193,00	$311.580.000,00
2016	$5.412,89	$324.773.400,00
2019	$5.642,10	$338.526.000,00
2022	$5.881,01	$352.860.600,00

***Fonte:** Elaborado pelos autores*

Conforme esperado, a variável dependente "VU (custo unitário por assento)" é diretamente proporcional à variável independente "DT (data)", ou seja, quanto mais recente a data de inauguração de um estádio, maior será o seu custo de construção por assento (unitário e total).

***Gráfico 3** - Custo de Construção Por Assento em Função da Data de Inauguração*



***Fonte:** Elaborado pelos autores*

4.3. VARIÁVEIS INDEPENDENTES DICOTÔMICAS P1 (PADRÃO 1) E P2 (PADRÃO 2)

Para verificar o comportamento das variáveis independentes dicotômicas "P1" e "P2", foram verificados os custos de construção de um estádio com capacidade para 70 mil expectadores, inaugurado no ano de 2015. Os resultados obtidos estão explicitados na tabela reproduzida a seguir.

***Tabela 3** - Custos unitários por assento em função do padrão construtivo do estádio*

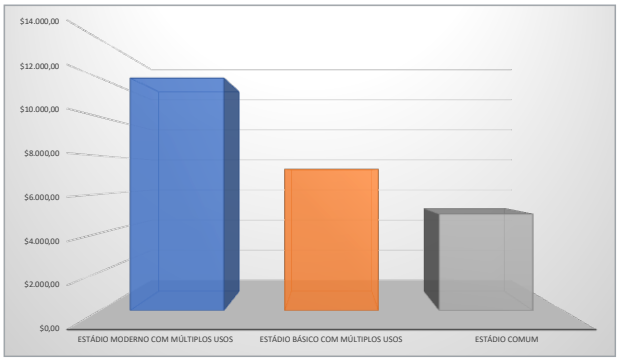
CLASSIFICAÇÃO P1	CLASSIFICAÇÃO P2	PADRÃO	CUSTO UNITÁRIO (U$)
1	0	Estádio moderno com múltiplos usos	12.003,78
0	1	Estádio básico com múltiplos usos	7.292,62
0	0	Estádio comum	4.977,34

***Fonte:** Elaborado pelos autores*

Portanto, a variável dependente "VU (custo unitário por assento)" é diretamente proporcional às variáveis independentes dicotômicas "P1" e "P2", ou seja, quanto mais moderno e com mais opções de usos tiver o estádio, maior será o seu custo unitário por assento.

O custo unitário de construção um estádio moderno e com múltiplos usos é 1,6 vezes, aproximadamente, superior ao custo unitário de construção de um estádio básico com múltiplos usos, e aproximadamente 2,4 vezes superior ao custo de construção de um estádio básico (comum), voltado predominantemente para a realização de partidas de futebol.

***Gráfico 4** - Custo de Construção Por Assento em Função do Padrão Construtivo do Estádio*



***Fonte:** Elaborado pelos autores*

5. CONCLUSÕES

Este trabalho procurou demonstrar que o conhecimento técnico-científico do profissional (arquiteto, engenheiro) de avaliações pode ser aplicado na avaliação de bens e ativos incomuns, tal como o mercado de construção de arenas esportivas.

O profissional de avaliações, além de estudar e ter conhecimento sobre o mercado em que está atuando, define o valor de mercado do bem de forma científica, através da formação de uma amostra representativa, do tratamento estatístico da mesma e da análise técnica criteriosa dos resultados obtidos, seguindo os procedimentos definidos pelas normas técnicas de avaliação publicadas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

O modelo estatístico aplicado na avaliação de estádios esportivos contou com 32 dados e se mostrou consistente, sendo que os resultados obtidos foram favoráveis. As 4 variáveis independentes adotadas foram relevantes, comprovando que o custo unitário de um assento varia em função da capacidade (total de lugares) do estádio, da sua data de inauguração e de seu padrão construtivo.

Na referida amostra, foram considerados como corretos os valores de construção e/ou reforma dos estádios pesquisados. O mesmo procedimento foi adotado em relação às capacidades dos estádios, ou número de assentos.

O modelo estatístico adotado também pode ser aperfeiçoado e aprimorado com a inclusão de novos dados e novas variáveis independentes. O padrão construtivo e o padrão tecnológico dos estádios de futebol são variáveis independentes altamente relevantes na formação do valor de mercado / construção destes estádios. Os estádios de futebol atuais são verdadeiras arenas multiuso, com tecnologia de ponta. Tais estádios podem ser considerados, inclusive, como espaços de consumo.

6. REFERÊNCIAS

ARANTES, Carlos Augusto. **Manual de avalições de bens e imóveis**, 1. ed. - São Paulo: Editora Leud, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR Nº 14.653-1: **Avaliação de Bens - Parte 1: Procedimentos Gerais**. ABNT, jun. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR Nº 14.653-2: **Avaliação de Bens - Parte 2: Imóveis Urbanos**. ABNT, fev. 2011.

DANTAS, Rubens Alves. **Engenharia de Avaliações – Uma introdução à metodologia científica**, 2. ed. - São Paulo: Pini, 2005.

ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES - IBAPE--SP, 1. ed. - São Paulo: Pini, 2007.

FIKER, José. **Perícias e Avaliações de Engenharia. Fundamentos Práticos**, 2. ed. - São Paulo: Editora Leud, 2011.

FOER, Franklin. **Como o futebol explica o mundo: Um olhar inesperado sobre a globalização**, 1. ed. - São Paulo: Editora Zahar, 2005.

GURGEL CAMPOS, Anderson. **Futebol S/A: a economia em campo** - São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

INFER. Versão 32.37b: **Ária Sistemas de Informática Ltda.**, 2020.

MAIA NETO, Francisco. **Roteiro prático de avaliações e perícias judiciais**, 5. ed. - Belo Horizonte: Editora Del Rey, 2012.

NASSER JÚNIOR, Radegaz. **Avaliação de bens: princípios básicos e aplicações**, 3. ed. - São Paulo: Editora Leud, 2019.

NASSER JÚNIOR, Radegaz. **Introdução à Avaliação de Bens Singulares**, 1. ed. - São Paulo: Editora Leud, 2019.

OLMEDA, Natividad Guadalajara. **Métodos de Valoración Inmobiliaria**, 2. ed. - Madrid: Ediciones Mundi-Presnsa, 2018.

SCHMIDT, Paulo; SANTOS, José Luiz. **Avaliação de Ativos Intangíveis**, 1. ed. - Niterói: Editora Atlas, 2002.

SITE ECOPA.JP. **Ogasayama Sports Park ECOPA**. 2019. Disponível em <https://www.ecopa.jp/english/> Acessado em: 19/06/2019.

SITE STADIUMDB.COM. **Stadium Database**. 2019. Disponível em <http://stadiumdb.com/> Acessado em: 19/06/2019.

DETERMINAÇÃO DO VALOR DE INDENIZAÇÃO DE TERRENOS SITUADOS NA REGIÃO DE GARIMPOS DO NORTE DO BRASIL PARA O REASSENTAMENTO INVOLUNTÁRIO, COM AUXÍLIO DO MÉTODO AHP

RESUMO

Uma das principais etapas para viabilizar a implantação de projetos de mineração é o atendimento às condicionantes impostas pelos órgãos competentes. Em alguns casos, podem existir vilas ou comunidades, sendo necessário o seu reassentamento involuntário.

Como o capital investido em tais projetos decorre de fontes estrangeiras, é necessário o atendimento ao IFC - Corporação Financeira Internacional, o qual apresenta a definição de reassentamento involuntário, sendo aquele quando as pessoas ou comunidades afetadas não têm o direito de impedir a aquisição da terra ou restrições ao seu uso, resultando em deslocamento físico ou econômico. Aliado a isso, o Padrão de Desempenho 5 do IFC auxilia nos acordos e nas indenizações.

Além das diretrizes preconizadas pela ABNT NBR 14653 em suas partes pertinentes, importante mencionar que os documentos que norteiam as indenizações devem abordar os princípios das Normas Internacionais de Avaliação (IVS), tais como: valor de mercado (IVS 104) e direitos sobre imóveis (IVS 400).

Considerando a região de garimpo localizada no Norte do Brasil, onde estão inseridos os imóveis objetos deste artigo, diante da ilegalidade dos mesmos e da ausência do mercado formal, o que é um fator limitante imposto pelas normas técnicas de avaliação de bens em vigor, este trabalho apresenta uma metodologia para determinação do valor de indenização de terrenos com aplicação do Método de Análise Hierárquica AHP, desenvolvido por Thomas Saaty.

Como conclusão é apresentada uma metodologia alternativa para determinação do valor de indenização através de critérios que ainda não estão normatizados, mas que podem ser fundamentados.

AUTORES:

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello

Efigênia
Guariento Palhares Ferreira

Igor
Almeida Fassarella

Palavras-chave:
Avaliação, Gestão fundiária, Padrão de Desempenho 5, Método AHP, Mineração.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Padrão de Desempenho 5 - Aquisição de Terra e Reassentamento Involuntário do IFC - Corporação Financeira Internacional, tem-se que:

> *Reassentamento involuntário refere-se tanto ao deslocamento físico (realocação ou desalojamento) quanto ao econômico (perda de bens ou de acesso a bens ocasionando perda de fontes de renda ou de outros meios de subsistência) resultante da aquisição de terras relacionadas a um projeto e/ou de restrições ao uso dessas terras. O reassentamento é considerado involuntário quando as pessoas ou comunidades afetadas não têm o direito de impedir a aquisição da terra ou restrições ao seu uso, resultando em deslocamento físico ou econômico. Isso ocorre em casos de (i) desapropriação legal ou restrições temporárias ou permanentes ao uso da terra; e de (ii) acordos negociados em que o comprador pode recorrer à desapropriação ou impor restrições legais ao uso da terra, caso falhem as negociações com o vendedor. (IFC, 2012, pg. 1)*

Para auxiliar nos acordos e nas indenizações referentes ao reassentamento involuntário, o referido padrão de desempenho cita ainda:

> *Quando não for possível evitar o deslocamento, o cliente oferecerá às comunidades e pessoas deslocadas indenização por perda de bens ao custo total de reposição e outras formas de assistência que as ajudem a melhorar ou restabelecer seus padrões de vida ou meios de subsistência, conforme disposto neste Padrão de Desempenho. Os padrões para indenização serão transparentes e aplicados de maneira uniforme a todas as comunidades e pessoas afetadas pelo deslocamento. Nos casos em que os meios de subsistência das pessoas deslocadas forem baseados na terra ou em que a terra for de propriedade coletiva, o cliente, quando for viável, oferecerá aos realocados uma indenização baseada na terra. O cliente somente tomará posse da terra adquirida e dos bens correlatos depois que a indenização for disponibilizada e, se aplicável, quando os locais para o reassentamento e o custeio das despesas de mudança tiverem sido fornecidos às comunidades e pessoas deslocadas, além da indenização. O cliente também fornecerá oportunidades para que as comunidades e pessoas deslocadas possam se beneficiar adequadamente do desenvolvimento proporcionado pelo projeto. (IFC, 2012, pg. 3)*

A apuração dos valores foi realizada para atender à solicitação da Contratante, uma mineradora de grande porte que atua em todo o território brasileiro, em razão dos imóveis identificados estarem inseridos em área afetada ou próxima dos futuros trabalhos de produção desta empresa.

O motivo principal da necessidade de realocação não é a existência de recursos minerais nestas áreas - pois este fato não ocorre, mas para segurança operacional das próprias pessoas residentes, em função do porte e do nível de industrialização e mecanização do processo produtivo a ser implantado.

Na busca da definição do valor dessas áreas, considera-se necessária a apresentação do conceito de valor de mercado empregado na literatura especializada.

O valor de mercado é definido da seguinte forma pelo subitem 3.1.47 da NBR 14653-1:2019 (Avaliação de Bens - Parte 1: Procedimentos Gerais): "Quantia mais provável pela qual se negociaria voluntariamente e conscientemente um bem, numa data de referência, dentro das condições do mercado vigente".

Já a avaliação de bens, de seus frutos e direitos tem a seguinte definição, de acordo com o subitem 3.1.5 da NBR 14653-1:2019: "Análise técnica para identificar valores, custos ou indicadores de viabilidade econômica, para um determinado objetivo, finalidade e data, consideradas determinadas premissas, ressalvas e condições limitantes".

Importante apresentar também a definição de valor de acordo com as normas internacionais. Para isso, convém reproduzir parte da Normas Internacionais de Avaliação (IVS), em seu item Normas gerais - IVS 104 Bases de valor:

> *30. IVS - Base de Valor Definida - Valor de Mercado*
> *30.1. **O Valor de Mercado é o valor estimado pelo qual um ativo ou passivo deveria ser permutado na data de avaliação entre um comprador predisposto e um vendedor predisposto em uma operação entre partes independentes**, após adequada exposição ao mercado e na qual as partes tenham atuado com conhecimento, prudência e sem compulsão.*
> *...*
> *30.3. **O conceito de Valor de Mercado pressupõe um preço negociado em um mercado aberto e competitivo em que os participantes estejam agindo livremente.** O mercado de um ativo pode ser um mercado internacional ou um mercado nacional. O mercado pode consistir em numerosos compradores e vendedores, ou pode ser um mercado caracterizado por um número limitado de participantes. O mercado em que o ativo está supostamente exposto à venda é aquele em que o ativo que está sendo transacionado de forma hipotética é normalmente permutado. (IVS 104 Bases de valor). (Grifos nossos) (IVSC 2022, pg. 28-30)*

Para determinação desse valor de avaliação, o estudo técnico observou as condicionantes e limitações enumeradas a seguir:

- A Vila está localizada em município no norte do Brasil; porém, as pesquisas de materiais utilizados na construção dos imóveis foram realizadas em outro município do mesmo estado, sendo considerado também o transporte de tais materiais até a Vila. De acordo com informa-

ções fornecidas pelos moradores locais, o município utilizado para aquisição dos materiais é a mencionada cidade;
- Por considerar as características regionais apresentadas, os cálculos procedidos e os resultados encontrados são válidos única e exclusivamente na metodologia avaliatória aplicada, sendo, portanto, vedada a utilização dos mesmos em conexão com outra avaliação ou estimativa de preço;
- As fontes de informações consultadas para a elaboração deste trabalho técnico foram de natureza diversa e consideradas fidedignas;
- Por fugir à finalidade deste trabalho, não foram realizadas análises concernentes a títulos, documentos, regularidades fiscais e outras questões semelhantes, providências estas de ordem jurídico-legal.

O presente documento técnico tem como objetivo principal apresentar as informações básicas, metodologias e critérios adotados para a determinação dos valores de indenização relativos aos terrenos dos imóveis situados em região de garimpo do Norte do Brasil.

Várias são as características que influenciam na formação do valor do terreno. Existem procedimentos e normativas para a realização da pesquisa de mercado e o devido tratamento dos dados, conforme determinado nas normas de referência já citadas. Entretanto, devido à ausência de transações e dados em oferta na região, foi desenvolvida uma matriz que permitiu elencar uma ordem de prevalência dos principais fatores considerados de influência e abarcar todos os itens necessários ao estudo.

Com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento desta metodologia, são apresentados estes fatores de influência específicos para o local, que influenciam na formação do valor, seja valorizando, seja desvalorizando os terrenos. No estudo foram analisados seis critérios (características/variáveis). A partir da análise dos fatores de influência foram adotados pesos, de acordo com a sua importância, para então determinar o valor específico de cada terreno.

2. DESENVOLVIMENTO

Inicialmente foram apresentadas as características observadas por ocasião das vistorias e da pesquisa de mercado que são importantes para os superficiários e mercado local. A partir desse estudo e da experiência dos autores, foram estabelecidos os critérios que influenciam na formação do valor, a sua ordem de importância e o peso relacionado a cada fator, de acordo com essa ordem. Para determinação deste peso foi utilizada a metodologia de apoio à tomada de decisão com múltiplos critérios, AHP - Analytic Hierarchy Process (Método de Análise Hierárquica, proposto por T. Saaty).

Posteriormente, é apresentado o estudo de caso realizado, que abrangeu os procedimentos de vistoria dos imóveis em estudo; caracterização dos terrenos; cálculo da distância ao Rio; tempo de ocupação; delimitação da área; identificação da via; verificação da proximidade com o comércio; e análise da documentação dos imóveis.

Foram adotadas, neste trabalho, as seguintes normas de avaliação, publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas:
- NBR 14653-1:2019 (Avaliação de Bens - Parte 1: Procedimentos Gerais);
- NBR 14653-2:2011 (Avaliação de Bens - Parte 2: Imóveis Urbanos).

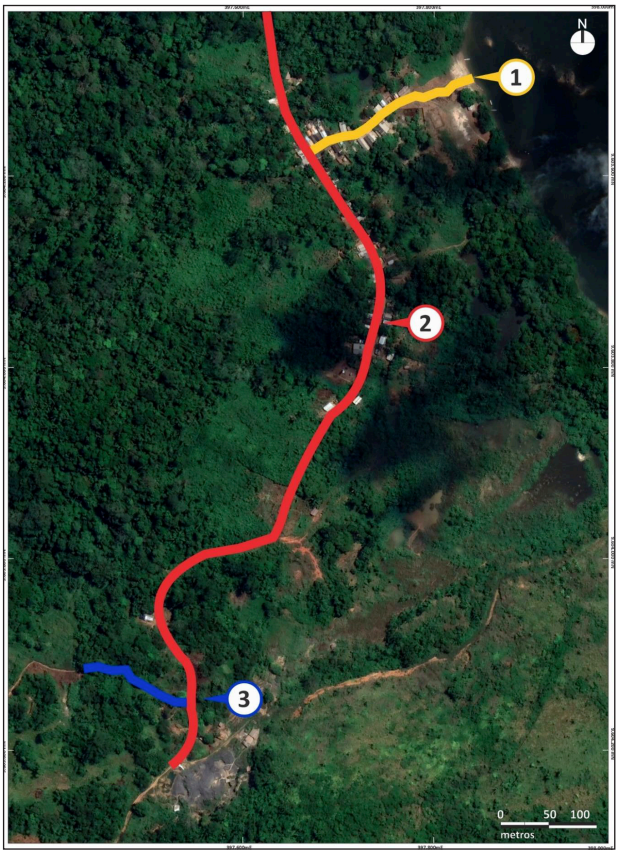
2.1. Caracterização da Vila

De acordo com a Lei Municipal do município em questão, a qual dispõe sobre o Plano Diretor Participativo e dá outras providências, a Vila está situada na Macrozona Urbana.

Importante destacar que a Vila está situada às margens de importante rio da região, sendo este o principal acesso de seus habitantes.

Na época dos trabalhos de exploração minerária, a Vila foi o que sobrou dos tempos em que havia ouro abundante no local. O pico da produção de ouro na região foi nas décadas de 60 e 70, quando a exploração era feita por empresas do ramo minerário, que se retiraram do local quando acabou o ouro de fácil extração, próximo da superfície. Atualmente, a exploração é rude, feita por garimpeiros precariamente equipados.

Figura 1 *- Imagem de satélite (Google Earth) da vila destacando as ruas*



Fonte: *Elaborada pelos autores.*

2.2. Identificação e Cadastro

Para os imóveis em avaliação foi preenchida a ficha cadastral contendo as informações dos documentos principais dos proprietários/superficiários. Além destas, constam as considerações gerais e a caracterização da edificação principal, as quais são: área, uso, depreciação física, depreciação funcional, revestimento, paredes, pinturas, forro, instalações, coberturas e pisos.

Para auxiliar na identificação, foi criada a indexação dos cadastros, da seguinte maneira:

Letra para indicar o tempo no imóvel:

- X: Superior a 5 anos;
- Y: Entre 1 e 5 anos;
- Z: Inferior a 1 ano.

Número da Vila:

- 1 para a vila em questão;
- Como foram várias vilas vistoriadas por ocasião da vistoria, tais números foram alterados.

Identificação da rua:

- A Vila em questão possui três ruas, as quais são identificadas por números inteiros, sendo: 1, 2 ou 3.

Ordem do imóvel em relação ao início da rua:

- Partindo do rua, tem-se o início da numeração.

Posição em relação à rua:

- Identicação tendo como referência o rio. Ao estar de costas ao rio, identificar se o imóvel está à direira ou à esquerda na via em questão.

Como exemplo, é possível citar o seguinte código:

X.1.2.1.D

X = Superior a 5 anos;
1 = Vila em questão;
2 = Rua 2;
1 = Primeiro imóvel da rua;
D = Lado direito.

2.3 Procedimentos Metodológicos Utilizados na Avaliação do Terreno

Não foram identificados na Vila dados de mercado contemporâneos (terrenos em oferta para venda ou negociados) que permitissem a realização da avaliação conforme as diretrizes preconizadas pelas ABNT NBR 14653-1:2019 e ABNT NBR 14653-2:2011. Não há um mercado formal na localidade. Ocorria, no momento de exploração minerária, rápida expansão de construções pela expectativa de indenizações. As negociações para acesso eram informais. Face ao exposto foram elaborados critérios para definir os valores de cada terreno dos imóveis residenciais em avaliação.

Ao que pôde ser verificado, após várias buscas e solicitações de opiniões e tratamento matemático apurado, constatou-se que o valor atual de um terreno padrão era de U$ 500,00 (quinhentos doláres).

Tal informação foi considerada como verídica e utilizada como referência para a determinação dos demais valores, em razão das diferentes características de cada um dos terrenos. Portanto, os critérios envolveram a proximidade com o Rio, o tempo de ocupação no imóvel, a área aproximada de cada terreno e a rua em que se situa cada imóvel, sendo o que o terreno padrão básico possui a melhor classificação de cada um desses critérios.

2.3.1. *Critérios de Análise*

Os critérios devem ser analisados em campo e na consulta às documentações e terceiros, como no estudo de caso apresentado. Portanto, os itens considerados significativos e avaliados na fase de análise fundiária para determinação do valor do terreno, com a devida defnição das características que influenciam na formação do valor, são:

Figura 2 *- Critérios considerados na detrminação do valor do terreno*

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

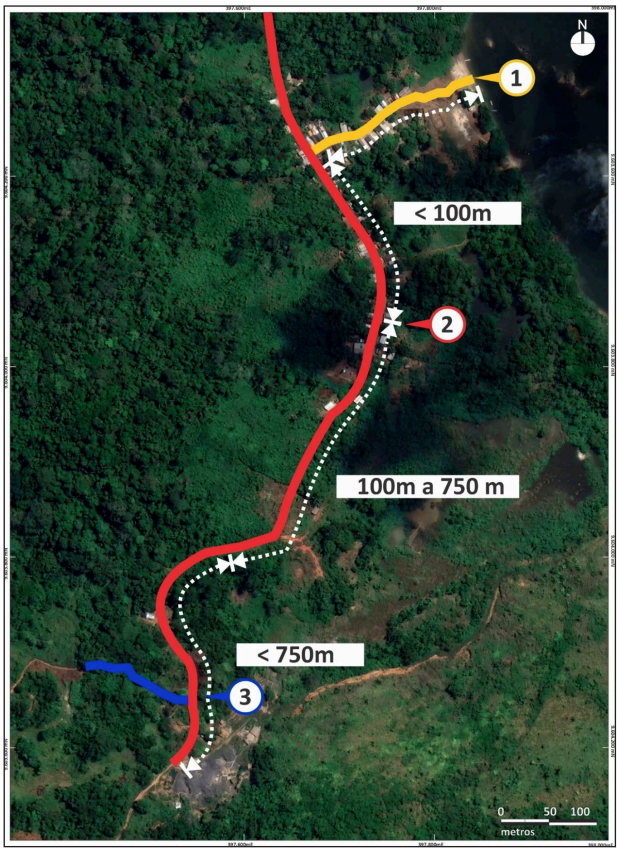
Cada um desses itens é dividido em subcategorias, sendo relacionados pesos que caracterizam as melhores e as piores condições de cada um deles.

2.3.1.1. *Distância em Relação ao Rio*

O rio é importante para a comunidade em questão, pois o principal meio de transporte da vila é fluvial.

Assim sendo, a distância em metros de cada imóvel até esse curso d'água foi considerada importante na determinação do valor. Os terrenos próximos ao Rio foram considerados mais valorizados, principalmente pela facilidade de acesso ao mesmo. Seguem a classificação das alternativas elencadas, por ordem crescente de importância: (i) maior que 750m (> 750m); (ii) entre 750m a 100m; e (iii) menor que 100m (< 100m).

Figura 3 *- Imagem de satélite (Google Earth) com a classificação das distâncias*



Fonte: *Elaborada pelos autores.*

2.3.1.2. *Área*

Outra característica considerada relevante para a formação do valor do terreno foi sua área aproximada. Tal área foi obtida através dos levantamentos realizados por ocasião das vistorias e a classificação das alternativas foi definida da seguinte forma, por ordem crescente de importância: (i) menor que 75 metros quadrados (< 75m²); (ii) entre 75 e 300 metros quadrados (75m² - 300m²); (iii) maior que 300 metros quadrados (> 300m²).

Figura 4 *- Imagem de satélite com destaque para as áreas de terreno de alguns imóveis*

Fonte: *Elaborada pelos autores.*

2.3.1.3. Tempo de Ocupação no Imóvel

Neste caso, o objetivo é identificar o tempo de ocupação em cada imóvel, tal parâmetro foi obtido a partir da contação dos anos habitados e as alternativas utilizadas foram as seguintes, elencadas por ordem crescente de importância: (i) menor que 1 ano (< 1 ano); (ii) entre 1 e 5 anos (1 a 5 anos); (iii) maior que 5 anos (> 5 anos).

***Figura 5** - Edificação com tempo de ocupação inferior a 1 ano*

***Fonte:** Fotografia realizada pelos autores.*

***Figura 6** - Edificação com tempo de ocupação entre 1 e 5 anos*

***Fonte:** Fotografia realizada pelos autores.*

***Figura 7** - Edificação com tempo de ocupação supeiror a 5 anos*

***Fonte:** Fotografia realizada pelos autores.*

2.3.1.4. Documentação

A documentação dos imóveis da Vila é precária. Nenhum imóvel possui matrícula registrada no Cartório de Registro de Imóveis da Comarca correspondente. Por se tratar de região de garimpo, têm-se constantes invasões e compras ilegais de terras de garimpeiros.

O surgimento da Vila se deu com a doação de alguns terrenos aos responsáveis pela extração ilegal de ouro. Assim, surgiram então as primeiras edificações. Com o decorrer dos anos, algumas transações de compra e venda foram efetuadas, sendo o principal documento de prova, apenas o recibo.

Além do recibo e das invasões, a outra possibilidade de documentação é através de herança ou cessão por familiar, o que foi identificado neste trabalho como coabitante.

As Normas Gerais IVS 400 Direitos Sobre Imóveis apresentam os seguintes tipos:

> *20.2. Um direito sobre imóvel é um direito de propriedade, controle, uso ou ocupação de terrenos e edifícios. Um direito imobiliário inclui direitos de posse informais para comunidades e ou terra coletiva ou tribal e assentamentos informais urbanos/rurais ou economias de transição, que podem ter a forma de posse, ocupação e direitos de uso.*
> ***Há três tipos principais de direitos:***
> *(a) direito superior em qualquer área definida de terra. O proprietário desse direito tem um direito absoluto de posse e controle da terra e de todos os edifícios nela localizados permanentemente, sujeito apenas a quaisquer direitos subordinados e quaisquer restrições jurídicas legais ou de outro tipo,*
> ***(b) um direito subordinado que normalmente concede ao titular direitos de posse exclusiva e controle de uma área definida de terra ou edifícios por um período definido, por exemplo, nos termos de um contrato de arrendamento, e/ou***
> ***(c) um direito de uso de terras ou edifícios, mas sem o direito de posse exclusiva ou controle, por exemplo, o direito de passagem sobre o solo ou utilizá-lo apenas para uma atividade especificada.***
> *...*
> ***90. Hierarquia de Direitos***
> ***90.2. Estes direitos sobre imóveis terão suas próprias características, conforme ilustrado nos exemplos a seguir:***
> *(a) Embora um direito absoluto proporcione a propriedade de forma permanente, pode estar sujeito ao efeito dos direitos subordinados.*
> *Estes direitos subordinados poderiam incluir arrendamentos, restrições impostas por um titular anterior ou restrições impostas por lei.*
> *(b) Um direito de arrendamento terá vigência por um período determinado, no final do qual o imóvel reverte em benefício do titular do direito superior a partir do qual foi criado. O contrato de arrendamento normalmente imporá obrigações ao locatário, por exemplo, o pagamento de aluguel e outras despesas. Também pode impor condições ou restrições, tais como a forma como o imóvel poderá ser*

utilizado ou sobre qualquer transferência do direito a terceiros.
(c) Um direito de uso pode ser mantido permanentemente ou por um período determinado. O direito pode ser dependente de pagamentos ou do cumprimento de certas outras condições por parte do titular.
90.3. Ao avaliar um direito sobre imóveis, portanto, é necessário identificar a natureza dos direitos correspondentes ao titular daquele direito e refletir quaisquer restrições ou gravames impostos pela existência de outros direitos sobre o mesmo imóvel. A soma dos valores individuais de vários direitos diferentes sobre o mesmo imóvel frequentemente será diferente do valor do direito superior livre de gravame. *(IVS 400 Direitos Sobre Imóveis, pg. 125). (Grifos nossos)*

Diante do exposto, as alternativas para o critério Documentação assumidas no estudo foram as seguintes, por ordem crescente de importância: (i) invasão; (ii) coabitante; (iii) recibo.

2.3.1.5. Comércio

Assim como nos grandes centros urbanos, a proximidade com o comércio local é um critério preponderante e de valorização na formação do valor do terreno. No presente trabalho, tal proximidade também foi analisada, definindo-se as alternativas da seguinte forma, por ordem crescente de importância: (i) longe; (ii) perto.

Figura 8 *- Edificação caracterizando o comércio local*

Fonte: *Fotografia realizada pelos autores.*

2.3.1.6. Rua

Durante os trabalhos de vistoria, constatou-se que as Ruas identificadas como 1 e 2 possuem ocupação mista, ou seja, residencial e comercial. Por isso, atribui-se peso para os terrenos que estão situados nestas ruas da seguinte maneira: : (i) Rua 3; (ii) Rua 2; (iii) Rua 1.

Figura 9 *- Vista parcial da Rua 1*

Fonte: *Fotografia realizada pelos autores.*

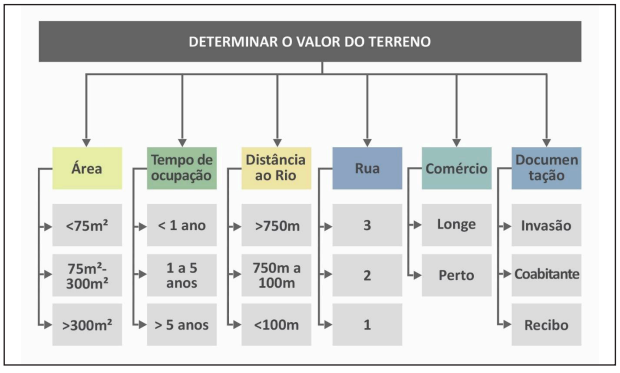
Figura 10 *- Vista parcial da Rua 2*

Fonte: *Fotografia realizada pelos autores.*

2.4. Resumo dos critérios de análise

Conforme exposto, os principais critérios de análise que devem ser considerados no estudo para determinação do valor são os seguintes, apresentados por ordem crescente de importância:

Figura 11 *- Critérios e subcritérios considerados na Análise*



Fonte: *Elaborada pelos autores.*

Foram adotados os valores para conclusão final dos critérios de análise utilizando-se a metodologia de apoio à tomada de decisão com múltiplos critérios, sendo considerado como preponderante a distância em relação ao rio.

2.5. Análise comparativa pelo Método AHP

O método de análise de decisão Analitic Hierarquic Process (AHP), desenvolvido pelo matemático Thomas Saaty em 1980, fundamenta-se na comparação de alternativas de escolhas, sempre em pares, na qual o decisor realiza comparações relativas a duas alternativas da estrutura de decisão, avaliando qual elemento satisfaz mais e o quanto mais (Azeredo, Paula, Santos, Barreto, & Gonçalves, 2009), com o estabelecimento de matrizes de comparações paritárias.

Para realização da comparação, Saaty propôs uma Escala Fundamental de valores, que são atribuídos aos elementos que estão em comparação. Esses valores vão de 1 a 9, sendo que 1 representa a comparação entre elementos igualmente importantes e 9 indica a importância absoluta de um elemento em relação ao outro.

A tabela a seguir apresenta a escala completa:

Tabela 1 *- Escala fundamental de Saaty*

Escala de Saaty	
Definição	**Intensidade de importância**
Igual preferência (importância)	1
Preferência (importância) moderada	3
Preferência (importância) forte	5
Preferência (importância) muito forte	7
Preferência (importância) absoluta	9
Valores intermediários entre os valores adjacentes	2, 4, 6 e 8

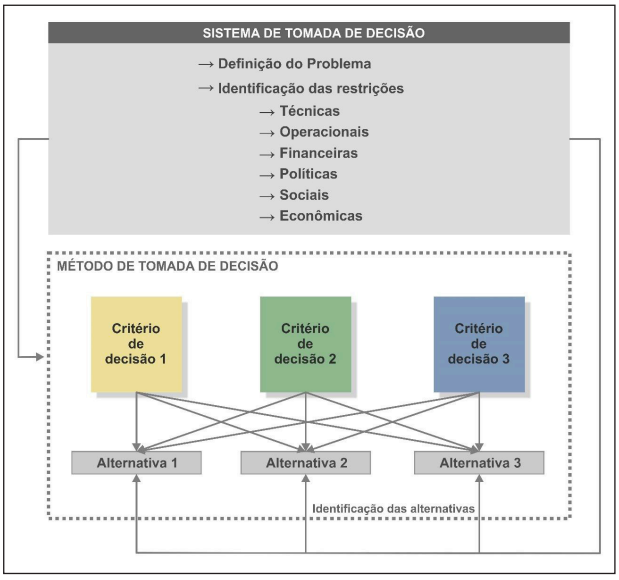
Fonte: *Tabela elaborada pelos Autores, a partir de Briozo e Museti (2015).*

Segundo Andrade e Albuquerque (2012), o método apresenta três qualidades importantes e que compõem o princípio básico do pensamento analítico: a estruturação hierárquica; a obtenção de prioridades; e a consistência lógica. Com a estruturação hierárquica, o decisor define seus objetivos; as suas alternativas e os critérios relevantes para o problema de decisão. Diante de tais definições, avalia as alternativas em relação aos critérios e a importância de cada critério.

O método AHP já foi utilizado para definição do melhor local para diversos tipos de instalações, como unidade de pronto atendimento (Briozo e Musetti, 2015); e alternativas de traçado de rodovias (Lisboa e Waisman, 2007).

De acordo com Briozo e Musetti (2015), dentro de todas as possibilidades para a utilização de métodos multicritérios de tomada de decisão, surge a utilização do método AHP para a localização de instalações devido a sua flexibilidade, podendo o problema ser definido com a participação de pessoas responsáveis pela execução. E em particular, se torna interessante para o setor público, no qual os gestores têm que tomar decisões para a sociedade como um todo, sem a priorização de um determinado grupo, abrindo a possibilidade de a decisão ser mais participativa, contemplando diferentes interesses. A figura a seguir apresenta um modelo genérico de montagem do sistema decisório:

Figura 12 *- Estrutura básica do sistema de tomada de decisão*



Fonte: *Elaborada pelos Autores, a partir de Briozo e Museti (2015).*

De acordo com a figura apresentada acima, o sistema decisório de tomada de decisão se inicia com a definição do problema e com a identificação das restrições relacionadas. São estabelecidos então os critérios e subcritérios de decisão e as possibilidades de alternativas de cada um deles.

2.6. Aplicação do Método

Neste item é apresentado o estudo de caso em questão: avaliação de 100 imóveis situados na região de garimpo no Norte do Brasil.

Os trabalhos de vistoria seguiram rigorosamente as determinações da NBR 14653-1:2019

(Avaliação de Bens - Parte 1: Procedimentos Gerais) e da NBR 14653-2:2011 (Avaliação de Bens - Parte 2: Imóveis Urbanos), Normas Técnicas para Engenharia de Avaliações de Bens, publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

As vistorias técnicas foram realizadas no ano de 2017 com o objetivo de buscar subsídios para se determinar os valores de indenização relativos aos imóveis identificados na Vila em questão. Convém destacar que os ocupantes ou seus prepostos acompanharam as vistorias e mostraram todas as benfeitorias que consideraram relevantes.

As vistorias abrangeram os seguintes procedimentos técnicos:

- identificação das edificações e das benfeitorias não reprodutivas e reprodutivas;
- verificação da localização, condições de acesso e infraestrutura urbana;
- levantamento das características construtivas, dimensões, estado de conservação e padrão das edificações e das benfeitorias existentes;
- caracterização do estado vegetativo / fitossanitário das benfeitorias reprodutivas;
- registro fotográfico.

2.7. Resumo dos critérios e subcritérios para os terrenos em estudo

Pode-se resumir os terrenos que compõem os imóveis em estudo de acordo com a tabela abaixo.

***Tabela 2** - Resumo dos critérios e subcritérios dos terrenos em estudo*

Código	Distância	Área	Tempo de ocupação	Comércio	Documentação	Rua
Z.1.2.66.E	> 750m	< 75m²	< 1 ano	Longe	Coabitante	2
Z.1.2.68.E	> 750m	75m² a 300m²	< 1 ano	Longe	Coabitante	2
Z.1.2.69.D	> 750m	75m² a 300m²	< 1 ano	Longe	Coabitante	2
Z.1.2.70.D	> 750m	< 75m²	< 1 ano	Longe	Coabitante	2
Z.1.2.72.D	> 750m	> 300m²	< 1 ano	Longe	Coabitante	2
X.1.2.01.D	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.02.E	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.03.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.04.E	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.05.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
Y.1.2.06.E	< 100m	< 75m²	1 a 5 anos	Longe	Coabitante	2
X.1.2.07.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
Y.1.2.08.E	< 100m	< 75m²	1 a 5 anos	Longe	Coabitante	2
X.1.2.09.D	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
Y.1.2.10.E	< 100m	< 75m²	1 a 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.11.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
Y.1.2.12.E	< 100m	< 75m²	1 a 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.13.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
Y.1.2.14.E	< 100m	75m² a 300m²	1 a 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.15.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.16.E	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.17.D	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.18.E	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
Y.1.2.19.D	100m a 750m	< 75m²	1 a 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.20.E	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.21.D	100m a 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.22.E	100m a 750m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2

X.1.2.23.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.24.E	100m a 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.25.D	100m a 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.26.E	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.27.D	100m a 750m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.28.E	100m a 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.29.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.30.E	100m a 750m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.31.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.32.E	100m a 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.33.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.34.E	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.35.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.36.E	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.37.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.38.E	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.39.D	100m a 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.40.E	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.41.D	100m a 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.42.E	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.43.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.44.E	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.45.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.46.E	100m a 750m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.47.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.48.E	100m a 750m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.49.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.50.E	100m a 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.51.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.52.E	100m a 750m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.53.D	100m a 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.55.D	100m a 750m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	2
X.1.2.57.D	100m a 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.59.D	> 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.61.D	> 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.63.D	> 750m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.65.D	> 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
X.1.2.67.D	> 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Invasão	2
Y.1.1.01.D	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Invasão	1
Y.1.1.02.E	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.03.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.04.E	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
X.1.1.05,D	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
X.1.1.06,E	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.07.D	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
X.1.1.08.E	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1

X.1.1.09.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.10.E	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.11.D	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.12.E	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.13.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.14.E	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
Y.1.1.15.D	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
Y.1.1.16.E	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
Y.1.1.17.D	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
X.1.1.18.E	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
Y.1.1.19.D	< 100m	< 75m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
Y.1.1.20.E	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.21.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
X.1.1.22.E	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
Y.1.1.23.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
X.1.1.25.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
X.1.1.27.D	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
Y.1.1.29.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Coabitante	1
X.1.1.31.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.33.D	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.35.D	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.37.D	< 100m	75m² a 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.1.39.D	< 100m	> 300m²	> 5 anos	Longe	Recibo	1
X.1.3.01.D	> 750m	< 75m²	> 5 anos	Perto	Coabitante	3
X.1.3.02.E	> 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Perto	Coabitante	3
X.1.3.03.D	> 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Perto	Coabitante	3
X.1.3.04.E	> 750m	75m² a 300m²	> 5 anos	Perto	Coabitante	3

Fonte: *Tabela elaborada pelos Autores.*

2.7.1. Definição das etapas

De acordo com a tabela 2 apresentada no item 2.5, têm-se duas análises hierárquicas a serem feitas pelo Método AHP:

- ***i.*** julgamento de desempenho das alternativas, em relação a cada critério estabelecido;
- ***ii.*** julgamento de preferência dos critérios em relação ao objetivo principal, de determinação do valor de avaliação.

Após a conclusão das análises citadas, é necessário calcular a prioridade global (PB), para determinação do valor de cada terreno em avaliação.

2.7.2 Julgamento de desempenho dos terrenos, em relação a cada critério estabelecido

Para realização dos julgamentos, os autores responderam aos formulários lançados no software Super Decisions, seguindo a Escala de Saaty apresentada na tabela 1, conforme o modelo apresentado a seguir, do julgamento das alternativas à luz de todos os critérios.

A tomada de decisões complexas requer a utilização de métodos e ferramentas adequadas para auxiliar no processo. Nesse sentido, o software Super Decisions tem se destacado como uma poderosa ferramenta de auxílio à tomada de decisão, que utiliza os métodos Analytic Hierarchy Process (AHP) e Analytic Network Process (ANP) para análise multicritério (Rivas, 2016).

Uma das vantagens do Super Decisions é a sua capacidade de realizar cálculos complexos de forma eficiente e precisa, contribuindo para a tomada de decisões fundamentadas. O software permite a análise de consistência das matrizes de subcritérios, garantindo a confiabilidade dos resultados obtidos. Seguindo os critérios

estabelecidos por Saaty (2008), a consistência das matrizes é verificada, sendo que um índice de consistência menor que 0,1 é considerado aceitável.

Além disso, a versatilidade do Super Decisions é evidenciada pela sua aplicação em diferentes setores e áreas de conhecimento. Estudos têm explorado o uso do software em campos como engenharia, gestão de projetos, sustentabilidade, finanças, logística e saúde, entre outros. Essa diversidade de aplicações demonstra a adaptabilidade do Super Decisions para lidar com problemas complexos em diversos contextos (CREATIVE DECISIONS FOUNDATION, 2022).

Ao utilizar o Super Decisions, é possível estruturar problemas de decisão, identificar critérios relevantes, estabelecer pesos relativos, realizar comparações aos pares e obter uma análise multicritério objetiva e fundamentada. A interface intuitiva e os recursos avançados do software facilitam o processo de modelagem e análise, contribuindo para uma tomada de decisão mais informada e eficaz (CREATIVE DECISIONS FOUNDATION, 2009).

Em suma, o software Super Decisions, baseado nos métodos AHP e ANP, tem se destacado como uma ferramenta no auxílio à tomada de decisão complexa. Sua aplicação em diversos setores e áreas de conhecimento evidencia sua capacidade de resolver problemas multidimensionais, contribuindo para aprimorar o processo decisório e fornecer resultados confiáveis e embasados em critérios sólidos.

A seguir, tem-se o lançamento dos critérios e seus respectivos subcritérios no software mencionado.

Figura 13 *- Estrutura básica do sistema de tomada de decisão*

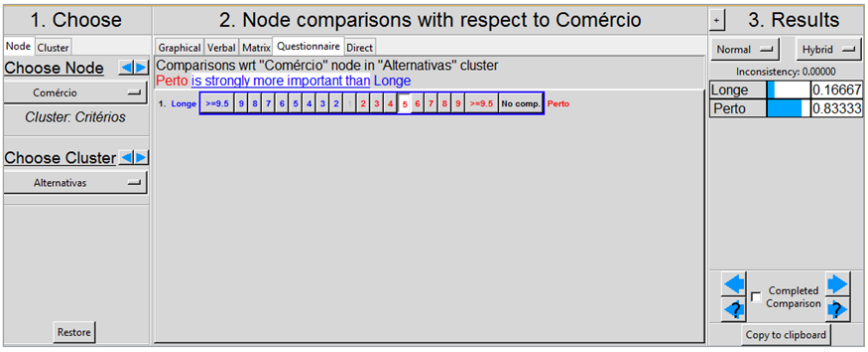
Here are the priorities.

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	1	0.07387	0.036937
No Icon	1 a 5 anos	0.02747	0.013737
No Icon	2	0.01928	0.009640
No Icon	3	0.00629	0.003145
No Icon	75m² - 300m²	0.05100	0.025499
No Icon	750m a 100m	0.06250	0.031248
No Icon	< 1 ano	0.01086	0.005429
No Icon	< 75 m²	0.01434	0.007169
No Icon	<100m	0.32983	0.164915
No Icon	> 5 anos	0.11586	0.057932
No Icon	> 300m²	0.18139	0.090696
No Icon	> 750m	0.02763	0.013815
No Icon	Coabitante	0.00850	0.004249
No Icon	Invasão	0.00345	0.001723
No Icon	Longe	0.00780	0.003898
No Icon	Perto	0.03898	0.019488
No Icon	Recibo	0.02096	0.010479
No Icon	Comércio	0.04677	0.023386
No Icon	Distância do rio	0.41996	0.209979
No Icon	Documentação	0.03290	0.016452
No Icon	Rua	0.09944	0.049722
No Icon	Tempo de ocupação	0.15420	0.077098
No Icon	Área	0.24673	0.123364
No Icon	Determinar o valor do terreno	0.00000	0.000000

Fonte: *Tela do Super Decisions.*

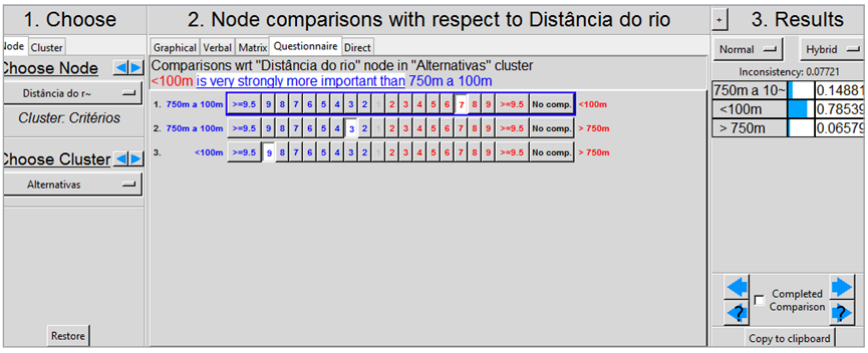
Após esse lançamento, tem-se a resposta aos questionários de cada critério identificado como importante na formação do valor. Destaca-se o grau de inconsistência do julgamento, apresentado na figura 21, de 8,5%:

Figura 14 *- Questionário relacionado ao comércio*



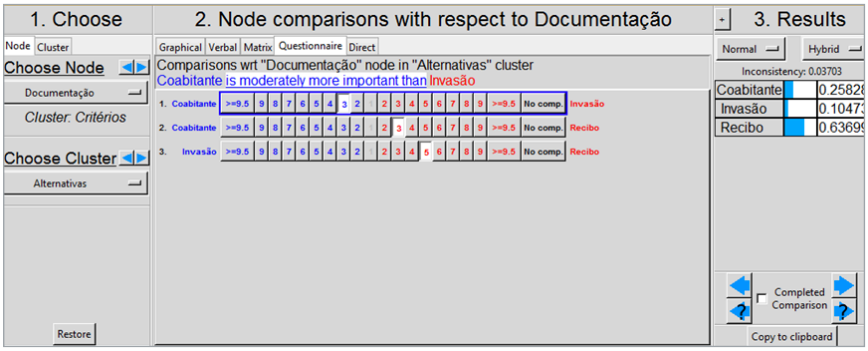
Fonte: *Tela do Super Decisions.*

Figura 15 *- Questionário relacionado à distância ao rio*



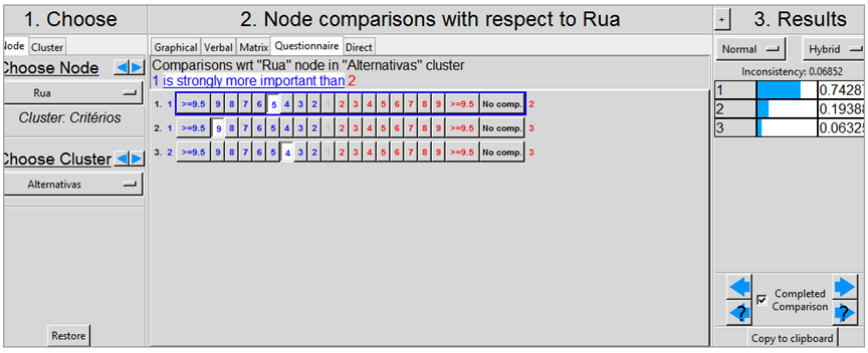
Fonte: *Tela do Super Decisions.*

Figura 16 *- Questionário relacionado à documentação*



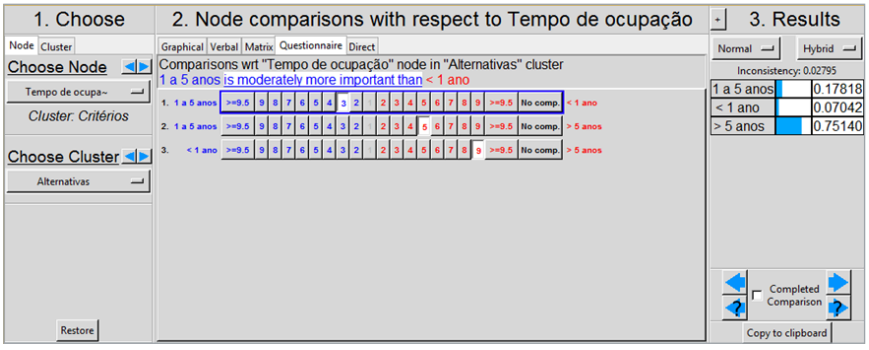
Fonte: *Tela do Super Decisions.*

Figura 17 *- Questionário relacionado à rua*



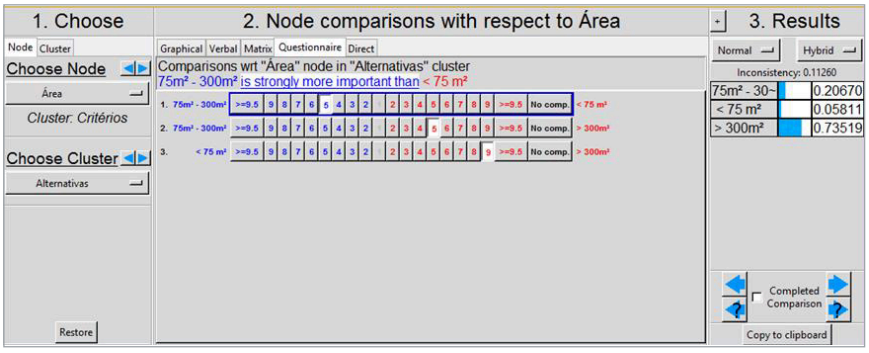
Fonte: *Tela do Super Decisions.*

Figura 18 *- Questionário relacionado ao tempo de ocupação*



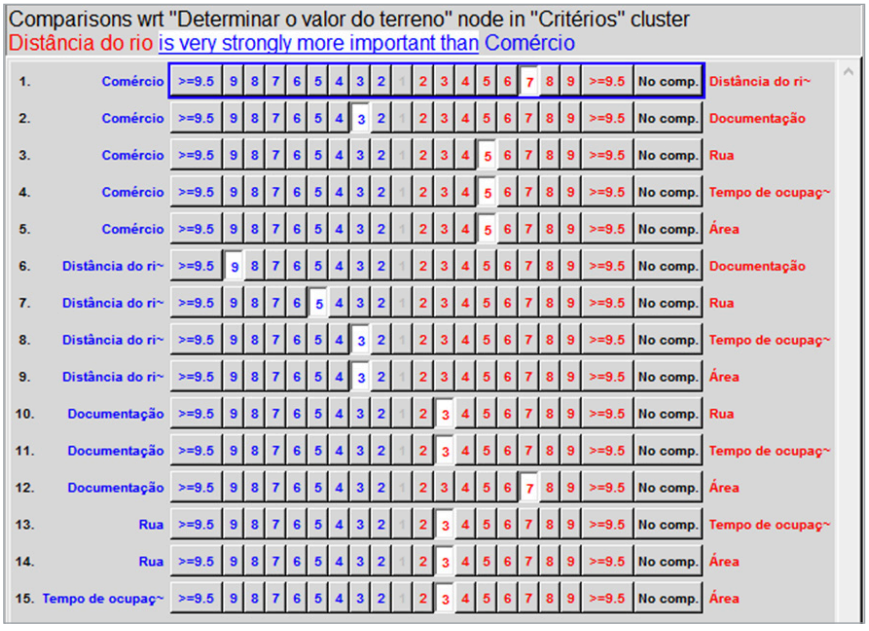
Fonte: *Tela do Super Decisions.*

Figura 19 *- Questionário relacionado à área*



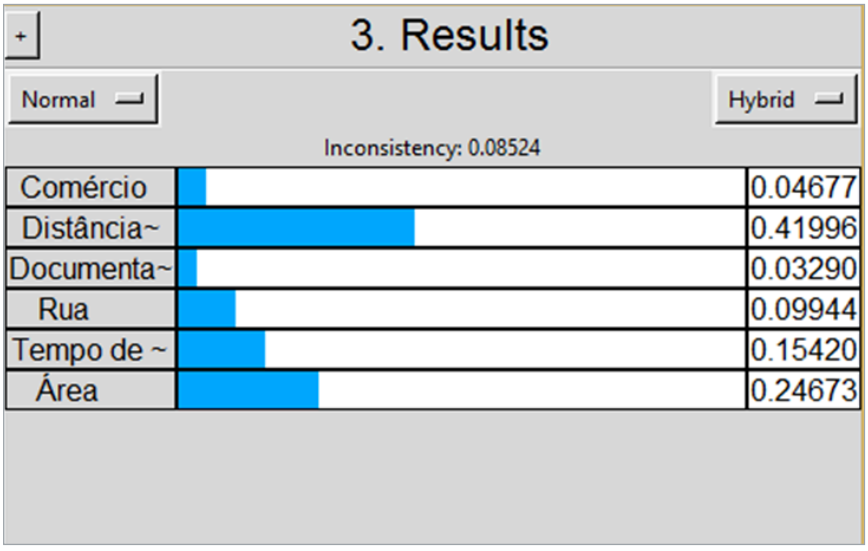
Fonte: *Tela do Super Decisions.*

Figura 20 *- Relatório dos questionários*



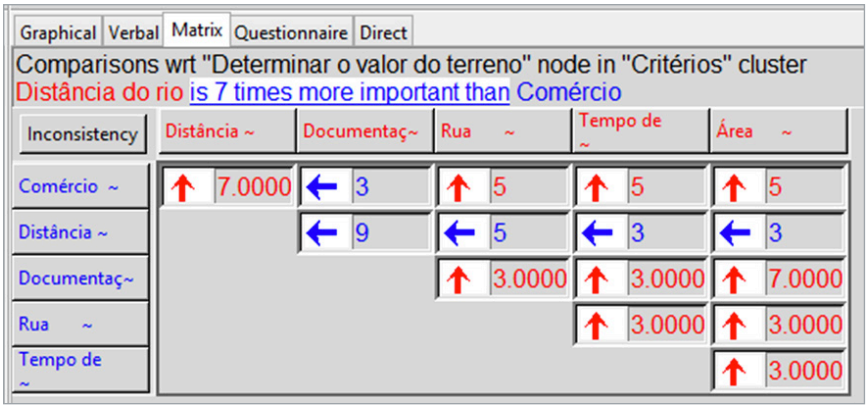
Fonte: *Tela do Super Decisions.*

Figura 21 *- Resultados dos pesos relativos aos Critérios*



Fonte: *Tela do Super Decisions.*

Figura 22 *- Resumo da Matrix de Comparação*



Fonte: *Tela do Super Decisions.*

Pelos resultados obtidos, tem-se que o critério mais importante para determinação do valor do terreno é a distância do imóvel ao rio, com peso de 42%. Em seguida, tem-se os seguintes critérios, por ordem de prioridade: área do terreno (25%), tempo de ocupação (15%), rua (10%), comércio (5%) e, por último, a documentação (3%).

Figura 23 *- Acesso principal à Vila em questão com destaque para o Rio*

Fonte: *Fotografia realizada pelos autores.*

Figura 24 *- Acesso principal à Vila em questão com destaque para o Rio*

Fonte: *Fotografia realizada pelos autores.*

Ao final da aplicação do método AHP, tem-se, portanto, a equação que explica o comportamento do mercado imobiliário local.

O cálculo do valor de terreno de uma das alternativas adotadas como exemplo é o apresentado:

$$VT_{Z.1.2.66.E} = 500{,}00 * (0{,}06579 * 0{,}41996) + (0{,}05811 * 0{,}24673) + (0{,}07042 * 0{,}15420) + (0{,}19388 * 0{,}09944) + (0{,}16667 * 0{,}04677) + (0{,}25828 * 0{,}03290)$$

$$VT_{Z.1.2.66.E} = 44{,}20$$

O terreno do imóvel Z.1.2.66.E possui as seguintes características:

- Distância ao rio: > 750m;
- Área: < 75m²;
- Tempo de ocupação: < 1 ano;
- Comércio: Longe;
- Documentação: Coabitante;
- Rua: 2.

2.8. Procedimentos Metodológicos Utilizados na Avaliação das Benfeitorias

Na avaliação das benfeitorias foi adotado o método da quantificação do custo, a partir da identificação de custo pelo custo unitário ou da identificação do custo pelo orçamento detalhado. Os procedimentos metodológicos gerais para a aplicação deste método são apresentados no subitem 8.3.1 da NBR 14653-2:2011 (Avaliação de Bens - Parte 2: Imóveis Urbanos).

> ***8.3. Métodos para identificar o custo de um imóvel***
> *Os métodos a seguir são recomendados para a identificação do custo de todos os tipos de imóveis, inclusive os que compõem os empreendimentos objeto da ABNT NBR 14653-4.*
> ***8.3.1. Método da quantificação do custo***
> *Utilizado para identificar o custo de reedição de benfeitorias. Pode ser apropriado pelo custo unitário básico de construção ou por orçamento, com citação das fontes consultadas. (NBR 14653-2:2011, pg. 19-20)*

Por tratar-se de reassentamento involuntário, ficou acordado que as benfeitorias seriam avaliadas pelo custo de reprodução, o qual é definido da seguinte forma pelo subitem 3.1.11.5 da NBR 14653-1:2019: "gasto necessário para reproduzir um bem idêntico, com a consideração dos seus insumos pertinentes, sem considerar eventual depreciação".

A área construída padrão corresponde ao corpo principal da edificação (salas, quartos, cozinha), ao passo que a área construída de padrão diferente se refere aos ambientes descobertos, com fechamento parcial ou sem acabamentos completos, tais como varanda, área de serviço, dentre outros.

É importante frisar que para efeito do cálculo dos custos de reprodução e reedição da edificação foi considerada a sua área construída equivalente.

Neste trabalho foram utilizados orçamentos analíticos elaborados a partir da aplicação dos dados da pesquisa dos materiais e insumos nas planilhas de composições de custos do TCPO (Tabela de Composições de Preços para Orçamento) da Editora Pini. Para os Encargos sociais aplicados sobre a mão de obra: 229,34%, baseado no Livro Orçamento na Construção Civil, 2ª Edição Revista e Ampliada (Editora Pini).

Os seguintes parâmetros presentes no modelo matemático apresentado anteriormente: (1 + A) (1 + F) (1 + L), podem ser agrupados na taxa de BDI (Benefício e Despesas Indiretas). Esta taxa geralmente varia entre 15 % e 40 %, dependendo do porte da obra. O BDI é o resultado de uma operação matemática para indicar a "margem" que é cobrada do cliente incluindo todos os custos indiretos, tributos, etc., e logicamente a sua remuneração pela realização de uma obra. No caso em estudo, não foi considerada a taxa de BDI, pois se trata de execução dos serviços e obras sem projeto técnico adequado e sem o devido acompanhamento especializado.

Os padrões de cada tipo de benfeitoria não reprodutiva (edificação) foram levantados em campo e convencionados de acordo com a tipologia construtiva, estipulada a partir dos materiais empregados na edificação.

2.9. Cálculo do Valor de Indenização total

O valor total de indenização de cada imóvel em estudo foi obtido através da soma dos valores do terreno e das benfeitorias que compõem o mesmo, conforme demonstrado a seguir.

VI = (VT + CB) x FC

Onde:
VI = valor do imóvel;

VT = valor do terreno;
CB = custo das benfeitorias;
FC = fator de comercialização.

Convém ressaltar que o fator de comercialização é definido pelo subitem 3.1.21 da NBR 14653-1:2019 como a "razão entre o valor de mercado de um bem e o seu custo total, que pode ser igual, maior ou menor do que 1". No caso em estudo foi adotado um fator de comercialização igual a 1, pois o valor de mercado de cada imóvel sob avaliação não difere, de forma significativa, do seu custo de substituição.

Portanto, foram inseridos na fórmula acima os valores do terreno e das benfeitorias, todos referentes aos imóveis envolvidos nas avaliações, com o intuito de calcular os valores de indenização de cada imóvel. O resumo deste valores é apresentado na tabela a seguir.

Tabela 3 *- Valor total dos imóveis*

Código	Valor do terreno (U$)	Custo das benfeitorias (U$)	Valor do imóvel (U$)
Z.1.2.66.E	44,20	1.255,56	1.299,75
Z.1.2.68.E	62,53	6.600,48	6.663,01
Z.1.2.69.D	62,53	5.774,31	5.836,84
Z.1.2.70.D	44,20	1.710,77	1.754,97
Z.1.2.72.D	127,73	12.921,52	13.049,25
X.1.2.01.D	245,28	4.014,98	4.260,26
X.1.2.02.E	272,36	10.600,02	10.872,38
X.1.2.03.D	263,61	5.607,54	5.871,14
X.1.2.04.E	263,61	5.532,23	5.795,83
X.1.2.05.D	272,36	12.226,48	12.498,84
Y.1.2.06.E	203,61	2.384,33	2.587,94
X.1.2.07.D	272,36	11.765,78	12.038,14
Y.1.2.08.E	203,61	4.025,78	4.229,39
X.1.2.09.D	337,56	15.100,19	15.437,75
Y.1.2.10.E	201,08	4.119,53	4.320,61
X.1.2.11.D	272,36	10.948,53	11.220,89
Y.1.2.12.E	201,08	3.287,34	3.488,42
X.1.2.13.D	263,61	8.319,63	8.583,23
Y.1.2.14.E	228,17	6.243,33	6.471,50
X.1.2.15.D	272,36	9.419,49	9.691,85
X.1.2.16.E	245,28	4.197,91	4.443,18
X.1.2.17.D	245,28	2.284,91	2.530,19
X.1.2.18.E	138,70	8.471,92	8.610,61
Y.1.2.19.D	76,17	2.444,67	2.520,84
X.1.2.20.E	138,70	12.597,17	12.735,87
X.1.2.21.D	111,61	2.177,97	2.289,58
X.1.2.22.E	203,89	20.024,47	20.228,36
X.1.2.23.D	129,94	6.324,48	6.454,42
X.1.2.24.E	111,61	4.320,02	4.431,62
X.1.2.25.D	111,61	2.053,84	2.165,45
X.1.2.26.E	129,94	4.969,63	5.099,57
X.1.2.27.D	203,89	16.023,83	16.227,72
X.1.2.28.E	111,61	3.370,65	3.482,26
X.1.2.29.D	138,70	9.827,20	9.965,89
X.1.2.30.E	203,89	20.140,07	20.343,96

X.1.2.31.D	129,94	8.277,69	8.407,63
X.1.2.32.E	111,61	3.623,66	3.735,27
X.1.2.33.D	138,70	11.347,52	11.486,22
X.1.2.34.E	129,94	6.675,94	6.805,88
X.1.2.35.D	138,70	10.749,58	10.888,27
X.1.2.36.E	129,94	7.932,34	8.062,28
X.1.2.37.D	129,94	6.324,44	6.454,38
X.1.2.38.E	129,94	4.817,85	4.947,79
X.1.2.39.D	111,61	2.665,45	2.777,06
X.1.2.40.E	129,94	6.518,95	6.648,89
X.1.2.41.D	111,61	4.129,81	4.241,42
X.1.2.42.E	129,94	6.059,29	6.189,23
X.1.2.43.D	129,94	8.080,79	8.210,73
X.1.2.44.E	138,70	9.472,38	9.611,08
X.1.2.45.D	138,70	9.882,33	10.021,03
X.1.2.46.E	203,89	17.367,91	17.571,80
X.1.2.47.D	138,70	9.961,72	10.100,42
X.1.2.48.E	203,89	15.237,23	15.441,12
X.1.2.49.D	129,94	6.994,88	7.124,81
X.1.2.50.E	111,61	1.573,52	1.685,13
X.1.2.51.D	129,94	5.767,88	5.897,81
X.1.2.52.E	203,89	14.899,26	15.103,15
X.1.2.53.D	129,94	6.944,58	7.074,52
X.1.2.55.D	203,89	30.758,72	30.962,61
X.1.2.57.D	111,61	4.011,80	4.123,41
X.1.2.59.D	94,18	3.250,45	3.344,63
X.1.2.61.D	94,18	2.373,17	2.467,35
X.1.2.63.D	94,18	2.677,92	2.772,09
X.1.2.65.D	112,51	7.916,67	8.029,18
X.1.2.67.D	112,51	5.949,10	6.061,60
Y.1.1.01.D	272,57	4.129,64	4.402,21
Y.1.1.02.E	299,66	10.397,96	10.697,62
X.1.1.03.D	299,66	12.141,22	12.440,88
X.1.1.04.E	275,10	2.991,41	3.266,51
X.1.1.05,D	275,10	3.363,38	3.638,48
X.1.1.06,E	364,86	33.681,66	34.046,51
X.1.1.07.D	275,10	3.027,71	3.302,81
X.1.1.08.E	364,86	13.476,15	13.841,01
X.1.1.09.D	299,66	11.882,13	12.181,79
X.1.1.10.E	299,66	11.998,17	12.297,83
X.1.1.11.D	364,86	13.764,21	14.129,06
X.1.1.12.E	364,86	20.537,02	20.901,87
X.1.1.13.D	299,66	8.963,79	9.263,45
X.1.1.14.E	364,86	14.567,90	14.932,76
Y.1.1.15.D	275,10	2.334,09	2.609,19
Y.1.1.16.E	275,10	1.611,79	1.886,89

Y.1.1.17.D	275,10	2.510,04	2.785,14
X.1.1.18.E	299,66	9.178,98	9.478,64
Y.1.1.19.D	275,10	4.173,23	4.448,33
Y.1.1.20.E	364,86	17.809,97	18.174,82
X.1.1.21.D	293,43	5.180,81	5.474,24
X.1.1.22.E	364,86	20.899,04	21.263,89
Y.1.1.23.D	293,43	8.001,61	8.295,04
X.1.1.25.D	293,43	6.720,64	7.014,07
X.1.1.27.D	364,86	13.106,83	13.471,69
Y.1.1.29.D	293,43	7.851,93	8.145,36
X.1.1.31.D	299,66	12.822,41	13.122,07
X.1.1.33.D	364,86	14.968,32	15.333,18
X.1.1.35.D	364,86	21.854,16	22.219,02
X.1.1.37.D	299,66	12.258,32	12.557,98
X.1.1.39.D	364,86	16.331,03	16.695,88
X.1.3.01.D	105,80	2.893,06	2.998,86
X.1.3.02.E	124,13	8.283,54	8.407,67
X.1.3.03.D	124,13	9.530,79	9.654,92
X.1.3.04.E	124,13	6.476,60	6.600,73
		Valor Total de Indenização dos Imóveis (U$)	**893.728,71**

Fonte: *Tabela elaborada pelos Autores.*

3. CONCLUSÕES

Foi observada uma lacuna das normas técnicas de avaliação de bens em vigor no Brasil, quando da ausência de pesquisa de mercado, principalmente para a avaliação de imóveis em massa.

No trabalho apresentado, a implantação do projeto de mineração impactaria em 100 imóveis localizados em uma vila, sendo necessário seu reassentamento involuntário.

Com o objetivo de definir o valor de indenização e realizar o devido acordo com os superficiários, foram elaborados os laudos de avaliação. Entretanto, conforme exposição, não é possível afirmar que todo o trabalho técnico seguiu rigorosamente as NBRs 14653-1:2019 e 14653-2:2011, pela falta de dados semelhantes no mercado local, que permitissem aplicar algum dos métodos descritos na referida norma.

Para sanar essa limitação e obter o valor de cada terreno, foi utilizada a metodologia de apoio à tomada de decisão com múltiplos critérios, por meio do método AHP. Tal aplicação permitiu uma análise paritária sobre os critérios e subcritérios estabelecidos, com flexibilidade e sem a priorização de análises específicas.

A utilização do software Super Decisions permitiu a fundamentação dos critérios estabelecidos, com os devidos pesos específicos e, principalmente, dos valores de indenização.

4. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Thiago Willy de Carvalho; ALBUQUERQUE, Pedro Henrique Melo. **Tomada de Decisão Usando o Analytic Hierarchy Process (AHP) para a Seleção de um Curso para Concurso Público.** Tac, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, art. 2, pp.19-32, Jan/Jun. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1:** Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2:** Avaliação de bens Parte 2: Imóveis urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 54 p.

AZEREDO, Jeanderson da Silva; PAULA JUNIOR, Geraldo Galdino de; SANTOS, Raphael de Brito Oliveira dos; BARRETO, Denise Nunes Sodré; GONÇALVES, Tiago José Menezes. **Utilização do Método de Análise Hierárquica (AHP) para a Seleção de um Sistema Integrado de Gestão (ERP).** XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, 06 a 09 de outubro de 2009.

BRIOZO, Rodrigo Amancio; MUSETTI, Marcel Andreotti. **Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h.** Gest. Prod., São Carlos, v. 22, n. 4, p. 805-819, 2015.

CREATIVE DECISIONS FOUNDATION. **Super Decisions Software For Decision Making.** Disponível em: <https://www.superdecisions.com>.

IFC - CORPORAÇÃO FINANCEIRA INTERNACIONAL - GRUPO BANCO MUNDIAL. **Padrões de Desempenho sobre Sustentabilidade Socioambiental.** 2012. 54 p.

IVSC - International Valuation Standards Council. (2022). **Normas Internacionais de Avaliação (IVS)** - Tradução: Carlos Eduardo Cardoso e Eduardo Rottmann. IBAPE - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia.

LISBOA, Marcus Vinicius; WAISMAN, Jaime. **Análise Multicritério Aplicada ao Estudo de Alternativas de Traçado de Rodovias: Uma Abordagem Sócio Ambiental.** Boletim Técnico da FATEC-SP - BT/ 22 – pág. 28 a 33 – Julho/2007.

RIVAS, René Ernesto García. **USO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO PARA TOMADA DE DECISÃO OPERACIONAL TENDO EM CONTA RISCOS OPERACIONAIS, À SEGURANÇA, AMBIENTAIS E À QUALIDADE.** 2016. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Ufba, Salvador, 2016.

SAATY, T. L. How to make a decision: **The analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 80-100, 2008.

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TIKTOK NA INDÚSTRIA MUSICAL ATRAVÉS DA ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES

RESUMO

Dentre as plataformas virtuais, o TikTok ganhou notoriedade na indústria musical de todo o mundo. Um relatório da Martech Winnin revelou que 7 entre as 10 músicas mais ouvidas de 2020 no Spotify "viralizaram" primeiro no TikTok que atualmente possui cerca de 1 bilhão de usuários ativos por mês. A partir disso, percebe-se a influência e relevância do aplicativo na comunidade musical e no público em geral. Dessa forma, a análise da influência do TikTok na indústria musical é de extrema relevância. Portanto, a presente pesquisa pretende utilizar o método comparativo direto de dados de mercado e o tratamento científico dos dados pesquisados (músicas que fizeram sucesso no TikTok nos anos de 2019 a 2022). Os dados citados passarão por um tratamento científico, o qual será analisado com o objetivo de quantificar e/ou estimar o real impacto da plataforma na indústria musical.

AUTORES:

Maria
Eduarda Merses Farnese

Amanda
de Castro Almeida Mendes

Isabela
Azevedo de Melo

Palavras-chave:
Avaliação, TikTok, música, Spotify.

ABSTRACT

Among the virtual platforms, TikTok has gained notoriety in the music industry around the world. A report by Martech Winnin revealed that 7 out of the top 10 most streamed songs of 2020 on Spotify "went viral" first on TikTok, which currently has around 1 billion monthly active users. Considering the data, one can see the influence and relevance of the application in the music community and the general public. Thus, the analysis of TikTok's influence on the music industry is extremely relevant. Therefore, this research intends to use the direct comparative method of market data and the scientific treatment of the researched data (songs that were successful on TikTok in the years 2019 to 2022). The aforementioned data will undergo scientific treatment, which will be analyzed with the aim of quantifying and/or estimating the platform's real impact on the music industry.

Keywords:
Valuation, TikTok, music, Spotify.

1. INTRODUÇÃO

A música se faz presente na vida do ser humano de diferentes formas, desde aguardar o andar no elevador até entrar em uma rede social. Segundo SCHAEFFNER (1980) mesmo antes da descoberta do fogo, o homem primitivo se comunicava por meio de gestos e sons rítmicos, sendo, portanto, o desenvolvimento da música, resultado de longas e incontáveis vivências individuais e sociais.

Na era da tecnologia, pesquisas, como a analisada por Ventura (2021) apontam que 78% dos brasileiros usam seus smartphones como principal fonte de escutar música. Com o advento dos streamings, tal qual se encaixa o Spotify, a música se transformou, se tornando uma música voltada para a demanda do consumidor, se tornando, praticamente, infinita (KISCHINHEVSKY; VICENTE; DE MARCHI, 2021).

Para SÁ (2006), "qualquer discussão sobre o papel da tecnologia na música popular deve partir de uma simples premissa: a de que, sem as tecnologias eletrônicas, a música gravada do século XX é simplesmente impensável", ou seja, a tecnologia para a música atual vai além de exercer uma simples influência ou ser um meio de consumo e sim, uma forma de produzir música.

Uma pesquisa realizada nos EUA e analisada por PEOPLES (2020), mostrou que 52% das pessoas da geração Z (entre 13 e 23 anos) usavam aplicativos como TikTok ou Triller, e 48% delas consumiam vídeos relacionados à música nas plataformas. O TikTok determinou as canções como ponto focal da experiencia do usuário, sendo estas replicadas em diversos outros vídeos e se propagando na rede até o ponto de se tornar "viral", ganhando status de notoriedade dentre as plataformas musicais atuais (GENUÍNO, 2022).

Também foi demonstrado em um relatório da Martech Winnin analisado por MARQUES (2021) que 7 entre as 10 músicas mais ouvidas de 2020 no Spotify viralizaram primeiro no TikTok. O aplicativo de vídeos curtos ganhou tamanha relevância que, em setembro de 2021, teria alcançado 1 bilhão de usuários ativos por mês, como exposto pelo G1 (2021).

Considerando o exposto acima, é possível notar que, pela própria sistemática de funcionamento da plataforma, seu modo de divulgação de vídeos e de viralização de conteúdo, que o TikTok teria uma grande influência sobre a divulgação de novas músicas (ou até mesmo músicas mais antigas) dentre o público consumidor. Ademais, a partir do sucesso (ou o fracasso) dessa campanha de divulgação orgânica, o ganho monetário (conhecido como "royalties" na indústria fonográfica) poderia ser otimizado significativamente em um curto espaço de tempo.

Portando, tendo em vista que a pesquisa cientifica "tem por objetivo descobrir e interpretar os fatos que estão inseridos em uma determinada realidade" (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009, p. 31), este trabalho tem como objetivo analisar a real influência do Tiktok na Indústria Musical, e, através dela, a quantificação e/ou estimação do impacto da plataforma, podendo criar novas análises de risco e sucesso no momento de criação e divulgação musicais.

2. INDÚSTRIA MUSICAL

O termo "indústria" pode remeter ao leitor a grandes maquinários de avançada tecnologia. No entanto, "indústria", em uma de suas diversas definições, significa "aquela cujas atividades consistem na transformação da matéria-prima em produtos intermediários ou em bens de consumo", atividade esta que vem sendo exercida pelas mãos humanas desde o século XV (PINHEIRO et al., 2014).

No início, a transformação de sons diversos em melodia que causasse prazer ao seu público-alvo era organizada e patrocinada por uma camada seleta da sociedade, restringindo significativamente o acesso a música. Posteriormente, como identificado por PINHEIRO et al. (2014), os artistas foram saindo da proteção de seus mecenas e se apresentando ao público, gerando a primeira aparição da música como entretenimento de massas.

A evolução de diversas outras indústrias também contribuíram com o crescimento da indústria musical analisada. Com o advento da imprensa, as partituras puderam ser distribuídas em maior escala, com linguagem mais clara e acessível. O ato de fazer música deixou de ser relegado a pessoas com educação formal para tal e os indivíduos comuns puderam participar da promoção e criação de canções e ritmos (DUBBER, 2007).

A revolução industrial e a criação de aparelhos de gravação contribuíram para o registro auditivo dos sons e os primeiros passos da indústria fonográfica propriamente dita (PINHEIRO et al., 2014). Não era mais preciso sair de casa para escutar seus cantores favoritos, podendo fazer isso do conforto do seu lar, ainda que as pessoas, durante essa época, que tinham acesso a aparelhos como o fonógrafo, tinham um poder aquisitivo bem superior ao visto para a população média da época.

Como disposto por PINHEIRO et al. (2014), a difusão do acesso só foi conseguida, verdadeiramente, com o surgimento do rádio na década de 1920. De início, foi visto com desconfiança, pois levaria música, de maneira gratuita, à população em geral, prejudicando os artistas que as produziam. No entanto, sabe-se, atualmente, que o rádio era uma das principais forças motrizes de disseminação e estimula de venda de gravações, além de aplicar o conceito de royalties (quantia paga ao proprietário de um bem por seu direito de uso) na indústria fonográfica.

Com a criação do LP na década de 50, a maneira como os músicos criavam suas músicas foi alterada: antes, discos que só tinham capacidade para uma faixa de até 4 minutos foram substituídos por discos que podiam dispor de uma multitude de faixas. Assim, a criação de álbuns, com temas e conceitos, se tornou preponderante durante as próximas décadas do século XX, ainda sendo utilizada na produção de fitas cassetes e CDs.

No entanto, durante a década de 90, a indústria passou por uma de suas maiores crises: o barateamento das tecnologias digitais, a popularização da internet e do compartilhamento de arquivos tipo MP3 permitiu a promoção de pirataria entre as camadas da sociedade e a queda na receita de artistas (PINHEIRO et al., 2014).

Os arquivos digitais deram a possibilidade de gravação e disponibilização de músicas de uma maneira muito mais abrangente, especialmente com a apresentação de softwares destinados para tal, como o famoso Napster, que eventualmente foi derrubado judicialmente. Ainda assim, seu legado se manteve e por anos, entre as décadas de 1990 e 2010, a indústria musical (lê-se os grandes produtores e corporações musicais) foram afetados negativamente (CARVALHO & RIOS, 2011).

Já os artistas, no entanto, foram impactados de maneira positiva. A descentralização do consumo de música permitiu abertura de novos espaços para artistas e gravadoras independentes e a descoberta de novos artistas fora do mainstream de rádio e tv por parte do novo público (CARVALHO & RIOS, 2011).

No entanto, o compartilhamento através das redes peer-to-peer vem perdendo espaço para um novo tipo de serviço: o streaming. Uma forma de distribuição digital que dá acesso praticamente ilimitado a um catálogo online de músicas em qualquer hora e qualquer lugar, permite experiencias mais personalizadas ao usuário enquanto garantindo controle e posse sobre o conteúdo (MOSCHETTA & VIEIRA, 2018).

O serviço de streaming musical mais popular do mundo na atualidade é o Spotify, com 140 milhões de usuários ativos em 2017. O software fornecia, à época, 30 milhões de músicas e 2 bilhões de playlists, tendo estes números aumentado significativamente com a popularização da plataforma (MOSCHETTA & VIEIRA, 2018).

Como bem apontado por MOSCHETTA & VIEIRA (2018), o que antes era uma ferramenta para catalogar músicas pirateadas, atualmente tem como missão o auxílio nas descobertas, recomendações, personalizações e filtragem de conteúdo musicais aos seus usuários. No entanto, muitos apontam para a previsibilidade e imparcialidade das recomendações originárias como efeito colateral de sua dada curadoria especializada.

Ademais, se o acesso à música evoluiu de pequenos salões renascentistas às pequenas casas de subúrbio na década de 60, atualmente o mercado se tornou integralmente global, possibilitando que a indústria fonográfica alcançasse mercados que antes não eram monetizados, efetivamente, através de vendas no varejo (VICENTE et al., 2016).

Mesmo com quedas históricas de vendas de mídias físicas, em 2014 a indústria digital da música gerou US$ 6,85 bilhões em receita. Sua relevância cresceu de tamanha maneira que meios especializados na indústria musical, tal como a Billboard ou a revista Rolling Stone, começaram a utilizar os dados fornecidos pelas plataformas de streaming para determinar o desempenho de artistas e seu sucesso nas paradas musicais (VICENTE et al., 2016).

Inclusive, em momentos críticos para a indústria musical, como foi o caso da pandemia do COVID-19, as ferramentas de streaming deram nova vida aos artistas e produtores dependentes dessa forma de entretenimento. A renda subiu 24,5%, somente no Brasil, propulsionada pela permanência das pessoas em seus lares e a ausência de shows (ORTEGA, 2021).

Desta forma, nota-se a importância que as plataformas de streaming tiveram sobre a população geral, revitalizando um setor das artes e entretenimento que estava sofrendo uma perda significativa de renda pela popularização da pirataria geral e criando um nicho de serviços que valoriza menos a experiência do artista ao produzir seu material musical e mais do consumidor que pretende consumi-lo.

3. O TIKTOK

O Tiktok foi criado em 2014 por uma empresa chinesa com o intuito de que os usuários postassem vídeos dublando músicas. O aplicativo se chamava Musical.ly, e em 2017 foi comprado pela ByteDance (outra empresa chinesa) e passou a ser chamado Tiktok. O Tiktok chegou ao Brasil em 2018 e foi conquistando aos poucos o público, mas foi em 2020 que ele realmente se popularizou e consolidou seu sucesso.

A utilização do aplicativo consiste basicamente em criar vídeos personalizados e compartilhar na plataforma. Os vídeos criados, antes de serem postados, podem ser editados: é possível adicionar música ou áudio, cortar e ajustar trechos, além de adicionar efeitos especiais e filtros na imagem. Esses vídeos podem ainda ser feitos em diversos formatos: challenge (desafio), dublagem, imitação, coreografia, entre outros. Depois que o vídeo é criado, o usuário pode compartilhar em seu perfil para os seus seguidores ou enviar diretamente para outros usuários. Por fim, o vídeo pode ser curtido, comentado, ou compartilhado por outros usuários.

Além de suas funcionalidades, a plataforma possui uma ferramenta inteligente que detecta as preferências de cada usuário, de acordo com seu histórico de consumo e interação. Dessa forma, o aplicativo seleciona conteúdos similares para aparecer no feed. Assim, o usuário tende a passar mais tempo logado no aplicativo vendo vídeos de sua preferência, sem ter que fazer buscas.

Para atrair criadores de conteúdo, o Tiktok encontrou um jeito de profissionalizar seus maiores criadores, implementando formas de monetizar seus vídeos. Os "tiktokers", - como são chamados os criadores de conteúdo do tiktok - podem ser remunerados das seguintes formas:

1. Através do Creator Found: um programa que remunera os criadores de conteúdo com base em seu desempenho na plataforma. O aplicativo seleciona alguns Tiktokers para serem pagos com base em seus números de engajamento (visualizações, curtidas, comentários e compartilhamentos).
2. Através de parcerias pagas / patrocínios: acontece quando um tiktoker é contratado - ou pago - para criar vídeos promovendo produtos ou serviços de uma determinada empresa.
3. Durante as Lives (transmissões ao vivo de vídeo), os espectadores podem enviar superchats - que são presentes virtuais - para o autor. Esses presentes podem ser convertidos em dinheiro após o término da transmissão.
4. Além disso, os criadores podem promover e vender seus próprios produtos

Essas ações fizeram com que os criadores de conteúdo prefiram utilizar o TikTok do que outras redes sociais, já que no aplicativo os criadores possuem diversas formas de serem remunerados. Em consequência da quantidade de conteúdos disponíveis, os usuários tendem a preferir utilizar o aplicativo também. Dessa forma a plataforma conseguiu se consolidar no mercado (o aplicativo foi baixado 3 bilhões de vezes desde seu lançamento em 2016).

É possível observar que o sucesso do aplicativo está afetando diretamente a indústria musical. Visando impulsionar o consumo das músicas através do aplicativo, alguns artistas estão criando músicas com elementos que facilitem a produção de coreografias, para que os usuários possam reproduzir em challenges no tiktok e assim, promover suas criações e alcançar um público mais jovem e engajado.

De acordo com a Forbes, vários dos indicados ao Grammy de 2023 tiveram um crescimento em sua popularidade depois que influenciadores e usuários comuns postaram vídeos no

Tiktok com suas músicas. Isso apenas mostra essa tendência da influência do aplicativo na indústria musical.

4. FORMAÇÃO DA AMOSTRAGEM

Visando comprovar a influência do Tiktok na indústria musical, foi obtido uma amostragem com dados coletados no mercado para a comprovação da influência do aplicativo na indústria musical. Nessa pesquisa, foram obtidas músicas que fizeram sucesso entre os anos de 2018 e 2022. Esses dados foram obtidos através das listas disponibilizadas pela plataforma spotify e pela RollingStone, que mostram as músicas mais escutadas pelos usuários, em cada ano.

Os valores da receita de cada música foram adquiridos através de uma estimativa, visto que o spotify não disponibiliza os dados necessários para o cálculo do valor concreto. Dessa forma, utilizando como base o site the tricod, que disponibiliza o valor estimado dos royalties musicais ao longo dos anos de 2014 a 2020, foi contabilizado qual seria a tendencia desses valores para os anos de 2021 e 2022. Portanto, a receita dos dados de mercado (a multiplicação dos royalties pela quantidade de streams da música na plataforma spotify) foi gerada através de uma aproximação, assim como o valor da música avaliada.

Os elementos obtidos foram tratados estatisticamente com o objetivo de dimensionar a influência do aplicativo no sucesso das músicas.

5. VARIÁVEIS ADOTADAS

A amostragem foi submetida a um tratamento estatístico (tratamento científico) no qual foram definidas as seguintes variáveis (dependente e independentes):

Variável dependente: receita (valor da música gerado a partir da quantidade de streams do spotify).

Variáveis independentes:

- Nacionalidade;
- Data de lançamento da música;
- Reproduções no spotify;
- Ouvintes mensais;
- Royalties;
- Vídeos;
- Billboard 2019;
- Billboard 2020;
- Billboard 2021;
- Billboard 2022;
- YouTube;
- Tipo.

As variáveis citadas foram anteriormente escolhidas em conforme com os subitens 8.2.1.2.1 e 8.2.1.2.2 da ABNT NBR 14653-2:2011. O primeiro subitem diz respeito a variável dependente: “para a especificação correta da variável dependente, é necessária uma investigação no mercado em relação a sua conduta e as formas de expressão dos preços (por exemplo, preço total ou unitário, moeda de referência, formas de pagamento), bem como observar a homogeneidade nas unidades de medida”. Já o subitem 8.2.1.2.2 diz que “as variáveis independentes devem ser escolhidas com base em teorias existentes, conhecimentos adquiridos, senso comum e outros atributos que se revelem importantes no decorrer dos trabalhos, pois algumas variáveis consideradas no planejamento da pesquisa podem se mostrar pouco relevantes na explicação do comportamento da variável explicada e vice-versa. ”

5.1. Descrição e explicação das variáveis independentes

Primeiramente, é importante ressaltar que a variável dependente “receita” é o valor a ser explicado, por ser influenciado, estabelecido ou a partir das variáveis independentes.

As variáveis independes são descritas a seguir:

Nacionalidade: variáveis dicotômicas empregadas para indicar qual nacionalidade do cantor, dupla ou grupo da música.

- ocidente (sim = 1; não = 0);
- oriente (sim = 1; não = 0).

Data de lançamento da música: Variável quantitativa que indica o ano de lançamento da música;

Reproduções no spotify: Variável quantitativa que aponta quantos plays a música obteve no spotify;

Ouvintes mensais: Variável quantitativa que sinaliza quantas pessoas escutam mensalmente o artista, grupo ou dupla no spotify;

Royalties: Variável quantitativa que aponta qual o valor (em U$) por play o spotify pagou em determinado ano;

Vídeos: Variável quantitativa que indica a quantidade de vídeos realizados na plataforma

Tiktok utilizando determinada música;

Billboard 2019/2020/2021 e 2022: variáveis dicotômicas que apontam se a música entrou na lista da Billboard divulgada anualmente, o "Year-End Charts hot 100 Songs":

- Billboard 2019 (entrou na lista = 1; não entrou na lista = 0);
- Billboard 2020 (entrou na lista = 1; não entrou na lista = 0);
- Billboard 2021 (entrou na lista = 1; não entrou na lista = 0);
- Billboard 2022 (entrou na lista = 1; não entrou na lista = 0).

YouTube: Variável quantitativa que indica a quantidade de visualizações no clipe oficial da música;

Tipo: Variáveis dicotômicas que apontam qual nicho do tiktok a música fez sucesso:

- Dança/Challange (sim = 1; não = 0);
- Lifestyle (sim = 1; não = 0);
- Mesclado/Cover/Montagem (sim = 1; não = 0);
- Storytelling (sim = 1; não = 0);
- Transição (sim = 1; não = 0);

6. ANÁLISE DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Por meio do software Infer 32 o tratamento estatístico – tratamento cientifico com modelos de regressão linear – foi realizado. A amostragem foi composta inicialmente de 221 (duzentos e vinte e um) dados. A partir dos testes realizados, 27 (vinte e sete) dados foram eliminados. Dessa forma, a amostra final conta com 194 (cento e noventa e quatro) dados.

Ao todo o modelo obteve 16 (dezesseis) variáveis independentes e 1 (uma) variável dependente, sendo essa a "receita" como mostra as figuras abaixo em que as variáveis independentes estão destacadas de verde, as variável dependente de amarelo e as variáveis que não entraram no tratamento estatístico, mas servem de auxílio para compreender os dados estão destacadas de vermelho. Apenas quatro músicas foram selecionadas para exemplificar o modelo devido à grande quantidade de dados.

Para todas as variáveis dicotômicas foi respeitado o número mínimo de dados para cada característica, conforme a NBR 14653-2 2011 "para se evitar a micronumerosidade, caso a amostragem seja composta de mais de 100 (cem) dados, o número mínimo de dados efetivamente considerados no modelo de mesma característica, no caso de utilização de variáveis dicotômicas e variáveis qualitativas expressas por códigos alocados, deve ser maior ou igual a 10 (dez) dados. "

Figura 1 *- Variáveis Utilizadas no Modelo*

Música	Artista	Ocidente	Oriente	Data de Lançamento	Reproduções Spotify	Ouvintes mensais	Royalties	Receita	Vídeos
Easy on me	Adele	0	1	2021	1.276.475.025	51.171.754	0,003180	$ 162.726,18	1.400.000
Pipoco	Ana Castela	1	0	2022	167.731.486	13.355.493	0,003300	$ 44.073,13	495.300
ai papai	Anitta	1	0	2022	71.134.762	22.113.778	0,003300	$ 72.975,47	277.500
Envolver	Anitta	1	0	2022	513.300.153	22.113.778	0,003300	$ 72.975,47	2.200.000

Fonte: *Elaborado pelos Autores.*

Figura 2 *- Continuação das Variáveis Utilizadas no Modelo*

Billboard 2019	Billboard 2020	Billboard 2021	Billboard 2022	Youtube	Dança + Challenge	Lifestyle	Mesclado + cover + montagem	storytelling	transição
0	0	0	1	239.369.767	0	0	0	0	0
0	0	0	0	212.000.000	0	0	0	0	0
0	0	0	0	26.000.000	0	0	0	0	0
0	0	0	0	513.000.000	0	0	0	0	0

Fonte: *Elaborado pelos Autores.*

Para as variáveis dicotômicas, respeitando o número mínimo de dados em função de evitar a micronumerosidade foram selecionadas:

Nacionalidade:

- Ocidente: 185 músicas;
- Oriente: 36 músicas.

Billboard:

- Billboard 2019: 11 músicas;
- Billboard 2020: 19 músicas;
- Billboard 2021: 23 músicas;
- Billboard 2022: 10 músicas.

Tipo:

- Dança + Challenge: 99 músicas;
- Lifestyle: 22 músicas;
- Mesclado + Cover + Montagem: 29 músicas;
- Storytelling: 41 músicas;
- Transição: 14 músicas.

6.1. Analise dos Principais Parâmetros de Consistência do Tratamento Estatístico

6.1.1. Modelo para a variável dependente

O modelo estatístico obtido gerou a seguinte equação para o cálculo da variável dependente:

[Receita] *= (8353,7 + 560,84 x Exp(-**[Ocidente]**) + 525,86 x Exp(-[Oriente]) + 2,0560x10^14 /**[Data de Lançamento]**^3 + 8,8371x10^-7 x **[Reprodução Spotify]** + 0,8481 x [Ouvintes mensais]1/3 - 3523,9 /Ln([Vídeos]) - 55,481 x **[Billboard 2019]**%^%1/3% - 165,52 x Exp(-**[Billboard 2020]**) - 42,637 x Exp(-**[Billboard 2021]**) - 168,94 x Exp(-**[Billboard 2022]**) + 47,057 x Ln(**[Youtube]**) - 7175,4 x Exp(**[Dança + Challenge]**) - 12323 x **[Lifestyle]**^1/3 - 7164,8 x Exp(**[Mesclado + cover + montagem]**) - 7129,1 x Exp(**[storytelling]**) - 12226 x **[transição]**^1/3)^2*

6.1.2. Coeficiente de correlação e coeficiente de determinação ajustado

O modelo estatístico apresentou correlação fortíssima, representada pelos seguintes coeficientes:
Coeficiente de correlação (r): 0,9918
Valor t calculado: 103,0
Valor t tabelado (t crítico): 1,654 (para o nível de significância de 10,0 %)
Coeficiente de determinação (r^2): 0,9836
Coeficiente r^2 ajustado: 0,9821

A correlação se refere a uma medida entre duas ou mais variáveis que se relacionam, pode variar apenas de -1 a 1. Nos casos em que a correlação é próxima de zero, as duas variáveis não estão relacionadas. Já uma correlação positiva indica que as duas variáveis se deslocam juntas. Por outro lado, quando a correlação é negativa, as duas variáveis se movem em direções opostas. Para as correlações positivas quanto mais próximo de um, mais forte será a correlação, assim como para as correlações negativas, quanto mais próximo de menos um, mais forte será a correlação. Dessa forma, um modelo com uma correlação satisfatória se aproxima de um.

Segundo o site Minitab, o coeficiente de determinação (r^2) ou o coeficiente de determinação múltipla para a regressão múltipla "é uma medida estatística de quão próximos os dados estão da linha de regressão ajustada". O valor de r^2 é proporcional ao número de variáveis explicativas, ou seja, a medida que o número de variáveis explicativas aumenta, o valor de r^2 também irá aumentar. No tratamento estatístico é considerado o valor de r^2 ajustado, o qual neutraliza o impacto de uma volumosa quantidade de variáveis explicativas.

6.1.3. Teste F

O teste "F" consiste em uma razão entre duas variâncias, as quais representam a dispersão dos dados em relação à média. Se há uma alta dispersão, maior será o valor da estatística F.

No teste realizado pelo Infer 32, o "F" calculado é comparado com o valor do "F" tabelado. Para um bom modelo o "F" calculado deve ser maior ou igual ao "F" critico.

Figura 3 *- Análise da Variância do Modelo Estatístico (Test F)*

Análise da Variância

Fonte de erro	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado
Regressão	$9{,}2673 \times 10^{7}$	16	$5{,}7920 \times 10^{6}$	662,5
Residual	$1{,}5474 \times 10^{6}$	177	8742,7123	
Total	$\mathbf{9{,}4220 \times 10^{7}}$	**193**	$\mathbf{4{,}8818 \times 10^{5}}$	

F Calculado : 662,5
F Tabelado : 1,701 (para o nível de significância de 5,000 %)

Significância do modelo igual a $1{,}2 \times 10^{-146}$%

Aceita-se a hipótese de existência da regressão.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau I.

Fonte: *Infer 32*

6.1.4. Regressores

No teste dos regressores é realizada a análise de quais variáveis independentes foram aprovadas pelo modelo estatístico, ou seja, se realmente obtiveram influência e relevância sob a variável dependente.

Figura 4 *- Significância dos Regressores (Teste Bicaudal)*

Significância dos Regressores (bicaudal)

(Teste bicaudal - significância 30,00%)

Coeficiente t de Student: t(crítico) = 1,0395

Variável	Coeficiente	t Calculado	Significância	Aceito
Ocidente	b1	18,56	$2,2x10^{-14}$%	Sim
Oriente	b2	17,14	0%	Sim
Data de Lançamento	b3	6,600	$4,6x10^{-8}$%	Sim
Reproduções Spotify	b4	71,72	0%	Sim
Ouvintes mensais	b5	13,85	0%	Sim
Vídeos	b6	-9,391	$8,9x10^{-14}$%	Sim
Billboard 2019	b7	-1,827	6,9%	Sim
Billboard 2020	b8	-4,288	$3,0x10^{-3}$%	Sim
Billboard 2021	b9	-1,273	20%	Sim
Billboard 2022	b10	-3,517	0,06%	Sim
Youtube	b11	16,62	$2,2x10^{-14}$%	Sim
Dança + Challenge	b12	-918,1	0%	Sim
Lifestyle	b13	-532,6	0%	Sim
Mesclado + cover + montagem	b14	-634,8	0%	Sim
storytelling	b15	-731,3	0%	Sim
transição	b16	-486,4	0%	Sim

Os coeficientes são importantes na formação do modelo.
Aceita-se a hipótese de ß diferente de zero.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau I.

Fonte: *Infer 32*

6.1.5. Presença de Outliers

Como o próprio nome diz, o outilier é um "ponto fora da curva", ou seja, dados que se diferem dos outros, podendo ocasionar em irregularidades no modelo. Como informa Antônio Brum em seu artigo "Avaliação De Jogadores De Futebol E De Estádios De Futebol Pelo Método Comparativo De Dados De Mercado Com A Aplicação Do Tratamento Científico" de 2021, na engenharia de avaliações os outliers podem ser mantidos ou retirados, mas essas alterações devem sempre priorizar a coerência do modelo estatístico.

Como pode-se observar na figura 5, há três outliers retidos na amostra.

Figura 5 *- Presença de Outliers*

Presença de Outliers

Critério de identificação de outlier:
Intervalo de +/- 2,00 desvios padrões em torno da média.

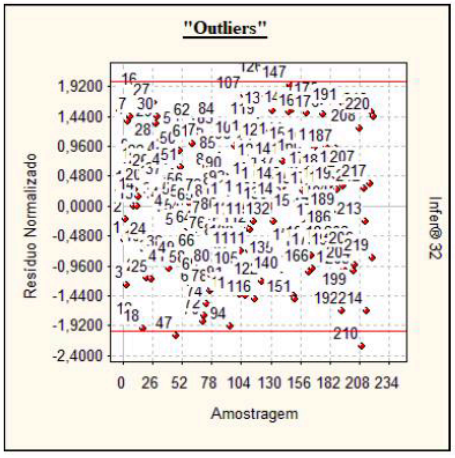
Foram encontradas 3 amostragens fora do intervalo.

Nº Am.	Receita	Erro/Desvio Padrão
47	$7,6994x10^6$	-2,0924
126	$2,3820x10^6$	2,0354
210	$7,6484x10^6$	-2,2496

Fonte: *Infer 32*

Figura 6 *- Gráfico da Indicação de Outliers*

Gráfico de Indicação de Outliers



Fonte: *Infer 32*

6.1.6. Normalidade

Um teste de normalidade é uma ferramenta estatística utilizada para verificar se uma amostra de dados segue uma distribuição normal. Ao realizar um teste de normalidade, o objetivo é avaliar se a distribuição dos dados é próxima o suficiente de uma distribuição normal, em caso afirmativo o modelo estatístico pode ser utilizado.

Figura 6 *- Teste de Kolmogorov-Smirnov (Verificação de Normalidade)*

Teste de Kolmogorov-Smirnov

Maior diferença obtida: 0,0441
Valor crítico: 0,0876 (para o nível de significância de 10 %)

Segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, a um nível de significância de 10%, não se rejeita a hipótese de que os resíduos possuam distribuição normal (não se rejeita a hipótese nula).
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau I.

Observação:
O teste de Kolmogorov-Smirnov tem valor aproximado quando é realizado sobre uma população cuja distribuição é desconhecida como é o caso das avaliações pelo método comparativo.

Fonte: *Infer 32*

6.1.7. *Teste de Sequência / sinais*

O teste de sequência e o teste de sinais constatam, respectivamente, se há ou não incertezas na ordem dos resíduos e se há normalidade na ordem dos resíduos.

***Figura 6** - Teste de Sequências / Sinais*

Teste de Sequências/Sinais

Número de elementos positivos ..	: 103
Número de elementos negativos .	: 91
Número de sequências	: 94
Média da distribuição de sinais	: 97
Desvio padrão	: 6,964

***Fonte:** Infer 32*

***Figura 7** - Continuação Teste de Sequências / Sinais*

Autocorrelação

Estatística de Durbin-Watson (DW) : 1,7491
(nível de significância de 5,0%)

Autocorrelação positiva (DW < DL) : DL = 1,57
Autocorrelação negativa (DW > 4-DL) : 4-DL = 2,43

Intervalo para ausência de autocorrelação (DU < DW < 4-DU)
DU = 1,78 4-DU = 2,22

Teste de Durbin-Watson inconclusivo.

A autocorrelação (ou autorregressão) só pode ser verificada se as amostragens estiverem ordenadas segundo um critério conhecido. Se os dados estiverem aleatoriamente dispostos, o resultado (positivo ou negativo) não pode ser considerado.

***Fonte:** Infer 32*

6.1.8. *Autocorreção*

Segundo Thiago Costa, professor da Universidade Federal de Juiz de Fora em seu canal "economiaetv" no YouTube, em 2021, a "Autocorrelação é a correlação entre observações de uma mesma série". A autocorrelação mede a relação entre valores de uma variável em tempos consecutivos ao longo de um período. Na engenharia de avaliações, o modelo estatístico pode ser usado quando não existe autocorrelação.

***Figura 8** - Autocorrelação (Teste de Durbin-Watson)*

Teste de Sequências
(desvios em torno da média):

Limite inferior .... : -0,4522
Limite superior .: -0,5967
Intervalo para a normalidade: [-1,2817 , 1,2817] (para o nível de significância de 10%)

Pelo teste de sequências, aceita-se a hipótese da aleatoriedade dos sinais dos resíduos.

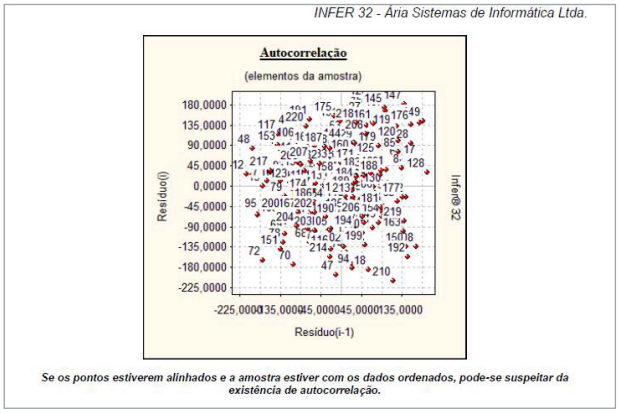
Teste de Sinais
(desvios em torno da média)

Valor z (calculado) ..... : 0,8615
Valor z (crítico) ..... : 1,2817 (para o nível de significância de 10%)

Pelo teste de sinais, aceita-se a hipótese nula, podendo ser afirmado que a distribuição dos desvios em torno da média segue a curva normal (curva de Gauss).

***Fonte:** Infer 32*

***Figura 9** - Gráfico de Autocorrelação*



***Fonte:** Infer 32*

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1.1. *Verificação do Comportamento das Variáveis Independentes*

Para realizar os testes das variáveis foi escolhido uma música que se encaixava no que se é esperado como resultado do trabalho, portanto a música escolhida foi "Stay" do Justin Bieber feat.The Kid LAROI, a qual possui uma alta quantidade de vídeos na plataforma TikTok, assim como um alto índice de reproduções na plataforma Spotify. Como pode-se observar nos resultados do modelo, a música foi avaliada em 9.806.253,85 de dólares.

***Figura 9** - Resultado do modelo estatístico*

Correlação	r^2 ajustado	F Calculado	Regressores	Nº de "Outliers"	Normalidade	Autocorrelação	Valor Avaliado
0,9918	0,9821	662,5028	16 em 16	3	Sim	Não há	9.806.253,85

***Fonte:** Infer 32*

7.1.1.1. *Verificação do Comportamento das Variáveis Independentes*

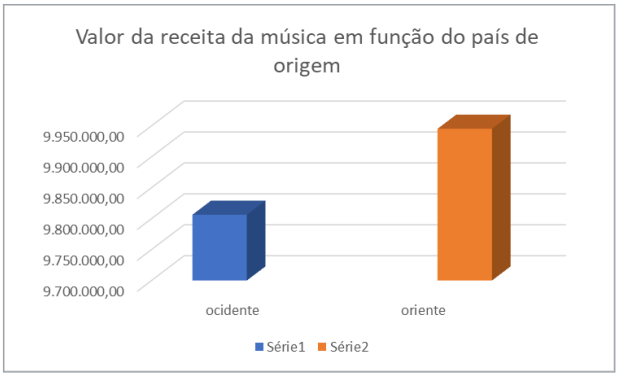
Afim de testar o comportamento das variáveis independentes "ocidente" e "oriente" e compara-las entre si, utilizando a mesma música foi selecionado primeiramente como origem o ocidente e posteriormente o oriente. Como resultado pode-se observar pelo gráfico abaixo que a mesma música de origem com origem oriental gera mais receita que uma música ocidental

***Tabela 1** - Variação da Receita em Função das variáveis Ocidente e Oriente*

Ocidente	Oriente
9.806.253,85	9.945.216,06

***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

***Figura 10** - Gráfico Receita x Variáveis Ocidente e Oriente.*



***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

7.1.1.1. Variável Independente Dicotômica "Data De Lançamento"

Para a análise dessas variáveis, a mesma música passou por modificações, o modelo foi calculado para o seu lançamento no ano de 2019, 2020, 2021 e 2022.

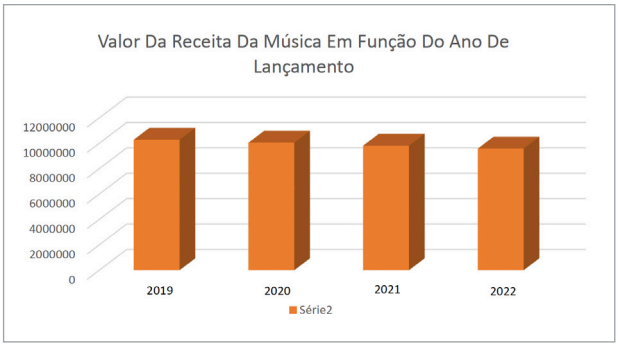
A partir da análise dos dados é possível compreender que a data de lançamento é inversamente proporcional a receita, o que faz sentido visto que uma música mais antiga fica a mais tempo no "mercado" podendo assim ser escutada mais vezes.

***Tabela 2** - Variação Da Receita Em Função Da Variável Data De Lançamento*

2019	2020	2021	2022
10.275.789,91	10.039.416,98	9.806.253,85	9.576.283,11

***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

***Figura 11** - Gráfico Receita x Data de Lançamento*



***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

7.1.1.2. Variável independente dicotômica "Reproduções Spotify"

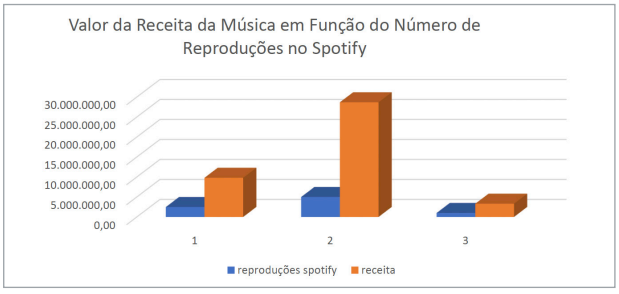
Na análise da variável "Reproduções Spotify" foram levados em consideração três valores diferentes da variável para a mesma música, conforme exemplificado o gráfico:

***Tabela 3** - Variação Da Receita Em Função Da Variável Reproduções Spotify*

Ouvintes mensais	Receita
7.346,22	9.806.253,85
14.692,44	10.393.025,86
1.000,00	8.755.718,32

***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

***Figura 12** - Gráfico Receita x Reproduções no Spotify*



***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

A partir dos dados fornecidos na tabela, compreende-se que a receita é proporcional a quantidade de reproduções, ao dobrar a quantidade de reproduções no Spotify da música analisada o valor também aumentou.

Importante ressaltar que o gráfico está em escala para que haja melhor compreensão dos seus dados (os valores da reprodução do spotify foram divididos por 1000).

7.1.1.3. Variável independente dicotômica "Ouvintes mensais"

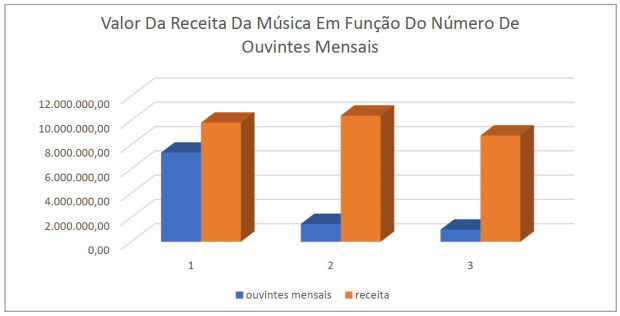
Alterando o número de ouvintes mensais em três valores diferentes, sendo o primeiro da música analisada "Stay" o segundo o dobro do seu valor e o terceiro apenas dez mil ouvintes, foi possível chegar ao gráfico abaixo:

***Tabela 4** - Variação Da Receita Em Função Da Variável Ouvintes Mensais*

Ouvintes mensais	7.346.220,20	1.469.244,04	1.000.000,00
Receita	9.806.253,85	10.393.025,86	8.755.718,32

***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

***Figura 13** - Gráfico Receita x Ouvintes Mensais*



***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

"Portanto, a variável quantitativa ""ouvintes mensais"" é proporcional a receita, como é possível observar no gráfico abaixo. Quanto maior a quantidade de ouvintes mensais, maior será a receita, assim como quanto menor a quantidade de ouvintes mensais menor será a receita.

7.1.1.4. Variável independente dicotômica "Vídeos"

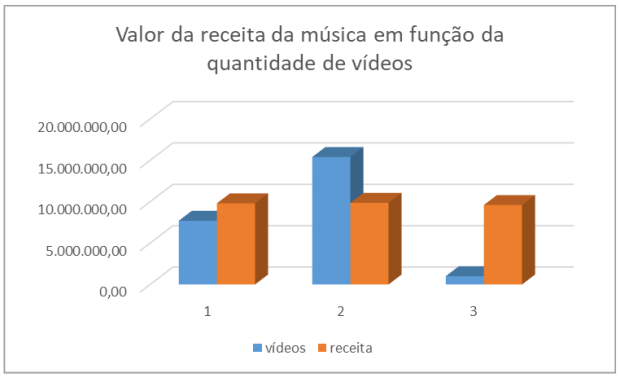
A variável quantitativa ""vídeos"" que indica a quantidade de vídeos postados na plataforma TikTok utilizando determinada música influência de maneira proporcional a receita. Como pode-se analisar ao aumentar o número de vídeos a receita também aumenta."

***Tabela 5** - Variação Da Receita Em Função Da Variável Vídeos*

Vídeos	Receita
7.700.000,00	9.806.253,85
15.400.000,00	9.864.634,13
1.000.000,00	9.601.689,17

***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

***Figura 14** - Gráfico Receita x Vídeos*



***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

7.1.1.5. Variável independente dicotômica "Billboard 2019/2020/2021 e 2022"

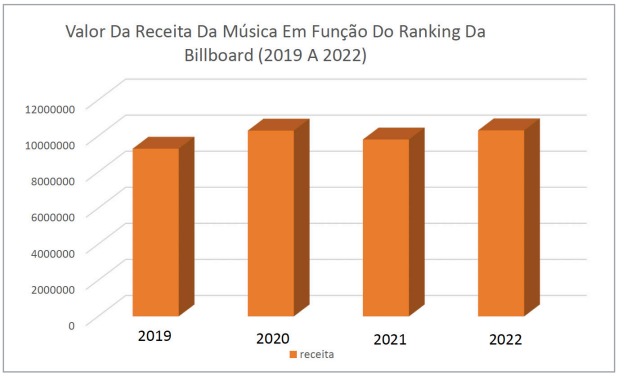
Conforme o gráfico anterior, a variável quantitativa "Billboard 2019/2020/2021 e 2022" apresentou que os anos de maior valorização são os de 2020 e 2022. Apresenta-se de forma proporcional a receita nós anos de 2019 para 2020 e 2021 para 2022, no entanto, sofre uma queda no ano de 2020 para o ano de 2021.

***Tabela 5** - Variação Da Receita Em Função Da Variável Billboad (2019 a 2022)*

Billboard	2019	2020	2021	2022
Receita	9.296.772,66	10.298.790,56	9.806.253,85	10.312.657,09

***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

***Figura 15** - Gráfico Receita x Billboard (2019 a 2022)*



***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

7.1.1.6. Variável independente dicotômica "Youtube"

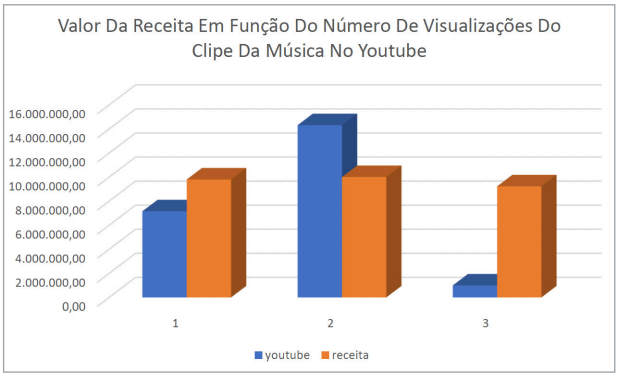
Ao modificar os valores de visualizações no clipe oficial da música "Stay" é possível concluir que no modelo a variável quantitativa ""YouTube"" apresenta- se de maneira proporcional a receita, conforme o aumento do número de visualizações do clipe oficial da música na plataforma YouTube a receita também aumenta."

***Tabela 6** - Variação Da Receita Em Função Da Variável Youtube*

Youtube	Receita
7.161.728,86	9.806.253,85
14.323.457,72	10.011.601,59
1.000.000,00	9.234.607,79

***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

***Figura 16** - Gráfico Receita x Youtube*



***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

7.1.1.7. Variável independente dicotômica "Tipo"

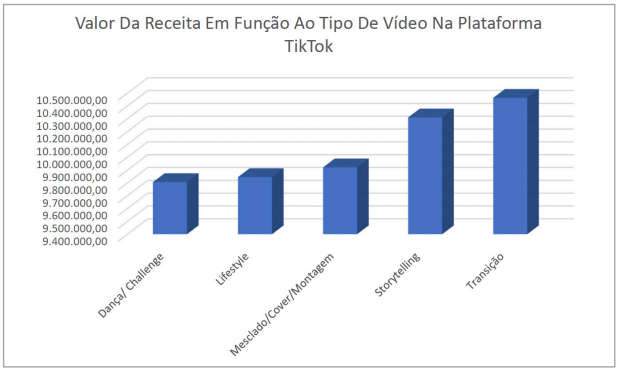
Para compreensão dessas variáveis dicotômicas "Tipo" a música em análise foi modificada cinco vezes, para assim ser possível compreender como o modelo se comporta. Portanto, a partir do gráfico abaixo é possível concluir que quando a música é associada a vídeos de transições na plataforma TikTok, sua receita é mais valorizada.

***Tabela 7** - Variação Da Receita Em Função Da Variável Tipo*

Tipo	Receita
Dança / Challenge	9.806.253,85
Lifestyle	9.845.540,17
Mesclado / Cover / Montagem	9.921.164,54
Storytelling	10.310.687,91
Transição	10.463.267,91

***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

***Figura 18** - Gráfico Receita x Tipo*



***Fonte:** Elaborado pelos Autores.*

8. CONCLUSÕES (CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES)

O trabalho buscou analisar se realmente o TikTok exerce algum impacto na indústria musical e compreender de melhor forma qual impacto é esse. Diante dos resultados obtidos, pode-se inferir que a plataforma exerce influência direta e proporcional na indústria musical, ocasionando um aumento na receita da música, tal como previsto. No entanto, conclui-se que essa influência não é tão relevante como se esperava.

Com base na pesquisa realizada, outros fatores desempenham papel relevante na influência da receita, em conjunto com a plataforma Tiktok, gerando mais repercussão do que apenas a quantidade de vídeos postado utilizando a música em questão. Como observado na figura 18 (dezoito), além da quantidade de vídeos que utilizaram o áudio da música o nicho dos vídeos resulta em um aumento da receita. Esse efeito corrobora de maneira mais ativa do que somente a variável "vídeos", ou seja, uma mesma música publicada no TikTok com a mesma quantidade de vídeos realizados pelos usuários quando associada a nichos diferentes obtém valores diferentes para sua receita, esse conjunto exerce maior impacto do que somente a quantidade de usuários que aplicaram aquela música em seus tiktoks. Como, por exemplo, no modelo analisado, verificou-se que a receita tende a aumentar quando a música é vinculada a vídeos de transição.

Ademais, foi constatado que outros fatores não resultam em variações tão relevantes, por exemplo, a variável "YouTube" que mesmo com uma pequena quantidade de visualizações no clipe oficial obteve pouca diferença na receita gerada originalmente.

Conclui-se que a engenharia de avaliações proporcionou constatar que o TikTok influência a receita de uma música, e por consequência impacta a indústria musical, evidenciando assim a importância da plataforma na atualidade.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-2. Avaliação de Bens. Parte 2: Imóveis Urbanos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BRUM, A. C. A. **Avaliação De Jogadores De Futebol E De Estádios De Futebol Pelo Método Comparativo De Dados De Mercado Com A Aplicação Do Tratamento Científico**. IBAPE NACIONAL, Vitória, p. 1-113, mai./2021. Disponível em: https://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp- content/uploads/2022/06/Tesina-Ant%C3%B4nio--Cl%C3%A1udio-Andrade- Brum.pdf. Acesso em: 25 abr. 2023.

CARVALHO, Jamille de; RIOS, Riverson. A Influência da Internet na Reconfiguração da Indústria Musical e A Banda Móveis Coloniais de Acaju. In: **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação**, 2011.

DUBBER, **A. New Music Strategie - The 20 Things You Must Know About Music Online**, 2007.

ECONOMIAETV. **O que é autocorrelação?**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_blMJ_hDKx8. Acesso em: 25 abr. 2023.

ESPM. **O impacto do Tiktok na indústria musical, Portal Jornalismo, 2023**. Disponível em: https://jornalismorio.espm.br/destaque/o-impacto-do-tiktok-na-industria-musical/#:~:text=A%20ind%C3%BAstria%20da%20m%C3%BAsica%20est%C3%A1,de%20consumir%20e%20produzir%20m%C3%BAsica. Acesso em: 24 de abril de 2023.

FELIX, Victor Hugo. **O que é o TikTok? Tecnoblog**, 2019. Disponivel em: https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-tiktok/#:~:text=O%20TikTok%20surgiu%20em%202014,um%20aplicativo%20parecido%2C%20chamado%20Douyin.-%20trajet%C3%B3ria%20da%20plataforma. Acesso em: 24 de abril de 2023.

G1. TikTok atinge a marca de 1 bilhão de usuários ativos por mês. **G1**, 27 set. 2021. Disponível em: https://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2021/09/27/tiktok-atinge-a-marca-de--1-bilhao-de-usuarios-ativos-por-mes.ghtml. Acesso em: 16 abr. 2023.

GENUÍNO, Lianna Karla de Oliveira. **Efeito TikTok: o impacto da plataforma na indústria musical.** 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Comunicação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

KISCHINHEVSKY, Marcelo; VICENTE, Eduardo; DE MARCHI, Leonardo. **Em busca da música infinita: os serviços de streaming e os conflitos de interesse no mercado de conteúdos digitais.** Revista Fronteiras - Estudos Midiáticos, v. 17, n. 3, 2015. Disponível em: https://revistas.unisinos.br/index.php/fronteiras/article/view/fem.2015.173.04. Acesso em 18 out. 2022.

KNOTH, Pedro. TikTok atinge 3 bilhões de downloads, recorde antes exclusivo do Facebook, **Tecnoblog**, 2021. Disponivel em: https://tecnoblog.net/noticias/2021/07/14/tiktok-atinge-3-bilhoes-de-downloads- recorde--antes-exclusivo-do-facebook/. Acesso em: 24 de abril de 2023.

MARQUES, Ana. Uma fábrica de hits: como o TikTok está redefinindo a indústria da música. **Tecnoblog**, 2021. Disponível em: https://tecnoblog.net/especiais/uma-fabrica-de-hits-como-o-tiktok-esta- redefinindo-a-industria-da--musica/. Acesso em: 16 abr. 2023.

MINITAB. Análise de regressão: Como interpretar o R-quadrado e avaliar a qualidade de ajuste?. Disponível em: https://blog.minitab.com/pt/analise-de-regressao-como-interpretar-o-r-quadrado-e-avaliar-a-qualidade-de-ajuste. Acesso em: 25 abr. 2023.

MINITAB. Entendendo Análise de Variância (ANOVA) e o teste F. Disponível em: https://blog.minitab.com/pt/entendendo-analise--de-variancia-anova-e-o-teste-f. Acesso em: 25 abr. 2023.

MOSCHETTA, Pedro Henrique; VIEIRA, Jorge. Música na era do streaming: curadoria e descoberta musical no Spotify. **Sociologias**, vol. 20, nº 49, dezembro de 2018. Disponivel em: https://www.scielo.br/j/soc/a/5XZxPbPwL-7VhPdhdLgbmzfF/?lang=pt. Acesso em: 10 de abril de 2023.

PEOPLES, Glenn. New Data Reveals Music's Importance to TikTok's Gen Z Audience. **Billboard**, 21 set. 2020. Disponível em: https://www.billboard.com/pro/new-data-reveals-music-importance-tiktok-gen-z- audience/. Acesso em: 16 abr. 2023.

PINHEIRO, Cristiano Max et al. A indústria da música como promotora de entretenimento. **Revista Temática**, vol. 10, nº 1, janeiro 2014.

REUTERS. De Lizzo a Gayle, indicados ao Grammy destacam influência do TikTok na música, **Forbes**, 2023. Disponivel em: https://forbes.com.br/forbes-tech/2023/02/indicados-ao-grammy-a-influencia-do-tiktok-na-musica/. Acesso em: 24 de abril de 2023.

SÁ, Simone Pereira de. **A música na era de suas tecnologias de reprodução.** Compós, v. 6, 2006.

SALGADO, Danielle. Pesquisa TikTok no Brasil: hábitos e comportamento dos usuários da rede que não para de crescer! **Opinion Box**, 2023. Disponível em: https://blog.opinionbox.com/pesquisa-tiktok-no-brasil/#:~:text=O%20TikTok%20chegou%20no%20Brasil,e%20consolidou%20 o%20seu%20sucesso. Acesso em: 24 de abril de 2023.

SCHAEFFNER, André. **Origine des instruments de musique: Introduction ethnologique à l'histoire de la musique instrumentale**, Berlim, De Gruyter Mouton, 1980.

SILVEIRA, Denise T.; CÓRDOVA, Fernanda P. A. **A pesquisa científica. In: GERHARDT, Tatiana E.; SILVEIRA, Denise T. (orgs.). Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

TIKTOK. **Creator fund, 2023**. Disponivel em: https://www.tiktok.com/creators/creator-portal/en-us/getting-paid-to- create/creator-fund/. Acesso em: 24 de abril de 2023.

THE TRICHORDIST. 2017 **Streaming Price Bible! Spotify per Stream Rates Drop 9%, Apple Music Gains Marketshare of Both Plays and Overall Revenue**. Disponível em: https://thetrichordist.com/2018/01/15/2017-streaming-price- bible-spotify-per-stream-rates-drop-9-apple-music-gains-market-share-of-both- plays-and-overall-revenue/. Acesso em: 21 abr. 2023.

THE TRICHORDIST. 2018 **Streaming Price Bible! Per Stream Rates Drop as Streaming Volume Grows. YouTube's Value Gap is Very Real.**. Disponível em: https://thetrichordist.com/2019/01/29/2018-streaming-price-bible-per-stream- rates-drop-as-streaming-volume-grows-youtubes-value-gap-is-very-real/. Acesso em: 21 abr. 2023.

THE TRICHORDIST. 2019-2020 **Streaming Price Bible : YouTube is STILL The #1 Problem To Solve**. Disponível em: https://thetrichordist.com/2020/03/05/2019- 2020-streaming-price-bible-youtube-is-still-the-1-problem-to-solve/. Acesso em: 21 abr. 2023.

THE TRICHORDIST. **Streaming Price Index Updated 2014 : Per Stream Pay Rates**. Disponível em: https://thetrichordist.com/2014/02/20/streaming-price- index-updated-2014-per-stream-pay-rates/. Acesso em: 21 abr. 2023.

THE TRICHORDIST. **Updated! Streaming Price Bible w/ 2016 Rates : Spotify, Apple Music, YouTube, Tidal, Amazon, Pandora, Etc.**. Disponível em: https://thetrichordist.com/2017/01/16/updated-streaming-price-bible-w-2016- rates-spotify-apple-music-youtube-tidal-amazon-pandora-etc/. Acesso em: 21 abr. 2023.

VENTURA, Rafa. **Entrevista: gerente de pesquisa da Globo traz insights sobre consumo de música no Brasil**. **Popline**, 29 dez. 2021. Disponível em: https://portal-popline.com.br/entrevista-gerente-pesquisa-globo-traz-insights- sobre-consumo-musica-brasil/. Acesso em: 16 abr. 2023.

VICENTE, Eduardo. **A consolidação dos serviços de streaming e os desafios à diversidade musical no Brasil. Revista Eptic**, vol. 20, nº 1, janeiro de 2018.

AVALIAÇÃO DE JOGADORES DE FUTEBOL PELO MÉTODO COMPARATIVO DE DADOS DE MERCADO COM A APLICAÇÃO DO TRATAMENTO CIENTÍFICO

RESUMO

O conhecimento técnico de engenharia de avaliações pode ser aplicado na avaliação de bens e ativos incomuns. Um dos principais mercados em termos de movimentação financeira e de repercussão mundial é o de transferência de atletas de futebol. Para se ter uma noção da magnitude deste mercado, a FIFA (Federação Internacional de Futebol) superou suas próprias projeções e fechou o período de quatro anos que englobou a Copa do Mundo da Rússia (2015-2018) com receita recorde de US$ 6,4 bilhões. As reservas de caixa também registraram um número histórico: US$ 2,74 bilhões. Para efeito comparativo, a entidade máxima do futebol mundial faturou US$ 5,718 bilhões entre os anos de 2011 e 2014, e US$ 4,189 bilhões no ciclo anterior entre 2007 e 2010. A FIFA reconhece um total de 209 federações nacionais masculinas e 129 federações femininas e possui mais membros do que a Organização das Nações Unidas, sendo que a ela são afiliadas federações de 23 territórios não reconhecidos pelas Nações Unidas, como a Federação de Futebol da Palestina.

AUTORES:

Antonio
Claudio Andrade Brum;

Eduardo
Tadeu Possas Vaz de Mello;

Igor
Almeida Fassarella;

Efigênia
Guariento Palhares Ferreira;

Isabela
Tupinambá

Palavras-chave:
Atleta; Protagonismo; Transferência de jogadores; Valorização.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a NBR 14.653-1:2019 (Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais), a avaliação de bens, de seus frutos e direitos é uma análise técnica para identificar valores, custos ou indicadores de viabilidade econômica, para um determinado objetivo, finalidade e data, consideradas determinadas premissas, ressalvas e condições limitantes claramente explicitadas.

Ainda conforme a referida norma técnica, engenharia de avaliações é o conjunto de conhecimentos técnico-científicos especializados, aplicados à avaliação de bens por arquitetos ou engenheiros. Portanto, estes profissionais possuem expertise para proceder à avaliação de diversos bens, sejam eles imóveis rurais, urbanos, industriais, máquinas e equipamentos, dentre outros.

O conhecimento técnico de engenharia de avaliações pode também ser aplicado na avaliação de bens e ativos incomuns. Um dos principais mercados em termos de movimentação financeira e de repercussão mundial é o de transferência de atletas de futebol. Para se ter uma noção da magnitude deste mercado, a FIFA (Federação Internacional de Futebol) superou suas próprias projeções e fechou o período de quatro anos que englobou a Copa do Mundo da Rússia (2015-2018) com receita recorde de US$ 6,4 bilhões. As reservas de caixa também registraram um número histórico: US$ 2,74 bilhões. Para efeito comparativo, a entidade máxima do futebol mundial faturou US$ 5,718 bilhões entre os anos de 2011 e 2014, e US$ 4,189 bilhões no ciclo anterior entre 2007 e 2010.

A FIFA reconhece um total de 209 federações nacionais masculinas e 129 federações femininas e possui mais membros do que a Organização das Nações Unidas, sendo que a ela são afiliadas federações de 23 territórios não reconhecidos pelas Nações Unidas, como a Federação de Futebol da Palestina.

A Copa do Mundo de 2018 registrou uma audiência recorde de mais de 3,5 bilhões de pessoas, e a final entre França e Croácia atraiu 1,12 bilhão de telespectadores, segundo registros da própria Fifa.

Em razão do exposto, neste trabalho será apresentado um modelo estatístico para avaliação de jogadores de futebol através da aplicação do método comparativo direto de dados de mercado e do tratamento científico dos dados de pesquisa.

2. FORMAÇÃO DA AMOSTRAGEM

As principais fontes de consulta para composição da amostragem foram os seguintes sites:

https://www.transfermarkt.pt

https://www.goal.com

Tal amostragem conta 160 dados, ou seja, transações de atletas de futebol em todo o planeta e em diversas épocas. Na descrição de cada dado pesquisado constam as seguintes informações:

nome do atleta;

idade na época da transferência;

posição em que atua;

ano da transferência;

equipes de origem e de destino;

valor da transferência, em euros.

A tabela com todas as informações referentes às transferências de atletas pesquisadas é destacada nas páginas seguintes:

Tabela 1 *- Amostragem adotada no tratamento estatístico.*

ITEM	JOGADOR	CLUBES		ANO	VALOR (€)	IDADE CONTRATA-ÇÃO	POSIÇÃO	MERCADO
		ORGEM	DESTINO					
1	Neymar	Barcelona (Espanha)	PSG (França)	2017	222.000.000,00	25	Atacante	EUROPA - EUROPA
2	Coutinho	Liverpool (Inglaterra)	Barcelona (Espanha)	2018	160.000.000,00	25	Meia / Ponta-direita	EUROPA - EUROPA
3	Cristiano Ronaldo	Real Madrid (Espanha)	Juventus (Itália)	2018	112.000.000,00	33	Atacante	EUROPA - EUROPA
4	Paul Pogba	Juventus (Itália)	Manchester United (Inglaterra)	2016	105.000.000,00	22	Meia	EUROPA - EUROPA
5	Ousmane Dembélé	Borussia Dortmund (Alemanha)	Barcelona (Espanha)	2017	105.000.000,00	19	Ponta / Atacante	EUROPA - EUROPA
6	Gareth Bale	Tottenham (Inglaterra)	Real Madrid (Espanha)	2013	100.800.000,00	23	Ponta / Atacante	EUROPA - EUROPA
7	Cristiano Ronaldo	Manchester United (Inglaterra)	Real Madrid (Espanha)	2009	94.000.000,00	24	Atacante	EUROPA - EUROPA
8	Gonzalo Higuain	Napoli (Itália)	Juventus (Itália)	2016	90.000.000,00	28	Atacante	EUROPA - EUROPA
9	Neymar	Santos (Brasil)	Barcelona (Espanha)	2013	86.200.000,00	21	Atacante	BRASIL - EUROPA
10	Romelu Lukaku	Everton (Inglaterra)	Manchester United (Inglaterra)	2017	84.800.000,00	23	Atacante	EUROPA - EUROPA
11	Virgil Van Dijk	Southampton (Inglaterra)	Liverpool (Inglaterra)	2018	84.000.000,00	26	Zagueiro	EUROPA - EUROPA
12	Luis Suárez	Liverpool (Inglaterra)	Barcelona (Espanha)	2014	82.300.000,00	27	Atacante	EUROPA - EUROPA
13	James Rodriguez	Monaco (França)	Real Madrid (Espanha)	2014	80.000.000,00	22	Meia ofensivo	EUROPA - EUROPA
14	Álvaro Morata	Real Madrid (Espanha)	Chelsea (Inglaterra)	2017	78.900.000,00	24	Atacante	EUROPA - EUROPA
15	Zinedine Zidane	Juventus (Itália)	Real Madrid (Espanha)	2001	77.500.000,00	28	Meia ofensivo	EUROPA - EUROPA
16	Alisson Becker	Roma (Itália)	Liverpool (Inglaterra)	2018	75.000.000,00	25	Goleiro	EUROPA - EUROPA
17	Kevin De Bruyne	Wolfsburg (Alemanha)	Manchester City (Inglaterra)	2015	75.000.000,00	23	Meia ofensivo	EUROPA - EUROPA
18	Angel Di Maria	Real Madrid (Espanha)	Manchester United (Inglaterra)	2014	74.600.000,00	25	Meia ofensivo / Ponta-direita	EUROPA - EUROPA
19	Aymeric Laporte	Athletic (Espanha)	Manchester City (Inglaterra)	2018	70.000.000,00	23	Zagueiro	EUROPA - EUROPA
20	Zlatan Ibrahimovic	Internazionale (Itália)	Barcelona (Espanha)	2009	69.500.000,00	27	Atacante	EUROPA - EUROPA
21	Raheem Sterling	Liverpool (Inglaterra)	Manchester City (Inglaterra)	2015	69.100.000,00	20	Atacante	EUROPA - EUROPA
22	Kaka	AC Milan (Itália)	Real Madrid (Espanha)	2009	65.000.000,00	26	Meia ofensivo	EUROPA - EUROPA
23	Edinson Cavani	Napoli (Itália)	PSG (França)	2013	64.500.000,00	25	Atacante	EUROPA - EUROPA
24	Aubameyang	Borussia Dortmund (Alemanha)	Arsenal (Inglaterra)	2018	63.750.000,00	28	Atacante	EUROPA - EUROPA
25	David Luiz	Chelsea (Inglaterra)	PSG (França)	2014	62.500.000,00	26	Zagueiro / Volante	EUROPA - EUROPA
26	Angel Di Maria	Manchester United (Inglaterra)	PSG (França)	2015	61.600.000,00	26	Meia ofensivo / Ponta-direita	EUROPA - EUROPA
27	Luis Figo	Barcelona (Espanha)	Real Madrid (Espanha)	2000	60.000.000,00	27	Ponta-direita	EUROPA - EUROPA

28	Fernando Torres	Liverpool (Inglaterra)	Chelsea (Inglaterra)	2011	59.000.000,00	26	Atacante	EUROPA - EUROPA
29	Benjamin Mendy	Monaco (França)	Manchester City (Inglaterra)	2017	58.200.000,00	22	Lateral-esquerdo	EUROPA - EUROPA
30	John Stones	Everton (Inglaterra)	Manchester City (Inglaterra)	2016	58.000.000,00	21	Zagueiro / Lateral-direito	EUROPA - EUROPA
31	Benjamin Mendy	Monaco (França)	Manchester City (Inglaterra)	2017	57.500.000,00	22	Lateral-esquerdo	EUROPA - EUROPA
32	Kyle Walker	Tottenham (Inglaterra)	Manchester City (Inglaterra)	2017	56.700.000,00	26	Zagueiro / Lateral-direito	EUROPA - EUROPA
33	Hernan Crespo	Parma (Itália)	Lazio (Itália)	2000	55.000.000,00	24	Atacante	EUROPA - EUROPA
34	Gianluigi Buffon	Parma (Itália)	Juventus (Itália)	2001	52.000.000,00	23	Goleiro	EUROPA - EUROPA
35	Eliaquim Mangala	Valencia (Espanha)	Manchester City (Inglaterra)	2014	51.700.000,00	22	Zagueiro	EUROPA - EUROPA
36	Kyle Walker	Tottenham (Inglaterra)	Manchester City (Inglaterra)	2017	51.000.000,00	26	Zagueiro / Lateral-direito	EUROPA - EUROPA
37	Bernardo Silva	Monaco (França)	Manchester City (Inglaterra)	2017	50.000.000,00	22	Meia	EUROPA - EUROPA
38	Gylfi Sigurdsson	Swansea City (País de Gales)	Everton (Inglaterra)	2017	49.400.000,00	27	Meia ofensivo	EUROPA - EUROPA
39	Anthony Martial	Monaco (França)	Manchester United (Inglaterra)	2015	49.300.000,00	19	Atacante	EUROPA - EUROPA
40	Christian Vieri	Lazio (Itália)	Inter (Itália)	1999	49.000.000,00	25	Atacante	EUROPA - EUROPA
41	Mesut Ozil	Real Madrid (Espanha)	Arsenal (Inglaterra)	2013	47.000.000,00	24	Meia ofensivo	EUROPA - EUROPA
42	Juan Sebastian Veron	Lazio (Itália)	Manchester United (Inglaterra)	2001	46.000.000,00	25	Meia / Volante	EUROPA - EUROPA
43	Rio Ferdinand	Leeds (Inglaterra)	Manchester United (Inglaterra)	2002	46.000.000,00	23	Zagueiro	EUROPA - EUROPA
44	Ronaldo	Inter de Milão (Itália)	Real Madrid (Espanha)	2002	46.000.000,00	25	Atacante	EUROPA - EUROPA
45	Juan Mata	Chelsea (Inglaterra)	Manchester United (Inglaterra)	2014	46.000.000,00	25	Meia-atacante	EUROPA - EUROPA
46	Douglas Costa	Bayern (Alemanha)	Juventus (Itália)	2017	46.000.000,00	26	Atacante	EUROPA - EUROPA
47	Christian Benteke	Aston Villa (Inglaterra)	Liverpool (Inglaterra)	2015	45.800.000,00	24	Atacante	EUROPA - EUROPA
48	James Rodriguez	Porto (Portugal)	Monaco (França)	2013	45.000.000,00	21	Meia ofensivo	EUROPA - EUROPA
49	Joao Mario	Sporting CP (Portugal)	Inter (Itália)	2016	45.000.000,00	23	Meia	EUROPA - EUROPA
50	Granit Xhaka	Borussia Monchengladbach (Alemanha)	Arsenal (Inglaterra)	2016	45.000.000,00	23	Meia defensivo	EUROPA - EUROPA
51	Tiemoue Bakayoko	Monaco (França)	Chelsea (Inglaterra)	2017	45.000.000,00	22	Volante / meia defensivo	EUROPA - EUROPA
52	Andriy Shevchenko	AC Milan (Itália)	Chelsea (Inglaterra)	2006	43.900.000,00	29	Atacante	EUROPA - EUROPA
53	Robinho	Real Madrid (Espanha)	Manchester City (Inglaterra)	2008	43.000.000,00	24	Atacante / Ponta	EUROPA - EUROPA
54	Radamel Falcao	Atlético de Madrid (Espanha)	Mônaco (França)	2013	43.000.000,00	26	Atacante	EUROPA - EUROPA
55	Alexis Sanchez	Barcelona (Espanha)	Arsenal (Inglaterra)	2014	42.500.000,00	25	Atacante	EUROPA - EUROPA
56	Javier Pastore	Palermo (Itália)	PSG (França)	2011	42.000.000,00	21	Meia ofensivo	EUROPA - EUROPA
57	Thiago Silva	AC Milan (Itália)	PSG (França)	2012	42.000.000,00	27	Zagueiro	EUROPA - EUROPA

58	Henrikh Mkhitaryan	Borussia Dortmund (Alemanha)	Manchester United (Inglaterra)	2016	42.000.000,00	27	Meia ofensivo / Ponta-direita	EUROPA - EUROPA
59	Leonardo Bonucci	Juventus (Itália)	AC Milan (Itália)	2017	42.000.000,00	29	Zagueiro	EUROPA - EUROPA
60	Lilian Thuram	Parma (Itália)	Juventus (Itália)	2001	41.500.000,00	29	Lateral-direito / Zagueiro	EUROPA - EUROPA
61	Andy Carroll	Newcastle (Itália)	Liverpool (Inglaterra)	2011	41.300.000,00	22	Atacante	EUROPA - EUROPA
62	Shkodran Mustafi	Valencia (Espanha)	Arsenal (Inglaterra)	2016	41.200.000,00	23	Zagueiro	EUROPA - EUROPA
63	Roberto Firmino	Hoffenheim (Alemanha)	Liverpool (Inglaterra)	2015	41.000.000,00	23	Atacante	EUROPA - EUROPA
64	Marc Overmars	Arsenal (Inglaterra)	Barcelona (Espanha)	2001	41.000.000,00	27	Meia-atacante	EUROPA - EUROPA
65	T. Bakayoko	Mônaco (França)	Chelsea (Inglaterra)	2017	40.000.000,00	22	Volante / meia defensivo	EUROPA - EUROPA
66	David Villa	Valencia (Espanha)	Barcelona (Espanha)	2010	40.000.000,00	28	Atacante	EUROPA - EUROPA
67	Sergio Aguero	Atlético de Madrid (Espanha)	Manchester City (Inglaterra)	2011	40.000.000,00	22	Atacante	EUROPA - EUROPA
68	Radamel Falcao	Porto (Portugal)	Atlético de Madrid (Espanha)	2011	40.000.000,00	25	Atacante	EUROPA - EUROPA
69	Hulk	Porto (Portugal)	Zenit (Rússia)	2012	40.000.000,00	25	Atacante	EUROPA - EUROPA
70	Axel Witsel	Benfica (Portugal)	Zenit (Rússia)	2012	40.000.000,00	23	Volante / Meia Defensivo	EUROPA - EUROPA
71	Javi Martinez	Athletic Club (Espanha)	Bayern (Alemanha)	2012	40.000.000,00	23	Volante / Zagueiro	EUROPA - EUROPA
72	Fernandinho	Shakhtar Donetsk (Ucrânia)	Manchester City (Inglaterra)	2013	40.000.000,00	27	Volante	EUROPA - EUROPA
73	Ederson	Benfica (Portugal)	Manchester City (Inglaterra)	2017	40.000.000,00	23	Goleiro	EUROPA - EUROPA
74	Davinson Sánchez	Ajax (Holanda)	Tottenham (Inglaterra)	2017	40.000.000,00	20	Zagueiro	EUROPA - EUROPA
75	David Luiz	PSG (França)	Chelsea (Inglaterra)	2016	39.600.000,00	28	Zagueiro / Volante	EUROPA - EUROPA
76	Michy Batshuayi	Marseille (França)	Chelsea (Inglaterra)	2016	39.000.000,00	22	Atacante	EUROPA - EUROPA
77	Antonio Rudiger	Roma (Itália)	Chelsea (Inglaterra)	2017	39.000.000,00	23	Zagueiro	EUROPA - EUROPA
78	Didier Drogba	Marseille (França)	Chelsea (Inglaterra)	2004	38.500.000,00	25	Atacante	EUROPA - EUROPA
79	Michael Essien	Lyon (França)	Chelsea (Inglaterra)	2005	38.000.000,00	22	Volante / meia defensivo	EUROPA - EUROPA
80	Fernando Torres	Atlético de Madrid (Espanha)	Liverpool (Inglaterra)	2007	38.000.000,00	22	Atacante	EUROPA - EUROPA
81	Dimitar Berbatov	Tottenham (Inglaterra)	Manchester United (Inglaterra)	2008	38.000.000,00	27	Atacante	EUROPA - EUROPA
82	Gonzalo Higuain	Real Madrid (Espanha)	Napoli (Itália)	2013	38.000.000,00	25	Atacante	EUROPA - EUROPA
83	Diego Costa	Atlético de Madrid (Espanha)	Chelsea (Inglaterra)	2014	38.000.000,00	25	Atacante	EUROPA - EUROPA
84	Eric Bailly	Villarreal (Espanha)	Manchester United (Inglaterra)	2016	38.000.000,00	21	Zagueiro	EUROPA - EUROPA
85	Mats Hummels	Borussia Dortmund (Alemanha)	Bayern (Alemanha)	2016	38.000.000,00	27	Zagueiro	EUROPA - EUROPA
86	Andre Silva	Porto (Portugal)	AC Milan (Itália)	2017	38.000.000,00	21	Atacante	EUROPA - EUROPA
87	David Beckham	Manchester United (Inglaterra)	Real Madrid (Espanha)	2003	37.500.000,00	27	Meia	EUROPA - EUROPA
88	Luke Shaw	Southampton (Inglaterra)	Manchester United (Inglaterra)	2014	37.500.000,00	18	Lateral-esquerdo	EUROPA - EUROPA

89	Lucas Paquetá	Flamengo (Brasil)	Milan (Itália)	2018	35.000.000,00	20	Meia ofensivo	BRASIL - EUROPA
90	Vinícius Júnior	Flamengo (Brasil)	Real Madrid (Espanha)	2017	45.000.000,00	16	Atacante	BRASIL - EUROPA
91	Rodrygo	Santos (Brasil)	Real Madrid (Espanha)	2018	45.000.000,00	17	Atacante	BRASIL - EUROPA
92	Lucas Moura	São Paulo (Brasil)	PSG (França)	2012	43.000.000,00	19	Meia-atacante	BRASIL - EUROPA
93	Gabriel Jesus	Palmeiras (Brasil)	Manchester City (Inglaterra)	2016	32.710.000,00	18	Atacante	BRASIL - EUROPA
94	Oscar	São Paulo (Brasil)	Chelsea (Inglaterra)	2012	32.000.000,00	20	Meia ofensivo	BRASIL - EUROPA
95	Arthur	Grêmio (Brasil)	Barcelona (Espanha)	2018	30.000.000,00	21	Volante / Meia	BRASIL - EUROPA
96	Gabigol	Santos (Brasil)	Internazionale de Milão (Itália)	2016	25.000.000,00	19	Atacante	BRASIL - EUROPA
97	Hernanes	São Paulo (Brasil)	Lazio (Itália)	2010	13.500.000,00	24	Meia ofensivo	BRASIL - EUROPA
98	Willian	Corinthians (Brasil)	Shakhtar Donetsk (Ucrânia)	2007	13.500.000,00	18	Atacante/Meia/Ponta--direita	BRASIL - EUROPA
99	Keirrison	Palmeiras (Brasil)	Barcelona (Espanha)	2009	14.000.000,00	20	Atacante	BRASIL - EUROPA
100	Ricardo Goulart	Cruzeiro (Brasil)	Guangzhou Evergrande (China)	2015	15.000.000,00	23	Meia-atacante	BRASIL - ÁSIA
101	Mário Fernandes	Grêmio (Brasil)	CSKA Moscou (Rússia)	2012	15.000.000,00	21	Lateral-direito	BRASIL - EUROPA
102	Fred	Inter (Brasil)	Shakhtar Donetsk (Ucrânia)	2013	15.000.000,00	19	Meia	BRASIL - EUROPA
103	Giorgian De Arrascaeta	Cruzeiro (Brasil)	Flamengo (Brasil)	2019	13.000.000,00	25	Meia ofensivo	BRASIL - BRASIL
104	Carlos Tévez	Boca Juniors (Argentina)	Corinthians (Brasil)	2005	20.166.666,67	21	Atacante	AMERICA SUL - BRASIL
105	Vitinho	CSKA Moscou (Russia)	Flamengo (Brasil)	2018	10.000.000,00	24	Atacante	EUROPA - BRASIL
106	Alexandre Pato	Milan (Itália)	Corinthians (Brasil)	2013	13.500.000,00	23	Atacante	EUROPA - BRASIL
107	Nico López	Udinese (Itália)	Internacional (Brasil)	2016	9.179.487,18	22	Atacante	EUROPA - BRASIL
108	Miguel Borja	Atlético Nacional (Colômbia)	Palmeiras (Brasil)	2017	9.428.571,43	24	Atacante	AMERICA SUL - BRASIL
109	Pablo	Athletico Paranaense (Brasil)	São Paulo (Brasil)	2019	5.428.571,43	27	Atacante	BRASIL - BRASIL
110	Carlos Eduardo	Pyramids (Egito)	Palmeiras (Brasil)	2019	5.142.857,14	22	Atacante	AFRICA / ASIA - BRASIL
111	Javier Mascherano	River Plate (Argentina)	Corinthians (Brasil)	2005	8.333.333,33	21	Zagueiro / Volante	AMERICA SUL - BRASIL
112	Bruno Henrique	Santos (Brasil)	Flamengo (Brasil)	2019	4.693.877,55	28	Atacante	BRASIL - BRASIL
113	Yimmi Chará	Junior Barranquilla (Colômbia)	Atlético Mineiro (Brasil)	2018	5.045.454,55	27	Ponta Direita	AMERICA SUL - BRASIL
114	Maicon	Porto (Portugal)	São Paulo (Brasil)	2016	5.666.666,67	30	Lateral Direito	EUROPA - BRASIL
115	Éverton Ribeiro	Al-Ahli (Arábia Saudita)	Flamengo (Brasil)	2017	6.285.714,29	28	Meia ofensivo	ASIA - BRASIL
116	Lucas Pratto	Atlético Mineiro (Brasil)	São Paulo (Brasil)	2017	5.914.285,71	29	Atacante	BRASIL - BRASIL
117	André	Dínamo de Kiev (Ucrânia)	Atlético Mineiro (Brasil)	2012	7.880.000,00	21	Atacante	EUROPA - BRASIL
118	Dudu	Dínamo de Kiev (Ucrânia)	Palmeiras (Brasil)	2015	4.921.052,63	23	Atacante	EUROPA - BRASIL
119	Giuliano	Dnipro Dnipropetrovsk (Ucrânia)	Grêmio (Brasil)	2014	6.000.000,00	24	Meia ofensivo	EUROPA - BRASIL

120	Deyverson	Levante (Espanha)	Palmeiras (Brasil)	2017	5.285.714,29	26	Atacante	EUROPA - BRASIL
121	Luís Fabiano	Sevilla (Espanha)	São Paulo (Brasil)	2011	7.608.695,65	30	Centroavante	EUROPA - BRASIL
122	Miller Bolaños	Emelec (Equador)	Grêmio (Brasil)	2016	4.461.538,46	26	Meia / Atacante	AMERICA SUL - BRASIL
123	Diogo Barbosa	Cruzeiro (Brasil)	Palmeiras (Brasil)	2018	3.863.636,36	25	Lateral Esquerdo	BRASIL - BRASIL
124	Rafael Sóbis	Tigres UANL (México)	Cruzeiro (Brasil)	2016	4.256.410,26	31	Atacante	AMERICA NORTE - BRASIL
125	Marcelo Cirino	Atlético Paranaense (Brasil)	Flamengo (Brasil)	2015	4.342.105,26	23	Atacante	BRASIL - BRASIL
126	Thiago Neves	Al-Hilal (Arábia Saudita)	Fluminense (Brasil)	2012	6.480.000,00	27	Meia Ofensivo	ASIA - BRASIL
127	Diego Maradona	Argentinos Jrs (Argentina)	Boca Juniors (Argentina)	1981	1.250.000,00	20	Meia Ofensivo	AMERICA SUL - AMERICA SUL
128	Diego Maradona	Boca Juniors (Argentina)	Barcelona (Espanha)	1982	8.000.000,00	21	Meia Ofensivo	AMERICA SUL - EUROPA
129	Diego Maradona	Barcelona (Espanha)	Nárpoles (Itália)	1984	6.970.000,00	23	Meia Ofensivo	EUROPA - EUROPA
130	Francesco Toldo	Fiorentina (Itália)	Internazionale de Milão (Itália)	2001	26.500.000,00	29	Goleiro	EUROPA - EUROPA
131	Jordan Pickford	Sunderland (Inglaterra)	Everton (Inglaterra)	2017	28.500.000,00	23	Goleiro	EUROPA - EUROPA
132	Manuel Neuer	Schalke (Alemanha)	Bayern (Alemanha)	2011	30.000.000,00	25	Goleiro	EUROPA - EUROPA
133	Cillessen	Barcelona (Espanha)	Valencia (Espanha)	2019	35.000.000,00	30	Goleiro	EUROPA - EUROPA
134	Neto	Valencia (Espanha)	Barcelona (Espanha)	2019	35.000.000,00	30	Goleiro	EUROPA - EUROPA
135	Thibaut Coutois	Chelsea (Inglaterra)	Real Madrid (Espanha)	2018	35.000.000,00	26	Goleiro	EUROPA - EUROPA
136	Kepa	Athletic Bilbao (Espanha)	Chelsea (Inglaterra)	2018	80.000.000,00	23	Goleiro	EUROPA - EUROPA
137	Handanovic	Udinese Calcio (Itália)	Inter de Milão (Itália)	2012	15.000.000,00	28	Goleiro	EUROPA - EUROPA
138	Hugo Lloris	Olympique Lyon (França)	Tottenham (Inglaterra)	2012	12.600.000,00	25	Goleiro	EUROPA - EUROPA
139	David de Gea	Atlético de Madrid (Espanha)	Manchester United (Inglaterra)	2011	25.000.000,00	20	Goleiro	EUROPA - EUROPA
140	Ter Stegen	M'gladbach (Alemanha)	Barcelona (Espanha)	2014	12.000.000,00	22	Goleiro	EUROPA - EUROPA
141	Jan Oblak	SL Benfica (Portugal)	Atlético de Madrid (Espanha)	2014	16.000.000,00	21	Goleiro	EUROPA - EUROPA
142	Oscar	São Paulo (Brasil)	Internacional (Brasil)	2012	6.000.000,00	20	Meia Ofensivo	BRASIL - BRASIL
143	Ronaldo	Cruzeiro (Brasil)	PSV (Holanda)	1994	5.480.000,00	17	Atacante	BRASIL - EUROPA
144	Ronaldo	Inter de Milão (Itália)	Real Madrid (Espanha)	2002	45.000.000,00	26	Atacante	EUROPA - EUROPA
145	Ronaldinho Gaúcho	Paris SG (França)	Barcelona (Espanha)	2003	32.250.000,00	23	Atacante	EUROPA - EUROPA
146	Ronaldinho Gaúcho	Barcelona (Espanha)	AC Milan (Itália)	2008	24.150.000,00	28	Atacante	EUROPA - EUROPA
147	Romário	PSV Eindhoven (Holanda)	Barcelona (Espanha)	1993	12.000.000,00	27	Atacante	EUROPA - EUROPA
148	Lothar Matthäus	Bayern (Alemanha)	Inter de Milão (Itália)	1988	3.600.000,00	27	Meia Defensivo	EUROPA - EUROPA
149	Johan Cruijff	Ajax (Holanda)	Barcelona (Espanha)	1973	2.000.000,00	26	Meia Ofensivo	EUROPA - EUROPA

150	Beckenbauer	Bayern (Alemanha)	NY Cosmos (Estados Unidos)	1977	900.000,00	32	Zagueiro	EUROPA - AMERICA NORTE
151	Zinedine Zidane	Bordéus (França)	Juventus (Itália)	1996	3.500.000,00	24	Meia Ofensivo	EUROPA - EUROPA
152	Di Stéfano	River Plate (Argentina)	Real Madrid (Espanha)	1953	217.000,00	27	Atacante	AMERICA SUL - EUROPA
153	Mbappé	Mónaco (França)	Paris SG (França)	2018	135.000.000,00	19	Atacante	EUROPA - EUROPA
154	Lucas Romero	Cruzeiro (Brasil)	Independiente (Argentina)	2019	4.500.000,00	25	Meio Defensivo	BRASIL - AMERICA SUL
155	Taffarel	Atlético Mineiro (Brasil)	Galatasaray (Turquia)	1998	1.800.000,00	32	Goleiro	BRASIL - EUROPA / ÁSIA
156	Luciano	CD Leganés (Espanha)	Grêmio (Brasil)	2019	1.000.000,00	26	Atacante	EUROPA - BRASIL
157	Dedé	Vasco da Gama (Brasil)	Cruzeiro (Brasil)	2013	5.000.000,00	24	Defesa Central	BRASIL - BRASIL
158	Zé Rafael	Bahia (Brasil)	Palmeiras (Brasil)	2019	3.250.000,00	25	Meia Esquerda	BRASIL - BRASIL
159	Juan Pablo Sorin	River Plate (Argentina)	Cruzeiro (Brasil)	2000	5.000.000,00	23	Lateral Esquerda	AMERICA SUL - BRASIL
160	Oscar	Chelsea (Inglaterra)	SIPG (China)	2016	60.300.000,00	24	Meia Ofensivo	EUROPA - ÁSIA

Fonte: *Elaborado pelos autores.*

3. VARIÁVEIS ADOTADAS NO TRATAMENTO ESTATÍSTICO (TRATAMENTO CIENTÍFICO)

A amostragem destacada no capítulo anterior foi submetida a um tratamento estatístico (tratamento científico), no qual foram definidas as seguintes variáveis:

- variável independente: valor de transferência (valor de mercado) do atleta.
- variáveis independentes:
  - □ idade: variável quantitativa aplicada para indicar a idade do atleta na data da transferência;
  - □ posições: para diferenciar a posição em que cada atleta atua, foram adotadas três variáveis dicotômicas:
    - ◇ goleiro (sim ou não);
    - ◇ defensor (sim ou não);
    - ◇ meia ofensivo (sim ou não).
  - □ ano da transferência: variável quantitativa aplicada para indicar o ano em que ocorreu cada transferência;
  - □ mercado: variável qualitativa (códigos alocados) aplicada para indicar os mercados em que ocorreram as transferências. Opções:
    - ◇ 1 = mercado interno, principalmente América do Sul;
    - ◇ 2 = mercado de retorno da Europa principalmente para a América do Sul ou países emergentes de baixa relevância no futebol;
    - ◇ 3 = mercado de transferência da América do Sul para a Europa;
    - ◇ 4 = mercado de transferência entre clubes europeus.
  - □ protagonismo: variável qualitativa (códigos alocados) aplicada para indicar o protagonismo de cada atleta pesquisado. Opções:
    - ◇ 1 = jogadores comuns (coadjuvantes);
    - ◇ 2 = jovens promessas ou jogadores de nível médio;
    - ◇ 3 = jogadores de alto nível;
    - ◇ 4 = jogadores diferenciados, decisivos, imprescindíveis à sua equipe e à seleção de seu País.

4. ANÁLISE DO TRATAMENTO ESTATÍSTICO (TRATAMENTO CIENTÍFICO)

O tratamento científico foi realizado com o software Infer 32. Os principais parâmetros de consistência do modelo estatístico são destacados a seguir:

- número de elementos da amostra: 160;
- número de variáveis independentes: 7;
- coeficiente de correlação r: 0,9235;

- coeficiente de determinação r²: 0,8529;
- coeficiente r² ajustado: 0,8462;
- significância do modelo: -1,1x10-17 %;
- outliers: 7 dados (4,38 % da amostragem)
- significância dos regressores: as 7 variáveis independentes adotadas foram relevantes na formação do modelo.

É importante destacar que o referido software, para gerar os modelos estatísticos, foi configurado na função "padrão". As equações geradas foram ordenadas pela significância dos regressores. Convém ressaltar que foi escolhido o primeiro modelo obtido.

Em relação às variáveis dicotômicas e qualitativas (códigos alocados) foi respeitado o número mínimo de dados para cada característica, conforme destacado a seguir:

- posição:
  - goleiro: 16 atletas da posição (10,00 % da amostragem) e 143 atletas de outras posições;
  - defensor: 38 atletas da posição (23,75% da amostragem) e 122 atletas de outras posições;
  - meia ofensivo / atacante: 106 atletas da posição (67,50% da amostragem) e 54 atletas de outras posições;
- Mercado:
  - 18 atletas na característica 1 (11,25% da amostragem);
  - 16 atletas na característica 2 (10,00% da amostragem);
  - 20 atletas na característica 3 (12,50% da amostragem);
  - 106 atletas na posição 4 (66,25% da amostragem).
- Protagonismo:
  - 25 atletas na característica 1 (15,63% da amostragem);
  - 76 atletas na característica 2 (47,50% da amostragem);
  - 41 atletas na característica 3 (25,62% da amostragem);
  - 18 atletas na posição 4 (11,25% da amostragem).

É importante destacar que, de acordo com o subitem A.2, do Anexo A, da NBR 14653-2:2011, para se evitar a micronumerosidade, caso a amostragem seja composta de mais de 100 dados, o número mínimo de dados efetivamente utilizados no modelo de mesma característica, no caso de utilização de variáveis dicotômicas e variáveis qualitativas expressas por códigos alocados, deve ser maior ou igual a 10 dados.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O modelo estatístico obtido apresentou os seguintes resultados em relação ao comportamento das variáveis independentes aplicadas.

5.1. Comportamento da variável independente quantitativa "idade":

Foram considerados atletas de 18, 20, 25, 30 e 35 anos, atuando na posição de goleiro, jovens promessas / nível médio, com transferências realizadas em 2019 no mercado europeu. Os resultados obtidos foram:

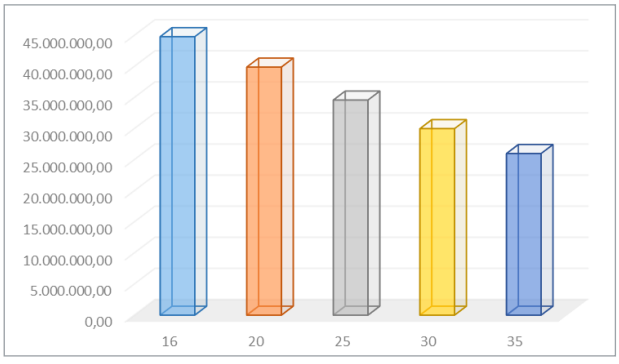
***Tabela 2** - Valores de mercado em função da idade do atleta.*

IDADE (ANOS)	VALOR DE MERCADO (EUROS)	VARIAÇÃO (%)
16	44.800.000,00	
20	39.900.000,00	89
25	34.600.000,00	87
30	30.000.000,00	87
35	26.000.000,00	87

***Fonte:** Elaborado pelos autores.*

Portanto, a idade é inversamente proporcional ao valor de transferência (valor de mercado) do atleta, ou seja, quanto mais velho o atleta, menor o seu valor de mercado. A desvalorização a cada intervalo de 5 anos foi praticamente constante, na faixa de 13 %. Analisando os extremos, um atleta no início de carreira com 16 anos, e depois no fim de sua carreira, com 35 anos, sofre uma desvalorização de aproximadamente 42 %, considerando apenas sua idade.

***Figura 1** - Gráfico da variação do valor de mercado do atleta em função de sua idade.*



***Fonte:** Elaborado pelos autores.*

5.2. Comportamento das variáveis independentes dicotômicas de "posição":

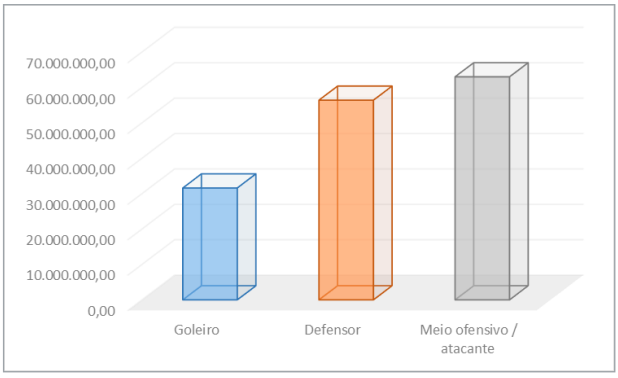
Foi considerado um atleta de 26 anos, de alto nível técnico, com transferência realizada em 2019, do mercado interno (América do Sul) para a Europa. Os resultados obtidos, conforme a posição desse atleta no time, foram:

***Tabela 3** - Valores de mercado em função da posição em que atua o atleta.*

POSIÇÃO	VALOR DE MERCADO (EUROS)	VARIAÇÃO (%)
Goleiro	31.600.000,00	
Defensor	56.400.000,00	178
Meio ofensivo / atacante	63.000.000,00	112

***Fonte:** Elaborado pelos autores.*

***Figura 2** - Gráfico da variação do valor de mercado do atleta em função da posição em que atua em campo.*



***Fonte:** Elaborado pelos autores.*

Os resultados mostram que a posição de menor valorização em uma equipe de futebol é a de goleiro e a mais valorizada é a de atacante. De acordo com o tratamento estatístico, o valor de mercado de um atacante é praticamente o dobro do valor de mercado de um goleiro, mantidas as outras variáveis (características do atleta).

5.3. Comportamento da variável independente quantitativa "ano da transferência":

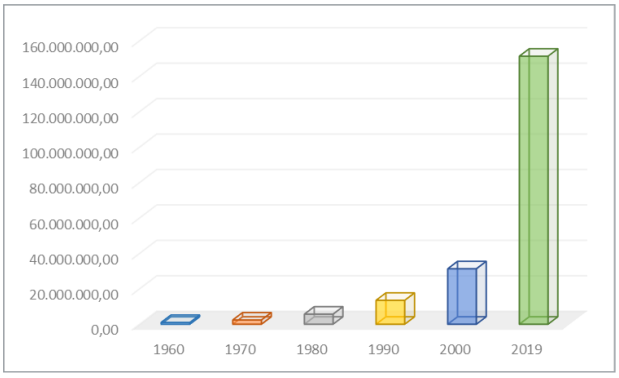
Foi considerado um atleta de nível diferenciado, com 28 anos, atuando na posição de atacante, com transferências realizadas no mercado europeu. Os resultados obtidos nos anos de 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 e 2019 foram:

***Tabela 4** - Valores de mercado em função do ano em que ocorreu a transferência do atleta.*

ANO	VALOR DE MERCADO (EUROS)	VARIAÇÃO (%)
1960	1.000.000,00	
1970	2.400.000,00	240
1980	5.700.000,00	238
1990	13.500.000,00	236
2000	31.300.000,00	231
2019	151.300.000,00	483

***Fonte:** Elaborado pelos autores.*

***Figura 3** - Gráfico da variação do valor de mercado do atleta em função do ano (década) em que ocorreu a transferência.*



***Fonte:** Elaborado pelos autores.*

Os resultados mostram que o futebol, até a década de 1980, não era um negócio tão atrativo e rentável como atualmente. Na década de 1960 um atleta de alto nível seria transferido no mercado europeu por 1.000.000 de euros.

A partir da década de 1990 o negócio futebol subiu de patamar, sendo que a valorização deste negócio coincide com o crescimento de entidade FIFA.

Entretanto, nos últimos 20 anos o esporte deu um significativo salto em termos de mídia, marketing e valorização dos clubes e dos atletas, principalmente no mercado europeu. Atualmente, um atleta com 28 anos, de nível diferenciado, transferido entre grandes clubes europeus, tem seu valor de mercado na faixa de 150.000.000 de euros.

5.4. Comportamento da variável independente qualitativa (códigos alocados) "mercado":

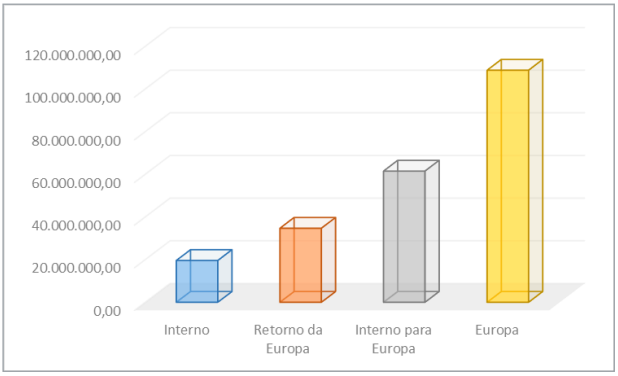
Foi considerado um atleta de alto nível, com 23 anos, atuando na posição de defensor, com transferências realizadas em 2019. Os resultados obtidos, de acordo com o mercado no qual foi realizada a transferência, foram:

Tabela 5 *- Valores de mercado em função do mercado em que ocorreu a transferência do atleta.*

MERCADO	VALOR DE MERCADO (EUROS)	VARIAÇÃO (%)
Interno	19.600.000,00	
Retorno da Europa	34.700.000,00	177
Interno para Europa	61.500.000,00	177
Europa	108.800.000,00	177

Fonte: *Elaborado pelos autores.*

Figura 4 *- Gráfico da variação do valor de mercado do atleta em função do mercado em que a transferência foi realizada.*



Fonte: *Elaborado pelos autores.*

Portanto, um jogador de alto nível, transferido dentro do mercado interno da América do Sul, tem seu valor de mercado na faixa de 19.600.000 de euros. Caso esse jogador seja transferido do mercado interno para a Europa, o seu valor de mercado passa a ser de 61.500.000 de euros, ou seja, esta mudança de mercado provoca uma valorização de 314 % no valor de mercado do atleta. No caso deste jogador ser transferido entre clubes do mercado europeu, seu valor de mercado salta para 108.800.000 de euros. A mudança de mercado gera uma valorização de 177 %. Se o atleta, ao se transferir do mercado interno para a Europa, não se adaptar e retornar ao mercado interno ou for transferido para um mercado emergente, mas sem relevância no futebol, seu valor de mercado passa a ser de 34.700.000 de euros, o que representa uma desvalorização de 56 % em relação à transferência do mercado interno para a Europa.

5.5. Comportamento da variável independente qualitativa (códigos alocados) "protagonismo":

Foi considerado um atleta com 22 anos, atuando na posição de meia ofensivo/atacante, com transferências realizadas em 2019 no mercado europeu. Os resultados obtidos, de acordo com o protagonismo deste atleta, foram:

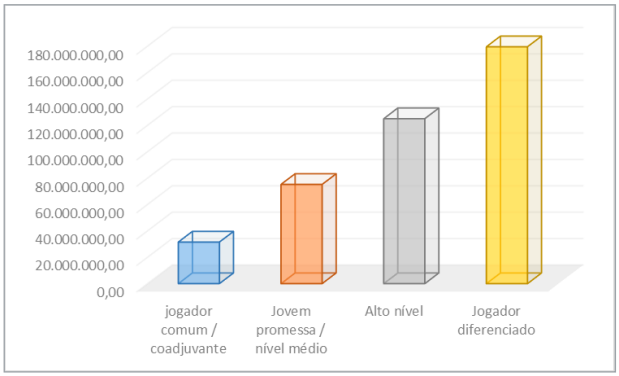
Tabela 6 *- Valores de mercado em função do protagonismo do atleta.*

PROTAGONISMO	VALOR DE MERCADO (EUROS)	VARIAÇÃO (%)
Jogador comum / coadjuvante	31.500.000,00	
Jovem promessa / nível médio	75.200.000,00	239
Alto nível	125.000.000,00	166
Jogador diferenciado	179.500.000,00	144

Fonte: *Elaborado pelos autores.*

Um jogador comum (coadjuvante), mesmo com baixa idade, não é muito valorizado se comparado com os demais patamares de protagonismo, possuindo valor de mercado na ordem de 31.500.000 euros. Já se o jogador for uma jovem promessa ou nível médio, há uma valorização significativa de 239 %, sendo que seu valor de mercado passa a ser de 75.200.000 euros. Tratando-se de um atleta de alto nível, a valorização em relação ao protagonismo anterior é de 166 %, passando o valor de mercado a ser de 125.000.000 de euros. Caso seja um jogador diferenciado, o seu valor de mercado atinge 179.500.000 de euros, o que representa uma valorização de 144 % em relação ao protagonismo anterior. Analisando os extremos, um atleta de nível diferenciado vale 5,7 vezes mais que um jogador comum. É importante destacar também que a variação, com o crescimento do protagonismo do atleta, é muito significativa; porém, vai diminuindo à medida que o protagonismo aumenta.

Figura 5 *- Gráfico da variação do valor de mercado do atleta em função do seu protagonismo.*



Fonte: *Elaborado pelos autores.*

5.6. Análise da evolução da carreira de um jogador, com a alteração de duas ou mais variáveis independentes simultaneamente

Considera-se, inicialmente, um atleta que joga de meia ofensivo / atacante, que tenha surgido no Brasil, com 17 anos, apontado pelos analistas de futebol como uma jovem promessa. Este jogador, em uma transferência interna em 2007, teria o valor de mercado de 5.800.000 euros.

Passados 4 anos, este atleta, com 21 anos, consolida sua carreira e sobe de protagonismo, passando a ser considerado um atleta de alto nível. Este atleta, ao se transferir do mercado interno para a Europa em 2011, teria o valor de mercado de 37.550.000 euros. Portanto, mesmo 4 anos mais velho, o atleta teve uma valorização de 647 %, provocada pela sua transferência para a Europa e pelo crescimento de seu protagonismo.

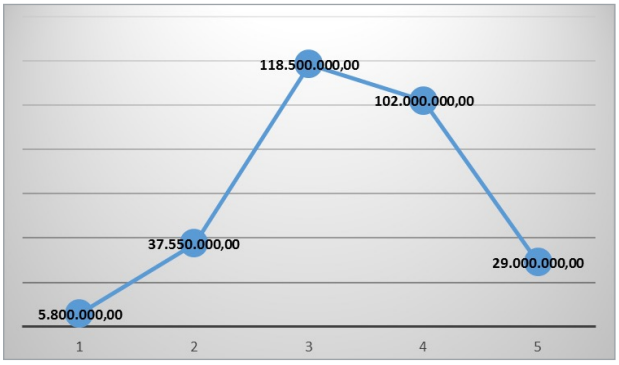
Transcorridos mais 4 anos, este atleta, então com 25 anos, conquista uma Copa do Mundo FIFA com a seleção de seu país, tornando-se o principal jogador da competição, sendo eleito em seguida pela FIFA como o maior jogador do mundo. Novamente ocorre um crescimento de seu protagonismo, que atinge o patamar máximo (atleta diferenciado). Este jogador, em uma transferência entre grandes clubes da Europa em 2015, teria o valor de mercado de 118.500.000 euros. Portanto, mesmo 4 anos mais velho, este atleta teve uma valorização significativa de 316 % em razão do seu crescimento profissional e da transferência realizada no mercado mais rico do futebol mundial.

Após mais 4 anos, este atleta, com 29 anos, começa a se aproximar do final de sua carreira profissional. Em razão de problemas físicos passa a disputar menos partidas, se torna menos decisivo e deixa de ser um jogador diferenciado, mas ainda mantém alto nível técnico. Este jogador ainda possui mercado entre os grandes clubes da Europa, e em uma nova transferência em 2019 o seu valor de mercado seria de R$ 102.000.000,00. A sua desvalorização ocorreu, principalmente, pelo seu declínio técnico.

Transcorridos mais 4 anos, este atleta, com 33 anos, ainda mantém alto nível técnico, mas perde mercado na Europa em razão de sua idade. Porém, desperta interesse em um mercado emergente no futebol mundial, mas de baixo nível técnico. Este jogador então, em uma transferência da Europa para um mercado emergente, teria o seu valor de mercado na faixa de 29.000.000 de euros. A desvalorização do atleta é significativa em razão, principalmente, da sua idade elevada e da transferência para um mercado de baixa relevância no cenário mundial.

Portanto, é possível constatar que o atleta teve seu auge na carreira dos 17 aos 25 anos. Desta idade até os 29 anos a carreira do jogador sofre um leve declínio. Ao atingir 33 anos, com sua vida útil como atleta praticamente esgotada nos mercados competitivos do futebol, seu valor de mercado tem um declínio muito acentuado.

***Figura 6** - Gráfico da evolução da carreira de um jogador com o decorrer dos anos. No eixo das abcissas, a posição 1 se refere ao ano de 2007, estando o atleta com 17 anos, apontado como jovem promessa, sendo transferido no mercado interno. A posição 2 se refere ao ano de 2011, estando o jogador com 21 anos, tendo evoluído para um atleta de alto nível, transferindo-se do mercado interno para Europa. A posição 3 se refere ao ano de 2015, estando o jogador com 25 anos, tendo atingido o patamar máximo de protagonismo, transferindo-se entre clubes do mercado europeu. A posição 4 se refere ao ano de 2019, estando o jogador com 29 anos, regredindo o protagonismo máximo para atleta de alto nível, transferindo-se entre clubes do mercado europeu. A posição 5 se refere ao ano de 2023, estando o atleta com 33 anos, mantendo o protagonismo de alto nível e se transferindo da Europa para um mercado emergente de baixa relevância.*



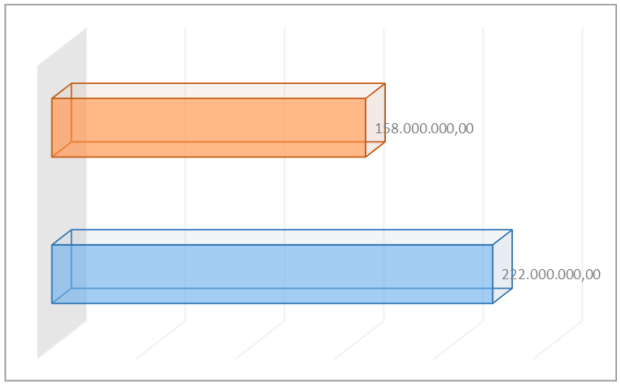
***Fonte:** Elaborado pelos autores.*

5.7. Análise do caso Neymar

Em 2017 o jogador brasileiro Neymar se transferiu do Barcelona para o Paris Saint Germain por 222.000.000 de euros, maior transferência do futebol mundial até então. De acordo com o modelo estatístico obtido neste trabalho, o valor de mercado máximo admissível para esse atleta seria de 158.000.000 de euros. Este valor foi obtido com as seguintes variáveis independentes:

- idade: 25 anos;
- posição: meia ofensivo / atacante;
- ano da transferência: 2017;
- mercado: europeu;
- protagonismo: atleta diferenciado.

***Figura 7** - Gráfico comparativo do valor de transferência do atleta Neymar com o seu valor de mercado, para a mesma época da transferência, obtido no tratamento estatístico.*



***Fonte:** Elaborado pelos autores.*

A expressiva diferença de valores encontrada, de 64.000.000 de euros, pode ser justificada pela expectativa do PSG em relação ao retorno técnico e financeiro que a equipe poderia ter com a presença de Neymar, além da geração de diversas receitas provocadas pela contratação do atleta, considerado uma estrela mundial. Dentre os principais fatores formadores da expectativa, destacam-se:

- aumento significativo na venda de bilhetes para a temporada;
- crescimento do número de sócios;
- aumento significativo na venda de camisas;
- crescimento de marketing e mídia em torno do clube;
- possibilidade real de conquista do título mais importante da Europa, a "Champions League".

Entretanto, transcorridos dois anos de sua contratação, a maior parte da expectativa gerada em torno da contratação de Neymar não se concretizou. Prova disso é que atualmente tem se especulado a transferência do jogador para outro grande clube da Europa. De acordo com matéria publicada no site globo.com no dia 29 de julho de 2019, o PSG aceitaria negociar Neymar por R$ 176 milhões a menos do que pagou.

***Figura 8** - Trecho da reportagem sobre a possível transferência do atleta Neymar.*

MENU ge

FUTEBOL INTERNACIONAL

PSG aceita negociar Neymar por R$ 176 milhões a menos do que pagou, diz jornal catalão

Segundo o "Sport", time francês está disposto a baixar de 300 milhões de euros, o pedido inicial, para 180 milhões de euros e tenta negociar o atacante brasileiro com Barcelona

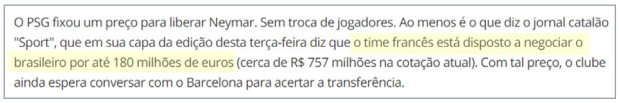
Por GloboEsporte.com — Barcelona

29/07/2019 21h02 · Atualizado há 6 dias

***Fonte:** Site globo.com.*

Segundo a reportagem, o PSG aceitaria negociar o atleta por até 180 milhões de euros.

***Figura 9** – Mais um trecho da reportagem sobre a possível transferência do atleta Neymar.*


O PSG fixou um preço para liberar Neymar. Sem troca de jogadores. Ao menos é o que diz o jornal catalão "Sport", que em sua capa da edição desta terça-feira diz que o time francês está disposto a negociar o brasileiro por até 180 milhões de euros (cerca de R$ 757 milhões na cotação atual). Com tal preço, o clube ainda espera conversar com o Barcelona para acertar a transferência.

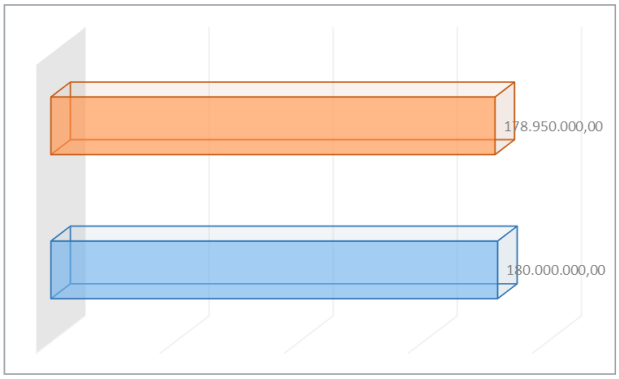
***Fonte:** Site globo.com.*

De acordo com o modelo estatístico adotado neste trabalho, o valor de mercado atual máximo admissível para o atleta Neymar seria de 178.950.000 euros. Este valor foi obtido com as seguintes variáveis independentes:

- idade: 27 anos;
- posição: meia ofensivo / atacante;
- ano da transferência: 2019;
- mercado: europeu;
- protagonismo: atleta diferenciado.

A diferença encontrada, de apenas 1.050.000 euros, pode ser considerada desprezível, o que confirma a coerência e a consistência do modelo estatístico obtido neste trabalho.

***Figura 10** - Gráfico comparativo do valor atual especulado para uma possível transferência do atleta Neymar com o seu valor de mercado atual, obtido no tratamento estatístico.*



***Fonte:** Elaborado pelos autores.*

6. CONCLUSÕES

Este trabalho procurou demonstrar que o conhecimento técnico-científico do profissional (arquiteto, engenheiro) de avaliações pode ser aplicado na avaliação de bens e ativos incomuns, tal como o mercado de transferência de atletas de futebol.

Neste mercado, os valores de transferência geralmente são definidos pelos agentes e empresários dos atletas. Os agentes têm função análoga à dos corretores no caso da avaliação de imóveis, pois determinam o valor de transferência do atleta com base na experiência e no conhecimento do mercado, mas sem nenhum tipo de fundamentação técnica.

O engenheiro de avaliações, além de estudar e ter conhecimento sobre o mercado em que está atuando, define o valor de mercado do bem de forma científica, através da formação de uma amostragem representativa, do tratamento estatístico da mesma e da análise técnica criteriosa dos resultados obtidos, seguindo os procedimentos definidos pelas normas técnicas de avaliação publicadas pela ABNT.

Usando como exemplo um caso prático, este trabalho mostrou que, no caso específico da transferência do atleta Neymar do Barcelona para o PSG, uma consultoria prestada por um profissional de avaliações demonstraria que o valor pago pelo clube francês foi bem superior (64 milhões de euros a mais) do que o valor de mercado real deste atleta.

Este tipo de trabalho técnico também pode indicar a uma equipe de futebol o valor de mercado admissível para ser investido em uma jovem promessa, o momento em que este atleta vai atingir o auge de sua carreira e também, caso seja de interesse do clube, o momento certo para se negociar o atleta, obtendo-se o retorno do investimento inicial e o máximo lucro possível.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1:** Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2:** Avaliação de bens Parte 2: Imóveis Urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 54 p.

https://www.transfermarkt.pt

https://www.goal.com

https://www.globo.com

ANEXO (TRATAMENTO ESTATÍSTICO)

Amostra

Nº Am.	Valor de Mercado	Idade	Goleiro	Defensor	Meia Ofensivo / Atacante
1	222.000.000,00	25	1	1	2
2	160.000.000,00	25	1	1	2
3	112.000.000,00	33	1	1	2
4	105.000.000,00	22	1	2	1
5	105.000.000,00	19	1	1	2
6	100.800.000,00	23	1	1	2
7	94.000.000,00	24	1	1	2
8	90.000.000,00	28	1	1	2
9	86.200.000,00	21	1	1	2
10	84.800.000,00	23	1	1	2
11	84.000.000,00	26	1	2	1
12	82.300.000,00	27	1	1	2
13	80.000.000,00	22	1	1	2
14	78.900.000,00	24	1	1	2
15	77.500.000,00	28	1	1	2
16	75.000.000,00	25	2	1	1
17	75.000.000,00	23	1	1	2
18	74.600.000,00	25	1	1	2
19	70.000.000,00	23	1	2	1
20	69.500.000,00	27	1	1	2
21	69.100.000,00	20	1	1	2
22	65.000.000,00	26	1	1	2
23	64.500.000,00	25	1	1	2
24	63.750.000,00	28	1	1	2
25	62.500.000,00	26	1	2	1
26	61.600.000,00	26	1	1	2
27	60.000.000,00	27	1	1	2
28	59.000.000,00	26	1	1	2
29	58.200.000,00	22	1	2	1
30	58.000.000,00	21	1	2	1
31	57.500.000,00	22	1	2	1
32	56.700.000,00	26	1	2	1
33	55.000.000,00	24	1	1	2
34	52.000.000,00	23	2	1	1
35	51.700.000,00	22	1	2	1
36	51.000.000,00	26	1	2	1
37	50.000.000,00	22	1	1	2
38	50.000.000,00	24	1	1	2
39	49.300.000,00	19	1	1	2
40	49.000.000,00	25	1	1	2
41	47.000.000,00	24	1	1	2
42	46.000.000,00	25	1	1	2

43	46.000.000,00	23	1	2	1
44	5.480.000,00	17	1	1	2
45	46.000.000,00	25	1	1	2
46	46.000.000,00	26	1	1	2
47	45.800.000,00	24	1	1	2
48	45.000.000,00	21	1	1	2
49	45.000.000,00	23	1	1	2
50	45.000.000,00	23	1	2	1
51	45.000.000,00	22	1	2	1
52	43.900.000,00	29	1	1	2
53	43.000.000,00	24	1	1	2
54	43.000.000,00	26	1	1	2
55	42.500.000,00	25	1	1	2
56	42.000.000,00	21	1	1	2
57	42.000.000,00	27	1	2	1
58	42.000.000,00	27	1	1	2
59	42.000.000,00	29	1	2	1
60	41.500.000,00	29	1	2	1
61	41.300.000,00	22	1	1	2
62	41.200.000,00	23	1	2	1
63	41.000.000,00	23	1	1	2
64	41.000.000,00	27	1	1	2
65	40.000.000,00	22	1	2	1
66	40.000.000,00	28	1	1	2
67	40.000.000,00	22	1	1	2
68	40.000.000,00	25	1	1	2
69	40.000.000,00	25	1	1	2
70	40.000.000,00	23	1	2	1
71	40.000.000,00	23	1	2	1
72	40.000.000,00	27	1	2	1
73	40.000.000,00	23	2	1	1
74	40.000.000,00	20	1	2	1
75	39.600.000,00	28	1	2	1
76	39.000.000,00	22	1	1	2
77	39.000.000,00	23	1	2	1
78	38.500.000,00	25	1	1	2
79	38.000.000,00	22	1	2	1
80	38.000.000,00	22	1	1	2
81	38.000.000,00	27	1	1	2
82	38.000.000,00	25	1	1	2
83	38.000.000,00	25	1	1	2
84	38.000.000,00	21	1	2	1
85	38.000.000,00	27	1	2	1
86	38.000.000,00	21	1	1	2
87	37.500.000,00	27	1	1	2
88	37.500.000,00	18	1	2	1

89	35.000.000,00	20	1	1	2
90	45.000.000,00	16	1	1	2
91	45.000.000,00	17	1	1	2
92	43.000.000,00	19	1	1	2
93	32.710.000,00	18	1	1	2
94	32.000.000,00	20	1	1	2
95	30.000.000,00	21	1	2	1
96	25.000.000,00	19	1	1	2
97	13.500.000,00	24	1	1	2
98	13.500.000,00	18	1	1	2
99	14.000.000,00	20	1	1	2
100	15.000.000,00	23	1	1	2
101	15.000.000,00	21	1	2	1
102	15.000.000,00	19	1	1	2
103	13.000.000,00	25	1	1	2
104	20.166.666,67	21	1	1	2
105	10.000.000,00	24	1	1	2
106	13.500.000,00	23	1	1	2
107	9.179.487,18	22	1	1	2
108	9.428.571,43	24	1	1	2
109	5.428.571,43	27	1	1	2
110	5.142.857,14	22	1	1	2
111	8.333.333,33	21	1	2	1
112	4.693.877,55	28	1	1	2
113	5.045.454,55	27	1	1	2
114	5.666.666,67	30	1	2	1
115	6.285.714,29	28	1	1	2
116	5.914.285,71	29	1	1	2
117	7.880.000,00	21	1	1	2
118	4.921.052,63	23	1	1	2
119	6.000.000,00	24	1	1	2
120	5.285.714,29	26	1	1	2
121	7.608.695,65	30	1	1	2
122	4.461.538,46	26	1	1	2
123	3.863.636,36	25	1	1	2
124	4.256.410,26	31	1	1	2
125	4.342.105,26	23	1	1	2
126	6.480.000,00	27	1	1	2
127	1.250.000,00	20	1	1	2
128	8.000.000,00	21	1	1	2
129	6.970.000,00	23	1	1	2
130	26.500.000,00	29	2	1	1
131	28.500.000,00	23	2	1	1
132	30.000.000,00	25	2	1	1
133	35.000.000,00	30	2	1	1
134	35.000.000,00	30	2	1	1

135	35.000.000,00	26	2	1	1
136	80.000.000,00	23	2	1	1
137	15.000.000,00	28	2	1	1
138	12.600.000,00	25	2	1	1
139	25.000.000,00	20	2	1	1
140	12.000.000,00	22	2	1	1
141	16.000.000,00	21	2	1	1
142	6.000.000,00	27	1	1	2
143	5.480.000,00	17	1	1	2
144	45.000.000,00	26	1	1	2
145	32.250.000,00	23	1	1	2
146	24.150.000,00	28	1	1	2
147	12.000.000,00	27	1	1	2
148	3.600.000,00	27	1	2	1
149	2.000.000,00	26	1	1	2
150	900.000,00	32	1	2	1
151	3.500.000,00	24	1	1	2
152	217.000,00	27	1	1	2
153	135.000.000,00	19	1	1	2
154	4.500.000,00	25	1	2	1
155	1.800.000,00	32	2	1	1
156	1.000.000,00	26	1	1	2
157	5.000.000,00	24	1	2	1
158	3.250.000,00	25	1	2	1
159	5.000.000,00	23	1	2	1
160	60.300.000,00	24	1	1	2

Nº Am.	Ano da Transferência	Mercado	Protagonismo	«Atleta»
1	2017	4	4	Neymar
2	2018	4	3	Coutinho
3	2018	4	4	Cristiano Ronaldo
4	2016	4	3	Paul Pogba
5	2017	4	2	Ousmané Dembélé
6	2013	4	3	Gareth Bale
7	2009	4	4	Cristiano Ronaldo
8	2016	4	2	Gonzalo Higuain
9	2013	3	3	Neymar
10	2017	4	2	Romelu Lukaku
11	2018	4	2	Virgil Van Dijk
12	2014	4	3	Luis Suárez
13	2014	4	3	James Rodriguez
14	2017	4	3	Álvaro Morata
15	2001	4	4	Zinedine Zidane
16	2018	4	3	Alisson Becker
17	2015	4	3	Kevin De Bruyne
18	2014	4	2	Angel Di Maria

19	2018	4	3	Aymeric Laporte
20	2009	4	3	Zlatan Ibrahimovic
21	2015	4	2	Raheem Sterling
22	2009	4	3	Kaka
23	2013	4	3	Edinson Cavani
24	2018	4	2	Aubmeyang
25	2014	4	2	David Luiz
26	2015	4	2	Angel Di Maria
27	2000	4	4	Luis Figo
28	2011	4	3	Fernando Torres
29	2017	4	2	Bejamin Mendy
30	2016	4	2	John Stones
31	2017	4	2	Bejamin Mendy
32	2017	4	2	Kyle Walker
33	2000	4	3	Hernan Crespo
34	2001	4	4	Gianluigi Buffon
35	2014	4	2	Eliquim Mangala
36	2017	4	2	Kyle Walker
37	2017	4	2	Bernardo Silva
38	2017	4	2	Gylfi Sigurdsson
39	2015	4	2	Anthony Martial
40	1999	4	3	Christian Vieri
41	2013	4	3	Mesut Ozil
42	2001	4	3	Juan Sebastian Veron
43	2002	4	3	Rio Ferdinand
44	1994	3	4	Ronaldo
45	2014	4	2	Juan Mata
46	2017	4	2	Douglas Costa
47	2015	4	2	Christian Benteke
48	2013	4	3	James Rodriguez
49	2016	4	2	Joao Mario
50	2016	4	2	Granit Xhaka
51	2017	4	2	Tiemouse Bakayoko
52	2006	4	3	Andriy Shevchenko
53	2008	4	2	Robinho
54	2013	4	3	Radamel Falcao
55	2014	4	2	Alexis Sanchez
56	2011	4	2	Javier Pastore
57	2012	4	3	Thiago Silva
58	2016	4	2	Henrikh Mkhitaryan
59	2017	4	2	Leonardo Bonucci
60	2001	4	3	Lilian Thuram
61	2011	4	2	Andy Caroll
62	2016	4	2	Shkodran Mustafi
63	2015	4	3	Roberto Firmino
64	2001	4	3	Marc Overmars

65	2017	4	2	T. Bakayoko
66	2010	4	3	David Villa
67	2011	4	3	Sergio Aguero
68	2011	4	3	Radamel Falcao
69	2012	4	2	Hulk
70	2012	4	2	Axel Witsel
71	2012	4	2	Javi Martinez
72	2013	4	2	Ferdinandinho
73	2017	4	2	Ederson
74	2017	4	2	Davinson Sánchez
75	2016	4	2	David Luiz
76	2016	4	2	Michy Batshuayi
77	2017	4	2	Antonio Rudiger
78	2004	4	3	Didier Drogba
79	2005	4	2	Michel Essien
80	2007	4	3	Fernando Torres
81	2008	4	2	Dimitar Berbatov
82	2013	4	2	Gonzalo Higuain
83	2014	4	2	Diego Costa
84	2016	4	2	Eric Bailly
85	2016	4	2	Mats Hummels
86	2017	4	2	Andre Silva
87	2003	4	3	David Beckham
88	2014	4	2	Luke Shaw
89	2018	3	2	Lucas Paquetá
90	2017	3	2	Vinícius Júnior
91	2018	3	2	Rodrygo
92	2012	3	2	Lucas Moura
93	2016	3	2	Gabriel Jesus
94	2012	3	2	Oscar
95	2018	3	2	Arthur
96	2016	3	1	Gabigol
97	2010	3	2	Hernanes
98	2007	3	2	Willian
99	2009	3	1	Keirrison
100	2015	2	1	Ricardo Goulart
101	2012	3	1	Mário Fernandes
102	2013	3	2	Fred
103	2019	1	2	Giorgian De Arrascaeta
104	2005	1	2	Carlos Tévez
105	2018	2	1	Vitinho
106	2013	2	2	Alexandre Pato
107	2016	2	1	Nico López
108	2017	1	1	Miguel Borja
109	2019	1	1	Pablo
110	2019	2	1	Carlos Eduardo

111	2005	1	2	Javier Masherano
112	2019	1	1	Bruno Henrique
113	2018	1	1	Yimmi Chará
114	2016	2	1	Maicon
115	2017	2	1	Éverton Ribeiro
116	2017	1	2	Lucas Pratto
117	2012	2	1	André
118	2015	2	1	Dudu
119	2014	2	1	Giuliano
120	2017	2	1	Deyverson
121	2011	2	2	Luís Fabiano
122	2016	1	1	Miller Bolaños
123	2018	1	1	Diogo Barbosa
124	2016	2	1	Rafael Sóbis
125	2015	1	1	Marcelo Cirino
126	2012	2	1	Thiago Neves
127	1981	1	4	Diego Maradona
128	1982	3	4	Diego Maradona
129	1984	4	4	Diego Maradona
130	2001	4	3	Francesco Toldo
131	2017	4	2	Jordan Pickford
132	2011	4	3	Manuel Neuer
133	2019	4	2	Cillessen
134	2019	4	2	Neto
135	2018	4	2	Thibaut Coutois
136	2018	4	3	Kepa
137	2012	4	2	Handanovic
138	2012	4	2	Hugo Lloris
139	2011	4	3	David de Gea
140	2014	4	2	Ter Stegen
141	2014	4	2	Jan Oblak
142	2012	1	2	Oscar
143	1994	3	2	Ronaldo
144	2002	4	4	Ronaldo
145	2003	4	4	Ronaldinho Gaúcho
146	2008	4	4	Ronaldinho Gaúcho
147	1993	4	4	Romário
148	1988	3	4	Lothar Matthäus
149	1973	4	4	Johan Cruijff
150	1977	2	4	Beckenbauer
151	1996	4	3	Zinedine Zidane
152	1953	3	4	Di Stéfano
153	2018	4	3	Mbappé
154	2019	1	1	Lucas Romero
155	1998	3	3	Taffarel
156	2019	1	1	Luciano

157	2013	1	2	Dedé
158	2019	1	1	Zé Rafael
159	2000	1	3	Sorin
160	2016	2	3	Oscar

***Variáveis marcadas** com "«" e "»" não serão usadas nos cálculos.*

DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Variável *Dependente:*

- Valor de Mercado

Variáveis *Independentes:*

- Idade
- Goleiro
- Defensor
- Meia Ofensivo / Atacante
- Ano da Transferência
- Mercado
- Protagonismo

ESTATÍSTICAS BÁSICAS

Nº de elementos da amostra : 160
Nº de variáveis independentes : 7
Nº de graus de liberdade : 152
Desvio padrão da regressão : 0,4542

Variável	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
Ln(Valor de Mercado)	17,0304	1,1582	6,80%
Idade	24,12	3,2570	13,50%
1/Goleiro	0,9500	0,1504	15,84%
1/Defensor	0,8812	0,2134	24,22%
1/Meia Ofensivo / Atacante	0,6687	0,2371	35,46%
1/Ano da Transferência	$4{,}9727 \times 10^{-4}$	$2{,}4216 \times 10^{-6}$	0,49%
Mercado	3,34	1,0514	31,50%
Ln(Protagonismo)	0,7667	0,4085	53,28%

***Número mínimo** de amostragens para 7 variáveis independentes: 48.*

MODELO DA REGRESSÃO

Ln([Valor de Mercado]) = 69371 - 0,02850 x [Idade] - 27675 /[Goleiro] - 27676 /[Defensor] - 27676 /[Meia Ofensivo / Atacante] - 335073 /[Ano da Transferência] + 0,5716 x [Mercado] + 1,2561 x Ln([Protagonismo])

MODELO PARA A VARIÁVEL DEPENDENTE

[Valor de Mercado] = Exp(69371 - 0,02850 x [Idade] - 27675 /[Goleiro] - 27676 /[Defensor] - 27676 /[Meia Ofensivo / Atacante] - 335073 /[Ano da Transferência] + 0,5716 x [Mercado] + 1,2561 x Ln([Protagonismo]))

REGRESSORES DO MODELO

Intervalo de confiança de 80,00%.

Variáveis	Coeficiente	D. Padrão	Mínimo	Máximo
Idade	b1 = -0,0285	0,0112	-0,0429	-0,0140
Goleiro	b2 = -27674,8729	$6{,}8983x10^{8}$	$-8{,}8794x10^{8}$	$8{,}8788x10^{8}$
Defensor	b3 = -27676,0286	$6{,}8983x10^{8}$	$-8{,}8794x10^{8}$	$8{,}8788x10^{8}$
Meia Ofensivo / Atacante	b4 = -27676,2497	$6{,}8983x10^{8}$	$-8{,}8794x10^{8}$	$8{,}8788x10^{8}$
Ano da Transferência	b5 = $-3{,}3507x10^{5}$	19065,5329	$-3{,}5961x10^{5}$	$-3{,}1053x10^{5}$
Mercado	b6 = 0,5715	0,0457	0,5127	0,6304
Protagonismo	b7 = 1,2560	0,1366	1,0802	1,4319

CORRELAÇÃO DO MODELO

Coeficiente de correlação (r)_____: 0,9235
Valor t calculado_____: 29,69
Valor t tabelado (t crítico)_____: 2,609 (para o nível de significância de 1,00 %)
Coeficiente de determinação (r^2)____: 0,8529
Coeficiente r^2 ajustado_____: 0,8462

Classificação : *Correlação Fortíssima*

Fonte de erro	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	F calculado
Regressão	181,9219	7	25,9888	125,9
Residual	31,3689	152	0,2063	
Total	**213,2908**	**159**	**1,3414**	

F Calculado : 125,9
F Tabelado : 2,759 (para o nível de significância de 1,000 %)

Significância do modelo igual a $-1{,}1x10^{-17}$%

Aceita-se a hipótese de existência da regressão.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau III.

SIGNIFICÂNCIA DOS REGRESSORES (BICAUDAL)

(Teste bicaudal - significância 10,00%)

Coeficiente t de Student : t(crítico) = 1,6549

Variável	Coeficiente	t Calculado	Significância	Aceito
Idade	b1	-2,577	1,1%	Sim
Goleiro	b2	-115587	0%	Sim
Defensor	b3	-163967	0%	Sim
Meia Ofensivo / Atacante	b4	-182196	$-1{,}1x10^{-17}$%	Sim
Ano da Transferência	b5	-22,52	$3{,}3x10^{-17}$%	Sim
Mercado	b6	16,68	$-1{,}1x10^{-17}$%	Sim
Protagonismo	b7	14,24	$-1{,}1x10^{-17}$%	Sim

Os coeficientes são importantes na formação do modelo.
Aceita-se a hipótese de ß diferente de zero.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau III.

SIGNIFICÂNCIA DOS REGRESSORES (UNICAUDAL)

(Teste unicaudal - significância 10,00%)

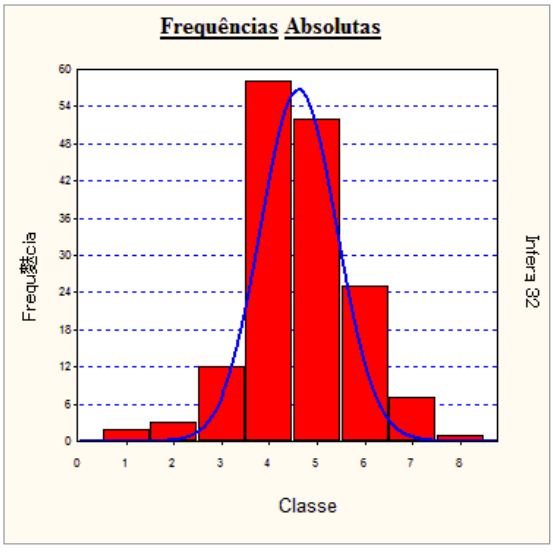
Coeficiente t de Student : t(crítico) = 1,2871

Variável	Coeficiente	t Calculado	Significância
Idade	b1	-2,536	0,6%
Goleiro	b2	$-4{,}012\times10^{-5}$	50%
Defensor	b3	$-4{,}012\times10^{-5}$	50%
Meia Ofensivo / Atacante	b4	$-4{,}012\times10^{-5}$	50%
Ano da Transferência	b5	-17,57	$2{,}7\times10^{-18}$%
Mercado	b6	12,50	$5{,}4\times10^{-18}$%
Protagonismo	b7	9,193	$1{,}4\times10^{-14}$%

INTERVALOS DE CLASSES

Classe	Mínimo	Máximo	Freq.	Freq.(%)	Média
1	-1,6202	-1,2265	2	1,25	-1,6135
2	-1,2265	-0,8328	3	1,88	-0,9524
3	-0,8328	-0,4391	12	7,50	-0,5651
4	-0,4391	-0,0454	58	36,25	-0,2383
5	-0,0454	0,3482	52	32,50	0,1232
6	0,3482	0,7419	25	15,63	0,5194
7	0,7419	1,1357	7	4,38	0,8229
8	1,1357	1,5294	1	0,63	1,5294

HISTOGRAMA



PRESENÇA DE OUTLIERS

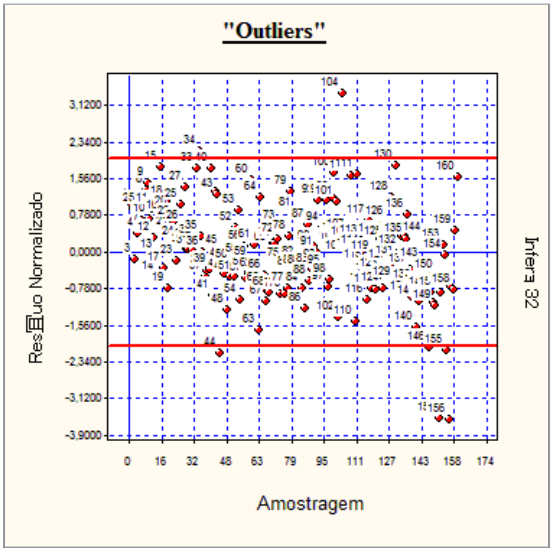
Critério de identificação de outlier :

Intervalo de +/- 2,00 desvios padrões em torno da média.

Foram encontradas 7 amostragens fora do intervalo.

Nº Am.	Valor de Mercado	Erro/Desvio Padrão
34	$5{,}2000\times10^{7}$	2,1367
44	$5{,}4800\times10^{6}$	-2,1559
104	$2{,}0166\times10^{7}$	3,3666
146	$2{,}4150\times10^{7}$	-2,0381
151	$3{,}5000\times10^{6}$	-3,5371
155	$1{,}8000\times10^{6}$	-2,0953
156	$1{,}0000\times10^{6}$	-3,5666

GRÁFICO DE INDICAÇÃO DE OUTLIERS



EFEITOS DE CADA OBSERVAÇÃO NA REGRESSÃO

F tabelado : 3,489 (para o nível de significância de 0,10 %)

Nº Am.	Distância de Cook(*)	Hii(**)	Aceito
1	-0,0289	-0,5106	Sim
2	-0,0183	-0,2977	Sim
3	$6,8659x10^{-4}$	0,1435	Sim
4	0,0101	0,2696	Sim
5	0,0277	0,1801	Sim
6	0,0579	0,3841	Sim
7	$-7,6787x10^{-3}$	-0,5389	Sim
8	-0,0371	-0,2818	Sim
9	-0,0571	-0,4441	Sim
10	0,0503	0,3532	Sim
11	0,4039	0,6027	Sim
12	$6,4218x10^{-3}$	0,2896	Sim
13	$-6,7524x10^{-5}$	-0,1131	Sim
14	$-8,0831x10^{-3}$	-0,5878	Sim
15	0,0307	0,0653	Sim
16	-0,0169	-0,6066	Sim
17	$2,2076x10^{-3}$	0,1197	Sim
18	-0,0229	-0,2448	Sim
19	0,0753	0,3758	Sim
20	0,2619	0,5647	Sim
21	0,0180	0,3522	Sim
22	$-6,0217x10^{-3}$	-0,1657	Sim
23	$-4,7436x10^{-4}$	-0,1547	Sim
24	$-6,2542x10^{-4}$	-0,1850	Sim
25	0,2597	0,5079	Sim
26	0,0147	0,2367	Sim
27	0,8906	0,6014	Sim
28	$7,5307x10^{-5}$	0,1666	Sim
29	$1,8690x10^{-4}$	0,3495	Sim
30	$2,6369x10^{-4}$	0,0762	Sim
31	$2,6136x10^{-5}$	0,3495	Sim
32	0,1040	0,7725	Sim
33	-0,0958	-0,6672	Sim
34	$-7,2513x10^{1999}$	1,2082	Sim
35	$1,3541x10^{-3}$	0,0850	Sim
36	$1,4594x10^{-5}$	0,7725	Sim
37	$5,6908x10^{-3}$	0,1224	Sim
38	$-4,3522x10^{-3}$	-0,4160	Sim
39	$3,0145x10^{-3}$	0,1214	Sim
40	-0,0945	-0,6497	Sim
41	-0,0221	-0,3852	Sim
42	-0,0434	-0,4543	Sim
43	0,7364	0,6114	Sim
44	-0,1451	-1,0618	Sim
45	$-4,0122x10^{-6}$	-0,2448	Sim
46	0,0162	0,2955	Sim
47	-1,5694x10-3	-0,4747	Sim
48	-0,0347	-0,3268	Sim
49	0,0228	0,3143	Sim
50	-3,4325x102000	1,0377	Sim
51	0,0283	0,3495	Sim
52	$-2,1289x10^{-3}$	-0,0787	Sim
53	-0,0249	-0,8283	Sim
54	0,0915	0,3258	Sim
55	$-5,0523x10^{-4}$	-0,2448	Sim
56	$-2,6807x10^{-4}$	-0,3053	Sim
57	2,2342	0,8730	Sim
58	0,0416	0,4873	Sim
59	0,0614	0,7149	Sim
60	0,1507	0,2704	Sim
61	$5,8841x10^{-4}$	0,1753	Sim
62	$-3,4325x10^{2000}$	1,0377	Sim
63	0,0537	0,1197	Sim
64	0,0759	0,2564	Sim
65	0,0632	0,3495	Sim
66	$-1,3553x10^{-3}$	-0,0481	Sim
67	$-7,4892x10^{-4}$	$-5,4273x10^{-3}$	Sim
68	-0,0171	-0,3138	Sim
69	$-1,3226x10^{-4}$	-0,4391	Sim
70	$1,9072x10^{-3}$	0,2447	Sim
71	$1,9072x10^{-3}$	0,2447	Sim
72	0,1842	0,8092	Sim
73	$-4,4647x10^{1999}$	1,3888	Sim
74	0,1068	0,3879	Sim
75	0,0108	0,4415	Sim
76	0,0100	0,0835	Sim
77	0,0554	0,3302	Sim
78	$-1,4583x10^{-3}$	-0,1402	Sim
79	-0,0252	-0,1635	Sim
80	$-5,6121x10^{-3}$	-0,5932	Sim
81	0,0119	0,1136	Sim
82	$-1,3755x10^{-3}$	-0,4765	Sim
83	$-3,2602x10^{-3}$	-0,2448	Sim
84	$6,7492x10^{-3}$	0,0762	Sim
85	12,5744	0,9608	Não
86	-0,0350	-0,3583	Sim

87	0,0226	0,2798	Sim
88	-8,9623x10^{1999}	1,1620	Sim
89	-2,0224x10^{-3}	-0,1601	Sim
90	-3,3248x10^{-4}	-0,3910	Sim
91	-4,3767x10^{-7}	-1,1018	Sim
92	-0,0219	-0,2067	Sim
93	5,3322x10^{-3}	0,2805	Sim
94	8,5641x10^{-4}	0,0237	Sim
95	-3,3305x10^{-3}	-0,2631	Sim
96	-0,0129	-0,1027	Sim
97	-0,0173	-0,6733	Sim
98	-3,7897x10^{2000}	1,0341	Sim
99	0,1939	0,4039	Sim
100	0,4227	0,4143	Sim
101	-0,0125	-0,1049	Sim
102	0,1119	0,2565	Sim
103	-1,2561x10^{-4}	-0,1272	Sim
104	-0,3535	-0,9186	Sim
105	-2,7377x10^{-3}	-0,7417	Sim
106	-2,0442x10^{-4}	-0,1844	Sim
107	4,8147x10^{-3}	0,2023	Sim
108	-0,0807	-0,9153	Sim
109	0,6805	0,9100	Sim
110	-0,0271	-0,1273	Sim
111	2,6698x10^{-4}	7,6962x10^{-4}	Sim
112	3,3382x10^{-5}	0,1405	Sim
113	7,1516x10^{-4}	0,0835	Sim
114	-3,5667x102000	1,0363	Sim
115	-1,0481x10^{-3}	-0,1258	Sim
116	0,1479	0,4039	Sim
117	-0,0143	-0,9886	Sim
118	0,0918	0,4143	Sim
119	-2,3794x10^{-4}	-0,3547	Sim
120	0,0951	0,4128	Sim
121	0,0203	0,2685	Sim
122	-1,4222x10^{-3}	-0,2430	Sim
123	-6,6282x10^{-3}	-0,6273	Sim
124	-0,0112	-0,2216	Sim
125	-7,2162x10^{-4}	-0,2038	Sim
126	0,0522	0,3951	Sim
127	0,0150	0,4591	Sim
128	-0,0273	-0,2513	Sim
129	7,6242x10-3	0,1151	Sim
130	-0,0517	-0,1704	Sim
131	-4,4647x10^{1999}	1,3888	Sim
132	-5,7355x10^{-6}	-0,6358	Sim
133	0,0210	0,4517	Sim
134	0,0210	0,4517	Sim
135	2,0065x10^{-3}	0,1610	Sim
136	15,2319	0,9321	Não
137	0,1534	0,7077	Sim
138	-0,0279	-0,7344	Sim
139	-2,1907x10^{-3}	-0,0384	Sim
140	-0,0632	-0,3559	Sim
141	-0,0339	-0,8366	Sim
142	1,3909x10^{-3}	0,1782	Sim
143	-1,7900x10^{-3}	-0,9542	Sim
144	0,0102	0,3578	Sim
145	0,5691	0,6893	Sim
146	-0,1158	-0,5059	Sim
147	0,0466	0,2638	Sim
148	-7,0322x10^{1999}	1,2161	Sim
149	0,0875	0,2821	Sim
150	0,0261	0,3458	Sim
151	-0,1789	-0,1517	Sim
152	0,1716	0,4833	Sim
153	-6,8005x10^{-4}	-0,4313	Sim
154	1,7644x10^{-4}	0,1715	Sim
155	28,2520	0,8699	Não
156	0,4243	0,1796	Sim
157	-0,0146	-0,4712	Sim
158	0,0195	0,1715	Sim
159	1,7138	0,8822	Sim
160	-0,0773	-0,8390	Sim

(*) A distância de Cook corresponde à variação máxima sofrida pelos coeficientes do modelo quando se retira o elemento da amostra. Não deve ser maior que F tabelado.

(**) Hii são os elementos da diagonal da matriz de previsão. São equivalentes à distância de Mahalanobis e medem a distância da observação para o conjunto das demais observações.

TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Maior diferença obtida : 0,0641
Valor crítico : 0,1289 (para o nível de significância de 1 %)

Segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, a um nível de significância de 1 %, aceita-se a hipótese alternativa de que há normalidade.
Nível de significância se enquadra em NBR 14653-2 Regressão Grau III.
Observação:
O teste de Kolmogorov-Smirnov tem valor aproximado quando é realizado sobre uma população cuja distribuição é desconhecida, como é o caso das avaliações pelo método comparativo.

TESTE DE SEQUÊNCIAS/SINAIS

Número de elementos positivos : 80
Número de elementos negativos : 80
Número de sequências : 69
Média da distribuição de sinais : 80
Desvio padrão : 6,325

TESTE DE SEQUÊNCIAS

(desvios em torno da média) :

Limite inferior : -1,8241
Limite superior : -1,9827
Intervalo para a normalidade : [-2,3268, 2,3268] (para o nível de significância de 1%)

Pelo teste de sequências, aceita-se a hipótese da aleatoriedade dos sinais dos resíduos.

TESTE DE SINAIS

(desvios em torno da média)

Valor z (calculado) : 0,0000
Valor z (crítico) : 2,3268
(para o nível de significância de 1%)

Pelo teste de sinais, aceita-se a hipótese nula, podendo ser afirmado que a distribuição dos desvios em torno da média segue a curva normal (curva de Gauss).

AUTOCORRELAÇÃO

Estatística de Durbin-Watson (DW)
: 1,5735 (nível de significância de 1,0%)

Autocorrelação positiva (DW < DL)
: DL = 1,44
Autocorrelação negativa (DW > 4-DL)
: 4-DL = 2,56

Intervalo para ausência de autocorrelação
(DU < DW < 4-DU)
DU = 1,65 4-DU = 2,35

Teste de Durbin-Watson inconclusivo.
A autocorrelação (ou auto-regressão) só pode ser verificada se as amostragens estiverem ordenadas segundo um critério conhecido. Se os dados estiverem aleatoriamente dispostos, o resultado (positivo ou negativo) não pode ser considerado.

ESTIMATIVA X AMOSTRA

Nome da Variável	Valor Mínimo	Valor Máximo	Imóvel Avaliando
Idade	16	33	27
Goleiro	1	2	1
Defensor	1	2	1
Meia Ofensivo / Atacante	1	2	2
Ano da Transferência	1953	2019	2019
Mercado	1	4	4
Protagonismo	1	4	4

Nenhuma característica do Neymar sob avaliação encontra-se fora do intervalo da amostra.

FORMAÇÃO DOS VALORES

Variáveis independentes :

- Idade_____= 27
- Goleiro_____= 1
- Defensor_____= 1
- Meia Ofensivo / Atacante_____= 2
- Ano da Transferência_____= 2019
- Mercado_____= 4
- Protagonismo_____= 4

Outras variáveis não usadas no modelo :

- Atleta_____= ???

Estima-se Valor de Mercado do Neymar
= Euros 155.686.303,78

O modelo utilizado foi :

*[**Valor de** Mercado] = Exp(69371 - 0,02850 x [Idade] - 27675 /[Goleiro]*
***- 27676** /[Defensor] - 27676 /[Meia Ofensivo / Atacante]*
***- 335073** /[Ano da Transferência] + 0,5716 x [Mercado]*
*+ **1,2561** x Ln([Protagonismo]))*

Intervalo de confiança de 80,0 % para o valor estimado :

Mínimo : Euros 135.438.214,79
Máximo : Euros 178.961.493,41

Para um atleta de atleta 1, teremos :
valor de mercado obtido = 155.686.303,78
valor de mercado mínimo = 135.438.214,79
valor de mercado máximo = 178.961.493,41

Trabalhos de Congresso

334

ARBITRAGENS

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE PLEITOS DE CONSTRUÇÃO DECORRENTES DE PREJUÍZOS CAUSADOS POR CHUVAS

RESUMO

Atrasos e prejuízos em obras de construção têm sido registrados com grande recorrência e, dentre as diversas razões, observa-se com considerável frequência a utilização de dados pluviométricos como justificativa. É evidente que influências climáticas, dentre outros fatores, afetam o natural desenvolvimento de uma obra de engenharia, contudo, a precipitação pluviométrica afeta diretamente todos os serviços cuja presença de água deve ser controlada, bem como, reduz a produtividade em diversas atividades. Atualmente, alguns contratos de obra trazem parâmetros bem definidos para a consideração de impactos de chuvas no desenvolvimento do projeto, contudo, são observadas, na prática da atuação pericial, diversas situações em que tais parâmetros não foram abarcados. Dessa forma, este trabalho propõe uma metodologia para verificação de impactos decorrente de chuvas em pleitos de construção, fazendo uso de Normais Climatológicas desenvolvidas por instituto capacitado e de abrangência nacional, com amplo acesso e seguindo orientação de organizações mundiais, para que, dessa forma, torne-se possível a padronização das análises no setor, por meio de dados de referência e confiabilidade.

ABSTRACT

Both delays and damages during construction have been widely perceived. The mainly reason one can notice is the rainfall data as a way of justify such problems. It is a fact that climate influences, among other factors, affect the natural development of an engineering project. However, rainfall affects directly all services that need water presence control, as well as the reduction of the productivity in many activities. Currently, some construction contracts have well-defined parameters for considering the impact of rain on project development; however, in the practice of forensic engineering, several situations are observed where such parameters were not considered. Therefore, this paper proposes a methodology for verifying the impacts of rainfall on construction claims, using Climatological Normals developed by a qualified national institute with broad access and following the guidance of global organizations, to enable the standardization of analyses in the sector using reliable reference data.

AUTORES:

Tharick
Luís de Carvalho Cachoeiro

Efigênia
Guariento Palhares Ferreira

Cintya
Marques Santos Silva

Palavras-chave:
Precipitação, Normal Climatológica, Média histórica.

Keywords:
Precipitation, Climatological Normals, Historical Average.

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de chuvas em grandes intensidades, de acordo com Back (2013) traz transtornos para as regiões onde as obras estão alocadas, visto que a precipitação pluviométrica, dentre todos, se caracteriza como o elemento que possui maior variação.

Conforme trechos obtidos da Reportagem da PINI Web "Debaixo de Chuva" (2002), Érico Dantas afirma que diversas influências climáticas sobre a condução de uma obra de construção civil podem afetar diretamente o bom andamento dos serviços, entretanto, a precipitação pluviométrica atinge basicamente todos os serviços envolvidos na obra, não acarretando necessariamente em dias não trabalhados, mas também influenciando diretamente naqueles serviços que necessitam de controle da presença de água, por meio de movimentação de terras, transportes de insumos ou equipamentos, terraplanagem, dentre outros.

Dessa forma, Coelho e Back (2015) corroboram que as chuvas se caracterizam como fator de extrema importância no planejamento de obras, especialmente no que diz respeito ao cumprimento de prazos para a execução e, muitas vezes, acarretando demandas administrativas ou resolução de conflitos em decorrência das contestações relativas aos possíveis impactos e necessidades de prorrogação de prazos.

Como exemplo, por meio de dados de 2011, Golbert e L'Astorina (2011) afirmaram que no Rio Grande do Sul é recorrente as reclamações de empresas quanto ao não cumprimento de prazos, usufruindo do argumento de efeitos de precipitações no contrato, entretanto, sem lançar mão de relatórios de precipitação ou análise técnica do histórico da região.

Por meio de um estudo limitado à execução de obras de edifícios, com a análise das etapas de execução e os fatores que mais impactam nos atrasos, Nascimento e Feldmann (2013) corroboram com os fatos até então abordados. Neste, identificou-se que os efeitos de intempéries correspondem à quarta causa identificada como de importância para os atrasos, conforme amostra realizada.

Diante deste cenário, percebe-se que a análise e quantificação de prejuízos em decorrência de atrasos em obras de construção civil é observada com considerável frequência nas demandas de trabalhos periciais, sejam estes nas esferas judicial, seja na arbitral. Dentre as diferentes demandas, observa-se de maneira relevante a utilização de dados pluviométricos como justificativa para tais ocorrências.

Entretanto, apesar da recorrência de pleitos em decorrência de fatores pluviométricos, não foi identificado referencial teórico ou metodologia que embase os pleitos de prejuízos decorrentes de chuvas. Fato esse reforçado por Sérgio Toledo, Engenheiro do CTH, em trecho da Reportagem da PINI Web "Debaixo de Chuva" (2002) onde reforçou que estudos mais aprofundados acerca dos impactos de chuvas em obras acarretariam possibilidade de melhor planejamento da obra.

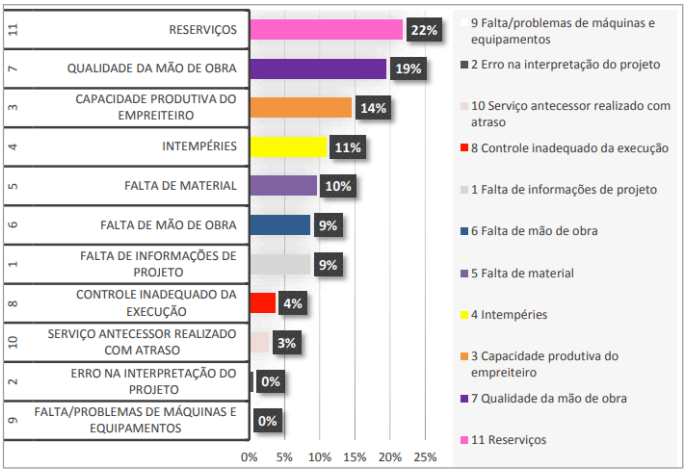
Logo, o presente trabalho busca, diante desta problemática, propor metodologia para avaliação de pleitos de construção civil, decorrentes de prejuízos causados por chuvas.

1.1. Meteorologia e a Construção Civil

Rodrigues (2020) aponta que o conjunto de atividades que possuem o objetivo de adaptar a natureza a si ou se adaptarem a ela, por meio de obras de construção, pode ser definido como a construção civil.

Esta interação entre construção e natureza é o que torna necessária a busca por dados meteorológicos que auxiliem na boa condução do projeto, visando minimizar os impactos de influências climáticas, nas quais podem, por muitas vezes, se tornar imprevisíveis.

***Figura 1** - Importância de cada causa para os atrasos nas obras*



***Fonte:** NASCIMENTO, F. M. Letícia; FELDMANN, Rafael. (2013)*

Por muito tempo, o uso dos serviços meteorológicos, como método de auxílio, era de exclusividade a setores como aviação, navegação e agricultura ou se caracterizavam como instrumentos de pouco conhecimento e, consequentemente, pouco utilizados na construção civil. Contudo, seus usos têm se tornado cada vez mais frequente na construção civil, na rotina de obras.

No Brasil, de acordo com Santos (2019) os dados de precipitação são obtidos por meio de institutos e companhias especializados, por meio da implantação de uma rede de estações meteorológicas dispostas no território brasileiro, onde pessoas e/ou equipamentos realizam, através de coletas, os registros e a transmissão desses dados para o público de interesse.

Ainda complementa que, com o avanço tecnológico, o acesso às informações meteorológicas passou a se tornar fundamental nas tomadas de decisões, uma vez que estão cada vez mais presentes e com maior facilidade de acesso.

Em suma, no que diz respeito aos dados pluviométricos, esses são obtidos pela altura da lâmina d'água por metro quadrado da área onde ocorreu a precipitação e o conjunto de informações obtidas por meio desses registros perfaz os dados pluviométricos, sendo dispostos por meio de séries históricas, podendo ser considerados dados horários, diários, mensais ou anuais.

Um estudo de dados meteorológicos consiste, basicamente, na realização de um estudo estatístico dos dados registrados de precipitação, com o objetivo de que, com as principais informações de dados meteorológicos para uma determinada região, seja possível auxiliar na previsão de períodos de chuvas e de secas, na determinação de fatores extraordinários que podem afetar o devido andamento da obra, dentre outros.

1.2. Planejamento de obras

Muianga, Granja e Ruiz (2015) demonstraram que, dentre as diferentes razões que resultam em desvios de custos e prazos em empreendimentos da construção civil, aspectos ambientais e econômicos figuram entre as cinco principais causas, evidenciando a falta de previsão das condições climáticas como um dos fatores específicos de maior relevância.

Para que esses efeitos sejam mitigados, Rodrigues (2020) reforça que é preciso que o planejamento seja detalhado, tanto quantitativa como qualitativamente, visando o cumprimento do projeto aprovado. O planejamento é o que direciona todas as atividades de um canteiro de obras e dá parâmetros que auxiliam todos os gerenciadores envolvidos a tomar uma decisão mais rápida e precisa. Complementa ainda que no planejamento é onde deverão ser levantados os fatores que devem ser considerados para a execução do projeto, buscando o devido andamento da obra, otimização de tempos e custos. Visando assegurar que a construção seja realizada dentro do padrão desejado, bem como dentro do prazo acordado contratualmente, é onde faz-se necessário o devido levantamento de dados climáticos na região determinada para obra e a inclusão da previsão meteorológica no planejamento.

Um planejamento deficiente está diretamente relacionado ao aumento de custos para a construção de uma obra, seja em decorrência de falhas de projetos, de gerenciamento, seja de fatores não previstos.

Silva (2015) ainda acrescenta que as consequências de problemas nos contratos necessitam de uma colaboração mútua entre as partes do negócio, recomendando, inclusive, a previsão de métodos de negociação acerca dos temas imprevisíveis e a elaboração de matriz de riscos, com alocação de responsabilidades e métodos de renegociação, diante dos possíveis eventos vivenciados.

Este entendimento é reforçado pelo Acórdão 639/2006 do Tribunal de Contas da União, onde em análise a caso específico entendeu que:

> *A irregularidade principal sob exame nos autos, na ótica da 1ª Secex, seria a de que os pagamentos às contratadas foram indevidos, pois não teriam ocorrido eventos climáticos "excepcionais" no local da obra nos meses em que foram pleiteadas e pagas as indenizações ora questionadas. Depreende-se, desse entendimento, que as empreiteiras* ***teriam tido plenas condições de ter estimado a quantidade de dias de paralisação*** *que iriam ocorrer nas obras do gasoduto. (BRASIL, 2006)*

Entretanto, percebe-se que, por muitas vezes, o devido planejamento e considerações pertinentes, tanto indiretamente quanto diretamente no instrumento contratual, não ocorre e, uma vez não considerados os efeitos das condições meteorológicas sobre o projeto durante seu planejamento, conforme metodologia que se julgar mais adequada para o caso em ques-

tão, percebe-se que os dados pluviométricos são utilizados para análise e justificação de possíveis efeitos e prejuízos causados.

1.3. Pleitos e Concessão de aditivos

Diante do cenário apresentado, no âmbito profissional, percebe-se que, se sentindo lesadas, as executoras dos projetos tendem a formalização de pleitos junto ao contratante, visando o ressarcimento de custos ou prorrogação de prazos em decorrência de prejuízos e atrasos ocasionados por precipitações.

Conceitualmente, Bernardes (2015) afirma que um pleito é definido como:

> *(...) um pedido fundamentado em fatos e provas documentais, encaminhado por uma das partes para a (s) outra (s) dentro de um ambiente contratual privado ou público, sejam as partes pessoas físicas ou jurídicas, com o objetivo de receber compensações financeiras referentes a custos adicionais de qualquer natureza, em função da ocorrência de fatos geradores que não fizeram parte do risco contratual originalmente considerado para a assunção de responsabilidades definidas no contrato. (BERNARDES,2015, p. 17-18)*

A repactuação contratual é prevista em contratos administrativos, mediante devida justificativa pela Lei 8.666/1993, com o intuito de reestabelecer as condições que foram pactuadas entre as partes quando da formalização do contrato, sob a justificativa de ocorrência de fatos imprevisíveis, ou previsíveis, mas de consequências incalculáveis, caso de força maior, caso fortuito ou fato do príncipe.

A nova Lei das Licitações, a Lei 14.133/2021, corrobora, ao reforçar a previsão de restabelecimento das condições contratuais por meio do reequilíbrio econômico-financeiro do contrato, com as mesmas justificativas anteriormente mencionadas.

Especificamente no que diz respeito às chuvas, os pleitos tendem ao argumento de que o "fator chuva" caracteriza-se como caso fortuito ou de força maior, ensejando a suposta justificativa em decorrência de atrasos e prejuízos ocorridos na construção.

Percebe-se que, apesar de alguns contratos atualmente já preverem a metodologia de verificação de impactos causados por chuvas e a consequente avaliação e possível remuneração de seus impactos, os contratos de obras que não contemplam tais informações contratuais tendem a resultados conflituosos da controvérsia, inclusive quanto à análise da validade do pleito em demandas judiciais e/ou arbitrais.

1.4. Análise de metodologias existentes

Historicamente, evidencia-se diferentes definições acerca dos dados de precipitação, como por exemplo, a intensidade de chuvas é considerada, pelo INMET[1], fraca de 1,1 a 5 mm/h, moderada de 5,1 até 60 mm/h e forte acima de 60 mm/h.

Entretanto, a constatação por si só da ocorrência de chuvas denominadas como fortes não se traduz em argumento sólido na análise de impactos decorrentes desses fatores, visto que não se caracterizam por caso fortuito ou de força maior.

Mendes (2006) propôs uma metodologia onde associa a projeção de percentual de dias paralisados à quantidade de precipitação ocorrida por dia, levando em consideração a interferência que a quantidade de chuva observada teria sobre um dia de trabalho, em termos de paralisações.

***Tabela 1** - Relação proposta entre dias de chuva e paralisação*

Intensidade de chuva (mm/dia)	Interferência (dia parado)
≤ 5	0,00
< 5 e ≤ 10	0,25
< 10 e ≤ 15	0,50
< 15 e ≤ 20	0,75
< 20	1,00

***Fonte:** MENDES (2016)*

Lê-se, portanto que, segundo esta metodologia, chuvas com intensidades inferiores a 5 mm/dia não acarretam paralisações de trabalho e chuvas, por exemplo. Já chuvas com intensidade maior que 15 mm/dia e inferior a 20 mm/dia acarretam em paralisação de 0,75 dias, ou seja, três quartos de dia paralisados.

Mattos (2015) colabora para esta questão, apontando duas variações que são consideradas por orçamentistas e planejadores quando da consideração dos efeitos de chuvas por meio de análises de séries históricas, onde: na primeira situação despreza-se os efeitos de chuvas superiores à 5 mm/dia e, para as chuvas superiores a este marco, considera-se que 10% do dia seja praticável; na segunda situação, também despreza-se os efei-

[1] *Instituto Nacional de Meteorologia*

tos de chuvas inferiores à 5 mm/dia, considera-se que, para chuvas superiores ao marco e menores que 10 mm/dia, o dia inteiro não é praticado, e para chuvas superiores a 10 mm/dia considera-se um dia e meio impraticável.

Outras fontes também trazem suas respectivas metodologias, como o SICRO[2], voltando-se especialmente para a análise dos efeitos da intensidade de chuvas na interferência de dias paralisados, observando os parâmetros necessários para obras de infraestrutura viária.

Percebe-se que, do ponto de vista de gerenciamento e estimativas de planejamento, estas metodologias proporcionam o efeito esperado. Contudo, do ponto de vista pericial, entende-se que esta metodologia não se traduz como adequada, visto que parte de preceitos específicos de certos tipos de obras, assim como as definições do INMET, reservando-se a estimar e a prever a quantidade de dias paralisados em decorrência da quantidade de chuva observada.

Resta evidente que as metodologias balizam suas considerações por meio de análises de séries históricas de dados, entretanto, não há clara definição dos parâmetros a serem considerados nos dados históricos. Assim, ao não caracterizar o efeito necessário de chuvas excepcionais, essencial para o desenvolvimento de pleitos neste tema, deixam a busca pela adequação à definição de chuvas excepcionais.

Fato este corroborado por Andrada (2008) no qual afirma que só é passível de pleitear-se a ocorrência dos efeitos devido a paralisações por chuvas se não houver variações excepcionais nos índices pluviométricos do local onde a obra está instalada, uma vez que, em caso de chuvas não excepcionais, esses efeitos já deveriam estar englobados no preço e no prazo original fornecido para a execução do projeto.

1.5. Objetivos

Perante as exposições, este trabalho busca, por meio de dados técnicos e históricos, delimitar a definição de um evento extraordinário meteorológico que justifique a validação de pleitos de construção referentes aos efeitos e prejuízos decorrentes destes eventos, bem como auxilie às equipes periciais nas análises de conflitos deste tipo.

2. NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL

Os valores médios que caracterizam o clima de um dado local dependem do intervalo de tempo utilizado e não apresentam os mesmos resultados, quando se comparado um ano com um decênio, ou com um século, por exemplo. Por outro lado, é importante dispor de séries longas de dados para se estudar as variações e as tendências do clima.

Especialmente nas décadas mais recentes, as mudanças climáticas e a vulnerabilidade natural do clima têm acrescido as preocupações com as mudanças climáticas, de ordem natural e/ou antropogênicas. Dessa forma, o INMET (2022) lançou as edições de Normais Climatológicas do Brasil[3], com o objetivo de acompanhar e orientar estudos climáticos.

Conforme convencionado pela OMM[4], o clima é caracterizado pelos valores médios dos vários elementos climáticos num período de no mínimo três décadas, designando-se valor normal de um elemento climático o valor médio correspondente a um número de anos suficientemente longo para se admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado.

Como exemplo, designam-se por Normais Climatológicas os apuramentos estatísticos em períodos de 30 anos que começam no primeiro ano de cada década (1901-30, 1931-1960, ..., 1961-1990...). Estas são as normais de referência, embora se possa calcular e utilizar normais climatológicas nos períodos intercalares, por exemplo, 1951-80, 1971-2000.

2.1. Como as Normais Climatológicas são desenvolvidas

As normais Climatológicas desenvolvidas pelo INMET são obtidas por meio das observações realizadas e dados obtidos diariamente, às 12, 18 e 24 UTC[5], por meio da rede de observações de superfície do instituto.

---

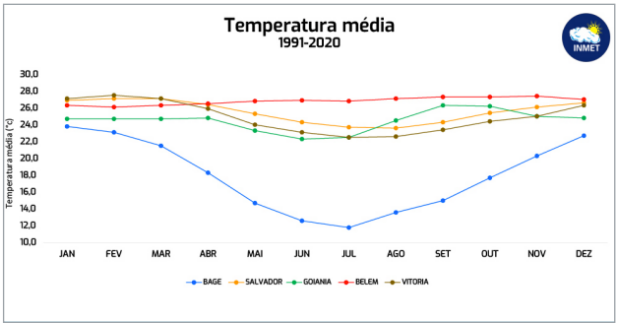
[2] *Sistema de Custos Referencial de Obras*
[3] *Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf>, Acesso em 24/04/2023.*
[4] *Organização Meteorológica Mundial.*
[5] *UTC é o acrônimo em inglês para Tempo Universal Coordenado, o fuso horário de referência a partir do qual se calculam todas as outras zonas horárias do mundo. É o sucessor do Tempo Médio de Greenwich, abreviado por GMT.*

As normais climatológicas são desenvolvidas e apresentadas sob a forma de tabelas e mapas, referindo-se a diferentes variáveis climatológicas que possam vir a ser importantes para o conhecimento público, dentre elas: temperaturas mínimas, máximas, médias e absolutas, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, precipitação acumulada mensal e anual, dentre outros.

Dessa forma, as normais climatológicas são apresentadas de maneira autoexplicativa, em geral, por meio de gráficos que possibilitam o usuário a obtenção de informações de gráficos e tabelas, sejam estas para variáveis isoladas, sejam combinadas.

Como exemplo, na normal adiante são apresentadas as temperaturas médias do ar em cinco cidades brasileiras de diferentes regiões, no período de 1991-2020, comparando-as:

Figura 2 *- Exemplo de Normal Climatológica do Brasil – Comparativo de Temperaturas médias entre cidades*



Fonte: *Normais Climatológica do Brasil – INMET (2022)*

Para isso, com o intuito de determinar a normal climatológica de determinada variável (temperatura, precipitação acumulada, etc.), em uma determinada localidade, busca-se pelos dados da estação meteorológica próxima, calculando-se inicialmente o valor de X_{ij}, correspondente a cada mês i e a cada ano j pertencente ao período de interesse.

Dessa forma, para variáveis que são apresentadas por meio de valores diários, o valor de Xij é obtido na razão do somatório dos valores diários medidos para determinada variável pelo número de dias de dados computados:

Figura 3 *- Fórmula de obtenção de Xij para normais climatológicas – Grupo I*

$$X_{ij} = \frac{\Sigma_k X_{ijk}}{N}$$

Fonte: *Normais Climatológica do Brasil – INMET (2022)*

Já para variáveis representadas por dados acumulados no período de interesse, como precipitação acumulada, o valor de X_{ij} é basicamente representado pela soma dos valores diários disponíveis.

Figura 4 *- Fórmula de obtenção de Xij para normais climatológicas – Grupo II*

$$X_{ij} = \sum_k X_{ijk}$$

Fonte: *Normais Climatológica do Brasil – INMET (2022)*

Dessa forma, independente do grupo no qual a variável analisada se apresente, a Norma Climatológica será computada na razão dos somatórios de X_{ij} obtidos pelo número de anos (mi) nos quais estão dispostos os valores de X_{ij}.

Figura 5 *– Fórmula de obtenção de n(Xi) para normais climatológicas*

$$n(X_i) = \frac{\Sigma_j X_{ij}}{m_i}$$

Fonte: *Normais Climatológica do Brasil – INMET (2022)*

Vale destacar que a OMM ainda define os critérios acerca da obtenção de mi, onde caso este seja igual a 30 (com início em 1º de janeiro do ano de início e 31 de dezembro do ano de término), a Normal será considerada Padrão ou Padronizada, caso contrário, esta não será definida como padrão, mas como Normal Provisória.

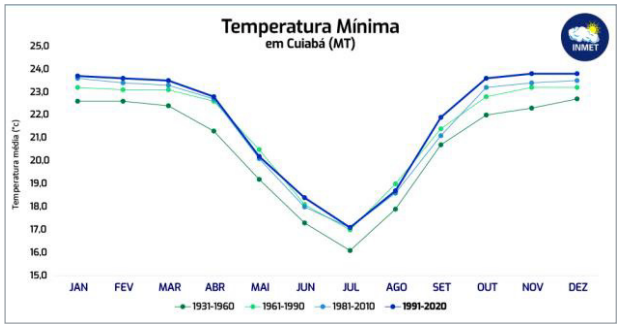
2.2. Importâncias das Normais Climatológicas

De acordo com a OMM, a importância da padronização dos dados por meio de normais climáticas decorre do fato de que dados climáticos são frequentemente mais úteis quando comparados com valores normais padronizados, assim considerados aqueles obtidos segundo suas próprias recomendações técnicas. Ainda, essa padronização de dados visa à identificação de possíveis mudanças nos padrões de comportamento das variáveis meteorológicas ao longo do tempo.

Assim, por meio das normais climatológicas, o clima de uma determinada região é caracterizado e torna-se possível a identificação de alterações nos padrões, bem como a identificação de mudanças consideráveis nestes padrões e eventos extraordinários.

A cargo de exemplificação, tem-se a comparação de Normais Climatológicas de temperatura mínima do ar, em quatro diferentes períodos de 30 anos, para a cidade de Cuiabá, onde por meio da análise comparativa das normais percebe-se o padrão de elevação da temperatura média ao longo dos anos:

***Figura 6** - Exemplo de Normal Climatológica do Brasil – Comparativo de Temperaturas mínimas para a cidade de Cuiabá*



***Fonte:** Normais Climatológica do Brasil – INMET (2022)*

Percebe-se, portanto, que a utilização das normais climatológicas tende a sanar a problemática apresentada no presente artigo, visto que os objetivos convergem para o mesmo ponto: identificar mudanças nos padrões de comportamento das variáveis meteorológicas ao longo do tempo.

3. METODOLOGIA

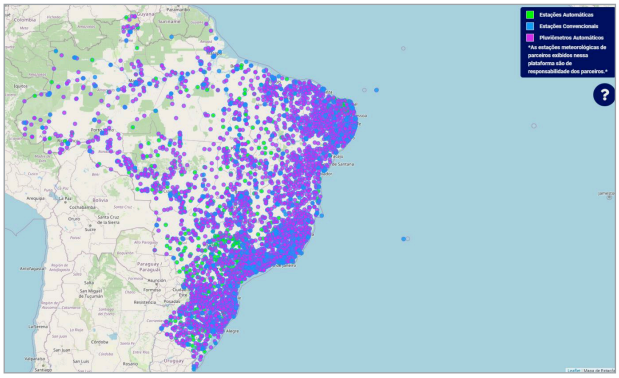
Tendo em vista o cenário de necessidade de padronização no método de análise de identificação de chuvas extraordinárias, bem como a padronização de dados meteorológicos por meio das Normais Climatológicas, considerando critérios da OMM e dados de fácil acesso e de divulgação pública, foi desenvolvida a metodologia visando à correta validação e à interpretação de pleitos de engenharia envolvendo os efeitos e os prejuízos decorrentes de alegadas chuvas extraordinárias em demandas judiciais e/ou arbitrais.

A metodologia consiste, basicamente, na identificação do período afetado pelas chuvas na obra cujo efeitos são pleiteados, desenvolvimento da Normal Climatológica do período anterior ao momento afetado, comparativo entre os dados obtidos e a consequente conclusão técnica acerca da ocorrência ou não de chuvas extraordinárias que justifiquem o pleiteado.

Para isso, tem-se o seguinte fluxo de desenvolvimento da metodologia observada:

a. Escolha da estação meteorológica do INMET mais próxima à localidade de ocorrência do fato, conforme as opções de estações disponíveis no Portal do INMET, sendo estas:

***Figura 7** - Mapa de estação Meteorológicas*



***Fonte:** INMET (2023)*[6]

i. Convém analisar a estação mais próxima por meio da consideração da localidade mais próximas em linha reta;

ii. Em situações que possuem uma ou mais estações dispostas em distâncias equivalentes, convêm realizar a análise para as duas estações, buscando maior confiabilidade dos dados.

b. Identificação do período a ser considerado na análise, por meio da análise do período supostamente afetado, considerando arredondamento dos meses de maneira que englobe todo o período de referência.

c. Obtenção dos dados de precipitação para a estação meteorológica escolhida.

i. Obtenção dos dados climatológicos para o período de referência considerado.

ii. Em casos de períodos pleiteados que se configurem no início dos anos de 2021 ou 2011, faz-se uso das Normais Climatológicas padronizadas e disponibilizadas pelo INMET referente aos períodos de 1991-2020 e 1981-2010.

iii. Em casos de períodos não abarcados

[6] *Disponível em: < https://portal.inmet.gov.br/>, Acesso em 25/04/2023.*

pelas considerações anteriores, convém, inicialmente, a realização de análise preliminar por meio das Normais já disponibilizadas, analisando a tendência para validação do pleito. Após a análise preliminar, realizar o levantamento dos dados de precipitação acumulada nas três décadas que precedem o período de referência.

d. Em posse de todos os dados, quando da não utilização de Normais Climatológicas desenvolvidas diretamente pelo INMET, realizar o tratamento dos dados, conforme descrito no capítulo 2.1 e consequente apresentação dos resultados, apresentado da maneira mais adequada, seja graficamente, por tabelas, etc.

e. Realizar o comparativo entre os dados obtidos no período de referência e os dados da Normal Climatológica, visando considerar:

- ***i.*** Caso ocorra a identificação de volume de precipitação, no período de referência, **inferior ao volume da Normal Climatológica**, entende-se que o pleito não é considerado consistente e que os efeitos deveriam estar previstos na proposta, visto que as chuvas não são consideradas extraordinárias.
- ***ii.*** Caso ocorra a identificação de volume de precipitação, no período de referência, **superior ao volume da Normal Climatológica**, entende-se que o pleito é consistente e que as chuvas se caracterizam como extraordinárias.
  - ***1.*** Contudo, importante considerar que neste ponto deve ser levado em consideração as metodologias técnicas mencionadas no capítulo 1.4., visto que a ocorrência de chuvas extraordinárias por si só não se caracteriza em prejuízo, devendo ser avaliado se as quantidades diárias no período se caracterizam como geradoras de paralisações. Para isso, recomenda-se que sejam validados, nestes casos, apenas chuvas que excedam 10 mm/dia.

3.1. Nota acerca da aplicação da metodologia

É evidente, diante do exposto nesse trabalho que inúmeras podem ser as causas responsáveis para atrasos e prejuízos em obras, sendo as questões climáticas apenas uma delas. Portanto, resta esclarecer que, para a aplicação desta metodologia, é preciso que sejam realizadas práticas de Perícias de Engenharia, em conformidade com a ABNT NBR 13.752/1996, visando identificar as possíveis interferências de outras razões nos prejuízos englobados no pleito, sendo a aplicação da metodologia apresentada neste trabalho apenas aos efeitos, atrasos e prejuízos ocasionados por chuvas extraordinárias.

4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Com o intuito de demonstrar a aplicação da metodologia, fez-se uso de duas situações exemplos, para identificação da possível ocorrência de chuvas extraordinárias que tenham causados prejuízos para o desenvolvimento das respectivas obras de construção civil.

As situações apresentadas se caracterizam como situações reais adaptadas, para exemplificação hipotética da aplicação do método, não salvando valor com a verdade dos casos.

4.1. Exemplo 01

No primeiro caso, trata-se de uma obra no município de Paracatu, Minas Gerais. Para isso, foram seguidos os passos descritos anteriormente, como demonstrados:

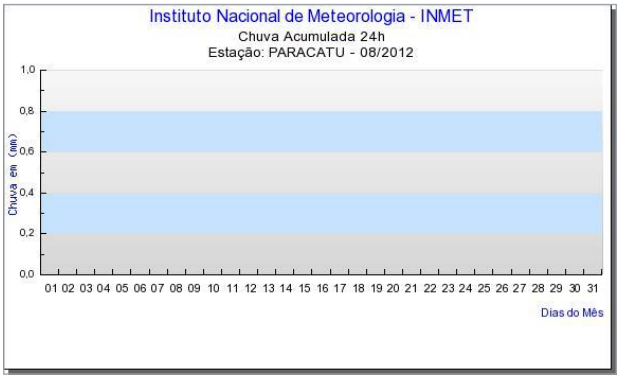
a. Identificação da Estação Meteorológica do INMET: Em virtude da localização da obra no munícipio mineiro de Paracatu, tomou-se como referência a Estação de Paracatu.

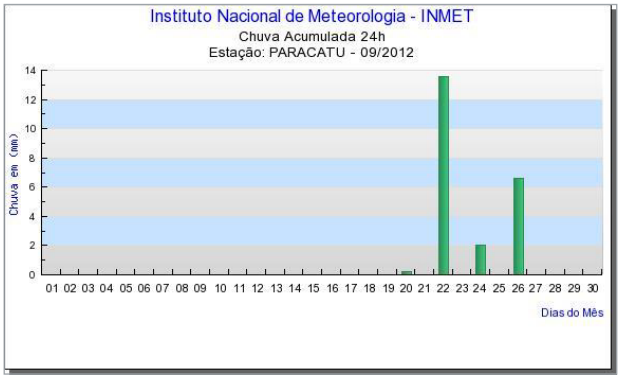
b. Identificação do período pleiteado de referência na análise: Período compreendido pelos meses de Agosto de 2012 a Junho de 2013.

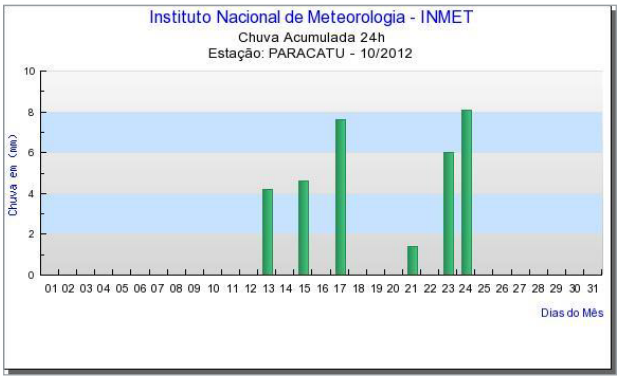
c. Obtenção dos dados meteorológicos:

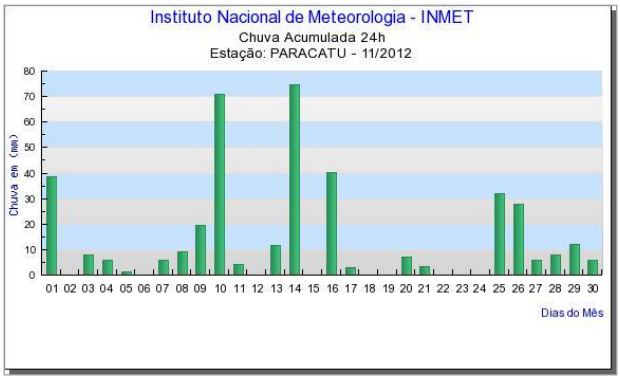
- ***i.*** Para o período de referência considerado, têm-se os gráficos de precipitação acumulada para os meses em análise:

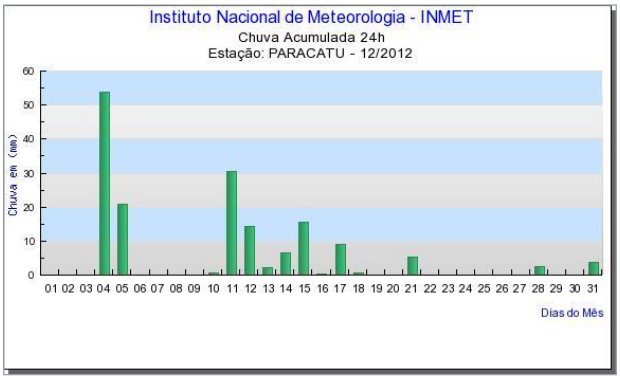
Figuras 8 a 18 *- Gráficos de Chuva Acumulada para a Estação de Paracatu, de Agosto de 2012 a Junho de 2013*

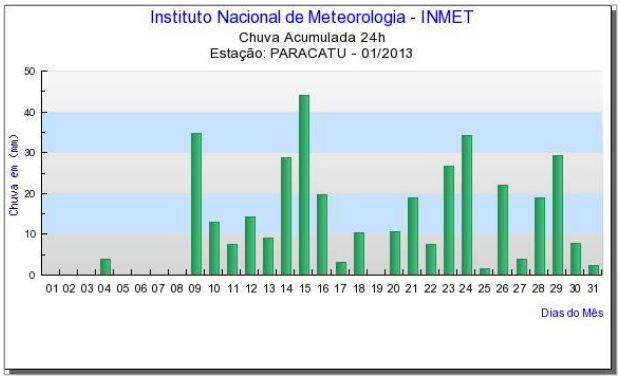


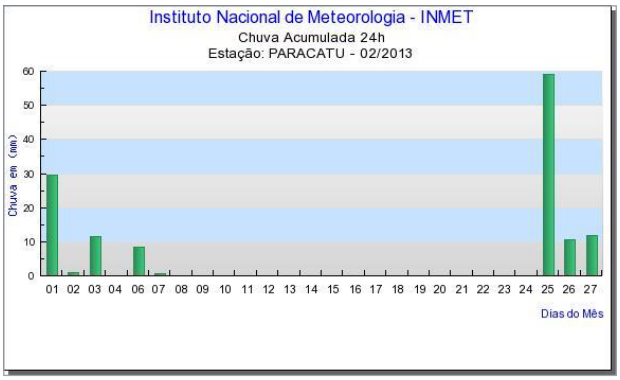


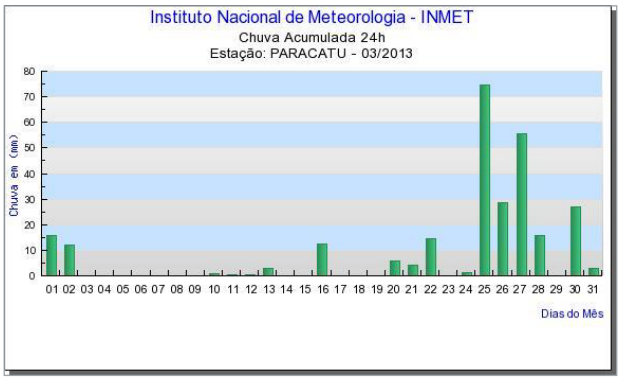


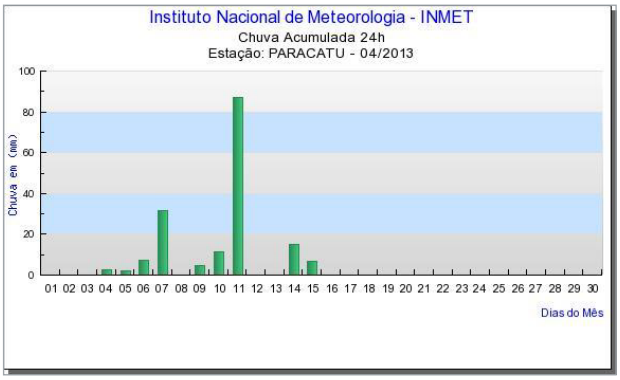


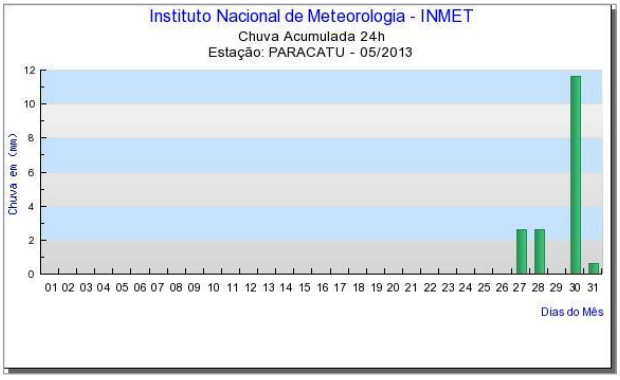


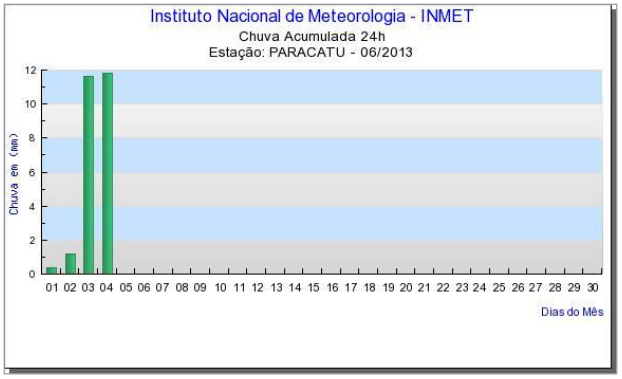












Fonte: *INMET (2017)*

ii. Faz-se uso da Normal Climatológica do INMET referente ao período de 1981-2010:

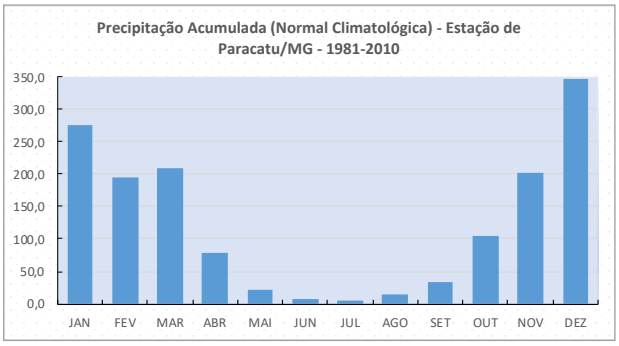
Tabela 2 *– Normal Climatológica do Brasil – 1981 - 2010*

Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 Precipitação Acumulada (mm)																
Código	Nome da Estação	UF	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
83479	PARACATU	MG	276,9	196,0	208,3	78,1	20,5	7,3	4,2	14,0	32,5	105,7	203,1	346,3	1492,9

Fonte: *INMET (2023)*

d. Realização do tratamento dos dados e apresentação dos resultados. Adiante os dados gráficos da Normal Climatológica de 1981-2010.

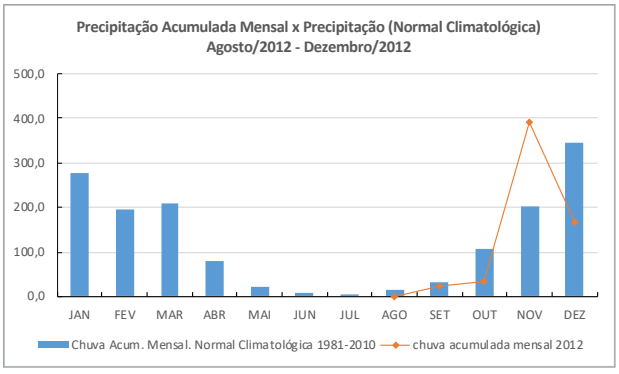
Figura 19 *- Gráfico de Precipitação acumulada para Normal Climatológica – 1981-2010*



Fonte: *Elaborada pelos autores (2023)*

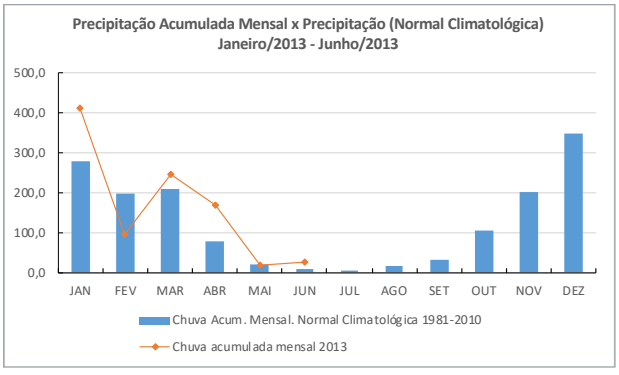
e. Comparativo entre os dados obtidos no período de referência e os dados da Normal Climatológica:

Figura 20 *- Gráfico de Precipitação acumulada Mensal para 2012 x Precipitação Normal Climatológica*



Fonte: *Elaborada pelos autores (2023)*

Figura 21 *- Gráfico de Precipitação acumulada Mensal para 2013 x Precipitação Normal Climatológica*



Fonte: *Elaborada pelos autores (2023)*

Pela análise comparativa dos gráficos, resta evidente que as chuvas extrapolaram a ten-

dência das normais climatológicas nos meses de novembro de 2012 e janeiro, março, abril e junho de 2013. Dessa forma, tornou-se possível a comparação dos dados dos meses do período de referência com os da Normal Climatológica, identificando o grau de aumento em relação à média histórica.

***Tabela 3** - Percentual da curva acumulada mensal comparada à Normal Climatológica*

Dados das curvas acumuladas mensais			Normal Climatológica 1981-2010		Porcentagem da curva acumulada mensal, comparada à Normal Climatológica 1981-2010)
Ano	Mês	Precipitação (mm)	Mês	Precipitação (mm)	
2012	Agosto	0	Agosto	14,0	0,00%
	Setembro	23	Setembro	32,5	70,77%
	Outubro	32	Outubro	105,7	30,27%
	Novembro	393	Novembro	203,1	193,50%
	Dezembro	166	Dezembro	346,3	47,94%
2013	Janeiro	412	Janeiro	276,9	148,79%
	Fevereiro	95	Fevereiro	196,0	48,47%
	Março	247	Março	208,3	118,58%
	Abril	169	Abril	78,1	216,39%
	Maio	18	Maio	20,5	87,80%
	Junho	25	Junho	7,3	342,47%

***Fonte:** Elaborada pelos autores (2023)*

Logo, resta comprovado que para os meses mencionados, as quantidades de chuvas foram extraordinárias em relação ao padrão esperado, considerando os últimos 30 anos e não tendo condições de prever essas condições quando da elaboração da proposta e aceitação da execução do projeto.

Visto o impacto gerado e com o intuído de reforçar a constatação obtida, verificou-se, por meio dos dados disponibilizados de número de dias com precipitação superior ou igual a 5 mm, na Normal Climatológica de 1981-2010 e comparou-se com os dados dos gráficos descritos no item "c", limitando-se, também, aos dias com precipitações superiores a 5 mm.

***Tabela 4** - Comparativo de número de dias com chuva superiores à 5 mm*

Normal Climatológica 1981-2010		Dados retirados dos gráficos de 2012 e 2013	
Número de Dias com Precipitação Maior ou Igual a 5 mm (dias)			
Código: 83479	Nome da Estação: Paracatu/MG		
Mês	Número de dias	Número de dias	Ano
Janeiro	11	18	2013
Fevereiro	8	6	
Março	9	10	
Abril	4	6	
Maio	1	1	
Junho	0	2	
Julho	0	-	
Agosto	1	0	2012
Setembro	2	2	
Outubro	5	3	
Novembro	10	17	
Dezembro	14	8	

***Fonte:** Elaborada pelos autores (2023)*

Portanto, pode-se concluir que o pleito referente aos impactos de chuva sobre a obra é consistente, possibilitando, em decorrência da constatação de chuvas extraordinárias, a extensão de prazo mínima equivalente à 53 (cinquenta e três) dias impactados conforme critérios definidos na metodologia.

Entretanto, apesar de consistente, a completa análise de procedência de um pleito desta espécie deve estar diretamente atrelada aos registros dos referidos impactos, sendo, dessa forma, avaliados juntos aos documentos e registros da obra, principalmente de origem bilateral, como os RDO[7]s e Relatórios de Acompanhamento Mensal, aferindo os registros de paralisações em serviços em decorrência das chuvas, especialmente no que diz respeito aos impactos gerados quanto a retomada de atividades em dias sem chuvas, mas que absorveram os efeitos das chuvas anteriormente ocorridas.

Dessa forma, resta evidente que a metodologia por si só apresenta um método de identificação das chuvas extraordinárias, bem como de dias impactados, porém, sem a devida correlação com respaldo documental bilateral da época das ocorrências, esta se torna impraticável.

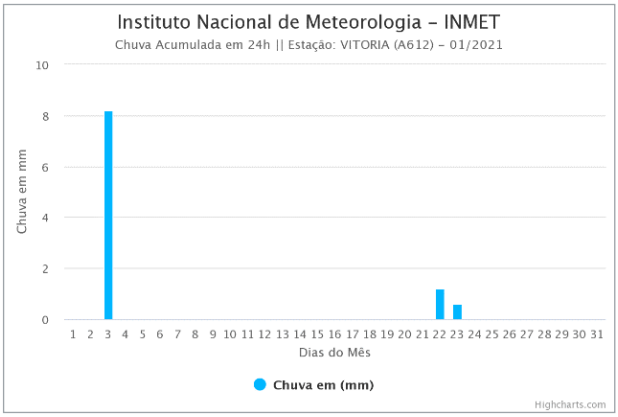
4.2. Exemplo 02

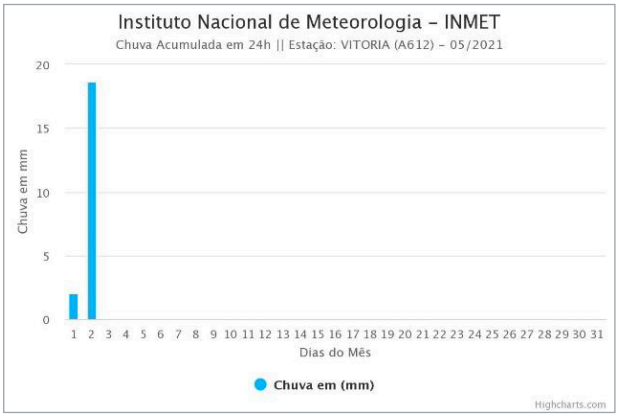
No segundo caso, trata-se de uma obra no município de Serra, Espírito Santo. Para isso, foram seguidos os passos descritos anteriormente, como demonstrados:

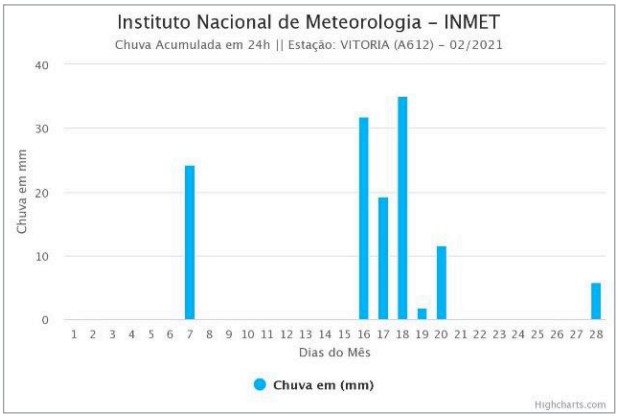
- ***a.*** Identificação da Estação Meteorológica do INMET: Em virtude da localização da obra no munícipio de Serra, identificou-se que este não possui dados apresentados de Normal Climatológica para o período de 1991-2020. Logo, tomou-se como referência a Estação de Vitória, cidade vizinha, por se tratar da estação com menor distância em referência ao local da obra.
- ***b.*** Identificação do período pleiteado de referência na análise: Período compreendido pelos meses de Janeiro de 2021 a Julho de 2021.
- ***c.*** Obtenção dos dados meteorológicos:
  - ***i.*** Para o período de referência considerado, têm-se os gráficos de precipitação acumulada para os meses em análise:

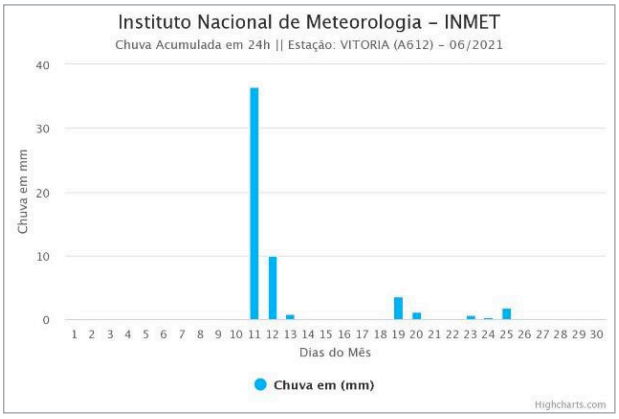
[7] *Relatório Diário de Obra*

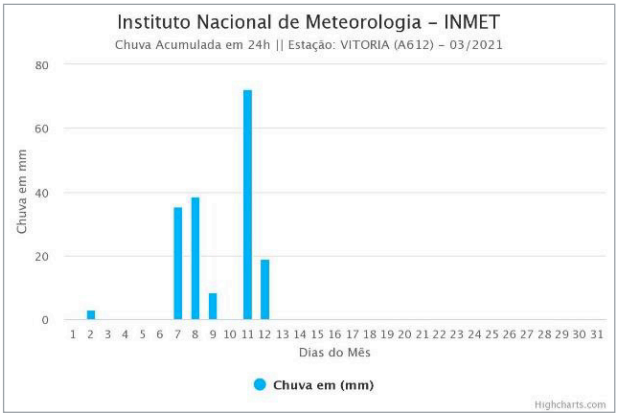
Figuras 22 a 28 *- Gráficos de Chuva Acumulada para a Estação de Vitória, de Janeiro de 2021 a Julho de 2021*

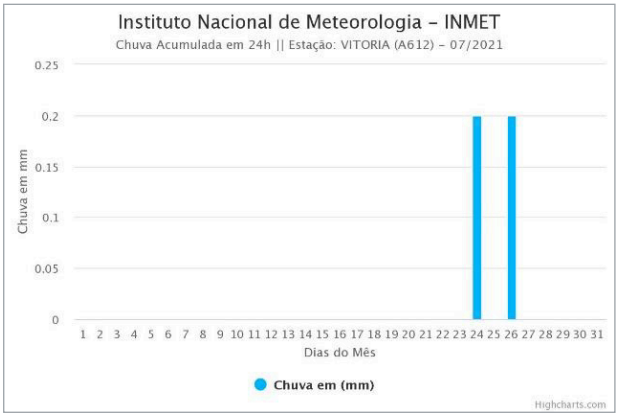


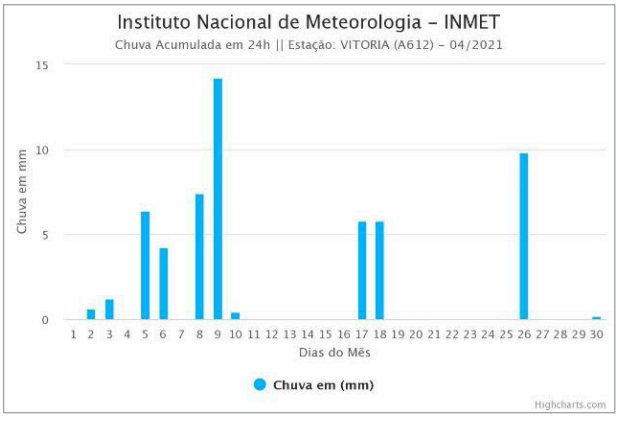












Fonte: *INMET (2023)*

ii. Faz-se uso da Normal Climatológica do INMET referente ao período de 1991-2020:

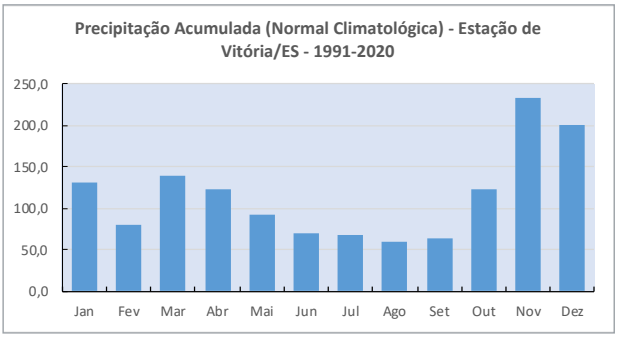
Tabela 5 *- Normal Climatológica do Brasil – 1991 - 2020*

Normal Climatológica do Brasil 1991-2020													
Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)													
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
83648	VITORIA	ES	131,2	79,4	139,5	122,9	92,4	70,0	67,5	59,9	63,1	123,9	233,6	201,0

Fonte: *INMET (2023)*

d. Tratamento dos dados e apresentação dos resultados. Adiante os dados gráficos da Normal Climatológica de 1991-2020:

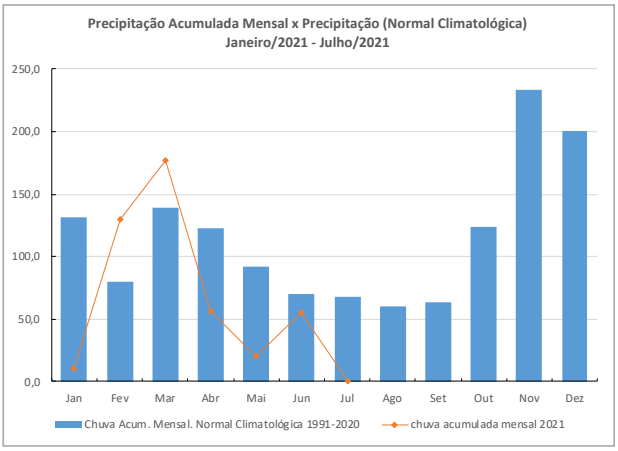
***Figura 29** - Gráfico de Precipitação acumulada para Normal Climatológica – 1981-2010*



***Fonte:** Elaborada pelos autores (2023)*

e. Comparativo entre os dados obtidos no período de referência e os dados da Normal Climatológica:

***Figura 30** - Gráfico de Precipitação acumulada Mensal para 2021 x Precipitação Normal Climatológica*



***Fonte:** Elaborada pelos autores (2023)*

Pela análise comparativa dos gráficos, resta evidente que as chuvas extrapolaram a tendência das normais climatológicas nos meses de fevereiro e março de 2021. Dessa forma, complementou-se a análise com a comparação dos dados dos meses do período de referência com os da Normal Climatológica, identificando o grau de aumento em relação à média histórica:

***Tabela 6** – Percentual da curva acumulada mensal comparada à Normal Climatológica*

Dados das curvas acumuladas mensais			Normal Climatológica 1991-2020		Porcentagem da curva acumulada mensal, comparada à Normal Climatológica 1991-2020)
Ano	Mês	Precipitação (mm)	Mês	Precipitação (mm)	
2021	Janeiro	10,0	Janeiro	131,2	7,62%
	Fevereiro	129,6	Fevereiro	79,4	163,22%
	Março	176,6	Março	139,5	126,59%
	Abril	56,0	Abril	122,9	45,57%
	Maio	20,6	Maio	92,4	22,29%
	Junho	55,0	Junho	70,0	78,57%
	Julho	0,4	Julho	67,5	0,59%

***Fonte:** Elaborada pelos autores (2023)*

[8] *Relatório Diário de Obra*

Portanto, entende-se que, dentro do período pleiteado pela construtora, apenas durante os meses de fevereiro e março são considerados períodos em que houve chuvas consideradas fora da normalidade padrão para a localidade, chegando a aumento de quase 65% em relação à Normal Climatológica de comparação

Dessa forma, considerando o impacto gerado e com o intuído de reforçar a constatação obtida, verificou-se, por meio dos dados disponibilizados de Número de dias com precipitação superiores ou igual a 5 mm, na Normal Climatológica de 1991-2020 e comparou-se com os dados dos gráficos descritos no item "c", limitando-se, também, aos dias com precipitações superiores a 5 mm, conforme definido na metodologia.

***Tabela 7** - Comparativo de número de dias com chuva superiores à 5 mm*

Normal Climatológica 1991-2020		Dados retirados dos gráficos de 2021	
Número de Dias com Precipitação Maior ou Igual a 5 mm (dias)			
Código: 83479	Nome da Estação: Vitória/ES		
Mês	Número de dias	Número de dias	Ano
Janeiro	5	1	2021
Fevereiro	4	6	
Março	6	5	
Abril	5	6	
Maio	4	1	
Junho	4	2	
Julho	4	0	

***Fonte:** Elaborada pelos autores (2023)*

Portanto, pode-se concluir que o pleito referente aos impactos de chuva sobre a obra é consistente, possibilitando, em decorrência da constatação de chuvas extraordinárias, a extensão de prazo mínima equivalente à 11 (onze) dias impactados conforme critérios definidos na metodologia.

Entretanto, apesar de consistente, a completa análise de procedência de um pleito desta espécie deve estar diretamente atrelada aos registros dos referidos impactos, sendo, dessa forma, avaliados juntos aos documentos e registros da obra, principalmente de origem bilateral, como os RDO[8]s e Relatórios de Acompanhamento Mensal, aferindo os registros de paralisações em serviços em decorrência das chuvas, especialmente no que diz respeito

aos impactos gerados quanto a retomada de atividades em dias sem chuvas, mas que absorveram os efeitos das chuvas anteriormente ocorridas.

Dessa forma, resta evidente que a metodologia por si só apresenta um método de identificação das chuvas extraordinárias, bem como de dias impactados, porém, sem a devida correlação com respaldo documental bilateral da época das ocorrências, esta se torna impraticável.

5. CONCLUSÕES (CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES)

Perante o exposto no presente trabalho, fica evidente que as condições climáticas afetam diretamente, em muitos casos, ao bom andamento e gestão de uma obra, acarretando, por diversas vezes, em atrasos e prejuízos para as partes envolvidas no negócio.

Especialmente, percebe-se que o planejamento de obras, por se tratar de uma etapa de grande complexidade na engenharia, por muitas vezes se torna falho ao não abarcar os fatos climatológicos passíveis de previsão.

Especialmente com a numerosa demanda judicial e arbitral envolvendo atrasos, efeitos e prejuízos causados por chuvas, conclui-se que é preciso a busca de padronização na identificação de fatores que auxiliem para a correta identificação de eventos extraordinários.

Dessa forma, a metodologia proposta abrange a utilização de Normais Climatológicas desenvolvidas por instituições responsáveis e capacitadas, sob as orientações de órgãos competentes como por exemplo a OMM, para auxiliar nesta demanda.

Com isso, este trabalho determina um método capaz de identificar, por meio dessas Normais Climatológicas, os eventos extraordinários, bem como, a análise dos dados de referência como forma de estimar os efeitos causados pelas chuvas em obras de construção civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **13752:** Perícias de Engenharia. Rio de Janeiro: ABNT, 1996

BACK, J. Álvaro. **Chuvas intensas e chuva para o dimensionamento de estruturas de drenagem para o estado de Santa Catarina.** Florianópolis: EPAGRI, 2013. 197 p

BERNARDES, G. Edson et al. **Administração Contratual e Claim – Coexistências pacífica dos aspectos jurídicos e de engenharia de obras.** São Paulo: Pini, 2015.

BRASIL, **Lei nº 8.666**, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso em: 24/04/2023.

BRASIL, **Lei nº 14.133**, de 01 de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm>. Acesso em: 2404/2023.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 639/2006. Relator: Min. Ubiratan Diniz de Aguiar. Julgado em: 03/05/2006. Disponível em: <https://www.lexml.gov.br/urn/urn:lex:br:tribunal.contas.uniao;plenario:acordao:2006-05-03;639>. Acesso em: 24/04/2023.

COELHO, Dilson Machado; BACK, J. Álvaro. **Estimativa dos dias parados em obras de engenharia em função da chuva.** Artigo apresentado para obtenção de título de Engenheiro Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2015.

GOLBERT, D. Fernando; L'ASTORINA, C. Humberto. **Método de avaliação técnica para concessão de aditivo em contratos de obras públicas decorrente de chuvas excepcionais. In: XIV Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas**, 2011, Cuiabá.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil.** Brasília: 2022. Edição Digital, disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf>

MATTOS, A. D.. **O impacto das chuvas no planejamento.** Blogs Pini. 19 de Maio de 2015. Disponível em: < http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/o-impacto-das-chuvas-no- planejamento-347771-1.aspx>

MENDES, O. R.. **Influência das Chuvas em Obras de Engenharia.** 2006.

MUIANGA, E. A. D.; GRANJA, A. D.; RUIZ, J. de A. **Desvios de custos e prazos em empreendimentos da construção civil: categorização e fatores de influência.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 79-97, jan./mar. 2015. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

NASCIMENTO, M. F. Letícia; FELDMANN, Rafael. **Estudo das etapas de execução de obras de edifícios que mais implicam em atrasos nos cronogramas.** Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiva, 2013.

RODRIGUES, Wagner. **O estudo meteorológico aplicado para otimização de projetos da construção civil.** Artigo apresentado para obtenção de título de Engenheiro Civil, Universidade São Francisco, Bragança Paulista, 2020.

SANTOS, T. G. Kaio. **Extrapolação da metodologia do novo sicro do fator de intensidade de chuvas na interferência de dias paralisados em obras rodoviárias do estado do Tocantins.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas, 2019.

SILVA, Luiz Fernando Soggia Soares da. **Metodologia de reequilíbrio econômico-financeiro aplicada a contratos de arrendamento do setor portuário brasileiro** / L. F. S. S. Silva – São Paulo, 2015. 144 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica.

PINI WEB. **A chuva que vale.** 07 de agosto de 2002. Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/a-chuva-que-vale-80962-1.asp>.

PINI WEB. **Debaixo de Chuva.** 29 de julho de 2002. Disponível em: <http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/debaixo-de-chuva-80995-1.asp>.

RDO UNIFICADO COM APLICAÇÃO DE RECONHECIMENTO ÓPTICO DE CARACTERES PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS

RESUMO

O Relatório Diário de Obra (RDO), pode ser uma exigência expressa em um contrato, sendo utilizado para registrar o dia-a-dia de trabalho em uma obra. No RDO, consta-se todas as informações, fatos ou problemas enfrentados pela equipe no canteiro de obras, apontando as ocorrências para justificar caso haja impedimento no trabalho. Essas informações apresentam um quadro completo do andamento do projeto, permitindo a análise para qualquer necessidade. O RDO registrado de forma correta costuma ser o principal documento para esclarecimento de dúvidas no futuro, sendo importante incorporar no empreendimento o hábito de alimentá-lo adequadamente. Entretanto, não existe uma norma estabelecida para sua elaboração, e cada profissional e empresa faz uso do documento mais adequado para a sua realidade. Nesse sentido, o presente artigo visa propor, baseado na experiência de perícias e procedimentos arbitrais, itens essenciais para compor o RDO, além dos obrigatórios definidos pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea), os quais serão submetidos a um reconhecimento óptico de caracteres (OCR) e convertidos em arquivo editável. Assim, demonstra-se como a aplicação destes itens afetaria positivamente nas resoluções de conflitos, otimizando o tempo e mão de obra empregados na análise dos RDOs, além do processo pericial como um todo.

AUTORES:

Cyntia
Marques Santos Silva

Giovana
Rodrigues Andrade Santos

Amanda
de Castro Almeida Mendes

Palavras-chave:
Diário de Obra, Reconhecimento Óptico de Caracteres, OCR, RDO, Resolução de Conflitos.

ABSTRACT

The Daily Work Report (RDO), can be a requirement expressed in a contract, being used to record the day-to-day work on a construction. In the RDO, all the information, facts or problems faced by a company at the construction site are recorded, pointing the occurrences to justify in case of any obstacle at work. That information presents a complete scenario of the progress of the project, which allows the analysis of it for any needs. The RDO registered correctly is usually the main document to clarify doubts in the future, and it is important to incorporate the habit of feeding him properly into the construction. However, it does not exist any established norm to its elaboration, and each professional and company uses the document more suitable to its reality. In this way, this article proposes, based on the experience of expertise and arbitration procedures, essential items to compose the RDO, in addition to the mandatory ones defined by the Federal Council of Engineering, Architecture and Agronomy (Confea), which will be subjected to optical character recognition (OCR) and converted into an editable file. Thus, it is demonstrated how the application of these items would positively affect conflict resolutions, optimizing the time and labor used in the analysis of RDOs, in addition to the expert process as a whole.

Keywords:
Daily Work Report, Optical Character Recognition, OCR, RDO, Resolution of Conflicts

1. INTRODUÇÃO

O Diário de Obra, também chamado abreviadamente de RDO, é um documento utilizado nas obras de construção civil para registrar o dia-a-dia de trabalho em um determinado empreendimento. Em um documento desse tipo, deve constar todas as informações, fatos ou problemas ocorridos no canteiro de obras em determinado dia, apontando as ocorrências ou serviços que impactam na obra, avanço físico das atividades, efetivo mobilizado, os materiais recebidos e informações sobre a condição climática, para justificar caso haja impedimento no trabalho. O documento também deve registrar todos os problemas e falhas enfrentados pela equipe, permitindo que a empresa possa analisar e organizar melhor a rotina de trabalho de todos os envolvidos no canteiro de obras (BURIM, 2009).

De modo geral, conforme CARDOSO (2010), o uso do RDO na construção civil tem por objetivo a realização de um registro escrito que detalhe todos os acontecimentos de um empreendimento em determinado dia, assim como evolução do empreendimento e mão de obra, máquinas e materiais utilizados, de modo que a empresa que esteja executando a obra tenha um controle sobre seu trabalho e a empresa contratante possa verificar a atuação de sua contratada. Entretanto, o Diário de obra não é um documento com utilização obrigatória no Brasil, não existindo normas ou leis que determinem como deve ser realizado, o formato do arquivo ou mesmo o que deve constar nesse relatório. Apesar disso, está presente e é exigido pelas empresas contratantes na maioria das obras brasileiras, visto que é uma ferramenta essencial para o controle e gerenciamento de construções.

No âmbito regulamentar, destaca-se a Resolução Nº 1.094/2017 do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA), que apresenta a obrigatoriedade do uso de um documento semelhante ao Diário de Obra em todas as construções registradas no sistema Confea/Crea, o chamado "Livro de Ordem". De modo geral, o Livro de Ordem e o RDO tem o mesmo objetivo, porém o Diário de Obra é mais abrangente, e pode ser composto por diversos itens além daqueles definidos no Livro de Ordem. De qualquer modo, no Artigo 5° da resolução citada, é especificado que outros documentos físicos ou eletrônicos, incluindo o Diário de Obra, poderão substituir o uso do Livro de Ordem, desde que atendam a todas as exigências da resolução (CONFEA, 2017).

Desse modo, vale ressaltar que o Diário de Obra é um documento relevante não só durante o processo construtivo, mas também depois da conclusão do empreendimento. Haja visto, no caso de arbitragens ou outros processos judiciais da área de construção civil, os RDOs são essenciais para análise do histórico de determinada obra, seja em relação ao quantitativo de materiais, máquinas e equipamentos utilizados ou sobre atrasos no cronograma e identificação de problemas. Nesse sentido, para um trabalho pericial de qualidade, espera-se que os RDOs sejam apresentados em sua integralidade, e com a melhor qualidade possível, haja visto que, quanto mais completo e organizado um Diário de Obra, mais otimizada torna sua análise. Destarte que a qualidade do documento também é essencial, uma vez que, independente do formato do documento, é imprescindível que o perito consiga visualizar e entender o conteúdo dos Diários de Obra. (BURIM et. al., 2009)

Entretanto, de acordo com Oliveira (2013) uma parte significativa dos RDOs recebidos em processos judiciais não apresentam todas as informações necessárias para a análise completa do histórico da construção. Salienta-se que há casos onde os diários de obra sequer são enviados em sua totalidade, tendo de semanas a meses faltantes de documentos. Além disso, a qualidade dos itens enviados geralmente se destaca de forma negativa, visto que os peritos, responsáveis nessas eventualidades, comumente encontram arquivos escaneados de RDOs impressos, muitas vezes de forma descuidada e com baixa resolução, de modo que o conteúdo desses se tornam ilegíveis.

A organização dos RDOs também é um ponto a ser destacado, uma vez que os Diários de Obra usualmente apresentam tabelas e listas relativamente complexas. Todos esses fatores, aliado ao fato de que os documentos frequentemente são enviados em formato de imagem de baixa qualidade, ou seja, não apresentam maneiras rápidas para compilar os seus dados em um único arquivo editável, elevam a demanda de tempo e mão de obra por parte da perícia para interpretar e analisar as informações, algo que poderia ser

evitado com a melhoria na qualidade, de modo geral, de apresentação desses RDOs.

Diante desse cenário, o presente artigo visa propor, baseando-se na experiência dos autores com procedimentos arbitrais e judiciais, uma série de itens essenciais para um Diário de Obra, além daqueles já definidos na Resolução Nº 1.094/2017 do Confea. Outrossim, serão apresentadas sugestões de organização e disposição dos itens constantes no RDO, de modo que seja possível realizar, de maneira rápida e eficaz, a Leitura Óptica de Caracteres (OCR) nos documentos referentes ao Diário de Obra, convertendo os dados escaneados em arquivos editáveis de tabela. Nesse sentido, objetiva otimizar o trabalho pericial, diminuindo o emprego de tempo e mão de obra com a análise desses documentos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Livro de Ordem – Resolução Nº 1.094/2017 do CONFEA

Para o presente trabalho, utilizou-se como base a Resolução Nº 1.094/2017 do CONFEA. Nesta resolução, especifica-se todos os termos e condições que envolvem adoção do Livro de Ordem de obras e serviços, para todas as profissões abrangidas pelo Sistema Confea/Crea.

No documento é ressaltada a necessidade da utilização de mecanismos para acompanhamento e controle eficientes da participação dos profissionais nas obras e serviços pelos quais são responsáveis técnicos, já que os documentos de fiscalização tradicionais conseguem verificar a autoria do projeto e a existência e identificação do profissional responsável pelas obras e serviços, entretanto são ineficientes para verificar o acompanhamento efetivo desse profissional no empreendimento. Especificamente, no Artigo 2º da Resolução, define-se o Livro de Ordem como "memória escrita de todas as atividades relacionadas com a obra ou serviço", além de apresentar detalhadamente as situações nas quais o Livro de Ordem é utilizado como subsídio, as quais são apresentadas abaixo:

> *"I – comprovar autoria de trabalhos;*
>
> *II – garantir o cumprimento das instruções, tanto técnicas como administrativas;*
>
> *III –dirimir dúvidas sobre a orientação técnica relativa à obra;*
>
> *IV – avaliar motivos de eventuais falhas técnicas, gastos imprevistos e acidentes de trabalho; e*
>
> *V – eventual fonte de dados para trabalhos estatísticos." (CONFEA, 2014).*

O Livro de Ordem também tem o objetivo de "confirmar, juntamente com a ART, a efetiva participação do profissional na execução dos trabalhos da obra ou serviço, de modo a permitir a verificação da medida dessa participação, inclusive para a expedição de CAT".

Ainda, no Artigo 4º da Resolução em questão, é estabelecido que o responsável técnico por determinado empreendimento deve registrar no Livro de Ordem todas as ocorrências relevantes na construção na data especificada. Além disso, define-se todas as informações que devem compor o documento:

> *"I – dados do empreendimento, de seu proprietário, do responsável técnico e da respectiva ART;*
>
> *II – as datas de início e de previsão da conclusão da obra ou serviço;*
>
> *III – as datas de início e de conclusão de cada etapa programada;*
>
> *IV – os relatos de visitas do responsável técnico;*
>
> *V – o atual estágio de desenvolvimento do empreendimento no dia de cada visita técnica;*
>
> *VI – orientação de execução, mediante a determinação de providências relevantes para o cumprimento dos projetos e especificações;*
>
> *VII – acidentes e danos materiais ocorridos durante os trabalhos;*
>
> *VIII –nomes de empresas e prestadores de serviço contratados ou subcontratados, caracterizando seus encargos e as atividades, com as datas de início e conclusão, e números das ARTs respectivas;*
>
> *IX –os períodos de interrupção dos trabalhos e seus motivos, quer de caráter financeiro ou meteorológico, quer por falhas em serviços de terceiros não sujeitas à ingerência do responsável técnico;*
>
> *X – outros fatos e observações que, a juízo ou conveniência do responsável técnico pelo empreendimento, devam ser registrados." (CONFEA, 2014).*

Ademais, como já foi exposto, é definido que os modelos já existentes para registro da obra, sejam físicos ou eletrônicos, incluindo o Registro Diário de Obra, poderão cumprir as atribuições do Livro de Ordem, desde que atendam às exigências da resolução.

Por fim, são apresentadas as instruções para o preenchimento dos Livros de Ordem, sendo que, para a retirada desses, o profissional responsável deve assinar e conferir um Termo de Abertura com as anotações necessárias para identificar o desenvolvimento da obra e do serviço.

Para o Termo de Abertura, é apresentado um modelo na sétima página da Resolução, que pode ser visualizado na figura 1. O CONFEA ressalta que todos os itens do termo devem ser completamente preenchidos, o que deve ocorrer no ato de retirada do Livro de Ordem.

***Figura 1** - Termo de Abertura para retirada do Livro de Ordem*

TERMO DE ABERTURA

LIVRO DE ORDEM Nº _____/_____ - CREA-MG

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO			
ART Nº		Nº CONTRATO	
END. OBRA/SERVIÇO			
TIPO DE OBRA/SERV.			
DATA INÍCIO OBRA	____/____/____	DATA DA CONCLUSÃO	____/____/____
IDENTIFICAÇÃO DO(A) PROPRIETÁRIO(A)			
NOME			
ENDEREÇO			
Nº TELEFONE			
AUTORES DOS PROJETOS			
PROJETO	PROFISSIONAL	Nº CREA	Nº ART
RESPONSÁVEIS TÉCNICOS			
NOME(S) DO(S) PROFISSIONAL(IS)		Nº CREA	Nº ART
ENG. RESIDENTE:			
ENG. FISCAL:			
ENG. FISCAL:			
CONSTRUTORA		Nº CREA	Nº ART

***Fonte:** CONFEA, 2014*

A resolução também contém sugestões para o conteúdo do Livro de Ordem, o qual é dividido em tabelas específicas para o registro de fatos, determinações e providências, outros fatos relevantes (ocorrência de acidentes e/ou paralisações), ficha de andamento das etapas, relação de subcontratadas e recomendações técnicas em culturas.

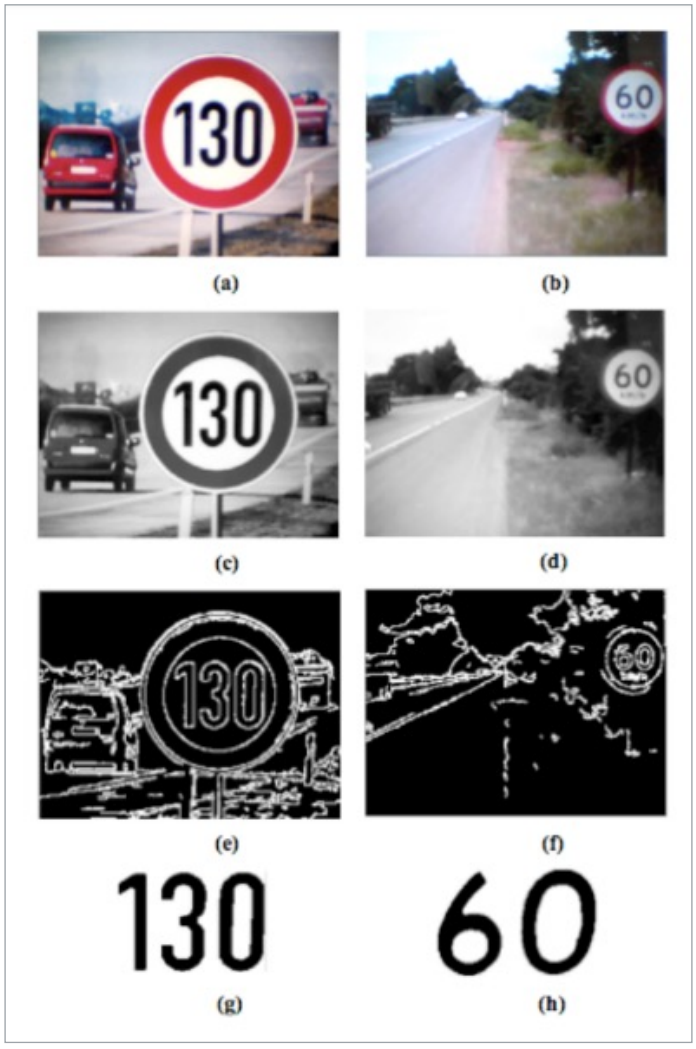
2.2. Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR)

De modo geral, a tecnologia de Reconhecimento Óptico de Caracteres (Optical Charactere Recognition – OCR) é uma tecnologia de software que possui como objetivo o reconhecimento de caracteres textuais, sejam eles manuscritos ou digitados, que estejam inseridos em uma imagem digital (UZAI, 2018). No contexto atual, essa tecnologia possui diversas aplicações, como a leitura de códigos de barra e código em 2D, de placas de carro para controle de tráfego e identificação de veículos, medidores de consumo de água ou gás, automação da calibração de trenas digitais e, principalmente, escaneamento de imagens e conversão de arquivos de texto (GALLO, 2020).

O processo de um sistema do tipo OCR se inicia com a aquisição da imagem a ser lida, seja através de escaneamento, fotografia digital ou outros meios diversos. Em seguida, realiza-se o processamento da imagem adquirida. No total, este procedimento inclui o pré-processamento, a análise de layout e a extração de caracteres (DA SILVA, 2014).

Na figura 2, é possível identificar o processamento completo de duas imagens de placas de trânsito, desde o pré-processamento até a extração de características:

***Figura 2** - Etapas do processamento de imagem para reconhecimento óptico de caracteres*



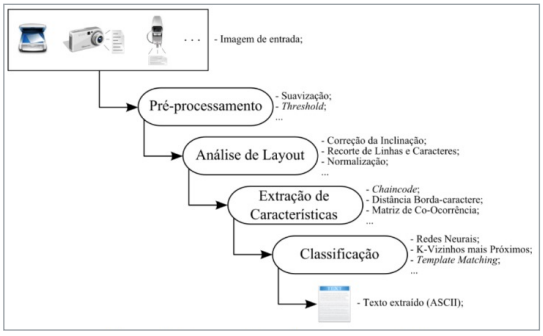
***Fonte:** GOMES, REBOUÇAS & REBOUÇAS FILHO, 2014.*

Depois de realizado o processamento completo da imagem, o OCR trabalha no reconhecimento dos caracteres presentes no arquivo. Para isso, os elementos escuros da página (texto e parte gráfica) são convertidos em um mapa de bits (bitmap), ou seja, uma matriz de pixels quadrados que são classificados de forma binária como ativos (pixels pretos) ou inativos (pixels brancos). O programa de reconhecimento óptico de caracteres mapeia todo o espaço em branco do arquivo, ou seja, com pixels inativos, diferenciando as áreas pretas e brancas, de forma que sejam separados em blocos os parágrafos, colunas, títulos e partes gráficas do documento (ALVES, 2003).

Em seguida, o software realiza o reconhecimento de cada caractere através de comparações entre os pixels do documento analisado e os pixels do modelo de caracteres que o programa tem em sua memória, composto por números, letras, pontuação e caracteres especiais. Entretanto, é necessária uma correspondência acurada para que esta técnica seja efetiva, ou seja, a qualidade da imagem é um fator diferencial para este processo. Ademais, o OCR calcula a altura das letras do texto e analisa as combinações de linhas retas, curvas e áreas preenchidas com cada caractere (ALVES, 2003).

Na figura 3 é possível visualizar um esquema com as principais etapas de execução em um sistema de reconhecimento óptico de caracteres, desde a obtenção da imagem até a extração do texto, que pode ser no formato do Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação (ASCII) ou outros códigos digitáveis (DA SILVA, 2014). Ressalta-se que esses códigos, quando eficazes e claros, podem ser facilmente convertidos e compilados em arquivos editáveis de diversos formatos:

***Figura 3** - Etapas principais de um Sistema de OCR*



***Fonte:** DA SILVA, 2014.*

Portanto, torna-se evidente a importância da qualidade e o contraste da imagem para um processamento de qualidade desta, além de divisões claras entre as linhas de texto, que devem sempre ter um espaço em branco entre elas. Também é importante que o arquivo não seja poluído com divisões e imagens desnecessárias, de forma que o software seja sobrecarregado com itens que fogem do foco do reconhecimento óptico (ALVES, 2003).

3. METODOLOGIA

Para o presente artigo foi utilizado o método de pesquisa ação, com a finalidade de analisar o emprego eficaz do Relatório Diário de Obra através de um

estudo profundo da sua aplicação no mercado e seus impactos nos procedimentos arbitrais e judiciais. O estudo parte de uma revisão bibliográfica composta pelos autores da área, normas que regem o desenvolvimento de RDO e estudo empírico dos autores com procedimentos arbitrais e judiciais.

A finalidade é traçar um "padrão" de Relatório Diário de Obra que possa ser trabalhado como exemplo e aplicado junto aos trabalhos periciais.

Para isso, a pesquisa será baseada na Resolução Nº 1.094/2017 do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA). Ademais, em estudos de autores que elaboram trabalhos pertinentes ao assunto.

Como objetivo empírico, foram selecionados RDOs apresentados em processos judiciais acompanhados pelos presentes autores. Os Diários de Obra foram escolhidos por estarem enquadrados como núcleos atuantes e com constante trabalho dentro do setor arbitral e judicial.

Para isso será realizada análise das informações indispensáveis a serem registradas no Livros de Ordem, além de elencados os itens essenciais, de forma empírica, determinados pelos presentes autores.

Além disso, também será levantada uma série de informações relativas ao funcionamento da Leitura Óptica de Caracteres, de modo que seja possível chegar a um modelo de disposição das informações em um Diário de Obra de forma eficiente. Sendo um documento simples, sem demasiadas divisões e informações, além de conteúdo desnecessários.

Partindo dos conceitos apresentados pela Resolução Nº 1.094/2017 do CONFEA, o trabalho analisará os itens essenciais para compor um Diário de Obra, além da apresentação de sugestões de organização e disposição dos itens constantes no RDO, de modo que seja possível realizar, de maneira rápida e eficaz a Leitura Óptica de Caracteres (OCR). O trabalho, deverá, portanto, compreender o registro de todas as ocorrências relevantes do empreendimento.

4. RESULTADOS

A partir da análise realizada referente aos itens essenciais, outrossim aos já definidos na Resolução Nº 1.094/2017 do Confea e em concomitância com o fato de que os Relatórios Diários de Obra objetivam a realização de um registro escrito que detalhe todos os acontecimentos de um empreendimento em determinado dia, (CARDOSO, 2010), além das experiências com processos arbitrais e judiciais, foi possível elaborar uma série de itens considerados imprescindíveis para os RDOs.

Também foi evidenciado que o Relatório Diário de Obra deverá conter registros, a cargo do responsável técnico, de todas as ocorrências relevantes do empreendimento. Nesse sentido, os componentes do Diário de Obra considerados essenciais para os autores são apresentados a seguir:

I. *Nome de empresas e prestadoras de serviços contratados ou subcontratadas, assim como definição de código para cada uma, caracterizando as funções e/ou atividades que compõe o Mobilizado Direto (MOD) e o Mobilizado Indireto (MOI), além da quantidade unitária e total mobilizada por empresa e função;*
II. *Nome de empresas e prestadoras de serviços contratadas ou subcontratadas, com definição de código para cada uma, caracterizando os equipamentos mobilizados e suas quantidades unitárias e total;*
III. *Nome da estação pluviométrica utilizada no empreendimento ou local do pluviômetro, condição climática dividida por período, quantidade de precipitação ocorrida no dia, quantidade de horas impactadas devida à chuva, assim como descrição das atividades e os prestadores de serviços impactados;*
IV. *Descrição dos serviços, com código atrelado, além de espaço para observação da fiscalização e gerenciadora.*
V. *A periodicidade de preenchimento do registro, se é diária, semanal ou quinzenal.*

Além disso, o Diário de Obra deve conter os itens essenciais definidos na Resolução Nº 1.094/2017 do Confea:

I. *dados do empreendimento, de seu proprietário, do responsável técnico e da respectiva ART;*
II. *as datas de início e de previsão da conclusão da obra ou serviço;*
III. *as datas de início e de conclusão de cada etapa programada;*
IV. *os relatos de visitas do responsável técnico;*
V. *o atual estágio de desenvolvimento do empreendimento no dia de cada visita técnica;*
VI. *orientação de execução, mediante a determinação de providências relevantes para o cumprimento dos projetos e especificações;*
VII. *acidentes e danos materiais ocorridos durante os trabalhos;*
VIII. *nomes de empresas e prestadores de serviço contratados ou subcontratados, caracterizando seus encargos e as atividades, com as datas de início e conclusão, e números das ARTs respectivas;*
IX. *os períodos de interrupção dos trabalhos e seus moti-*

vos, quer de caráter financeiro ou meteorológico, quer por falhas em serviços de terceiros não sujeitas à ingerência do responsável técnico;

X. *outros fatos e observações que, a juízo ou conveniência do responsável técnico pelo empreendimento, devam ser registrados". (CONFEA, 2014).*

Considerando todos os itens obrigatórios pela resolução do Confea, os componentes considerados pelos autores como essenciais para o Relatório de Obra, e principalmente as características do Reconhecimento Óptico de Caracteres apresentadas neste artigo, foram elaborados 8 modelos de tabelas que, juntas, compõem um RDO. Estas serão apresentadas nas figuras 4 a 11.

Para isso, considerou-se os itens que otimizam o funcionamento do OCR, tais como: qualidade de imagem, contraste da imagem e organização do arquivo. Ressalta-se que os modelos apresentados representam unicamente uma sugestão à organização e disposição dos tópicos no RDO, de forma que cada empresa e profissional deverá adaptar o modelo para sua realidade. Entretanto, recomenda-se sempre apresentar o documento da forma mais otimizada possível, para o processamento do OCR.

Figura 4 *- Modelo de planilha de descrição das atividades executivas*

Nome e endereço do Empreendimento								
Planilha de Descrição das atividades executivas								
Nome do Proprietário Nome do Responsável Técnico ART			Data do RDO Tipo do relatório (Diário, Semanal ou Mensal)		Logo da Empresa			Número da Folha
Código do Serviço	Disciplina do Serviço	Descrição do Serviço	Data de Início do Serviço	Data de finalização do Serviço	Etapa atual do Serviço	Observações da Contratada	Observações da Contratante	Observações da Gerenciadora

Fonte: *Reprodução dos autores, 2023.*

Figura 5 *- Modelo de planilha de mão de obra direta (MOD)*

Nome e endereço do Empreendimento				
Planilha de Mão de Obra Direta (MOD)				
Nome do Proprietário Nome do Responsável Técnico ART	Data do RDO Tipo do relatório (Diário, Semanal ou	Logo da Empresa		Número da Folha
Empresa	Código da Empresa (Por ordem crescente)	Função	Código da Função	Quantidade

Fonte: *Reprodução dos autores, 2023.*

Figura 6 *- Modelo de planilha de mão de obra indireta (MOI)*

Nome e endereço do Empreendimento				
Planilha de Mão de Obra Indireta (MOI)				
Nome do Proprietário Nome do Responsável Técnico		Data do RDO	Logo da Empresa	Número da Folha
ART		Tipo do relatório (Diário, Semanal ou		
Empresa	Código da Empresa (Por ordem crescente)	Função	Código da Função	Quantidade

Fonte: *Reprodução dos autores, 2023.*

Figura 7 *- Modelo de planilha de mão de obra total por empresa*

Nome e endereço do Empreendimento			
Planilha de Mão de Obra Total por empresa			
Nome do Proprietário Nome do Responsável Técnico	Data do RDO	Logo da empresa	Número da Folha
ART	Tipo do relatório (Diário, Semanal ou Mensal)		
Empresa	Código da Empresa (Por ordem crescente)	Quantidade total de mão de obra indireta da empresa	Quantidade total de mão de obra direta da empresa

Fonte: *Reprodução dos autores, 2023.*

Figura 8 *- Modelo de planilha de mão de obra total por função*

Nome e endereço do Empreendimento			
Planilha de Mão de Obra Total por Função			
Nome do Proprietário Nome do Responsável Técnico	Data do RDO	Logo da empresa	Número da Folha
ART	Tipo do relatório (Diário, Semanal ou Mensal)		
Função	Código da Função (Por ordem crescente)	Quantidade total de mão de obra indireta da função	Quantidade total de mão de obra direta da função

Fonte: *Reprodução dos autores, 2023.*

Nome e endereço do Empreendimento				
Planilha de Equipamentos				
Nome do Proprietário Técnico	Data do RDO	Logo da empresa		Número da Folha
ART	Tipo do relatório (Diário, Semanal ou Mensal)			
Empresa	Código da empresa	Equipamento/ Máquina	Código do Equipamento	Quantidade

Figura 9 *- Modelo de planilha de equipamentos*

Fonte: *Reprodução dos autores, 2023.*

Nome e endereço do Empreendimento						
Planilha de paralizações devido a chuvas						
Proprietário Nome do Responsável Técnico	Data do RDO	Logo da empresa		Número da Folha		
ART	Tipo do relatório (Diário, Semanal ou Mensal)					
Nome da estação da estação pluviométrica utilizada no empreendimento				Condição Climática	Manhã	
Precipitação total ocorrida no dia					Tarde Noite	
Atividade impactada	Código da atividade	Descrição do impacto	Empresa impactada	Função impactada	Código da função impactada	Quantitativo da função impactada (hora/homem)

Figura 10 *- Modelo de planilha de paralizações devido a chuvas*

Fonte: *Reprodução dos autores, 2023.*

Nome e endereço do Empreendimento						
Planilha de paralizações diversas e acidentes						
Proprietário Nome do Responsável Técnico	Data do RDO	Logo da empresa		Número da Folha		
ART	Tipo do relatório (Diário, Semanal ou Mensal)					
Atividade impactada	Código da atividade	Descrição do impacto	Empresa impactada	Função impactada	Código da função impactada	Quantitativo da função impactada (hora/homem)

Figura 11 *- Modelo de planilha de paralizações diversas e acidentes*

Fonte: *Reprodução dos autores, 2023.*

5. CONCLUSÕES

A partir do que foi exposto, chegou-se à conclusão de que, utilizando os itens apresentados como componentes essenciais dos RDOs e aplicando as bases do modelo de disposição e organização das informações obrigatórias e sugeridas no trabalho, seria possível otimizar o trabalho pericial de forma geral.

Isso ocorre pois, com o modelo proposto, todas as informações essenciais nas resoluções de conflito poderão ser encontradas em um mesmo documento, de forma fácil e eficiente. Além disso, com o OCR, qualquer arquivo de Relatório Diário de Obra, independente de manuscrito ou digitado, poderá ser convertido para formatos editáveis, inclusive compilados em uma única tabela, por exemplo, permitindo que o perito crie seus próprios filtros para separar dados que considerar importantes em determinado pleito. Neste cenário, o tempo e mão de obra gastos em perícias de construção civil poderá ser significativamente reduzido, melhorando não só a agilidade do processo como também a qualidade do trabalho pericial.

Ademais, através dos estudos realizados, foi possível comprovar o quão essencial são os RDOs, não só durante a execução do empreendimento, mas também em situações futuras, como os processos arbitrais e judiciais. Dessa forma, propõe-se, além da utilização dos itens e modelo apresentados, uma conscientização geral dos membros da área da construção civil em relação à importância desses documentos, e como os registros devem ser feitos de forma cuidadosa e clara, e preferencialmente em arquivos digitados, para que a compreensão do RDO seja simples e eficaz.

Por fim, sugere-se o treinamento em campo dos profissionais de obra, em relação ao preenchimento correto e adequado de seus registros, da maneira mais completa e clara possível.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, Neide Ferreira. **Estratégias para melhoria do desempenho de ferramentas comerciais de reconhecimento óptico de caracteres**. 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

BURIN, Eduardo M. et al. **Vistorias na construção civil**. São Paulo: Pini, 2009.

CARDOSO, Solange Aparecida Faria. O diário-de-obras no sistema de gêneros da Engenharia Civil. **Revista do Sell**, v. 2, n. 02, 2010.

DA SILVA, Francisco A. **Desenvolvimento de uma Plataforma de Software para o Reconhecimento Óptico de Caracteres**. 2014.

GALLO, Victória Zanetti Marçal. Desenvolvimento de um sistema de reconhecimento de caracteres para calibração de trenas a laser. 2020.,

GOMES, S. L.; REBOUÇAS, E. S.; REBOUÇAS FILHO, P. P. Reconhecimento ótico de caracteres para reconhecimento das sinalizações verticais das vias de trânsito. **Rev Sodebras**, v. 9, 2014.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. 2013.

UZAI, Luis Fernando de Oliveira. **Reconhecimento óptico de caracteres manuscritos usando redes neurais convolucionais**. 2018.

Os trabalhos técnicos produzidos pelos colaboradores da Vaz de Mello são contribuições significativas em revistas científicas e técnicas de renome. Nesta seção, destacamos alguns dos artigos publicados que refletem o nosso comprometimento com a excelência e conhecimento em nossas áreas de atuação.

As contribuições apresentadas neste livro são de autoria exclusiva de nossos colaboradores atuais e também daqueles que, em algum momento, fizeram parte de nossa equipe e contribuíram para a nossa história.

Revistas Consideradas:

2017

3ª EDIÇÃO DA REVISTA TÉCNICA DO IBAPE-MG

2018

4ª EDIÇÃO DA REVISTA TÉCNICA DO IBAPE-MG

2019

5ª EDIÇÃO DA REVISTA TÉCNICA DO IBAPE-MG

parte **02**

Artigos da *Revista Técnica* do IBAPE-MG

2020

6ª EDIÇÃO DA REVISTA TÉCNICA DO IBAPE-MG

2018

7ª EDIÇÃO DA REVISTA TÉCNICA DO IBAPE-MG

2019

8ª EDIÇÃO DA REVISTA TÉCNICA DO IBAPE-MG

2020

9ª EDIÇÃO DA REVISTA TÉCNICA DO IBAPE-MG

ARTIGOS DA
REVISTA TÉCNICA
DO IBAPE-MG

PERÍCIAS

perícias

364

FOTOGRAFIA PANORÂMICA IMERSIVA EM 360º: Uma tecnologia emergente na área de vistorias cautelares

AUTORES:

Ana Carolina Atheniense Vaz de Mello
Engenheira Civil,
CREA-MG 255929/D, Belo Horizonte/MG
ana.carolina@vmc.eng.br

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello
Engenheiro civil,
CREA-MG 34859/D, Belo Horizonte/MG

Igor Almeida Fassarella
Engenheiro de produção/civil
CREA-MG 142789/D, Belo Horizonte/MG

Antônio Cláudio Andrade Brum
Engenheiro civil,
CREA-MG 60553/D, Belo Horizonte/MG

Palavras-chave: ***Fotografias, Inovação, Panorâmicas, Perícias, Registros fotográficos, Tecnologia.***

INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Vistoria, conforme definição da ABNT NBR 13752:1996 é a constatação de um fato, mediante exame circunstanciado e descrição minuciosa dos elementos que o constituem.

Uma das classificações de vistorias é a vistoria cautelar, também conhecida na esfera judicial como ad perpetuam rei memoriam.

De acordo com o subitem 2.2 da Norma do IBAPE-MG 003 – Norma de Vistoria Cautelar, a vistoria no imóvel tem como objeto principal examinar as características físicas para estimação do padrão construtivo, da tipologia, do estado de conservação e da idade aparente, além de identificar a existência de falhas e de danos existentes na presente edificação. Ainda a referida norma define que as

condições físicas e estruturais dos imóveis, as características construtivas, as anomalias, os defeitos e os danos físicos existentes **deverão ser documentados, registrados e ainda fotografados na data da vistoria.**

Assim sendo, os registros fotográficos, elementos indispensáveis e de extrema importância para os laudos de vistoria cautelar, têm passado nos últimos anos por diversas atualizações em sua execução, a exemplo dos celulares que vêm substituindo câmeras tradicionais, até a utilização de drones.

Observa-se em todas as áreas profissionais a tendência impulsionada pela pandemia do COVID-19 em acelerar a urgência por alternativas que nos possibilitem "visitar" locais por meio da tecnologia. Aliada a essa tendência mundial, a busca por formas de aumentar a qualidade das imagens capturadas constituintes dos registros fotográficos de laudos, as fotografias panorâmicas imersivas em 360º emergem na área de vistorias.

Neste artigo é apresentada a nova tecnologia de fotografias panorâmicas imersivas em 360º, com objetivo de discutir seus principais benefícios, desafios e aplicações em vistorias cautelares.

DESENVOLVIMENTO

Frequentemente utilizado por leigos e profissionais, o Google Street View, recurso do Google Maps, é um exemplo da tecnologia panorâmica imersiva 360º conhecido mundialmente. A sensação de estar presente no local, causada no Google Street View, permite que o usuário observe as vias e fachadas de diversos ângulos. Para as vistorias cautelares, a fotografia 360º é realizada nas áreas internas e externas do imóvel, resultando em imagens de toda a extensão dos cômodos vistoriados.

Inúmeros são os benefícios da utilização do método de capturas fotográficas panorâmicas imersivas em 360º. Por utilizar-se de câmeras DSLR (Digital Single Lens Reflex), o resultado obtido são fotos em altíssima qualidade, possibilitando a análise detalhada de possíveis anomalias construtivas. O tempo de vistoria também diminui significantemente ao utilizar-se dessa metodologia, visto que bastam 5 fotografias por ambiente para que o cômodo seja completamente registrado. Por fim, a visualização de fotos fragmentadas, de ângulos limitados, dificulta o entendimento do ambiente vistoriado como um todo, o que não ocorre na panorâmica imersiva 360º.

Apesar do excelente resultado entregue, convém ressaltar os desafios na aplicabilidade das fotografias panorâmicas imersivas em 360º, visto que é uma metodologia nova e ainda não muito utilizada na área de avaliações e perícias. O processo de edição das imagens exige treinamento especializado e aprendizado em softwares para processamento das fotografias, além de conhecimento de equipamentos utilizados no processo como lentes próprias e tripés de ponto nodal. Além disso, por se tratar de uma inovação, esse formato de fotografias ainda não é mencionado em normas e é pouco conhecido por clientes, demandando a entrega do laudo de vistoria tradicional juntamente com as panorâmicas imersivas.

Figura 1 *- Imagens capturadas durante a vistoria*

Fonte: *Autoria própria.*

Figura 2 *- Panorâmica equiretangular após o processamento das imagens*

Fonte: *Autoria própria.*

***Figura 3** - QR Code de acesso à um modelo de tour panorâmico imersivo 360º (https://qrco.de/bdE5me)*

***Fonte:** Autoria própria.*

CONCLUSÕES

A busca por tecnologias e inovações que resultem em melhorias para avaliações e perícias deve ser incessante e cada vez mais almejadas pelos profissionais da área.

Apesar de ser uma metodologia ainda em desenvolvimento, a fotografia panorâmica imersiva em 360º entrega a qualidade necessária para a análise do estado geral de conservação dos imóveis, cumprindo os objetivos da vistoria cautelar de maneira inovadora.

Como sugestão para o aprimoramento e o desenvolvimento da apresentação e da entrega aos contratantes, convém constar nas normas técnicas em questão, a possibilidade da utilização da mencionada tecnologia, não se limitando apenas aos registros fotográficos atualmente utilizados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR Nº 13.752: **Perícias de engenharia na construção civil**. ABNT, dez. 1996.

NORMA DE VISTORIA CAUTELAR IBAPE-MG 003.

A RESPONSABILIDADE E A COMPLEXIDADE DO TRABALHO PERICIAL DE AVALIAÇÃO EXIGEM A APRESENTAÇÃO DE LAUDO

AUTORES:

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello
Engenheiro civil,
CREA-MG 34859/D, Belo Horizonte/MG
eduardo.mello@vmc.eng.br

Antônio Cláudio Andrade Brum
Engenheiro civil
CREA-MG 60553/D, Belo Horizonte/MG

Igor Almeida Fassarella
Engenheiro de produção/civil,
CREA-MG 142789/D, Belo Horizonte/MG

O trabalho de avaliação de bens visa o atendimento de demandas com diversas finalidades, cuja responsabilidade é muito grande, podendo interferir, em decisões judiciais, garantias para financiamento, etc., onde o laudo técnico elaborado por um profissional habilitado, devidamente fundamentado em Norma Técnica específica para esta finalidade, se mostra elemento determinante para o deslinde das questões envolvidas.

Palavras-chave: ***Avaliação; Capacidade; Laudo; Metodologia; Perito.***

No caso de Desapropriações, por exemplo, a discussão fica limitada ao valor do imóvel, às vezes patrimônio único de uma família, mas que também envolve a administração de recursos públicos para indenização, portanto, a avaliação deve ser rigorosamente correta, evitando qualquer possibilidade de prejuízos às partes.

O expropriado deve ter a certeza de que recebeu a justa indenização e o gestor público a tranquilidade que aplicou corretamente os recursos sob a sua responsabilidade.

Indenização justa, segundo Maria Sylvia Zanella Di Pietro (2011) é aquela que apure um valor considerado necessário para recompor integralmente o patrimônio do expropriado de modo que não sofra nenhuma redução, ou seja, englobando o valor do bem com todas as benfeitorias, os lucros cessantes, os danos emergentes, os juros compensatórios e moratórios, os honorários advocatícios e a correção monetária.

Em Ações Renovatórias, uma avaliação equivocada representa um prejuízo mensal que pode ser multiplicado por 60 (sessenta) meses, prejudicando com certeza uma das partes.

A avaliação é ainda decisiva, por exemplo, em Inventários, Alienações Judiciais, Revisionais de Aluguel, Embargos relativos à tributação (IPTU, ITBI, ITCD), Constituição de Servidão, etc.

Também são necessárias avaliações de Hospitais, Shopping Centers, Hotéis, etc. Além do profundo conhecimento das normas técnicas, o avaliador deve ter a capacidade de interpretar corretamente o Plano Diretor e demais legislações que possam interferir no valor do imóvel.

Em avaliações de imóveis rurais são necessários estudos específicos relativos à capacidade de uso das terras, topografia, estado de conservação das plantações, tipos e condições de acesso, sistema de exploração, riquezas naturais, infraestrutura existente, etc.

Assim, o resultado obtido não pode ser oferecido simplesmente como opinião de valor, conceito que se aproxima do preço praticado, que difere do VALOR DE MERCADO, portanto, este deve ser calculado e explicado de forma a permitir o entendimento e convencimento pelas partes e a segurança para a decisão pelo Juiz.

Em alguns casos, o objeto em avaliação apresenta particularidades, tais como ocupações irregulares, inserção em área de preservação ambiental, servidão e existência de benfeitorias específicas, que podem ser ignoradas por um profissional com pouco ou nenhum conhecimento das Normas Técnicas e ainda carente de experiência quanto às diversas metodologias permitidas. Tais particularidades devem ser cuidadosamente estudadas, visando à correta escolha da metodologia a ser adotada, momento em que a formação do profissional é decisiva.

A reportagem *"Avaliação de Imóveis"*, da Revista Construção Mercado (EDITORA PINI, 2008), discute a capacidade de diferentes profissionais para avaliação de imóveis. Sobre as metodologias adotadas, destaca-se o que é discutido e defendido pelo perito e consultor Eng. Paulo Grandiski:

> *"(...) limitar a avaliação de imóveis ao método comparativo direto, que depende de uma quantidade grande de elementos comparáveis no mercado, é um aspecto crítico da Resolução 1.066. Tanto que a NBR 14.653 - Avaliação de Bens apresenta, além da comparação direta, outros métodos avaliatórios, com destaque para o tratamento científico, que se apoia principalmente na técnica da inferência estatística.*

De acordo com MAIA NETO (2015) a prova pericial ocorre todas as vezes que o juiz não for suficientemente apto para realizar a verificação dos fatos, seja pela ausência de conhecimentos técnicos ou pela impossibilidade de colher os dados necessários, quando o trabalho será realizado por profissionais especializados na matéria, por meio de perícia.

Como definição, perícia é uma prova admitida no processo, destinada a levar ao juiz elementos relativos a fatos que careça de conhecimentos técnicos.

Para a realização da perícia surge a figura do perito, que na concepção jurídica é um órgão auxiliar da administração da justiça, que assessora o juiz na formação de seu convencimento técnico ou cientifico.

Por oportuno, segundo Vendrame (1997), Veronesi (2004):

> *"O perito é individuo de confiança do juiz, sendo até denominado de "olhos e os ouvidos do juiz", figurando como auxiliar da justiça [...], deve reunir os conhecimentos técnicos e científicos [...]. É justamente por isso que o perito judicial deve ter conduta incorrupta, ética com a verdade técnica,*

além de expertise no assunto que irá tratar em sua perícia, pois tem a função de apresentar ao juiz, de forma clara e precisa, sua análise técnica para solver as dúvidas e divergências existentes no litígio em curso".[1]

Daí decorre a necessidade de o perito ser uma pessoa dotada de conhecimentos técnicos e científicos relacionados com os fatos da causa, oriundos de formação acadêmica especializada somada à experiência profissional, visando suprir a deficiência do juiz e colaborando na construção do ato decisório.

Prossegue MAIA NETO (2015), perito é uma palavra oriunda do latim peritus, formado do verbo perior, que significa experimentar, saber por experiência, de onde se explica a função de perito, sujeito ativo da perícia, que exerce sua atividade no sentido de elucidar fatos em que é versado.

O desempenho da função de perito, reveste-se de grande importância no processo, daí este possuir direitos e também obrigações no decorrer da ação.

Uma das principais obrigações do perito é possuir a necessária especialização no objeto da perícia (art. 465 do CPC), sem a qual não poderia desempenhar bem sua função, além da habilitação legal.

Apenas o atendimento às exigências do Artigo 465 do CPC não é suficiente para atender a complexidade da perícia, exigindo a complementação com uma análise ampla. Em avaliações, uma das etapas mais importantes é a vistoria do imóvel, momento em que é necessário seguir as orientações da NBR 13752 (Norma Técnica para Perícias de Engenharia na Construção Civil), publicada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), portanto apenas o conhecimento de algumas informações do mercado imobiliário não é suficiente para atender a perícia.

Outro aspecto importante é composição do grupo de trabalho do mesmo nível de formação técnica.

A convergência de opiniões entre os profissionais habilitados, resultado de um debate técnico de elevado nível, é o que interessa e não extensos Pareceres Técnicos impugnando opiniões técnicas que ao final deixam mais dúvidas ao Juiz do que antes da perícia.

A escolha de profissionais do mesmo nível técnico, mesmo conselho profissional e ainda associados de entidade profissional idôneo exige a obediência ao mesmo Código de Conduta Ética, promovendo o respeito mútuo e a tranquilidade processual.

O Código de Conduta Ética do IBAPE, quanto à relação entre o Perito Oficial e os Assistentes Técnicos, no Artigo 6º (Como Perito Judicial observar as normas e obrigações legais e morais pertinentes), itens "e", "f" e "k", estabelece que:

e. promover e receber, contemporaneamente e em igual oportunidade as contribuições dos assistentes técnicos, com ciência recíproca, colocando-os a par de suas atividades e estudos de caso;

f. fornecer a tempo aos assistentes técnicos cópias de textos prévios ou definitivos de seus laudos, permitindo-lhes assim exercer suas funções em tempo hábil para cumprir os prazos processuais;

g. Ainda que por obrigação legal, ter a gentileza de sempre convidar os Assistentes Técnicos indicados no processo, com a antecedência necessária e suficiente ao agendamento, para as vistorias e eventuais reuniões técnicas.

O Código de Conduta Ética do IBAPE, estabelece também as obrigações do Assistente Técnico com destaque para o Artigo 7º, item "a":

a. auxiliar o perito, acompanhando-o nos estudos e diligências e fornecer-lhe todas as informações disponíveis;

Os profissionais de engenharia e arquitetura estão sujeitos a apresentar a ART e RRT, respectivamente.

A ART, por exemplo, define os limites da responsabilidade técnica de tal forma que o(a)

[1] *VERONESI JUNIOR, José Ronaldo. Perícia judicial. São Paulo: Editora Pillares, 2004.*

profissional responda pelas atividades técnicas que executou.

Finalmente, o Art. 473 do CPC determina o conteúdo mínimo para **o laudo pericial**, não existindo nenhuma previsão de apresentação de "Parecer Técnico", ou seja, de opinião para atender ao que é esperado de uma perícia, portanto, a exigida "análise técnica ou científica" somente pode ser realizada por quem possui atribuição profissional por formação acadêmica, e o método "predominantemente aceito pelos especialistas da área" é aquele constante em Norma Técnica elaborada por profissionais com este tipo de formação.

> *"Art. 473. **O laudo pericial** deverá conter:*
> *II - a análise técnica ou científica realizada pelo perito;*
> *III - a indicação do método utilizado, esclarecendo-o e demonstrando ser predominantemente aceito pelos especialistas da área do conhecimento da qual se originou;"*

BIBLIOGRAFIA:

DI PIETRO, Maria Sylvia Zanella, **Direito Administrativo**. 24º Edição. São Paulo. Editora Atlas S.A., 2011

MAIA NETO, FRANCISCO – **A prova Pericial no novo processo civil e na Arbitragem**, Belo Horizonte.

VERONESI JUNIOR, José Ronaldo. **Perícia judicial**. São Paulo: Editora Pillares, 2004

ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA

AUTORES:

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello
Engenheiro civil,
CREA-MG 34859/D, Belo Horizonte/MG
eduardo.mello@vmc.eng.br

Efigênia Guariento Palhares Ferreira
Engenheira de produção/civil,
CREA MG 137332/D, Belo Horizonte/MG

Igor Almeida Fassarella
Engenheiro de produção/civil,
CREA-MG 142789/D, Belo Horizonte/MG

Uma das etapas que compõem o planejamento para implantação de uma subestação de energia elétrica (SE) é a escolha do local onde ela será construída. Inicialmente as concessionárias de energia elétrica estabelecem algumas premissas técnicas necessárias para implantação das SEs e apresentam algumas possibilidades de áreas para sua construção, sendo então necessário analisar as condições dessas alternativas em seus aspectos fundiários, como regularidade da documentação, direito da propriedade, possíveis restrições ambientais, políticas, sociais, entre outros fatores.

Vários são os elementos que influenciam na escolha da área de terreno ideal ou mais próxima da ideal e não existe uma regulamentação normativa para esse procedimento, sendo necessário que a empresa executora do estudo prévio desenvolva a sua própria metodologia. Entretanto, devido à complexidade cada vez maior das condições em que se apresentam as áreas estudadas, relativas à documentação, ao relevo e à possibilidade de ocupação, por exemplo, tem sido cada vez mais recorrente a necessidade de desenvolvimento de uma matriz de tomada de decisão que permita abarcar todos os itens necessários ao estudo.

Foi realizado um estudo de caso para implantação da SE Ouro Branco, no Estado de Minas Gerais, cuja área mínima de pátio requerida corresponderia a aproximadamente 1,4400 ha (um hectare, quarenta e quatro ares). De acordo com a Instrução Especial Incra n.º 50, de 26 de agosto de 1997, esta área é inferior à Fração Mínima de Parcelamento (FMP), a qual para a microrregião do município em questão é de 2,0000 ha (dois hectares). Entretanto, por ser área de interesse público, é possível, através de acordo administrativo, averbar a área desejada inferior à FMP.

No estudo foram analisadas quatro áreas pré-determinadas, localizadas no município de mesmo nome da SE. Os itens considerados significativos e avaliados na fase de análise fundiária, para determinação da melhor área a ser implantada a SE Ouro Branco, foram os seguintes: valor de mercado; infraestrutrua básica e condições de acesso; consulta aos proprietários; tipo de zoneamento definido pela legislação; possibilidades de conflitos de interesses público, ambiental e histórico; e consulta ao direito da propriedade e à documentação do imóvel. Cada um desses itens foi dividido em subcategorias, sendo relacionados pesos que caracterizaram as melhores e as piores condições de cada um deles, conforme descrito a seguir.

Para determinação do valor de mercado das áreas foi adotada a metodologia descrita na norma ABNT NBR 14653-3:2004, sendo atribuído peso menor ao imóvel de maior valor e peso maior ao imóvel de menor valor.

Como, em geral, as áreas em estudo possuem localizações próximas uma das outras, tem-se normamente a disponibilização da mesma infraestrutura básica, sendo as condições de acesso o item de maior interesse neste critério. E como para a construção de uma SE são necessários equipamentos pesados, é importante que seja identificado o local onde será construído o acesso já na fase inicial. Os pesos para as estradas de acesso seguiram a prescrição de péssima a ótima, considerando os pesos dentro do intervalo de um a seis, respectivamente.

As áreas para implantação de SEs normalmente são adiquiridas pela concessionária de energia elétrica mediante acordo administrativo ou por procedimento judicial, conforme Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941 e o interesse do proprietário na venda do imóvel é um dos fatores determinantes para escolha dessa área, pois caso não exista esse interesse de venda do terreno, é necessária medida judicial para aquisição, sendo despendido um período maior de tempo, o que afeta o projeto de implantação. Portanto, dependendo do interesse do proprietário na negociação do imóvel, há possibilidades de se abreviar o tempo de negociação e, portanto, adota-se peso maior para proprietários que possuem interesse e peso menor para aqueles que não demonstram interesse.

É necessária uma vasta pesquisa para análise de interferências ambientais, políticas e sociais que possam existir, como a proximidade das áreas a distritos industriais, áreas de preservação ambiental, nascentes, cavidades, reserva legal, entre outros. Algumas dessas situações inviabilizam a implantação da SE, como a proximidade com aeródromos, com área de interesse minerário, com sítios arqueológicos, reservas indígenas ou quilombolas. Partindo-se das situações descritas, também foram atribuídos pesos a cada item, de acordo com a possibilidade e com a complexidade de resolução das interferências.

Por fim, conforme já citado, normalmente há a compra do terreno onde será construída a SE, sendo necessário realizar uma pesquisa nos cartórios da região onde estão inseridas as áreas em estudo, para análise da situação dos imóveis. Assim, também foram atribuídos pesos para as possibilidades consideradas para a situação de documentação do imóvel.

A partir da análise dos fatores de influência e de seus pesos, de acordo com a sua importância, foi possível concluir que a área mais indicada, em relação aos aspectos fundiários, para implantação da SE Ouro Branco, não foi a área com menor valor de mercado. No estudo foi considerado como preponderante o tempo de regularização necessário para desimpedimento da área, sendo o principal fator de influência.

Conclui-se, assim, que são vários os fatores que influenciam na escolha da área para construção de uma SE, sendo que no aspecto fundiário, os principais são os apresentados neste artigo. Entretanto, como no estudo realizado, percebe-se que o valor de mercado, por exemplo, não é o fator limitante para definição da área mais indicada, mas sim o tempo de negociação e aquisição da área, incluindo a sua regularização, além da determinação de um terreno livre e desimpedido em relação às questões ambientais, políticas e sociais. Neste sentido, é razoável afirmar que a determinação do valor de mercado do terreno não é um ponto conclusivo/decisivo, mas apenas o ponto de partida para escolha da área.

Portanto, devem ser analisados todos os critérios mencionados neste estudo que, dependendo da situação, podem dificultar ou até mesmo inviabilizar o projeto de implantação de uma SE. Assim sendo, a análise fundiária descrita é parte intrínseca do planejamento para implantação de empreendimentos como a SE citada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-3:** Avaliação de bens Parte 3: Imóveis Rurais. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 27 p.

BRASIL. Decreto-lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941. **Dispõe Sobre Desapropriações Por Utilidade Pública.**

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA-INCRA. Instrução Especial nº 50, de 26 de agosto de 1997. **Estabelece As Zonas Típicas de Módulo - ZTM e Estende A Fração Mínima de Parcelamento - FMP, Prevista Para As Capitais dos Estados Para Outros Municípios.**

A RELAÇÃO ENTRE O PERITO OFICIAL E OS ASSISTENTES TÉCNICOS

AUTOR:

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello
Engenheiro civil,
CREA-MG 34859/D, Belo Horizonte/MG
eduardo.mello@vmc.eng.br

Palavras-chave: ***Perito Oficial, Assistente Técnico, Perícia Consensual.***

Uma vez deferida a prova pericial, tem inicio a relação, às vezes complexa, e não deveria ser, entre o Perito Oficial e os Assistentes Técnicos indicados pelas partes.

Este encontro de profissionais visa obter uma contribuição à solução do conflito instaurado, devendo se inspirar em princípios éticos, ainda que cada um dos participantes na realização da prova deva atuar de forma independente.

A atividade do Assistente Técnico tem início com o estudo da questão em que oficiará, cabendo-lhe submeter ao seu cliente os quesitos que lhe pareçam convenientes para melhor elucidação da pendência. Daí a necessidade do Assistente estar suficientemente informado da natureza e extensão da contenda, a fim de que possa contribuir para o seu desfecho, valendo-se de seus conhecimentos.

Por sua vez, o Perito Oficial deve permitir uma ampla participação dos Assistentes e não apenas cumprir as determinações do **Art. 466 - § 2º do CPC**.

É recomendável que o Perito tenha conhecimento da disponibilidade de cada um dos Assistentes, para efeito de realização da diligência conjunta. Este cuidado torna-se ainda mais significativo quando os Assistentes residam em locais diferentes.

O Perito Oficial deve entender que o Assistente Técnico tem o dever de manter o seu cliente a par da atuação desempenhada, comprovando que além de participar das diligências, prosseguiu com o seu trabalho através de debates, exposição técnica e apresentação da documentação necessária para obter um justo resultado.

A propósito, é de se ter em conta a importância da apresentação pelo Perito Oficial da versão preliminar de seu trabalho, conforme sustentou o respeitado engenheiro e advogado, **Francisco Maia Neto**:

> *".. é comum a troca de informações entre perito e assistentes técnicos durante a fase de diligências, portanto, nada mais lógico do que apresentar a estes uma minuta para discussão contendo os resultados do laudo, antes de sua entrega. Este procedimento é importante também para o perito, também passível de erros ou equívocos, o que pode ser evitado ao apresentar seu trabalho aos assistentes técnicos que farão o papel de revisores, podendo em alguns casos evitar uma interpretação incorreta de algum fato que tenha, por qualquer motivo, passado despercebido ao perito."*

É bem de ver que quando o juiz defere a prova pericial, assim procede por não dispor de conhecimento próprio que lhe permita formar um juízo seguro quanto à questão posta ao seu descortino.

A prova pericial é uma **restauração dos fatos, uma interpretação dos mesmos, uma conclusão ou série de conclusões a respeito deles, quer pela inspeção dos respectivos vestígios, quer pelos elementos que constarem dos autos a tal respeito.**

A convergência de opiniões entre os técnicos envolvidos, resultado de um debate técnico de elevado nível é o que interessa e não extensos Pareceres Técnicos que ao final deixam mais dúvidas ao Juiz do que antes da perícia.

Algumas divergências são esperadas, entretanto devem ser justificadas com adequada fundamentação baseada não em simples diferença de opinião, mas sim em condições previstas nas Normas Técnicas e publicações especializadas.

A participação do Assistente Técnico também é fundamental na fase de esclarecimentos da pericia, seja na sua colaboração com a sugestão para os quesitos, seja na aproximação junto ao Perito, aproveitando a nova oportunidade de defender mais uma vez o seu entendimento, valorizando o seu trabalho junto ao seu cliente.

O Perito Oficial não deve se julgar infalível, dispondo-se sempre a receber com modéstia as críticas que lhes venham a ser feitas, com o objetivo de apurar a verdade técnica o que corresponderá a confiança recebida do juiz que o nomeou.

O IBAPE-MG, para atender a sua finalidade, tem procurado difundir em seus cursos e palestras, a importância de um bom relacionamento entre os seus associados, mormente no que tange à ética profissional.

A propósito, convém salientar que, não raramente, aquele que atua como Perito Oficial em um processo pode, mais tarde, vir a ser escolhido como Assistente Técnico em outro. Isto é suficiente para justificar o respeito recíproco que deva existir entre aqueles que desempenham essa atividade.

O Artigo 471 do CPC em vigor, introduziu uma importante modificação no que diz respeito a escolha do Perito, com a denominada perícia consensual, que permite que as partes, de comum acordo, escolham o perito, indicando-o mediante requerimento ao juiz.

É esperado que tal procedimento consensual, antes de confirmado seja submetido aos Assistentes indicados pelas partes. É certo que a ratificação da escolha terá como critério absoluto o bom relacionamento demonstrado aos Assistentes, pelo profissional selecionado, em outras ocasiões em que atuou como Perito Oficial.

Tais considerações tornam-se oportunas para mostrar que a relação entre o Perito Oficial e os Assistentes Técnicos não deve ser complexa, deve ser a melhor possível, valorizando a atuação de todos.

REFERÊNCIAS

A Prova Pericia no Processo Civil - Francisco Maia Neto - Ed. Del Rey.

ARTIGOS DA
REVISTA TÉCNICA
DO IBAPE-MG

AVALIAÇÕES

avaliações

377

ANÁLISE DA TABELA DE FUNDAMENTAÇÃO DA ANBT NBR 14653-2:2011

AUTORES:

Igor Almeida Fassarella
Engenheiro de produção/civil,
CREA-MG 142789/D, Belo Horizonte/MG
igor@vmc.eng.br

Antônio Cláudio Andrade Brum
Engenheiro civil,
CREA-MG 60553/D, Belo Horizonte/MG

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello
Engenheiro civil,
CREA-MG 34859/D, Belo Horizonte/MG

Palavras-chave: ***Avaliação; Método Comparativo; Tratamento Estatístico; Pesquisa de Mercado; Valor de Mercado.***

INTRODUÇÃO

De acordo com a ABNT NBR 14653-2:2011, todos os trabalhos elaborados com as prescrições desta Norma devem apresentar de maneira explícita o grau de fundamentação atingido na avaliação. Em relação à especificação das avaliações, a ABNT NBR 14653-1:2019 estabelece que a fundamentação é função do aprofundamento do trabalho avaliatório com o envolvimento da seleção da metodologia em razão da confiabilidade, qualidade e quantidade dos dados disponíveis. Além disso, informa que o estabelecimento inicial do grau de fundamentação desejado pelo contratante tem por objetivo a determinação do empenho no trabalho avaliatório, mas não representa garantia de alcance de graus elevados de fundamentação. Tal exigência pode comprometer ou até mesmo inviabilizar a entrega do laudo de avaliação. Por fim, apresenta a classificação da fundamentação, guardado o critério geral de atribuir graus em ordem numérica e crescente, em que o grau I é o menor e o grau III é o maior.

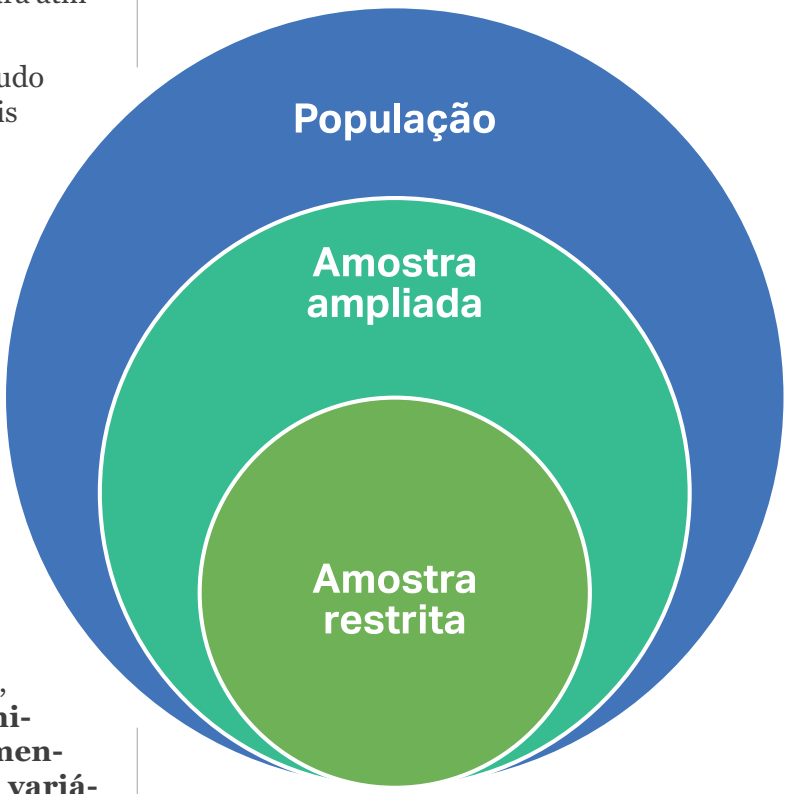
Assim sendo, tem-se o hiato entre a solicitação/expectativa do contratante para o alcance do maior grau de fundamentação e a dificuldade aliada à escassez de dados de mercado enfrentada pelo profissional da engenharia de avaliações, principalmente em mercados imobiliários de cidades do interior.

Uma das alternativas para superar essa barreira da norma técnica em questão é ampliar o universo da pesquisa com o intuito de conseguir o número mínimo de dados suficiente, guardada a quantidade mínima de variáveis, para atingir o grau de fundamentação desejado.

Neste artigo, é apresentado um estudo de caso com o objetivo de discutir dois modelos de tratamentos estatísticos realizados através da regressão linear. O primeiro é realizado a partir de uma pesquisa de mercado restrita com imóveis situados apenas no entorno imediato ao imóvel avaliando, em que o grau de fundamentação obtido foi I. Já o segundo é elaborado considerando a pesquisa anterior (amostra restrita) e outros dados situados no bairro vizinho ao bairro do avaliando. O acréscimo desses dados e de uma variável possibilitou o enquadramento da fundamentação em grau II.

O objetivo do presente artigo, então, é analisar o item 2: **quantidade mínima de dados de mercado, efetivamente utilizados, e a quantidade de variáveis independentes adotadas** da Tabela de Fundamentação da ABNT NBR 14653-2:2011, que deve ser apresentada como forma de especificar e enquadrar a avaliação realizada.

Figura 1 *- Objeto do estudo de caso*



Fonte: *Autores*

Tabela 1 *- Grau de fundamentação no caso de utilização de modelos de regressão linear*

Item	Descrição	Grau		
		III	II	I
2	Quantidade mínima de dados de mercado efetivamente utilizados	6 (k + 1), onde k é o número de variáveis independentes	4 (k + 1), onde k é o número de variáveis independentes	3 (k + 1), onde k é o número de variáveis independentes

Fonte: *ABNT (2011a)*

DESENVOLVIMENTO

A quantidade mínima de dados é importante também para análise da micronumerosidade.

Durante o planejamento da pesquisa de mercado, são identificadas **as características que, em princípio, são relevantes para explicar a variação dos preços e a formação dos valores.**

Essas características são chamadas de variáveis. Para tanto, são identificados dois tipos de variáveis: dependente e independentes.

ESTUDO DE CASO

Trata-se da avaliação para determinação do valor de mercado do imóvel urbano localizado no Centro de uma cidade do interior do Sul do Estado de Minas Gerais. A primeira pesquisa realizada contou com 11 elementos vendidos ou em oferta para venda localizados no Centro da Cidade em questão.

A **variável dependente** adotada foi:

- Valor Unitário (VU): Valor total dividido pela área do terreno.

As **variáveis independentes** adotadas foram:

- Área do Terreno (AT): Variável quantitativa utilizada para expressar, em metros quadrados, a área do terreno de cada imóvel pesquisado;
- Área Construída (AC): Variável quantitativa utilizada para expressar, em metros quadrados, a área construída de cada imóvel pesquisado.

Apesar de testadas outras variáveis, de acordo com a pesquisa de mercado realizada e os testes estatísticos executados para definir as características relevantes, foram identificadas duas variáveis importantes na variação do valor, as quais tiveram o comportamento esperado, ou seja, aumentando a área construída e a área do terreno e diminuindo o valor unitário.

Formação dos valores: para a área do terreno de 560,00 m² e a área construída de 167,40 m², têm-se os seguintes valores:

- Valor mínimo: R$ 1.051,00 / m²;
- Valor médio: R$ 1.110,52 / m²;
- Valor máximo: R$ 1.170,04 / m².

O grau de fundamentação alcançado na avaliação foi o I, em razão da quantidade de dados utilizados. Como foram utilizados 11 dados de mercado para duas variáveis independentes, esta condição só se enquadra no Grau I, em que a quantidade mínima é de 9 dados: 3 (k + 1) = 3 (2 + 1) = 9.

Para a obtenção de um número maior de dados, a pesquisa de mercado foi direcionada ao bairro vizinho, o qual possuía alguns imóveis em oferta para venda (lotes sem edificações e lotes com edificações).

Assim sendo, após a ampliação da pesquisa de mercado realizada, para distinguir a localização de cada dado pesquisado, foi necessário inserir uma nova variável independente:

Localização (LOC): Variável dicotômica utilizada para identificar o bairro de imóvel pesquisado. Opções: 0 - Vizinho ao Centro; 1 - Centro.

Formação dos valores: para a área do terreno de 560,00 m², a área construída de 167,40 m² e localização no Centro (1), têm-se os seguintes valores:

- Valor mínimo: R$ 1.064,15 / m²;
- Valor médio: R$ 1.113,48 / m²;
- Valor máximo: R$ 1.162,82 / m².

O grau de fundamentação alcançado na avaliação foi o II, em razão do aumento do número de dados, mesmo com o acréscimo de uma variável independente.

COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

O coeficiente de determinação da amostra ampliada é de 0,9450. Já o coeficiente de determinação da amostra restrita é de 0,6466.

Convém destacar que o valor unitário médio obtido através da amostra ampliada (R$ 1.113,48 / m²) é aproximadamente 0,3% inferior ao valor unitário médio obtido através da amostra restrita (R$ 1.110,52 / m²). Tal percentual está dentro do intervalo de valores admissíveis, o qual deve estar limitado simultaneamente ao intervalo de predição ou ao intervalo de confiança de 80% e ao campo de arbítrio.

Diante da ausência de um dado de mercado, a avaliação da Amostra Restrita foi enquadrada em grau I. Para grau II, é necessário mais um dado de acordo com a equação condicionante: 4 (k + 1), que resulta em 4 (2 + 1) = 12.

CONCLUSÕES

A pesquisa de mercado precisa ter qualidade e ser representativa (significativa) em relação às características do imóvel avaliando e não pode se restringir apenas às exigências da tabela de fundamentação, as quais, conforme demonstrado, podem ser melhoradas acrescentando apenas uma variável (item 02 da tabela em questão).

No estudo de caso apresentado, ao ampliar a pesquisa de mercado, acrescentando seis imóveis com características semelhantes, diferenciada apenas a localização (com acréscimo de uma variável independente), foi possível atingir o Grau II de fundamentação. Verifica-se ainda que, a partir de duas pesquisas de mercado diferentes e, consequentemente, dois tratamentos estatísticos diferentes, os resultados foram semelhantes, sendo a diferença entre eles irrisória (Restrita = R$ 1.110,52 / m²; Ampliada = R$ 1.113,48 / m²).

Conforme exposto, caso a amostra não atinja a quantidade mínima de dados para uma determinada quantidade de variáveis independentes, a avaliação será enquadrada em grau inferior de fundamentação, o que pode significar ou ser interpretado como menor aprofundamento do trabalho, já que, conforme mencionado, o grau de fundamentação mede o referido estudo e empenho do profissional da engenharia de avaliações.

É possível afirmar que existem inúmeros pontos a serem observados e tratados para a avaliação de imóveis, tais como: significância da regressão, significâncias dos erros das variáveis, aderência, homocedasticidade e consistência com a realidade de mercado para cada hipótese criada.

Por fim, o profissional da engenharia de avaliações não deve ater-se apenas à fundamentação do laudo. Mesmo que a especificação seja determinada por ocasião da contratação do trabalho. Assim sendo, tem-se a necessidade da definição da melhor maneira para medir o aprofundamento do trabalho do profissional, destacando que o mais importante é analisar o mercado imobiliário no qual o imóvel está inserido, bem como suas limitações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR Nº 14.653-1:2019 - Avaliação de Bens - Parte 1: Procedimentos Gerais.** ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR Nº 14.653-2:2011 - Avaliação de Bens - Parte 2: Imóveis Urbanos.** ABNT, 2011.

IMPACTO DA MUDANÇA DO PLANO DIRETOR DE BELO HORIZONTE NA FORMAÇÃO DO VALOR DE MERCADO DE UMA GLEBA URBANA

AUTORES:

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello
Engenheiro civil,
CREA-MG 34859/D, Belo Horizonte/MG

Antônio Cláudio Andrade Brum
Engenheiro civil,
CREA-MG 60553/D, Belo Horizonte/MG

Felipe Lopes Silveira
Engenheiro civil,
CREA-MG 201067/D, Belo Horizonte/MG

Igor Almeida Fassarella
Engenheiro de produção/civil,
CREA-MG 142789/D, Belo Horizonte/MG
igor@vmc.eng.br

Palavras-chave: ***Avaliação, Gleba, Valor de Mercado, Zoneamento.***

Este artigo tem como objetivo apresentar um caso real de desvalorização de uma gleba urbana, provocada pelo Novo Plano Diretor de Belo Horizonte, instituído pela Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019.

O art. 182 da Constituição Federal de 1988 determina que a política de desenvolvimento urbano seja executada pelo Poder Público municipal e que tenha como objetivos a ordenação do pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e a garantia do bem-estar de seus habitantes.

O Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001) regulamenta o Capítulo II "Da Política Urbana" da Constituição Federal, definindo normas e instrumentos que regulam o uso da propriedade urbana em favor do bem coletivo.

A criação do Plano Diretor é obrigatória para as cidades com mais de 20 mil habitantes, de acordo com o Estatuto da Cidade, sendo o Plano Diretor o instrumento básico para orientação da política de desenvolvimento e expansão urbana dos municípios, apresentando as diretrizes de ordenamento do território, as regras para zoneamento e as normas para instalação de usos e atividades.

O zoneamento é um parâmetro importante a ser considerado na avaliação de terrenos urbanos, pois pode influenciar significativamente na formação do seu valor de mercado. O zoneamento estabelece as diretrizes e restrições para o uso, e sua mudança pode impedir projetos com viabilidade econômica que antes eram permitidos, reduzindo o valor do terreno, em razão da perda do seu potencial de aproveitamento e, consequentemente, do seu valor de mercado.

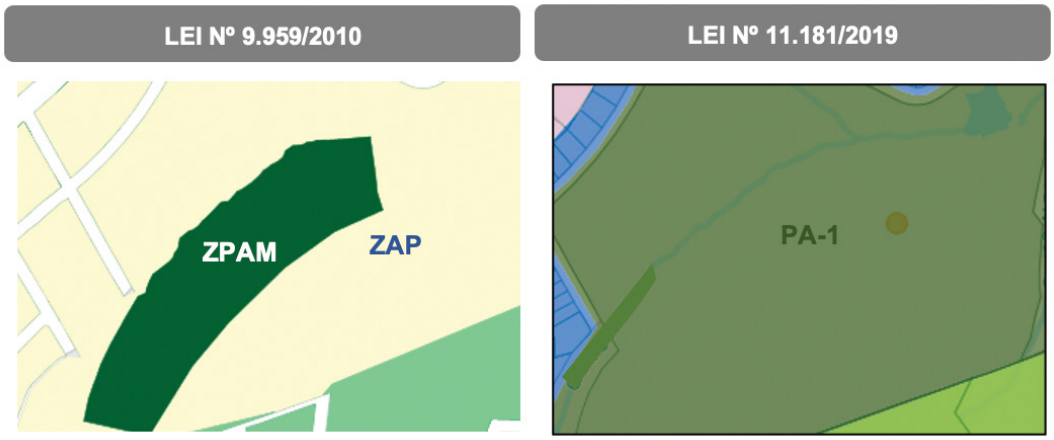
A gleba em estudo está localizada na região metropolitana de Belo Horizonte. É importante destacar que a análise não tem como objetivo mensurar a importância de áreas verdes na cidade, mas, sim, demonstrar a desvalorização imobiliária causada pela mudança do zoneamento. As áreas verdes desempenham um papel vital nas cidades e têm uma importância significativa para o bem-estar dos seus habitantes e para a qualidade de vida urbana como um todo.

Figura 1 *- Gleba urbana em estudo*

Fonte: *Fotografia obtida pelos autores*

A gleba urbana em análise tem área de aproximadamente 113.000,00m², sendo classificada como Zona de Adensamento Preferencial - ZAP (maior área, aproximadamente 79 %, ou 89.000 m²) e Zona de Preservação Ambiental - ZPAM (aproximadamente 21 %, ou 24.000 m²) pela Lei 7.166-96. Atualmente, com a entrada em vigor do novo plano diretor, a gleba se encontra integralmente inserida na Zona de Preservação Ambiental - 1 (PA-1).

Figura 1 *- Zoneamentos conforme as leis de uso e ocupação do solo anterior e atual*



Fonte: *Lei nº 9.959/2010 e Lei nº 11.181/2019*

***Tabela 1** - Parâmetros urbanísticos dos zoneamentos atual e anterior*

PARÂMETROS URBANÍSTICOS	9959/10 (anterior)		11.181/19 (atual)
	ZPAM	**ZAP**	**PA-01**
Coeficiente de aproveitamento básico	0,05	1,5	0,3
Coeficiente de aproveitamento máximo	0,05	2	0,3
Cota de terreno por unidade habitacional	-	40	2.500
Taxa de permeabilidade	0,95	Cf. art. 50	0,95

***Fonte:** Lei nº 9.959/2010 e Lei nº 11.181/2019*

Analisando os parâmetros urbanísticos, é possível observar um aumento significativo da cota de terreno por unidade habitacional que, no zoneamento ZAP, era de 40 m²/un e, atualmente, no zoneamento PA-01, é 2500m²/un. Portanto, o aumento deste parâmetro urbanístico foi superior a 600%. Logo, considerando apenas a área da gleba inserida no zoneamento ZAP (89.000 m²), seria possível construir até 2.225 unidades habitacionais. Já com a nova lei, atualmente é possível edificar apenas 45 unidades habitacionais na gleba urbana em análise.

O coeficiente de aproveitamento também sofreu uma alteração brusca, passando de 1,5, referente à parte da gleba inserida no zoneamento ZAP, para apenas 0,3 no zoneamento PA-1. Portanto, o coeficiente de aproveitamento básico foi reduzido em 5 vezes. Considerando apenas o zoneamento ZAP, a área construída permitida para a gleba seria de 133.500m² (89.000m² x 1,5). Atualmente, o potencial construtivo desta gleba é de apenas 33.900m² (113.000m² x 0,3).

O valor de mercado para venda da gleba foi calculado em ambos os cenários, ou seja, antes e depois da aprovação do Novo Plano Diretor de Belo Horizonte, e por duas metodologias: o método comparativo direto de dados de mercado e o método involutivo.

O valor de mercado da gleba em 2018, obtido pelo método comparativo direto de dados de mercado, que contou com uma amostra de 16 dados de glebas urbanizáveis ofertadas no mercado, submetidas ao tratamento estatístico científico no qual foram adotadas 3 variáveis independentes, foi de R$ 59.000.000.00 (cinquenta e nove milhões de reais). Para verificação de tal valor, foi também realizada uma avaliação pelo método involutivo vertical, utilizando como base um projeto apresentado por uma incorporadora. Este projeto, datado de 2015, teve iniciado um processo de licenciamento ambiental com o intuito de aprovação para a construção de 16 torres de apartamentos, com 750 unidades habitacionais e 1.300 vagas de garagem. Este projeto não teve sequência devido à mudança do Plano Diretor de Belo Horizonte. As principais características de tal projeto são destacadas a seguir.

***Tabela 2** - Características do empreendimento que seria implantado na gleba*

Destinação	Parque Municipal	Área Edificável	Área Lote não Edificável	Viário	Área Total do Terreno
Área (m²)	66.930,43	37.537,2	7.601,21	823,08	112.891,92
Proporção	59,29 %	33,25 %	6,73 %	0,73 %	100 %

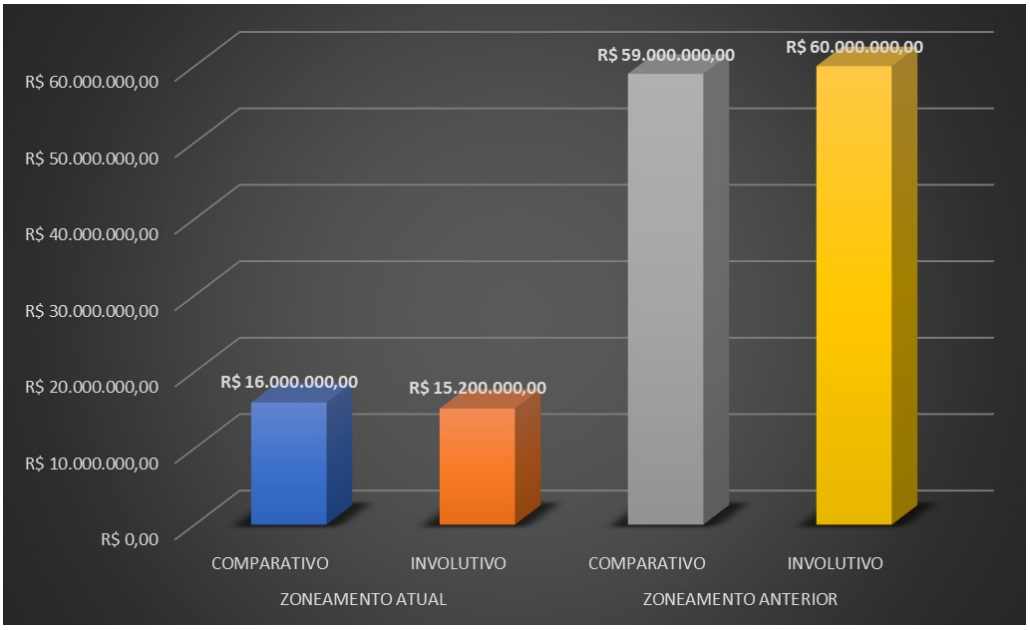
***Fonte:** Masterplan do empreendimento que seria implantado na gleba*

O valor geral de vendas (VGV) do empreendimento em questão, obtido pelo método comparativo com a aplicação do tratamento científico (avaliação das unidades habitacionais do empreendimento), corresponde a R$300.000.000,00 (trezentos milhões de reais). De acordo com o percentual de permuta definido em contrato entre a incorporadora e o proprietário da gleba, equivalente a 20%, o valor de mercado desta gleba, pelo método involutivo, seria de R$60.000.000,00 (sessenta milhões de reais, ou seja, R$300.000.000,00 x 0,20).

O atual valor de mercado da gleba, calculado pelo método comparativo direto de dados de mercado, que contou com uma amostra de 45 dados ofertados no mercado, submetida ao tratamento estatístico científico no qual foram adotadas 5 variáveis independentes, foi de R$16.000.000,00 (dezesseis milhões de reais). Com aplicação do método involutivo horizontal, com a simulação de um condomínio de 45 casas de padrão alto em terrenos de 850m², o VGV obtido pelo método comparativo foi R$ 76.000.000,00 (setenta e seis milhões de reais). Aplicando novamente o percentual de permuta de 20%, o valor atual de mercado do terreno, pelo método involutivo, corresponde a R$15.200.000,00 (quinze milhões e duzentos mil reais, ou seja, R$76.000.000,00 x 0,20).

Em razão do exposto, as avaliações realizadas antes e depois da mudança do zoneamento apontaram para uma desvalorização significativa da gleba urbana em estudo. O valor atual de mercado corresponde a, aproximadamente, 27% do valor de mercado obtido em 2018, quando ainda não havia ocorrido a alteração de zoneamento. Tal situação evidencia a importância da atuação do profissional da engenharia de avaliações nas avaliações de imóveis, pois este profissional tem qualificação técnica e conhecimento para analisar todas as características e parâmetros relevantes na avaliação de um imóvel. Em caso contrário, se as alterações no zoneamento e demais parâmetros urbanísticos não fossem observados, a distorção do resultado do valor de mercado atual seria extremamente relevante.

Gráfico 1 *- Desvalorização da gleba provocada pela alteração do zoneamento*



Fonte: *Autores*

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 11.181, de 08 de agosto de 2019. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências**. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/meio-ambiente/lei11181-atual.pdf. Acesso em 29/08/2023.

BRASIL. **Lei nº 9.959, de 20 de julho de 2010. Altera as leis 7.165/96 que institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte**. Disponível em: https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-legislacao/lei/9959/2010. Acesso em: 29/08/2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2011). NBR Nº 14.653-2:2011: **Avaliação de Bens - Parte 2: Imóveis urbanos.** , 2011.

AVALIAÇÃO DO VALOR DE LOCAÇÃO MENSAL DE IMÓVEIS COMERCIAIS ATÍPICOS, APLICANDO O MÉTODO DA REMUNERAÇÃO DO CAPITAL

AUTORES:

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello
Engenheiro civil,
CREA-MG 34859/D, Belo Horizonte/MG

Antônio Cláudio Andrade Brum
Engenheiro civil,
CREA-MG 60553/D, Belo Horizonte/MG

Felipe Lopes Silveira
Engenheiro civil,
CREA-MG 201067/D, Belo Horizonte/MG

Igor Almeida Fassarella
Engenheiro de produção/civil,
CREA-MG 142789/D, Belo Horizonte/MG
igor@vmc.eng.br

Palavras-chave: ***Avaliação; Fator de Comercialização; Locação; Taxa de Rentabilidade; Valor de Mercado.***

Este artigo tem como objetivo apresentar um caso real dos critérios técnicos aplicados na avaliação do v**alor de mercado para locação mensal** de imóveis urbanos de uso comercial com características construtivas singulares, voltados para a instalação de agências bancárias e situados em cidades de pequeno e médio portes do estado de Minas Gerais.

Esse tipo de empreendimento, na maior parte dos casos, é construído na modalidade "built to suit", para atender às especificações técnicas da instituição bancária. Por definição, essa modalidade de operação imobiliária, que pode ser traduzida como construção sob medida, consiste em um contrato pelo qual um investidor viabiliza um empreendimento imobiliário segundo os interesses de um futuro usuário, que irá utilizá-lo por um período pré-estabelecido, garantindo o retorno do investimento e a remuneração pelo uso do imóvel.

Embora existam ofertas de imóveis comerciais disponíveis para locação no mercado imobiliário, esses imóveis não se mostram adequados, em razão da inexistência das instalações especiais necessárias (sistema de segurança, sistema de ar condicionado central, cabeamento estruturado,

sistema de lógica, elevador PNE, portas com dimensões acima do padrão comum, pisos elevados, paredes reforçadas nas áreas restritas, como tesouraria e cofre forte, dentre outras) para a implantação de agências bancárias, que buscam primeiramente uma customização dos espaços, o que traz padronização e racionalização dos custos de operação.

Em cidades de pequeno e médio portes, a aplicação do Método Comparativo Direto de Dados de Mercado sofre limitações pela ausência de dados representativos e de qualidade para compor a pesquisa. Esse fato se agrava quando o imóvel objeto da avaliação é único na cidade. Conforme já mencionado, as agências bancárias possuem padrão construtivo personalizado, com instalações especiais para atender as diretrizes das instituições, e geralmente estão localizadas no ponto central mais valorizado comercialmente do município.

Segundo a NBR 14653-2:2011, em seu item 8.2.1.1, no planejamento de uma pesquisa, o que se pretende é a composição de uma amostra representativa de dados de mercado de imóveis com características, **tanto quanto possível, semelhantes às do avaliando**, usando-se toda a evidência disponível.

Em pesquisas realizadas nas regiões onde foram elaborados os estudos, não foi possível localizar imóveis nem com a localização e nem com o padrão construtivo semelhantes às dos imóveis sob avaliação, para compor a amostra necessária para a aplicação do Método Comparativo Direto de Dados de Mercado.

De acordo com o subitem 6.6 da NBR 14653-1:2019, ***"A metodologia escolhida deve ser compatível com a natureza do bem avaliando, o objetivo e a finalidade da avaliação e os dados de mercado disponíveis. Para a identificação do valor de mercado, sempre que possível, preferir o método comparativo direto de dados de mercado, conforme definido em 7.2.1."***

Tendo em vista a limitação imposta pela quantidade e qualidade dos dados de mercado disponíveis, os valores de mercado para locação mensal dos imóveis comerciais foram obtidos pelo **método da remuneração do capital.**

Neste método, o valor locativo é determinado em função do valor de mercado para venda do imóvel, devendo ser adotado em casos de imóveis isolados e atípicos, para os quais a aplicação do método comparativo seja inviável.

Portanto, o valor de mercado para venda de cada imóvel estudado foi calculado pelo **método evolutivo**, aplicando-se a seguinte equação: VI = (VT + CB) x FC, onde: VI é o valor do imóvel; VT é o valor do terreno; CB é o custo de reedição das benfeitorias; e FC é o fator de comercialização.

Convém ressaltar que o fator de comercialização é definido pelo subitem 3.1.21 da NBR 14653-1:2019 como a ***"razão entre o valor de mercado de um bem e o seu custo total, que pode ser igual, maior ou menor do que 1".***

O valor do terreno foi calculado pelo método comparativo e o custo de reedição da edificação foi apropriado pelo método da quantificação do custo, utilizando-se orçamentos sintéticos e analíticos. O fator de comercialização deve ser inferido e mensurado no mercado imobiliário no qual o imóvel se encontra inserido. Entretanto, em alguns casos da modalidade ***"built to suit"***, a taxa de rentabilidade do imóvel é definida no contrato de locação, variando, na maior parte dos casos, entre 0,7 % e 1,0 % ao mês. Geralmente é uma taxa superior à praticada no mercado imobiliário para imóveis comerciais ***"comuns"***.

Na avaliação mais recente realizada, no mês de julho de 2022, para o cálculo do fator de comercialização foi utilizada a pesquisa de mercado de terrenos em oferta para venda, utilizada no método evolutivo, e foi realizada uma pesquisa de mercado de imóveis comerciais em oferta para venda no centro do município.

O tratamento estatístico da amostra de terrenos apontou os valores de mercado dos terrenos (frações ideais) de cada dado da amostra de imóveis comerciais em oferta para venda. De posse dos valores das frações ideais de terreno de cada imóvel comercial pesquisado, foi calculado em seguida o custo de reedição da edificação de cada imóvel. O resultado da soma do valor da fração ideal de terreno com o custo de reedição da edificação indicou o custo total de cada imóvel comercial pesquisado.

O valor de oferta para venda de cada imóvel comercial da amostra, dividido pelo seu custo total, indicou o fator de comercialização. O procedimento foi aplicado a uma pesquisa de lojas a venda com 18 dados de mercado, sendo que o fator de comercialização do imóvel sob avaliação foi obtido pela média dos fatores de comercialização de cada dado da amostra. O resultado encontrado foi de 1,51.

Tabela 1 *- Cálculo do Fator de Comercialização*

Dado	Resultado Método Evolutivo	Calculo do Fator de Comercialização	
	Valor do Terreno + Benfeitorias	Valor de Oferta Ajustado	FC
1	R$ 182.102,08	R$ 315.000,00	1,73
2	R$ 724.406,68	R$ 1.170.000,00	1,62
3	R$ 187.385,98	R$ 198.000,00	1,06
4	R$ 193.763,66	R$ 342.000,00	1,77
5	R$ 160.765,24	R$ 162.000,00	1,01
6	R$ 254.881,30	R$ 315.795,60	1,24
7	R$ 96.395,24	R$ 117.000,00	1,21
8	R$ 860.105,47	R$ 630.000,00	0,73
9	R$ 674.829,55	R$ 1.071.000,00	1,59
10	R$ 2.965.931,70	R$ 3.870.000,00	1,30
11	R$ 2.202.602,68	R$ 2.250.000,00	1,02
12	R$ 226.606,91	R$ 440.100,00	1,94
13	R$ 268.816,69	R$ 422.100,00	1,57
14	R$ 217.904,44	R$ 485.100,00	2,23
15	R$ 299.475,39	R$ 432.000,00	1,44
16	R$ 346.301,02	R$ 648.000,00	1,87
17	R$ 461.764,47	R$ 1.080.000,00	2,34
18	R$ 417.416,93	R$ 630.000,00	1,51
Fator de Comercialização Médio			**1,51**

Fonte: Autores

Como preconiza o item 11.4.2.3 da NBR 14653-2:2011, a taxa de remuneração foi objeto de pesquisa específica para a região. No caso mais recente em estudo, para definição da taxa de rentabilidade foi realizada uma pesquisa de mercado de imóveis comerciais em oferta para venda e/ou aluguel. A amostra formada pelos imóveis em oferta para locação foi submetida ao tratamento científico, o qual apontou os valores unitários de mercado para locação de cada dado da amostra de imóveis em oferta para venda.

De posse dos valores unitários de locação de cada imóvel comercial (lojas) em oferta para venda, a razão entre os valores de aluguel e de venda aponta a taxa de rentabilidade. O procedimento foi aplicado a uma pesquisa de lojas em oferta para venda com 18 dados de mercado, sendo que a taxa de rentabilidade de mercado obtida para o imóvel sob avaliação foi a média arredondada das taxas da amostra, correspondente a 0,07.

***Tabela 2** - Cálculo da Taxa de Rentabilidade*

Dado	Área (m²)	Valor Venda (R$)	Valor Unitário Ajustado (R$)	Valor Unitário Locação (R$)	Taxa de Rentabilidade
1	70,00	350.000,00	4.500,00	28,94	0,0064
2	179,00	1.300.000,00	6.536,31	31,75	0,0049
3	70,00	220.000,00	2.828,57	34,70	0,0123
4	47,00	380.000,00	7.276,60	42,72	0,0059
5	40,00	180.000,00	4.050,00	34,99	0,0086
6	64,00	350.884,00	4.934,31	39,48	0,0080
7	37,00	130.000,00	3.162,16	35,70	0,0113
8	330,00	700.000,00	1.909,09	17,02	0,0089
9	231,00	1.190.000,00	4.636,36	25,58	0,0055
10	914,00	4.300.000,00	4.234,14	18,00	0,0043
11	1.000,00	2.500.000,00	2.250,00	17,59	0,0078
12	55,00	489.000,00	8.001,82	41,04	0,0051
13	66,00	469.000,00	6.395,45	39,17	0,0061
14	53,50	539.000,00	9.067,29	41,33	0,0046
15	74,00	480.000,00	5.837,84	39,79	0,0068
16	84,00	720.000,00	7.714,29	36,83	0,0048
17	135,00	1.200.000,00	8.000,00	29,34	0,0037
18	416,00	4.050,00	102,00	35,05	0,0057
Taxa Média de Rentabilidade					**0,0067**

***Fonte:** Autores*

Portanto, o valor de locação do imóvel foi calculado pelo produto entre o seu valor de mercado para venda e a taxa de rentabilidade:

V = R$ 5.820.000,00 x 0,007
= R$ 40.740,00

Para efeito de análise, no caso mais recente do estudo realizado, o valor de mercado para locação do imóvel comercial foi também calculado pelo método comparativo, sendo obtido o valor de R$ 21.000,00. Portanto, a utilização inapropriada do método comparativo iria causar um resultado totalmente distorcido, além de um significativo prejuízo financeiro para o proprietário do imóvel. Em termos de valores, considerando um contrato de locação de 5 anos, ou 60 meses, o prejuízo total, sem considerar os reajustes anuais, seria da ordem de:

(R$ 40.740,00 - R$ 21.000,00) x 60
= R$ 1.184.400,00.

Importante destacar que o valor de locação obtido pelo método comparativo representa apenas 51,5 %, aproximadamente, do valor de locação correto, calculado pelo método da remuneração do capital.

Pode-se então concluir que, para imóveis comerciais atípicos, o método comparativo pode não ser a opção adequada e correta para se realizar o cálculo do valor locativo. Antes de se definir a metodologia ideal, é necessária a análise do mercado imobiliário e a qualidade da amostra em função da disponibilidade de imóveis semelhantes ao avaliando, seja em oferta para locação ou com contratos em vigor. O estudo realizado apontou que em cidades de pequeno e médio portes do estado de Minas Gerais, em praticamente todos os casos de avaliação de imóveis voltados para agências bancárias, o método comparativo tornou-se inviável. O método da remuneração do capital passa a ser então a metodologia correta e preferencial para esse tipo de situação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14653-1: Avaliação de bens – Parte 1: Procedimentos Gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, versão corrigida, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14653-2: Avaliação de bens – Parte 2: Imóveis urbanos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

A IMPORTÂNCIA DA DETERMINAÇÃO CORRETA DO FATOR DE COMERCIALIZAÇÃO NAS AVALIAÇÕES REALIZADAS PELO MÉTODO EVOLUTIVO

AUTORES:

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello
Engenheiro civil,
CREA-MG 34859/D, Belo Horizonte/MG
eduardo.mello@vmc.eng.br

Antônio Cláudio Andrade Brum
Engenheiro civil,
CREA-MG 60553/D, Belo Horizonte/MG

Igor Almeida Fassarella
Engenheiro de produção/civil,
CREA-MG 142789/D, Belo Horizonte/MG

Palavras-chave: ***Avaliação; Fator de comercialização; Método comparativo; Método evolutivo.***

INTRODUÇÃO

Na definição da metodologia mais adequada para a realização de uma avaliação, o subitem 6.6 da NBR 14653-1:2019 (Avaliação de Bens - Parte 1: Procedimentos Gerais) determina que a metodologia escolhida deve ser compatível com a natureza do bem avaliando, o objetivo e a finalidade da avaliação e os dados de mercado disponíveis. Para a identificação do valor de mercado, sempre que possível, preferir o método comparativo direto de dados de mercado.

Entretanto, apesar do método comparativo ser o preferencial indicado pelas normas técnicas pertinentes, há casos, quando a avaliação envolve imóveis atípicos ou quando não é possível se obter uma amostragem representativa para a aplicação do referido método, em que a alternativa mais viável tecnicamente é a utilização do método evolutivo.

Em razão do exposto, este artigo tem como objetivo destacar, de forma resumida, a importância do cálculo correto do fator de comercialização para se evitar distorções significativas na obtenção do valor de mercado de um imóvel pelo método evolutivo.

Verificação do Fator de Comercialização em Casos Reais de Avaliações e Análise dos Resultados

O fator de comercialização é definido pelo subitem 3.1.21 da NBR 14653-1:2019 como a razão entre o valor de mercado de um bem e o seu custo total, que pode ser igual, maior ou menor do que 1.

Na tabela reproduzida a seguir são apresentadas avaliações de imóveis realizadas pelo método comparativo direto de dados de mercado. O custo de reedição de cada um destes imóveis foi calculado tecnicamente, sendo que o valor do terreno foi obtido pelo método comparativo e o custo de reedição da edificação foi apropriado pelo método da quantificação do custo. Em seguida, o valor de mercado de cada imóvel foi dividido pelo seu custo de reedição e o resultado representa o fator de comercialização de cada imóvel analisado.

***Tabela 1** - Fator de comercialização de imóveis residenciais e comerciais*

IMÓVEL	ÁREAS (m²)		VALOR DE MERCADO (R$)	CUSTO DE REEDIÇÃO (R$)	FC
	TERRENO	EDIFICAÇÃO			
Casa de alto luxo no Condomínio Riviera, Nova Lima.	2.020,90	1.452,00	11.300.000,00	5.592.090,37	**2,02**
Casa de alto padrão na Rua Helena Antipoff, Bairro São Bento, BH	450,00	450,00	1.920.000,00	1.433.799,00	**1,34**
Casa de alto padrão na Avenida Celso Porfírio Machado, Bairro Belvedere	493,00	493,00	2.440.000,00	1.929.080,65	**1,26**
Casa no Condomínio Clube dos Caçadores, Bairro Mangabeiras, BH	2.670,00	1.461,00	9.157.860,00	11.306.000,00	**0,81**
Casa de padrão baixo no Bairro Vila Santa Cruz, São José do Rio Preto-SP	260,00	113,00	345.000,00	431.953,46	**0,80**
Prédio comercial (vagas, lojas e salas) na Rua Albita, Bairro Cruzeiro, BH	838,00	4.271,37	16.800.000,00	10.381.633,71	**1,62**
Prédio comercial (vagas, lojas e salas) na Av. Álvares Cabral, Bairro Lourdes, BH	510,00	3.876,97	12.200.000,00	9.959.302,12	**1,22**
Imóvel comercial (concessionária de veículos) no Bairro Leblon, RJ	1.572,37	5.494,43	89.780.000,00	33.500.000,00	**2,68**
Imóvel comercial (concessionária de veículos) na Barra da Tijuca, RJ	4.065,54	5.827,77	44.590.000,00	45.500.000,00	**0,98**

***Fonte:** Elaborado pelo autor*

O maior fator de comercialização obtido (2,68) se refere ao imóvel comercial situado no Bairro Leblon, Rio de Janeiro. Este resultado se justifica, principalmente, pelo fato de se tratar de um dos bairros mais tradicionais e valorizados da zona sul da capital fluminense.

Já para o imóvel comercial situado na Barra da Tijuca foi obtido o fator de comercialização de 0,98, ou seja, o valor de mercado deste imóvel é praticamente equivalente ao seu custo de reedição. Apesar de tal imóvel possuir a mesma tipologia, área construída muito próxima e estar sendo ocupado pela mesma concessionária de veículos do Leblon, a diferença de fator de comercialização entre os dois imóveis foi significativa, confirmando que a localização foi uma característica significativa para a ocorrência de tal variação.

O fator de comercialização obtido para a casa de alto luxo localizada no Condomínio Riviera Residences, Nova Lima-MG, corresponde a 2,02, ou seja, o dobro do custo de reedição deste imóvel. Este elevado fator de comercialização para um imóvel de alto luxo indica uma tendência, ou seja, quando maior o padrão de acabamento e quanto melhor a localização de um imóvel residencial, maior será o seu fator de comercialização. Tal tendência pode ser confirmada nos fatores de comercialização das casas dos Bairros São Bento e Belvedere, que são, respectivamente, 1,34 e 1,26. São imóveis residenciais de alto padrão de acabamento, mas não de alto luxo. Além disso, apresentam idade construtiva na faixa de 30 anos e não se localizam em condomínios fechados.

No imóvel residencial localizado no Condomínio Clube dos Caçadores o fator de comercialização obtido foi de 0,81. Apesar do Bairro Mangabeiras ser tradicional e o referido condomínio abrigar casas de alto padrão, o fator de comercialização inferior a 1,00 se justifica pelo alto valor de mercado calculado para o lote, que tem uma área elevada, e também em razão da edificação ser muito antiga, com idade construtiva superior a 40 anos. Estas características influenciaram na redução do valor de mercado do imóvel analisado.

A casa situada em São José do Rio Preto-SP também tem o fator de comercialização inferior a 1,00 (FC = 0,80). Trata-se de um imóvel residencial de baixo padrão de acabamento, antigo e localizado em um bairro de baixa atratividade residencial, características que justificam o fator de comercialização encontrado.

Para os dois prédios comerciais analisados, situados nos bairros Cruzeiro e Lourdes, foram obtidos, respectivamente, os fatores de comercialização de 1,62 e 1,22. São imóveis com excelente localização, em bairros de alta atratividade comercial da região centro-sul de Belo Horizonte. O prédio do bairro Cruzeiro, por ser mais novo e moderno, possui um fator de comercialização maior. A localização e a completa tipologia de unidades comerciais (vagas de estacionamento, lojas, salas e andares) existentes nos dois prédios justificam os fatores de comercialização superiores a 1,00.

CONCLUSÕES

Não é possível se definir uma regra, como uma tabela com fatores de comercialização pré-fixados, para as diversas tipologias de imóveis existentes. O fator de comercialização não deve ser arbitrado ou calculado empiricamente, mas sim verificado no mercado imobiliário na data de realização da avaliação. Uma das alternativas é a realização de um tratamento estatístico auxiliar, o qual não pode ser utilizado como principal instrumento no laudo de avaliação por não atender às diretrizes das normas de avaliação, como por exemplo o número mínimo de amostras, a extrapolação de variáveis independentes acima do permitido, a ocorrência de micronumerosidade, dentre outras restrições.

É muito importante ressaltar que a determinação incorreta do fator de comercialização, nas avaliações realizadas pelo método evolutivo, pode provocar significativas distorções e erros no cálculo do valor de mercado de um imóvel.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 14653-1:2019 - **Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais**.

ABNT NBR 14653-2:2019 - **Avaliação de bens Parte 1: Imóveis urbanos**.

ESTUDO DA TAXA DE RENTABILIDADE DE IMÓVEIS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS EM BELO HORIZONTE

AUTORES:

Antônio Cláudio Andrade Brum
Engenheiro civil,
CREA-MG 60553/D, Belo Horizonte/MG
antonio@vmc.eng.br

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello
Engenheiro civil,
CREA-MG 34859/D, Belo Horizonte/MG

Igor Almeida Fassarella
Engenheiro de produção/civil,
CREA-MG 142789/D, Belo Horizonte/MG

Palavras-chave: ***Aluguel, Avaliação, Renda, Valor de locação, Valor de mercado, Valor de venda.***

O aluguel é uma renda gerada pelo imóvel. A renda é fruto da exploração de bens ou direitos, ou aplicação de capital.

De acordo com os Procedimentos específicos da ABNT NBR 14653-2:2011, os aluguéis podem ser obtidos por comparação direta ou pela remuneração do capital.

A primeira metodologia é o procedimento preferencial e, para sua aplicação, é exigido o conhecimento de dados de mercado referentes a locações de imóveis semelhantes.

Já na segunda metodologia pode ser utilizado o método da renda, o qual pode ser resumido em: o imóvel vale o que ele pode produzir. De acordo com a referida norma, tem-se que: ***"o aluguel é determinado em função do valor do imóvel, podendo ser empregado em casos de imóveis isolados a atípicos, para os quais a utilização da comparação direta seja impraticável"***. Além disso, apresenta ainda que: ***"sua utilização exige a determinação da taxa de remuneração e do valor do imóvel"***. Por fim, determina que: ***"a taxa de remuneração deve ser objeto de pesquisa específica para cada caso, pois varia para cada tipo de imóvel, localização e, também, ao longo do tempo, dependendo da conjuntura econômica"***.

Nos últimos meses, foram realizados trabalhos de avaliação onde o objetivo foi a determinação do valor de mercado para venda e para locação. Neste caso, de acordo com a norma, seria possível a obtenção do valor de venda e, em seguida, a aplicação da taxa de remuneração. Entretanto, qual é a taxa correta a ser utilizada, considerando diferentes tipologias?

Para apurar a rentabilidade de imóveis residenciais e comerciais em determinadas regiões de Belo Horizonte, foram considerados casos reais de avaliações realizadas entre os anos de 2017 e 2018. Tais avaliações foram elaboradas atendendo às solicitações de clientes e envolveram a determinação dos valores de mercado para venda e locação mensal dos imóveis de propriedade destes clientes.

Conforme determina a norma técnica, após a conclusão da etapa da vistoria foram realizadas pesquisas com o objetivo de coletar elementos em oferta para venda e para locação no mercado imobiliário com características semelhantes às dos imóveis em avaliação. Para cada tipo de imóvel foi realizado um tratamento estatístico (tratamento científico dos dados de mercado), o qual possuía como finalidade a determinação dos valores de mercado para venda e para locação mensal.

Os resultados obtidos são apresentados na tabela reproduzida a seguir. É importante destacar que todas as avaliações foram elaboradas pelo método comparativo direto de dados de mercado, aplicando-se o tratamento científico, em conformidade com as diretrizes da ABNT NBR 14.653-2:2011.

Tabela 1 *- Taxa de rentabilidade de imóveis residenciais*

DATA	TIPO	IMÓVEL	VALORES DE MERCADO (R$)		RENTABILIDADE
			VENDA	LOCAÇÃO	
out/17	Apartamento de alto luxo	Lourdes	2.335.000,00	5.800,00	0,25%
set/17	Apartamento de luxo	Vila da Serra	2.240.000,00	7.200,00	0,32%
nov/17	Apartamento de padrão médio (prédio sem elevador)	Buritis	345.000,00	1.420,00	0,41%

Analisando-se os resultados obtidos, têm-se as seguintes conclusões:

No caso de imóveis residenciais, quanto maior o padrão construtivo e de acabamento, menor a rentabilidade, ou seja, um apartamento de alto luxo tem menor rentabilidade que um apartamento de luxo, o qual por sua vez apresenta menor rentabilidade que um apartamento de padrão médio.

***Tabela 2** - Taxa de rentabilidade de imóveis comerciais*

DATA	TIPO	IMÓVEL	VALORES DE MERCADO (R$)		RENTABILIDADE
			VENDA	LOCAÇÃO	
nov/17	Loja	Centro	1.315.000,00	9.930,00	0,76%
nov/17	Loja	Centro	980.000,00	6.900,00	0,70%
nov/17	Loja	Centro	1.030.000,00	7.300,00	0,71%
nov/17	Loja	Centro	960.000,00	6.800,00	0,71%
nov/17	Loja	Centro	860.000,00	6.100,00	0,71%
nov/17	Loja	Centro	3.000.000,00	21.000,00	0,70%
dez/17	Loja	Centro	3.700.000,00	26.000,00	0,70%
dez/17	Loja	Barro Preto	890.000,00	6.300,00	0,71%
ago/18	Loja	Savassi	32.000.000,00	189.000,00	0,59%
dez/17	Loja	Santo Antônio	990.000,00	5.600,00	0,57%
ago/18	Loja	Santo Antônio	560.000,00	3.200,00	0,57%
dez/17	Loja	Lourdes	480.000,00	2.350,00	0,49%
dez/17	Loja	Ouro Preto	3.139.000,00	15.940,00	0,51%
dez/17	Casa comercial padrão médio	Lourdes	2.900.000,00	14.000,00	0,48%
abr/18	Casa comercial de alto luxo	Santo Agostinho	9.950.000,00	41.500,00	0,42%
ago/18	Andar	Savassi	8.500.000,00	37.500,00	0,44%
ago/18	Vagas	Savassi	50.000,00	330,00	0,66%

Em relação às lojas, a maior rentabilidade apurada foi no Centro de Belo Horizonte, em média 0,70 % ao mês. A rentabilidade diminui nos bairros nobres da região Centro-Sul (média de 0,57 % ao mês) e é ainda um pouco menor em bairros mais afastados, como o caso do Bairro Ouro Preto (0,51 % ao mês).

A mesma situação constatada nos apartamentos foi observada nas casas comerciais, ou seja, quanto maior o padrão de acabamento, menor a rentabilidade.

O andar comercial objeto do estudo se localiza no mesmo prédio da loja da Savassi. Portanto, em condições idênticas de localização, padrão de acabamento, estrutura de equipamentos do prédio, e outras variáveis de menor relevância, a rentabilidade de uma loja (0,59 %) é maior que a de um andar comercial (0,44 %).

As vagas de garagem da Savassi apresentam boa rentabilidade (0,66 %), em parte devido à liquidez favorável e ao baixo risco de locação desse tipo de imóvel.

Os resultados obtidos foram coerentes com o comportamento atual do mercado imobiliário e são válidos para as datas das avaliações e representam uma tendência da rentabilidade de imóveis nas regiões de Belo Horizonte analisadas e nas datas de referência das avaliações. Importante ressaltar que são válidos única e exclusivamente para os referidos trabalhos. O objetivo foi demonstrar que é possível inferir a taxa de rentabilidade através do método preferencial da norma técnica, o qual é o método comparativo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2:** Avaliação de bens - Parte 2: Imóveis Urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 54 p.

ASPECTOS POLÊMICOS DA REVISÃO DO PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE

AUTORES:

Talita Favaro Paixão Sá
Arquiteta e urbanista,
CAU A530360, Belo Horizonte/MG
favaro.talita@gmail.com

Igor Almeida Fassarella
Engenheiro de produção/civil,
CREA-MG 142789/D, Belo Horizonte/MG

Palavras-chave: ***legislação, planejamento urbano, revisão do plano diretor.***

A revisão da Lei n.º 9.959/2010 que altera as leis do Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município é resultado das deliberações ocorridas na IV Conferência Municipal de Política Urbana, realizada em 2014, que tramita em 1º turno na Câmara Municipal de Belo Horizonte na forma do Projeto de Lei n.º 1.749/15.

Esse projeto, elaborado com a participação da Prefeitura, Câmara de Vereadores e cidadãos, visa a organização territorial, apresentando as diretrizes de ordenamento do território, do zoneamento, da instalação de usos, os instrumentos de política urbana (transferência do direito de construir, Operação Urbana, Parcelamento, edificação e utilização compulsórios, consórcio imobiliário, direito de preempção - preferência -, etc.), estabelece as áreas de diretrizes especiais, as áreas de interesse social e como se dará a participação popular na gestão urbana.

O artigo nº 182 da Constituição Federal de 1988 determina que a política de desenvolvimento urbano seja executada pelo Poder Público municipal e que tenha como objetivos a ordenação do pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e a garantia do bem-estar de seus habitantes. A partir desta definição, a prefeitura municipal apresenta alguns dos principais objetivos do projeto de revisão da lei, como facilitar o deslocamento das pessoas na cidade, reduzir o tempo gasto no trânsito, garantir moradia digna em áreas com infraestrutura básica, permitir que as famílias de baixa renda tenham acesso ao Centro e morem próximas de seus locais de trabalho. Dentre as estratégias adotadas para atingir tais objetivos, foram propostas medidas como o favorecimento do adensamento nos principais corredores e avenidas, de modo a facilitar o acesso ao transporte público; e o incentivo a usos mistos que permitam a proximidade de imóveis residenciais a atividades comerciais, o que favorece o deslocamento a pé ou por meio de bicicleta.

A limitação do coeficiente de aproveitamento dos terrenos para uma vez o tamanho do lote é uma das mudanças mais significativas do projeto. Neste caso, é previsto a concessão emitida pelo município para que o proprietário de um imóvel construa acima do limite estabelecido pelo coeficiente de aproveitamento básico, mediante o pagamento ao poder público. A prefeitura utilizaria essa receita para investir em habitação social e melhorias nas regiões menos privilegiadas da cidade. Ainda é prevista a redução do incentivo à construção de vagas de garagem em edifícios residenciais e comerciais.

A respeito das propostas apresentadas, o Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas (Sinduscon-MG) atenta para o fato de que a densidade construtiva em Belo Horizonte é baixa, estipulando que 75% do território é ocupado por residências. Este cenário representa um potencial para renovação do território. Entretanto, com este novo projeto de lei inviabilizaria, causando um engessamento na cadeia imobiliária do município.

Cabe destacar ainda que, o projeto de Lei da revisão do plano diretor municipal, não contempla as regras determinadas pelas portarias n.º 957/GC3, de 9 de julho de 2015, e a Portaria n.º 04/ICA, de 14 de julho de 2015, expedidas pelo Comando da Aeronáutica. Em suma, essas portarias dispõem sobre as restrições relativas à altimetria de novas edificações que possam afetar adversamente a segurança e a regularidade das operações aéreas, além de regulamentar os projetos de Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, no caso, o Aeródromo da Pampulha.

Considerando que o projeto de lei está em trâmite, a Prefeitura de Belo Horizonte encaminhou à Câmara Municipal, no dia 29 de junho de 2018, uma emenda substitutiva. Inicia-se então, uma nova etapa de discussão e acompanhamento da tramitação no legislativo Municipal por toda a população. É importante que nós, profissionais da engenharia de avaliações e perícias, ativos no mercado e na sociedade, estejamos a par dos trâmites da legislação. Assim sendo, é possível contribuir significativamente para a aprovação de uma legislação que seja pertinente à nossa cidade e que atenda às necessidades de quem nela habita, através de um planejamento cuidadoso no campo da mobilidade, da expansão urbana e dos serviços essenciais à população.

REFERÊNCIAS

BELO HORIZONTE. Câmara Municipal. **Projeto de Lei Municipal n.º 11.749 de 2015**. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-proposicoes/projeto-de-lei/1749/2015>. Acesso em: 18 dez. 2017. Texto original.

MINISTÉRIO DA DEFESA, Comando da Aeronáutica. **Portaria n.º 957/GC3**, de 9 de julho de 2015. Dispõe sobre as restrições aos objetos projetados no espaço aéreo que possam afetar adversamente a segurança ou a regularidade das operações aéreas, e dá outras providências. Disponível em:<https://servicos.decea.gov.br/arquivos/aga/arquivos/a1c881a7-75a8-41d-7-92ea1519453e455a.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2017. Texto original.

MINISTÉRIO DA DEFESA. Comando da Aeronáutica. Departamento de controle do Espaço Aéreo. Instituto de Cartografia Aeronáutica. P**ortaria DECEA n.º 04/ICA**, de 14 de julho de 2015. Aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea (PZPANA) para o Aeródromo da PAMPULHA - CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE (SBBH) e dá outras providências. Disponível em: <https://servicos.decea.gov.br/arquivos/aga/planos/99b60736-b4d-2-4ee6-998aef65b9b026dd/portaria.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2017. Texto original.

MINAS GERAIS. Sindicato da Indústria da Construção Civil (Sinduscon-MG). **Setor da construção civil é contra a proposta do novo Plano Diretor de Belo Horizonte**. 2017. Disponível em: <http://www.sinduscon-mg.org.br/setor-da-construcao-civil-e-contra-proposta-do-novo-plano-diretor-de-belo-horizonte/>. Acesso em: 18 dez. 2017.

AVALIAÇÕES PARA DESAPROPRIAÇÃO DE LOTES URBANOS SITUADOS PRÓXIMOS A CURSOS DE ÀGUA

AUTORES:

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello
Engenheiro civil,
CREA-MG 34859/D, Belo Horizonte/MG
eduardo.mello@vmc.eng.br

Antônio Cláudio Andrade Brum
Engenheiro civil,
CREA-MG 60553/D, Belo Horizonte/MG

Palavras-chave: ***Desapropriação, APP, zoneamento, indenização.***

A avaliação de imóveis envolvidos em desapropriações trata-se de uma atribuição de extrema responsabilidade para o profissional de engenharia de avaliações, uma vez que qualquer tipo de equívoco cometido pode causar prejuízos definitivos tanto para o ente expropriante como para o expropriado. Portanto, casos atípicos devem merecer maior atenção, estudo e cuidado. Um desses casos é a avaliação de lotes urbanos situados nas imediações de cursos d'água (córregos, rios).

Em Belo Horizonte, o ente expropriante, ao propor a desapropriação de um lote com essas características, considera que a faixa de terreno atingida pela desapropriação deve ser considerada como APP (Área de Preservação Permanente). Tal análise se baseia no artigo 4º da Lei Federal 12.651/2012, o qual determina que terrenos rurais ou urbanos localizados nas faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em larguras mínimas que variam de 30 (trinta) metros a 500 (quinhentos) metros, conforme a largura do curso d'água, bem como as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros, são consideradas Área de Preservação Permanente (APP).

Com base em tal artigo, o ente expropriante, no cálculo do valor de indenização, aplica sobre o valor unitário de mercado obtido para o lote o coeficiente de depreciação de 5 %, que representa o coeficiente de aproveitamento de terrenos urbanos de Belo Horizonte classificados, em relação ao zoneamento, como ZPAM (Zona de Preservação Ambiental). Portanto, se o valor unitário médio de mercado do lote desapropriado é de R$ 500,00 (quinhentos reais), o valor de indenização passa a ser de apenas R$ 25,00 (vinte e cinco reais).

Entretanto, a análise técnica por parte do profissional de engenharia de avaliações deve ser mais abrangente, de forma a verificar se o referido artigo da lei federal pode ser aplicado ao terreno que está sendo desapropriado.

Nos casos práticos vivenciados, envolvendo lotes urbanos desapropriados no Bairro Santa Mônica, região da Pampulha de Belo Horizonte,

foram analisadas diversas características técnicas dos lotes desapropriados, as quais serão explicitadas a seguir.

A primeira análise envolveu a situação do lote desapropriado em relação ao Município de Belo Horizonte. Em todos os casos, os lotes se encontravam inseridos em loteamentos reconhecidos e aprovados pela Prefeitura da Capital. Tal situação foi verificada nas plantas CP (Cadastro de Plantas) do município. Portanto, os lotes foram aprovados sem restrições de aproveitamento, mesmo com a presença do curso d'água em suas imediações.

Em seguida foi verificada a situação dos lotes em relação à Lei de Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte (Lei nº 9.959 de 20 de julho de 2010). Nos casos vivenciados, os lotes se encontravam inseridos no zoneamento ZAP (Zona de Adensamento Preferencial), que apresenta os seguintes parâmetros urbanísticos principais: coeficiente de aproveitamento básico de 1,5; coeficiente de aproveitamento máximo de 2,0; cota de terreno por unidade habitacional de 40 metros quadrados por unidade; altura máxima na divisa de 5 metros. Portanto, os lotes desapropriados não possuíam restrições de aproveitamento em relação ao zoneamento, o que aconteceria caso fossem classificados como ZPAM (Zona de Preservação Ambiental) ou ZP (Zona de Proteção). Logo, o município de Belo Horizonte, reconheceu, aprovou e classificou os lotes em relação ao zoneamento sem considerar qualquer tipo de restrição de uso devido à proximidade com o curso d'água.

Ainda em relação à Lei de Uso e Ocupação do Solo, os lotes desapropriados se encontravam inseridos na Área de Diretriz Especial 1 (Interesse Ambiental). De acordo com o artigo 86 desta Lei, a Área de Diretriz Especial (ADE) de Interesse Ambiental é constituída por áreas nas quais existe interesse público na preservação ambiental, a ser incentivada pela aplicação de mecanismos compensatórios. Dentre estes mecanismos, há a Transferência do Direito de Construir, prevista no Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e na legislação correlata. Além disso, havendo parecer favorável do COMAM (Conselho Municipal de Meio Ambiente), pode ser concentrado em parte do terreno todo o seu potencial construtivo. Uma outra alternativa de compensação para preservação dos elementos naturais relevantes existentes é a localização da área permeável coincidente com a posição desses elementos, ou seja, a área permeável do lote pode ser implantada na sua porção confrontante com o curso d'água.

Como se tais mecanismos não bastassem, ainda de acordo com o artigo 86 da Lei, pode ser admitida a não preservação de elementos naturais existentes, mediante justificativa técnica e condicionada ao estabelecimento de medidas compensatórias a serem definidas pelo COMAM, observadas as demais restrições legais.

Portanto, nos casos práticos vivenciados, envolvendo desapropriação parcial de lotes urbanos no Bairro Santa Mônica situados próximos a cursos d'água, após criteriosa análise técnica de todas as características desses lotes foi possível concluir que não havia justificativa técnica para uma depreciação tão significativa como à adotada pelo ente expropriante para o cálculo da indenização (apenas 5 % do valor de mercado médio obtido para o lote aplicado na faixa desapropriada). Conforme demonstrado anteriormente, os lotes eu questão não possuíam quaisquer tipos de restrições em relação a sua aprovação junto ao município de Belo Horizonte e ao zoneamento no qual se encontravam inseridos. Além disso, mesmo estando classificados como Área de Diretriz de Interesse Ambiental, apresentavam diversas medidas compensatórias e opções de aproveitamento que não prejudicavam sua utilização.

Em razão do exposto, a avaliação de lotes urbanos situados nas imediações de cursos d'água, pela sua atipicidade, deve ser tratada com o máximo de critério técnico. Não é possível se definir uma regra para a totalidade dos casos, devendo, portanto, em cada situação encontrada, serem verificadas todas as características dos lotes e sua situação perante ao município do qual fazem parte.

REFERÊNCIAS

LEI FEDERAL Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012 (Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; e dá outras providências.)

LEI MUNICIPAL Nº 9.959, DE 20 DE JULHO DE 2010 (Altera as leis nº 7.165/96 - que institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte - e nº 7.166/96 - que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município -, e dá outras providências.)

1ª Edição

2024

CONTRIBUIÇÕES TÉCNICAS DA **VAZ DE MELLO**
UMA **RETROSPECTIVA** DOS **35 ANOS**

"Contribuições Técnicas da Vaz de Mello: Uma Retrospectiva de 35 Anos" marca a história da Vaz de Mello, celebrando as contribuições significativas de nossos colaboradores ao longo desse trajeto.

Reunindo uma seleção criteriosa de trabalhos técnicos e artigos publicados em congressos e revistas, este livro reflete o nosso compromisso com a excelência, a inovação e o compartilhamento de conhecimento em suas áreas de atuação.

Essa coletânea tem como objetivo proporcionar uma visão abrangente do nosso legado técnico e acadêmico, destacando o impacto de nossas contribuições em diversas áreas, desde engenharia civil até tecnologia da informação. Ao apresentar uma compilação dos trabalhos mais relevantes de nossos colaboradores, buscamos inspirar futuras gerações de profissionais e reafirmar nosso compromisso contínuo com a excelência e a inovação

ISBN: 978-65-983465-0-8
CBL
9 786598 346508