



SEGUNDO SEMESTRE DE 2023

Organizadora
Elke Berenice Kölln

CADERNOS

dos Projetos Integradores

PUC MINAS | CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Elke Berenice Kölln

Organizadora

CADERNOS DOS PROJETOS INTEGRADORES

Caderno de Produção Discente do Curso de Engenharia Civil da
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
2º semestre de 2023

Belo Horizonte
Departamento de Engenharia Civil
PUC Minas
2024

Obs.: Os temas, as perspectivas e entendimentos sobre os mesmos, apresentados por membros da Comunidade Acadêmica e Administrativa ou convidados, nesta publicação, são de responsabilidade do(s) autor(es), nem sempre expressando os valores e orientação filosófica e teológica da PUC Minas e da Reitoria.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontificia Universidade Católica de Minas Gerais

C122 Cadernos dos projetos integradores [recurso eletrônico] : caderno de produção discente do curso de Engenharia Civil da Pontificia Universidade Católica de Minas Gerais / Elke Berenice Kölln, organizadora. Belo Horizonte: PUC Minas, 2024.

E-book (180 p. : il.)

ISBN: 978-65-5295-002-4

1. Engenharia civil - Projetos. 2. Aprendizagem ativa. 3. Extensão universitária. 4. Inovações educacionais. 5. Ensino e aprendizagem. I. Kölln, Elke Berenice. II. Pontificia Universidade Católica de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 624

Ficha catalográfica elaborada por Fabiana Marques de Souza e Silva - CRB 6/2086

ADMINISTRAÇÃO DA PUC MINAS

ADMINISTRAÇÃO SUPERIOR

Grão - Chanceler

Dom Walmor Oliveira de Azevedo

Reitor

Prof. Dr. Pe. Luís Henrique Eloy e Silva

PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO

Pró-reitora

Prof^a. Dr^a. Carolina Costa Resende

Produção Acadêmica e Publicações

Prof. Dr. Robson Figueiredo Brito - Coordenador

Prof^a. Dr^a. Renata Dumont Flecha

Januza Caroline Gonçalves Correia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Chefe de Departamento

Prof^a. Dr^a. Raquel Sampaio Jacob

ORGANIZAÇÃO

Prof^a. Me. Elke Berenice Kölln

COLABORAÇÃO

Prof^a. Dra. Maria Aparecida Fernandes Almeida

Prof. Dr. Felipe de Souza Abreu

SUMÁRIO

- 7 APRESENTAÇÃO
Elke Berenice Kölln
- 8 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO PARA AS ENCHENTES NA AVENIDA TEREZA CRISTINA
Alexandre Paixão Lopes Filho; André Luiz da Silva; Diego Leandro Carvalho dos Santos; Robson Dionízio Lopes de Assunção; Yasmim Junia de Souza Fune.
Orientadora: Elke Berenice Kölln
- 22 OS GARGALOS DO ANEL RODOVIÁRIO DE BELO HORIZONTE: um estudo de caso da praça São Vicente
Ben-Hur Gonçalves Botinha; Bernardo José Mendes Santos; Edmar Antônio Mageste Júnior; Higor Rodrigues Ribeiro.
Orientadora: Elke Berenice Kölln
- 35 ESTUDO E PROPOSTA PARA A MOBILIDADE URBANA NAS PRINCIPAIS VIAS DE LAGOA SANTA DURANTE FINAIS DE SEMANA E FERIADOS PROLONGADOS
Emerson Rezende de Oliveira; Fabricio Luiz Dias Do Vale; Fernando Flávio Ferreira; Gleydson Fernandes Pereira; Lucas Vinícius de Paula Silva; Samuel Teixeira da Silva.
Orientadora: Elke Berenice Kölln
- 47 MANUTENÇÃO, DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DE ESTRUTURAS INDUSTRIAIS
Ana Carolina de Oliveira; Ana Carolina Gomes dos Santos; Brenda Eduarda Ribeiro dos Santos; David Alcântara Lara; Emanuelle Silva Nascimento; Gustavo Lazaro Resende Gabriel.
Orientadora: Elke Berenice Kölln
- 60 UM ESTUDO PARA A VIABILIDADE DE UM HOTEL LOCALIZADO NA REGIÃO DO BARREIRO EM BELO HORIZONTE – MG
Dierlei Oliveira Alves; Erica Mirian Alves Duarte dos Santos; Marcus Vinicius Teixeira Barbosa; Rafael Henrique Andrade; Rayssa Monique Martins Gama.
Orientadora: Maria Aparecida Fernandes Almeida
- 84 CENTRO DE PESQUISA E TECNOLOGIA DO BARREIRO: compatibilização de projeto elétrico e hidráulico com o uso do BIM.
Ingrith Rodrigues Ferreira de Castro; Kelwin Felipe Leão de Carvalho; Sarah Larissa Brandão Carneiro; Wesley de Sousa Dutra;
Orientadora: Maria Aparecida Fernandes Almeida
- 98 REGULAMENTAÇÃO DE ÁREAS DE VIVÊNCIA E CANTEIROS DE OBRAS COM APLICAÇÃO DE DIRETRIZES E PROCESSOS DO “LEAN CONSTRUCTION”
Arthur Navarro Menezes de Carvalho; Isabella Izaias de Almeida; Rafaela Santos de Sena;
Orientadora: Maria Aparecida Fernandes Almeida

- 116 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ETIQUETAGEM PELO MÉTODO RTQ C DO INMETRO: ESTUDO DE CASO NO PRÉDIO 15 DA PUC MINAS
Albert Anthony Fernandes Pires; Ana Clara Azevedo Fernandes; Bárbara Calazans Reis; Felipe Zola De Matos; Marina Moreira Borges.
Orientador: Felipe de Souza Abreu
- 129 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM AO PROCESSO DE MODELAGEM PARAMÉTRICA E PLANEJAMENTO 4D: ESTUDO DE CASO DE UMA REFORMA DE EDIFICAÇÃO COMERCIAL
Ana Luiza Duarte Campos; André Mata Machado Ramos; Ivan Fontes De Souza Lima; Lucas Tomaz Pereira.
Orientador: Felipe De Souza Abreu
- 139 INOVAÇÃO EM RETROFIT: estratégias com modelagem BIM na Engenharia Civil
Mírian Stefany dos Santos Pedra; João Pedro Lima Leão; Lorrane Medeiros Antunes; Flavia Campos Mendes; Gabriel Fuscaldi Labarrere de Souza.
Orientador: Felipe de Souza Abreu
- 151 MELHORIAS NA AVENIDA RESSACA: projeto de drenagem de águas pluviais
Bárbara Zanela Soares; Fernanda Nogueira Alves; Giselle Aparecida Resende de Paiva; Leandra Lacerda Lopes.
Orientador: Felipe de Souza Abreu
- 166 PROJETO BIM PARA IMPLANTAÇÃO DE INTERSEÇÃO EM DESNÍVEL NO ANEL RODOVIÁRIO DE BELO HORIZONTE NO ACESSO AO BAIRRO BURITIS
Bruno Antônio Inácio de Freitas; Edmar Antônio Mageste Júnior; Jhansen Luiz Pinheiro de Araújo; Paulo Alberto Cecílio Martins; Valdecir Júnior Fernandes.
Orientador: Felipe de Souza Abreu

APRESENTAÇÃO

O *E-book* “Cadernos dos Projetos Integradores” é uma publicação acadêmica discente produzida a partir dos trabalhos desenvolvidos por alunos de graduação do Curso de Engenharia Civil da PUC Minas nas disciplinas extensionistas: Projeto Integrador I do 5º período e Projeto Integrador II do 7º período. Representa as habilidades e competências adquiridas nas vivências acadêmicas resultantes dos aprendizados, pesquisas e debates durante a realização das disciplinas citadas. Esse primeiro volume reúne os melhores trabalhos desenvolvidos no segundo semestre de 2023. As disciplinas de Projetos Integradores foram criadas pelo Departamento de Engenharia Civil na ocasião da reformulação do currículo do curso no ano de 2020, e representa a busca pela inserção de metodologias ativas no processo de ensino e aprendizagem do curso. A partir do ano de 2023 elas se tornaram disciplinas extensionistas, quando houve a implantação dos dez por cento de carga-horária extensionistas nos currículos da graduação superior. Com grande satisfação é apresentado o primeiro volume dos Cadernos dos Projetos Integradores, fruto do trabalho coletivo desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Civil da PUC Minas.

Profa. Me.Elke Berenice Kölln

PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO PARA AS ENCHENTES NA AVENIDA TEREZA CRISTINA

Robson Dionízio Lopes de Assunção¹

Alexandre Paixão Lopes Filho²

Diego Leandro Carvalho dos Santos³

Yasmim Junia de Souza Fune⁴

André Luiz da Silva⁵

Elke Berenice Kölln⁶

RESUMO

Esse artigo traz o problema recorrente de enchentes no Ribeirão Arrudas que se repetem há muitos anos da cidade de Belo Horizonte – MG, na Avenida Tereza Cristina. A situação em questão é considerada um dos maiores problemas sanitários da capital mineira, onde seus danos são incalculáveis. O estudo de caso tem como objetivo trazer soluções de engenharia, com um olhar social e viável para sua implantação. Para tal, foram estudadas soluções macro e micro, aonde as ações vão desde obras pesadas e de alto investimento, quanto contribuições da própria população em suas edificações, no sistema proposto. O estudo traz com maior ênfase as ações que já estão sendo tomadas pelo governo de Minas Gerais com a construção de bacias de retenção, fazendo uma correlação com implantação de uma nova ETE (Estação de Tratamento de Esgotos) e biodigestores residenciais, os quais serão mais eficientes se funcionarem em conjunto. Junto a essas soluções, traz-se a possibilidade de investimento em um parque linear, aproveitando a seção do Ribeirão Arrudas para tal. O estudo fez-se satisfatório, uma vez que traz soluções com viabilidade parcial em alguns seguimentos e claramente com grande relevância social.

Palavras-chave: problemas sanitários; soluções de Engenharia; Viabilidade.

INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo analisar as enchentes recorrentes na Avenida Tereza Cristina, localizada em Belo Horizonte, relacionando-as diretamente às intervenções urbanas realizadas no curso do Ribeirão Arrudas. As inundações nessa área têm sido um problema persistente que afeta a qualidade de vida dos residentes e o funcionamento da região.

Para compreender melhor essa questão, este documento examinará as mudanças no ambiente urbano e hidrográfico resultantes dessas intervenções, bem como suas implicações nas inundações ao longo da Avenida Tereza Cristina. Serão consideradas as dimensões técnica,

¹ Graduando de Engenharia Civil da PUC Minas. E-mail: rlassuncao@sga.pucminas.br.

² Graduando de Engenharia Civil da PUC Minas. E-mail: alexandre.filho.1394833@sga.pucminas.br.

³ Graduando de Engenharia Civil da PUC Minas. E-mail: dlcsantos@sga.pucminas.br.

⁴ Graduando de Engenharia Civil da PUC Minas. E-mail: yasmim.fune@sga.pucminas.br.

⁵ Graduando de Engenharia Civil da PUC Minas. E-mail: andre.silva.1247645@sga.pucminas.br.

⁶ Arquiteta e Urbanista. Orientadora do Projeto Integrador I do Curso de Eng. Civil da PUC Minas. E-mail: elkekolln@pucminas.br.

social e ambiental desse desafio, visando identificar possíveis soluções e estratégias de mitigação para os impactos das enchentes nessa área importante da cidade.

O estudo de caso em questão se deu durante o desenvolvimento da disciplina de Projeto Integrador I do curso de Engenharia Civil da PUC Minas, durante o segundo semestre de 2023, quando os autores fizeram diversas pesquisas sobre a situação problema, sendo necessário estudar a fundo a raiz do problema, analisando seu histórico e como se desenvolveu ao longo dos anos. Para isso, foi necessário também ir aos pontos críticos para uma análise visual, e por meio de notícias de jornais, publicações em sites e artigos científicos foi possível identificar possíveis medidas de engenharia para sanar tais problemas. A população atingida pode ser considerada toda população de BH e região metropolitana, porém, com maiores consequências para os moradores do entorno da Avenida Tereza Cristina, uma vez que são os que mais sofrem com as consequências das enchentes.

ESTUDO DE CASO

Com o intuito de trazer o Rio Arrudas de volta ao seu estado natural, faz-se necessário tomar diversas medidas, sendo elas desafiadoras e com um elevado custo, mas que considerando os benefícios finais com o resultado desse feito, podem ser considerados totalmente viáveis.

Além de benefícios ligados ao meio ambiente, tais mudanças contribuem para a qualidade de vida da população, além de trazer turistas e conseqüentemente, mais renda pra cidade, já que Belo Horizonte não possui tantas atrações turísticas comparado com outras grandes cidades do Brasil.

O escopo do projeto se resume em medidas para acabar com as enchentes na Avenida Tereza Cristina, e junto a isso traçar um plano de recuperação do leito natural do Ribeirão Arrudas. Para tal, a engenharia nos dá um leque cheio de possibilidades, e cabe aos engenheiros, autoridades do estado e a população, para que a melhor opção seja implantada.

Visto isso, a prefeitura de Belo Horizonte, em conjunto com demais prefeituras vizinhas, também beneficiadas, como Contagem, investiram no sistema de bacias de detenção na região metropolitana.

Essas, são áreas que na maior parte do tempo estão vazias, mas em épocas de chuva são utilizadas para reter o grande volume de água que são liberadas aos poucos para não haver enchentes como antes. As bacias serão utilizadas como grandes praças em momentos que não houver precipitação, dando assim mais uma destinação ao montante de investimento.

CONTENÇÃO DE ÁGUA PARA PERÍODOS DE CHUVAS INTENSAS

3.1 O projeto

Tal projeto, demorou cerca de 10 anos pra sair do papel, sendo que já se deu início em algumas regiões. Serão no total 5 bacias de retenção três delas no Córrego Ferrugem e duas no Riacho das Pedras, com intuito de reter quase 1 bilhão de litros d'água. Essas obras teoricamente vão diminuir de maneira expressiva os impactos das chuvas na região da Avenida Tereza Cristina. O investimento ultrapassará os R\$400 milhões, também com recursos dos municípios e da União.

A meta é que o conjunto de bacias de retenção, que possuem capacidade de captar 700 mil metros cúbicos de água, tenham as obras concluídas até o segundo semestre de 2025. E até lá, algumas bacias já têm trabalhado e servido de teste para os períodos de chuva recentes.

O investimento para a execução do conjunto é de R\$ 400 milhões. Sendo, R\$ 212 milhões provenientes da Reparação da Vale, R\$ 128 milhões do Governo Federal, e o restante de verbas do Estado, R\$ 39 milhões, e das prefeituras (R\$ 7 milhões Contagem e R\$ 14 milhões de Belo Horizonte).

Como dito, parte dos recursos são provenientes do Termo de Reparação da mineradora Vale, como consequência do rompimento da barragem de Brumadinho, que foram transferidos para o município, e agora é parte de um projeto de suma importância.

A previsão é que em dezembro de 2023 entre em operação quase com a capacidade máxima uma das bacias já em construção, reterendo aproximadamente 250 milhões de litros de água de chuva.

As bacias B1 e B2

Em Contagem, no bairro Riacho das Pedras, foi feito o estudo para implantação da bacia B1 (Canal) em diversas regiões, porém, o local escolhido foi na Vila do Canal com área total de 7.317 m² e capacidade volumétrica para 26.708 m³, compatível a vazão de projeto para o período de retorno de 25 anos, apresentando uma eficiência de 18%. Já a Bacia B2, situada na Ferroeste, com área total de 28.905 m² e capacidade volumétrica para 135.854 m³, compatível a vazão de projeto para o período de retorno de 25 anos, apresentando uma eficiência de 42%.

Figura 1 - Bacia de retenção Rio Volga B2 – Contagem



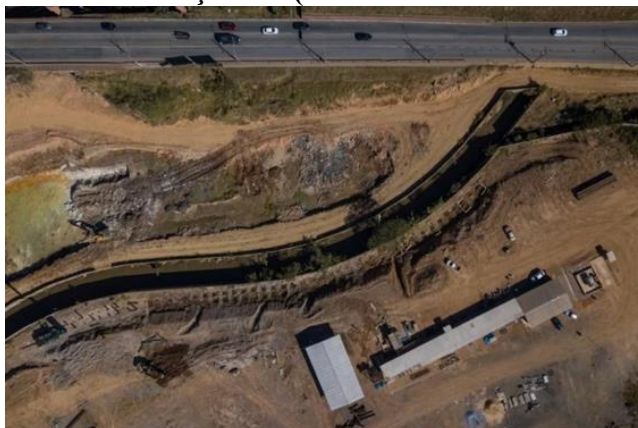
Fonte: (Gil Leonardi / Agência Minas, 2023)

As bacias B3, B4 e B5

Em Contagem, já iniciou as obras das bacias B3 e B4, alocadas onde se localizava a Vila PTO, no bairro Água Branca, e a bacia B4, na Vila Itaú, na Cidade Industrial, sendo ambas de responsabilidade na prefeitura de Contagem. O investimento é de R\$24 milhões para a bacia B3, e de R\$74 milhões para a bacia B4.

Em Belo Horizonte, na Vila Sport Club, será construída a bacia de retenção B5, que terá capacidade volumétrica para 274.245 m³, em uma área de 41.776 m², localizada entre a avenida Amazonas e a linha férrea. São obras que terão uma duração de 24 meses de construção, no valor de R\$ 75,2 milhões.

Figura 2 - Bacia de retenção B4 (Localizada na Vila Itaú - Contagem)



Fonte: (Flavio Tavares / O Tempo, 2023)

Os equipamentos em Belo Horizonte terão a capacidade de represar 755.155 m³ de água das chuvas, que serão gradativamente escoadas. Haverá uma licitação com valor total do

convênio é de R\$ 84 milhões, sendo R\$ 14 milhões de recursos municipais e R\$ 70 milhões de oriundos do Estado.

MINI BACIAS, CAPTAÇÃO DE ÁGUA DAS CHUVAS EM RESIDÊNCIAS

Este projeto de captação de águas das chuvas visa o armazenamento dentro das residências que ficam ao redor do Ribeirão Arrudas e ao longo de toda a Bacia do Ribeirão Arrudas, municípios de Contagem, Belo Horizonte e Sabará. Esta captação de água nas residências faz com que diminua a quantidade volumétrica de águas consideravelmente, evitando assim o deslocamento rápido para o Ribeirão nos dias chuvosos, devido a impermeabilização do solo que existe na capital mineira, evitando assim um acúmulo muito grande de águas que seriam jogadas diretamente no Ribeirão Arrudas nos dias chuvosos, causando grandes alagamentos e estragos ao longo do Rio, em residências, comércios e pavimentação viária, além é claro do principal que é a perda de vidas como já ocorreram no passado, devido a força das águas.

Foram feitos diversos levantamentos de orçamentos de produtos e valores para a implantação do projeto nas residências inicialmente, podendo este mesmo projeto ser utilizado em comércios, prédios e indústrias. Ressalta-se que este projeto seria implementado por iniciativa do próprio morador, e todos os custos de implantação e manutenção sendo feitos pelo morador, proprietário, condomínio e/ou empresa.

Figura 3 - Imagem ilustrativa da forma como a água é captada e reutilizada



Fonte: (Empresa AskSchool, 2023)

Inicialmente estimasse a quantia média de R\$ 10.000 reais (dez mil reais) para implantação de todo o projeto de captação, armazenamento e reutilização das águas da chuva, variando o preço de acordo com a localidade de onde será instalada os materiais e a mão de obra técnica ou não empregada, seria um sistema similar ao utilizado a bastante tempo que é a

captação de água de poços artesianos, onde a bomba puxa a água e joga ela em uma caixa d'água que fica instalada no alto e através da gravidade a água é distribuída em canos específicos, sendo seu uso a lavagem de carros e motos, limpeza do piso, aguar plantas e limpezas diversas, não necessitando inicialmente de tratamento para estes tipos de utilização.

Foi feito um orçamento para que fosse utilizado uma caixa d'água de 20.000 litros para armazenamento da água da chuva, e uma caixa d'água de 500 litros, que seria colocada em uma parte alta da residência, onde através de uma bomba, esta água é jogada da cisterna (caixa d'água de 20.000 litros) até a caixa d'água de 500 litros.

Através desses orçamentos, podemos quantificar os materiais e valores que serão empregados pelos moradores para a implantação do projeto e fazer um comparativo com os recursos que foram gastos pelo governo na implantação das bacias de captação, sendo as Bacias B3, B4, B5 e Bacia do Barreiro, estudadas e feito o seu levantamento de gastos e capacidade de armazenamento de águas, sendo que o volume captado de todas elas somadas é de 870.000 m³, ou seja 870 milhões de litros de água.

Fazendo um comparativo com a implantação da mini bacia, seriam necessários que 43.500 casas instalassem o sistema de captação de água da chuva com a caixa d'água de 20.000 litros que iria ser o equivalente a todas as 4 bacias que estão sendo construídas, sendo que este número de casas não chega a 10% de todas as casas de Belo Horizonte, conforme dados de 2010, que possui um total de aproximadamente 500 mil casas.

A intenção desse trabalho é que a população participe ativamente deste projeto e auxilie a prefeitura e o estado no combate aos alagamentos, armazenando a água das chuvas e liberando elas gradativamente nos dias seguintes as chuvas, ou até mesmo reutilizando elas conforme mencionado acima.

Foi realizado um levantamento em Belo Horizonte e a capital mineira possui um número de apartamentos e o percentual de pessoas morando em prédios, onde no ano de 2000, 503 mil pessoas (22,6%) viviam em apartamentos e 1,7 milhão (76,2%), em casas. Em 2010, 783 mil pessoas (33%) viviam em apartamentos e 1,55 milhão (65,5%), em casas. O número de apartamentos saltou de 169.554 unidades para 251.275. Um crescimento de 48%. As casas tiveram um crescimento bem menor, de 11%, saindo de 449.444, para 499.867, 10 anos depois.

Foram feitos comparativos da quantidade de caixas da água e cisternas que seriam necessárias para captar o mesmo volume de água que as bacias que estão sendo criadas ao longo do Ribeirão Arrudas, em especial na cidade de Contagem, fazendo com que diminua consideravelmente o volume de água jogado diretamente no rio.

BIODIGESTOR PARA LIMPEZA DAS ÁGUAS DIRETAMENTE NA ORIGEM

O biodigestor é um equipamento fechado no qual ocorre a decomposição da matéria orgânica hidratada através da digestão anaeróbica, ou seja, na ausência de oxigênio bactérias anaeróbicas decompõem a matéria orgânica úmida presente no equipamento.

O biodigestor deve ser alimentado periodicamente com matéria orgânica e água suficiente para sua capacidade. Contudo, é importante que deixe livre 25% do volume do equipamento para a acumulação do gás produzido.

Tabela 1 – Custo estimado para implantação do Biodigestor

Item	Custo
Biodigestor 600L	R\$ 1.570,00
Leito de Secagem	R\$459,90
Material e Mão de Obra	R\$ 2.000,00
Total	R\$ 4.030,08

Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Pode-se considerar que o Biodigestor de 600L atende à demanda de até 6 pessoas em uma residência. Estima-se que existem 25 mil casas fora da coleta de esgoto. Com isto, o custo estimado para implantar o biodigestor nas residências será aproximadamente R\$100.752.000,00.

Limpeza esgoto:

- Caixa d'água captando água da chuva 20 mil litros.
- Caixa D'água 500l para uso doméstico na casa (água da chuva).
- Novas bacias ao longo do rio para captar águas e evitar encher o máximo do rio.
- Limpeza do Rio e trazer ele a vida.
- Uso turístico do canal do rio, criação de ciclovias e cooper.
- Criação de rampas e escadas de acesso ao Rio.

Escopo:

- Bacias de contenção: Validar a efetividade das bacias propostas pelo governo.

- Biodigestor: Orçar o custo de implantação por residência (mensurar o total de residências).
- ETE: Custo aproximado de estação aplicado na limpeza do córrego.

Final:

Sendo aplicado de forma efetiva as medidas acima, pode-se considerar a utilização da área do córrego para lazer, necessitando de uma intervenção urbanística para torná-lo atrativo para a população.

IMPLANTAÇÃO DE NOVA ETE

Como parte do processo de melhorias nas enchentes da Avenida Tereza Cristina, como início do processo de limpeza do Ribeirão Arrudas, é de extrema necessidade o desvio do esgoto que hoje é despejado no Rio Arrudas, onde 100% desse material deve ir direto a uma estação de tratamento de esgoto, com o intuito de iniciar o processo de limpeza do rio para torná-lo natural.

Desse modo, analisando a ETE de Belo Horizonte, a mesma recebe o esgoto das residências, que antes passa pelo rio arrudas em seu trecho impermeável, e de lá dá acesso ao ETE Onça. Devido ao grande crescimento da cidade, onde saiu de um volume de esgoto tratado de 22 milhões de m³ para 150 milhões de m³, a necessidade da ampliação da ETE para atender a demanda foi feita, com um investimento milionário, para atender atualmente cerca de 7,5 milhões de mineiros, 33% a mais que em 2002. A rede de esgoto passou de 10,3 mil km em 2003, para 15,1 mil km em 2009.

Em sua construção inicial, foram investidos R\$ 105 milhões e posteriormente, mais R\$ 70 milhões em sua ampliação. Em sua área de atuação, a Copasa atinge 99,4% dos imóveis com acesso à água tratada e 90,5% na coleta de esgotos, dos quais 79,5% são tratados. Assim, ainda possui uma parcela da população que não possui saneamento básico e despejam seu esgoto direto no rio Arrudas, impossibilitando o objetivo de mantê-lo limpo e natural.

RESTAURAÇÃO DO RIO ARRUDAS (CRIAÇÃO DE PARQUE LINEAR)

Em alguns países, o novo conceito arquitetônico de manter as áreas verdes no meio urbano tem sido muito lembrado. Essa metodologia e revolução cultural já é realidade

principalmente e na Coreia do Sul e Alemanha, onde já ocorreram diversas obras, como criação de parques verticais.

Esses, são parques com área verde e preservada, mas inseridos no meio urbano. Essa ideia gira em torno de medidas tomadas em diversos países, onde a revitalização dos cursos d'água se tornou necessária para proporcionar uma qualidade de vida melhor para a população, uma vez que para um novo conceito arquitetônico e urbanístico, a canalização e criação de Bulevares é considerado ultrapassado.

No contexto da cidade de Seul, Coreia do Sul, a cidade passou por um processo de crescimento parecido com o de Belo Horizonte, onde seu desenvolvimento se deu nos arredores do curso d'água local. Em Seul, aconteceu no rio Cheonggyecheon, que a população cresceu margeando-o, fazendo assim como Belo Horizonte com o Rio Arrudas.

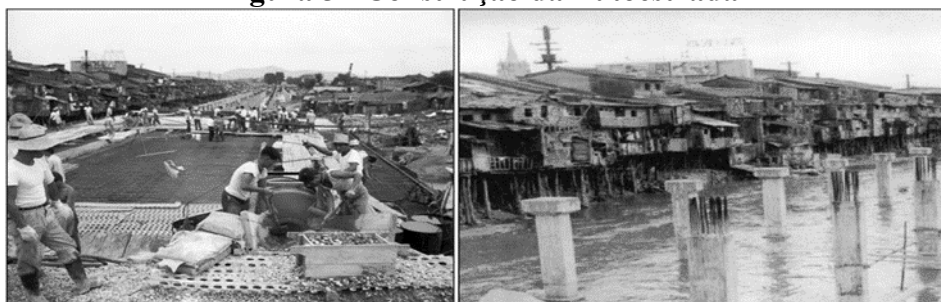
Desse modo, o rio passou por diversos problemas de poluição, onde o descaso era grande para sua preservação. Somados a necessidade de implantação de novas vias, fez-se necessário a construção de uma autoestrada, que passava por cima do rio Cheonggyecheon, que já estava completamente poluído. Esse conceito de construir estradas sobre rios é adotado frequentemente no Brasil, incluindo Belo Horizonte, que ao longo dos anos canalizou e consequentemente impermeabilizou toda a área do rio Arrudas dentro da cidade.

Figura 4 - Leito carroçável que encobriu o rio ainda em fase de construção do viaduto



Fonte: (Aryane Lima / Projeto Batente, 2018)

Figura 5 - Construção da Autoestrada



Fonte: (Aryane Lima / Projeto Batente, 2018)

Com o passar dos anos, a urbanização planejada da Coréia do Sul, com investimento do governo em novas vias, transporte público e um saneamento adequado, fez com que a ideia da autoestrada seja considerada um problema ambiental enorme, além de apresentar grandes problemas de manutenção e se tornar insustentável. Então, na ideia de ajudar Seul a se tornar uma cidade moderna e ecologicamente correta, a prefeitura decidiu eliminar a autoestrada, demolindo, assim, os leitos carroçáveis que encobriam o rio e todas as suas vias elevadas. Além disso, o córrego, foi aberto cerca de 20% a mais da sua largura anterior, levando em conta grandes possíveis cheias.

As obras de revitalização do rio Cheonggyecheon deram início em 2002, criando um parque linear de 5,8 Km de extensão, 400 hectares e 80 metros de largura. Houve um reaproveitamento de 75% dos resíduos da demolição das vias para as obras. Redução de 3,6°C da temperatura local. Parque público para uso de 30.000 habitantes por fim de semana, e custou para o governo cerca de US\$300 milhões (R\$ 1,185 bilhões), e com a correção monetária para 21 anos depois, seria cerca de R\$ 4,256 bilhões. Ambientalmente, a biodiversidade aumentou 639% na região. A variedade de plantas aumentou de 62 para 308. As espécies de peixes de 4 para 25 e a de invertebrados aquáticos de 5 para 53.

Figura 6 - Resultado da Correção pelo IPCA-E (IBGE)

Dados básicos da correção pelo IPCA-E (IBGE)	
Dados informados	
Data inicial	01/2002
Data final	01/2023
Valor nominal	R\$ 1.185.000.000,00 (REAL)
Dados calculados	
Índice de correção no período	3,59160280
Valor percentual correspondente	259,160280 %
Valor corrigido na data final	R\$ 4.256.049.318,00 (REAL)

Fonte: (IBGE, 2023)

Figura 7 – Rio Cheonggyecheon em funcionamento após restauração do leito



Fonte: (Aryane Lima / Projeto Batente, 2018)

PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A cerca do que foi abordado no estudo de caso, a solução para a situação-problema abordada e proposta nessa pesquisa se dá com a implantação das bacias de retenção e restauração do Ribeirão Arrudas, mas para isso, precisa seguir uma ordem cronológica, conforme abaixo:

1. Término da construção das 5 novas bacias de retenção, a fim de controlar a água da chuva e evitar inundações que deixarão o fluxo d'água no rio Arrudas tão agressivo ao ponto de causar enchentes
2. Projeto de captação de água das chuvas nas residências, a fim de dar uma destinação para a água que chega nas casas, além de trazer maiores economias para a população no quesito consumo de água
3. Biodigestor para limpeza das águas diretamente na origem, sendo aplicado também nas residências, otimizando o processo de limpeza dos resíduos orgânicos e devolvendo a água limpa para o sistema.
4. Implantação de uma nova ETE que atenda a necessidade do esgoto da população que ainda não possui saneamento, além de tirar o caminho do esgoto de dentro do rio Arrudas para um novo sistema que o direcione para a ETE.
5. Restauração do Rio Arrudas, criando um leito natural novamente e implantação de praças lineares na sua seção. Sendo que possa ser utilizado quando não houver chuvas. Além de trazer mais vegetação, área impermeável local e diminuição da temperatura nos arredores.

CONCLUSÕES

Levando em consideração o problema em questão, o estudo de caso e as propostas sugeridas nesse artigo, entende-se que Belo Horizonte sofre com enchentes desde o seu nascimento. As soluções de engenharia propostas são possíveis, porém, algumas delas tem dificuldades que podem inviabilizar o projeto, como a implantação de uma nova ETE ou de várias ao longo do Rio, com um novo caminho do esgoto. Seria primordial que fosse feito, uma vez que é necessário para trazer o Rio Arrudas “de volta a vida”, no entanto, teria que alterar boa parte do sistema atual, o que levaria a investimentos elevados e obras muito prolongadas.

Pensando nisso, foram sugeridas novas propostas, que necessitariam do apoio da população nessa investida, sendo ela a utilização dos biodigestores para limpeza de todo o esgoto doméstico, sendo feito diretamente na origem, e a mini bacia para captação de água da

chuva, ressaltasse que estas opções podem ser instaladas juntas e serem uma complementação da outra, aproveitando ainda mais a reutilização da água e após sua reutilização, ocorreria o descarte limpo na natureza e na rede de esgoto, tratando assim na origem do problema.

Se faz necessário finalizar as obras das bacias de retenção para sanar o gargalo das chuvas, principalmente pelo fato de diversos estudos terem sido feitos e muito dinheiro público ter sido empregado e tratar de uma forma secundária o saneamento da cidade.

Essas ações seriam mais um tratamento do que uma solução definitiva, pois para isso, seria necessário investir muito dinheiro para criação de novas ETEs e ETA e dos parques lineares, além do tempo necessário para limpeza por completo das águas do Ribeirão, sendo este um projeto de anos ou décadas, dependendo do esforço político e por parte da população.

Vale ressaltar que um Rio limpo dentro de uma cidade urbana, ainda mais capital de um Estado tão importante para o Brasil como é Minas Gerais irá trazer muito dinheiro do turismo e a super valorização de cada imóvel ao redor do Rio limpo, além é claro de poder ver os filhos e netos brincando e nadando nas águas transparentes do Rio, terá valido a pena cada centavo investido por parte da população e do poder público, gerando ainda economia para a empresa de Saneamento básico COPASA que irá empregar cada vez menos recursos para limpar e distribuir para a população água para consumo doméstico, comercial e industrial.

REFERÊNCIAS

ABALEN, I. **Fim de enchentes na Tereza Cristina? Bacias vão reter 480 mi L de água da chuva.** Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/cidades/fim-de-enchentes-na-tereza-cristina-bacias-vaio-reter-480-mi-l-de-agua-da-chuva-1.2885208>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

AGÊNCIA MINAS. **Governo de Minas entrega primeira etapa de obras de prevenção de enchentes no complexo Córrego Ferrugem/Riacho das Pedras.** Disponível em: <<https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-de-minas-entrega-primeira-etapa-de-obras-de-prevencao-de-enchentes-no-complexo-corrego-ferrugem-riacho-das-pedras>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

AMAZON. **Bomba d'água Centrífuga Periférica Amanco XKM60 1/2CV - 127V.** Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Bomba-d%C2%B4%C3%A1gua-Centr%C3%ADfuga-Perif%C3%A9rica-Amanco/dp/B077QRVB5T?source=ps-sl-shoppingads-lpcontext&ref_=fplfs&psc=1&smid=A1EXCTD2KL06KE>. Acesso em: 14 dez. 2023.

CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Uma impressionante renovação urbana em Seul.** Disponível em: <<https://www.masterambiental.com.br/noticias/cidades-sustentaveis/uma-impressionante-renovacao-urbana-em-seul/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

ENGESOLO ENGENHARIA LTDA. **Requalificação Urbana e Ambiental e de Controle de Cheias do Córrego Ferrugem.** Memorial descritivo e justificado, vol. III. 2012.

LIMA, A. **Projeto de Restauração do Cheonggyecheon.** Disponível em: <<https://projetoatente.com.br/projeto-de-restauracao-do-cheonggyecheon/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

MEIRELES, A; ABREU, R. **Concluída licitação das obras das bacias de detenção do córrego Ferrugem.** Disponível em: <<https://portal.contagem.mg.gov.br/portal/noticias/0/3/76568/concluida-licitacao-das-obras-das-bacias-de-detencao-do-corrego-ferrugem>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

PORTAL MEIO AMBIENTE. **ETE Onça aumenta eficiência do tratamento de esgoto em BH.** Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/1012-ete-onca-aumenta-eficiencia-do-tratamento-de-esgoto-em-bh>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Bacia para prevenir alagamento na Teresa Cristina já apresenta bons resultados.** Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/bacia-para-prevenir-alagamento-na-teresa-cristina-ja-apresenta-bons-resultados>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

PREFEITURA DE CONTAGEM. **Obras de implantação das bacias de detenção nas vilas PTO e Itaú são iniciadas.** Disponível em: <<https://portal.contagem.mg.gov.br/portal/noticias/0/3/76923/obras-de-implantacao-das-bacias-de-detencao-na-vilas-pto-e-itaui-sao-iniciadas>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

SANTOS, A. **Seul ensina como São Paulo pode salvar o rio Tietê.** Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/seul-ensina-salvar-rio-tiete/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

SIQUEIRA, H. **É cada vez maior o número de pessoas morando em apartamentos em BH.** Disponível em: <https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/noticias/2011/07/22/interna_noticias,45041/e-cada-vez-maior-o-numero-de-pessoas-morando-em-apartamentos-em-bh.shtml/>. Acesso em: 14 dez. 2023.

SOUSA, M. **O rio poluído que virou parque em apenas quatro anos.** Disponível em: <<https://www.mobilize.org.br/noticias/9691/o-rio-poluido-que-virou-parque-em-apenas-quatro-anos.html>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

GARGALOS DO ANEL RODOVIÁRIO DE BELO HORIZONTE: um estudo de caso da Praça São Vicente

Ben-Hur Gonçalves Botinha¹
Bernardo José Mendes Santos²
Edmar Antônio Mageste Júnior³
Higor Rodrigues Ribeiro⁴
Elke Berenice Kolln⁵

RESUMO

A pesquisa apresentada nesse artigo visou estudar os desafios urbanos relacionados à alta densidade de veículos e congestionamento do trânsito, destacando a importância da infraestrutura viária, como o Anel Rodoviário de Belo Horizonte. Analisando propostas de alterações na Praça São Vicente pela Prefeitura de Belo Horizonte, considerando impactos sociais, ambientais, de relevo e de tráfego. A proposta da prefeitura envolve alças viárias e viadutos, com soluções para a geração de empregos, estímulo econômico e melhorias na acessibilidade. O artigo destaca que, apesar de inconvenientes temporários, os benefícios a longo prazo da construção das alças viárias tendem a superar esses desafios.

Palavras-chave: veículos; infraestrutura viária; impactos; medidas; implementação.

INTRODUÇÃO

O presente artigo aborda as adversidades enfrentadas pelos grandes centros urbanos devido ao crescente aumento da densidade demográfica, concentrando-se na ineficiência da locomoção devido aos congestionamentos de trânsito. Contudo, identifica-se a necessidade de compreender as causas dessa problemática, destacando a importância da infraestrutura viária como fator crucial na interligação de modais de transporte.

Para tanto, o transporte rodoviário, modal predominante e de maior relevância no Brasil, enfrenta constantes desafios, com rodovias tendendo a sua capacidade máxima devido ao crescente aumento da frota de veículos utilizadores.

Consoante com o campo em estudo, o Anel Rodoviário de Belo Horizonte é mencionado como ponto central na dinâmica da região. No entanto, a interseção na Praça

¹ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: ben.botinha@sga.pucminas.br

² Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: bernardo.jose@sga.pucminas.br

³ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: edmar.mageste@sga.pucminas.br

⁴ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: higor.ribeiro@sga.pucminas.br

⁵ Arquiteta e Urbanista. Professora Orientadora do Projeto Integrador I do Curso de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: elkekolln@pucminas.br

São Vicente apresenta desafios, exigindo uma abordagem inovadora que vise a mitigação de congestionamentos na área.

Por conseguinte, este artigo visa elucidar e analisar o projeto de implementação das alterações propostas pela Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), no anel rodoviário da cidade, em específico, na Praça São Vicente.

METODOLOGIA

Para uma melhor caracterização do estudo de caso, fez-se necessária uma rigorosa padronização dos métodos adotados para obtenção dos parâmetros de análise, visando um estudo e uma solução para a problemática. Adotando como processo metodológico:

- Análise e coleta de dados via satélite;

A priori, para um melhor conhecimento da área, utilizou-se de imagens de satélite que serviram como ferramenta de auxílio no estudo da área, sendo obtidas por meio de softwares de trânsito e navegação, como Waze e Google Maps.

- Análise viária do tráfego na região;
- Visita de campo;
- Formulário de questões fechadas com moradores e comerciantes da região;
- Coleta e pesquisa de propostas de intervenção existentes para a região;
- Análise crítica de viabilidade da proposta de intervenção: Social, Transporte, Ambiental, Relevância e Econômica.

FORMULÁRIO DE QUESTÕES FECHADAS COM MORADORES E COMERCIANTES DA REGIÃO DA PRAÇA SÃO VICENTE

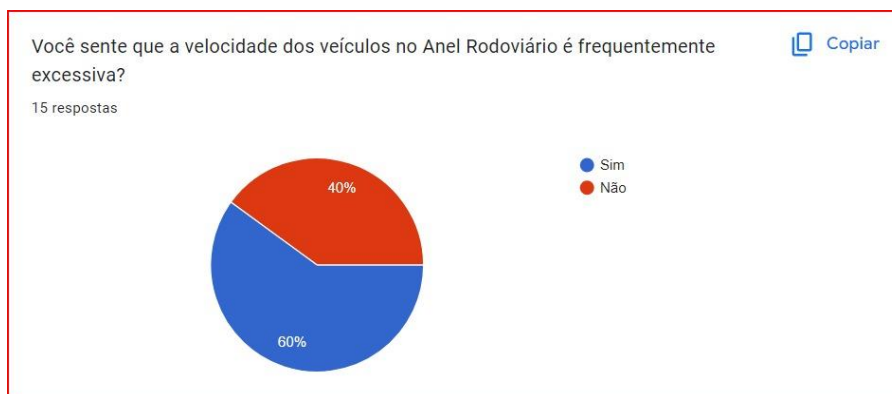
Conforme foi colocado na metodologia, foi realizada uma pesquisa qualitativa de campo na região da Praça São Vicente, para saber a opinião sobre as possíveis intervenções e projetos para a localidade. Logo abaixo destaca-se o resultado da pesquisa, com as seguintes questões formuladas:

Imagem 1 – Resultados Obtidos com o Formulário de Questões Fechadas



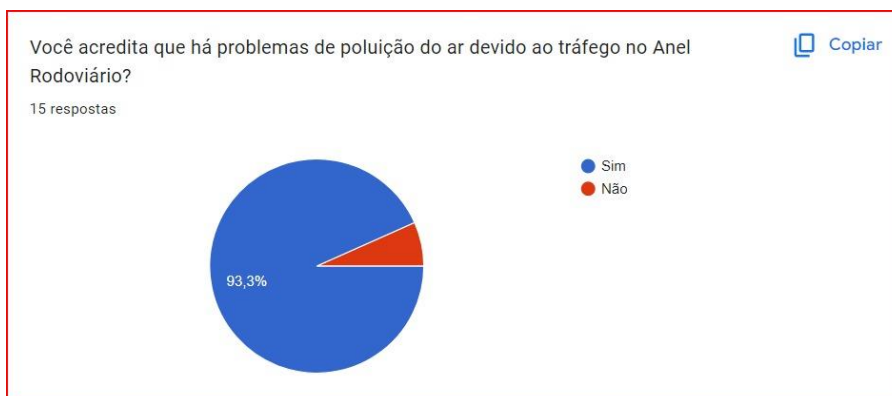
Fonte: (Google Forms, 2023)

Imagem 2 – Resultados Obtidos com o Formulário de Questões Fechadas



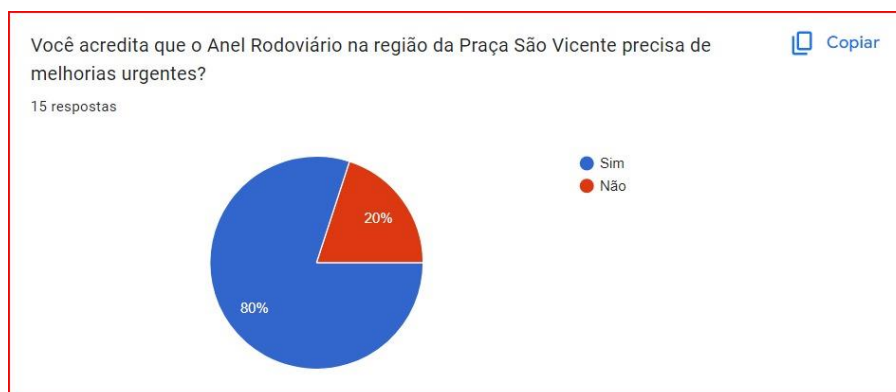
Fonte: (Google Forms, 2023)

Imagem 3 – Resultados Obtidos com o Formulário de Questões Fechadas



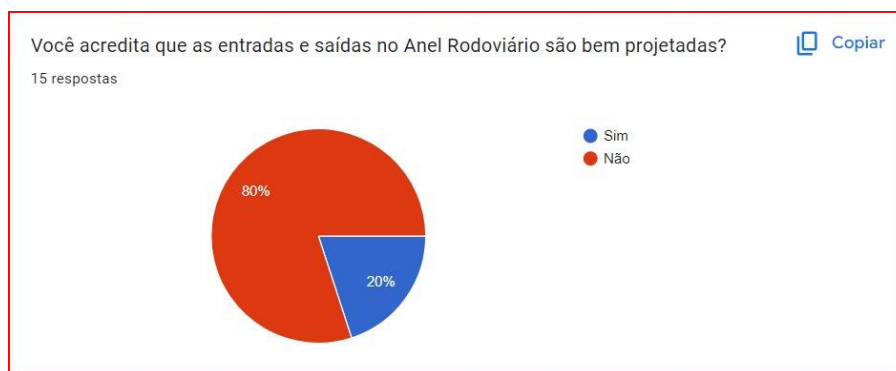
Fonte: (Google Forms, 2023)

Imagem 4 – Resultados Obtidos com o Formulário de Questões Fechadas



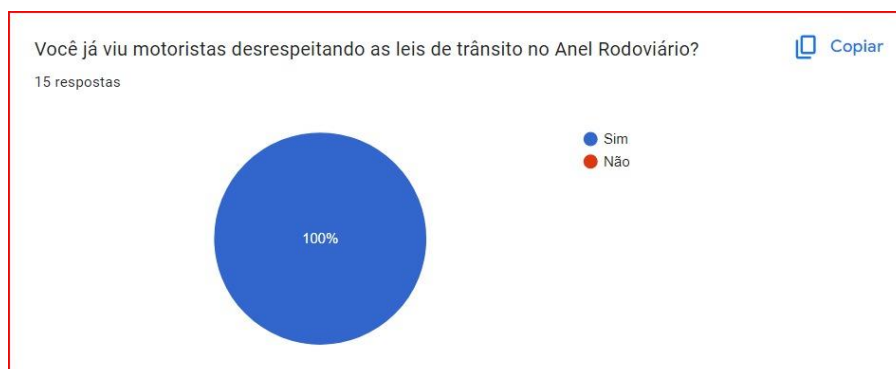
Fonte: (Google Forms, 2023)

Imagem 5 – Resultados Obtidos com o Formulário de Questões Fechadas



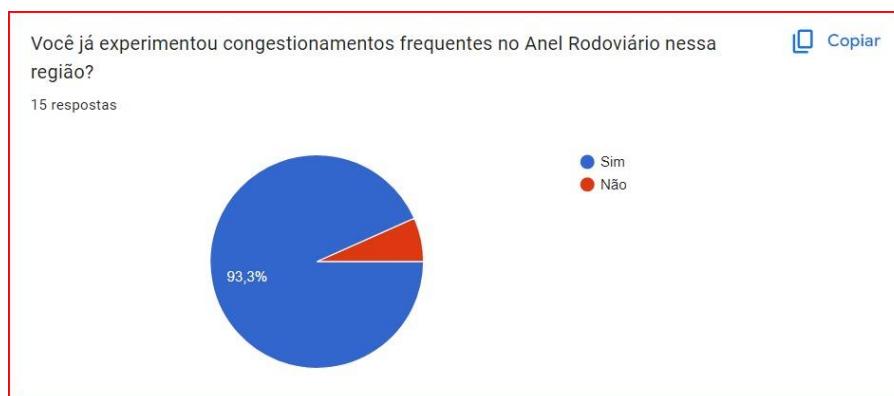
Fonte: (Google Forms, 2023)

Imagem 6 – Resultados Obtidos com o Formulário de Questões Fechadas



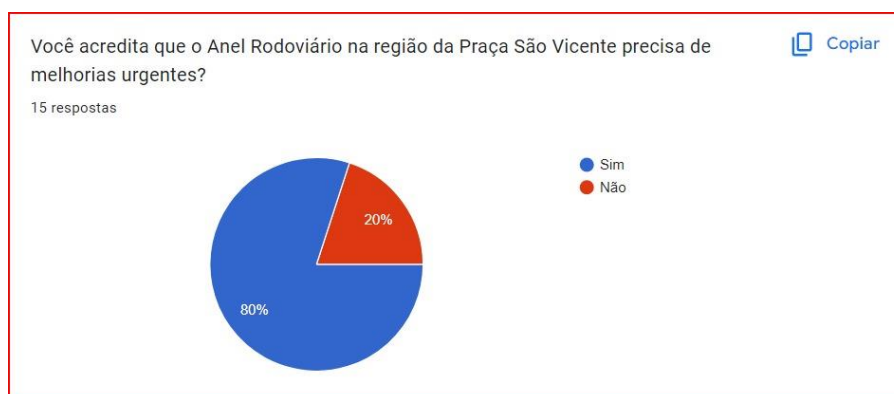
Fonte: (Google Forms, 2023)

Imagem 7 – Resultados Obtidos com o Formulário de Questões Fechadas



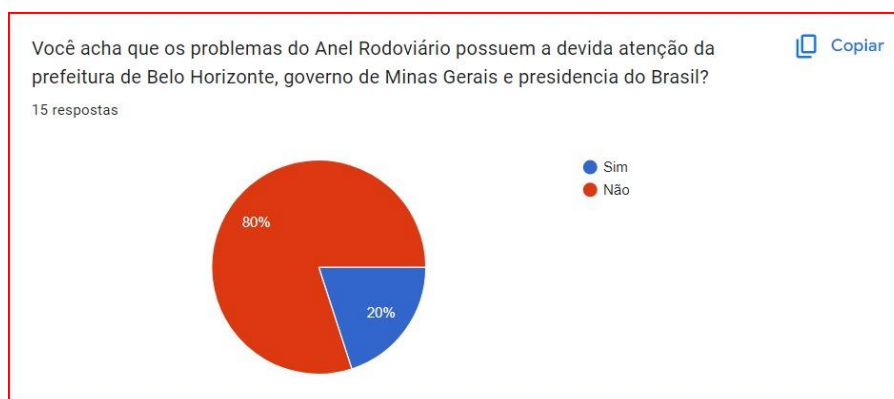
Fonte: (Google Forms, 2023)

Imagem 8 – Resultados Obtidos com o Formulário de Questões Fechadas



Fonte: (Google Forms, 2023)

Imagem 9 – Resultados Obtidos com o Formulário de Questões Fechadas



Fonte: (Google Forms, 2023)

ESTUDO DE CASO DOS IMPACTOS DO PROJETO NA PRAÇA SÃO VICENTE

Para tanto, se faz necessária uma análise crítica de possíveis impactos em aspectos diferentes que podem influir nas características topográficas, ambientais, sociais e viárias da região. A fim de obtenção de uma compreensão abrangente e embasada acerca do escopo da problemática em estudo.

Impactos sociais

A priori, um projeto de magnitude como esse deve primar pelo acolhimento de toda a sociedade em seu entorno, prestando atenção aos detalhes para garantir um impacto positivo nos cidadãos beneficiados pela obra. Dessa forma, um dos aspectos mais relevantes em obras públicas é a acessibilidade, que deve ser considerada em todas as etapas do projeto e tratada com especial atenção durante a execução, assegurando o acesso fácil e seguro a todos os usuários. Neste caso em estudo, a principal região impactada é o entorno da Praça São Vicente.

Neste trecho, os impactos na qualidade de vida podem variar, desde melhorias no âmbito visual e paisagístico até efeitos negativos, como o aumento da poluição e sensação de insegurança. Ademais, podendo proporcionar melhora no fluxo do tráfego, acarretando no fortalecimento do comércio local. Porém, o comércio local pode sofrer impactos de difícil análise primária, pois a intervenção pode tanto gerar melhorias expressivas nas atividades econômicas, facilitando o acesso da população do entorno, quanto causar uma redução na atividade econômica, especialmente caso haja baixa aceitação pela comunidade local.

Contudo, com investimentos e uma nova identidade visual para a região, o atual cenário da região comercial, que é de desleixo e fora de sintonia com os comércios adjacentes da Rua Pará de Minas, pode mudar. Todavia, é importante destacar que esses impactos podem contribuir para o aumento da poluição, ruído e sensação de insegurança por parte da comunidade local.

Além disso, a construção da alça viária apresenta impactos positivos, no âmbito da criação de empregos durante a fase de construção, estímulo econômico que atrai investimentos adicionais e valorização imobiliária em algumas situações. A acessibilidade a serviços essenciais, como hospitais e escolas, é aprimorada, beneficiando os residentes locais.

Contudo, é possível reconhecer os impactos negativos associados à construção viária, como o deslocamento de comunidades, como expresso no trecho 1 em amarelo, na imagem 10. Sendo possível identificar que será necessário realizar uma desapropriação no sentido Espírito Santo - Rio de Janeiro, trazendo transtorno a moradores e causando impactos em pequenos negócios locais. Este tipo de empreendimento pode acarretar em possíveis barreiras sociais que podem dividir comunidades. A desvalorização temporária de propriedades próximas ao local da obra também é uma preocupação.

Diante desses desafios, a colaboração comunitária desde o início do projeto é essencial. Consultas públicas, ouvindo as preocupações da comunidade, são fundamentais para incorporar feedback e implementar estratégias de mitigação. Estas podem incluir planos de reassentamento, medidas construtivas para reduzir a poluição sonora e do ar, e a implementação de rotas alternativas para minimizar o impacto no tráfego local. O diálogo aberto e transparente é crucial para equilibrar os benefícios da infraestrutura com as necessidades e preocupações da comunidade local.

Impactos no transporte

Em análise aos projetos e estudo sobre a construção das alças e dos viadutos na marginal, analisa-se a possibilidade de impactos significativos no tráfego local e nas vias adjacentes. Destacando-se através desta análise, alguns dos impactos comuns no trânsito durante e após a construção de uma alça viária e do viaduto:

- **Congestionamento e atrasos:** Durante a fase de construção, o tráfego nas áreas adjacentes à obra pode sofrer congestionamentos devido a redução do número de faixas disponíveis, desvios de tráfego e limitações na capacidade da via;
- **Restrições de acesso:** A construção de alças viárias frequentemente requer o fechamento temporário de acesso ou vias, o que pode causar desvios e aumentar o tempo de viagem para os motoristas;
- **Alterações nas rotas:** Motoristas podem ser obrigados a utilizar rotas alternativas durante a construção, o que pode resultar em desvios significativos de suas rotinas usuais.
- **Impacto em negócios locais:** Empresas localizadas nas proximidades da obra podem experimentar uma redução na circulação de clientes devido a dificuldade de acesso;

- **Necessidade de sinalização adequada:** A sinalização adequada é crucial durante a construção para orientar os motoristas sobre as mudanças nas condições da via, desvios temporários e restrições.
- **Impacto em transporte público:** O transporte público também pode ser afetado, com rotas de ônibus sendo ajustadas e possíveis atrasos no serviço.
- **Desafio para pedestres e ciclistas:** A construção pode criar obstáculos para pedestres e ciclistas, exigindo medidas para garantir sua segurança e acessibilidade.
- **Ruído e poeira:** As atividades de construção podem gerar ruído e poeira, o que pode ser desconfortável para os residentes e impactar negativamente a qualidade do ar.

Após a caracterização dos impactos, visando mitigá-los, pode caber a implementação de estratégias como:

- **Planejamento Adequado:** Um planejamento cuidadoso é essencial para minimizar o impacto no tráfego. Isso pode incluir a realização da obra em fases para reduzir a extensão das interrupções.
- **Sinalização Clara e Eficaz:** A instalação de sinalização clara é essencial para informar os motoristas sobre mudanças nas condições da via, desvios e restrições.
- **Horários de Construção Estratégicos:** Programar trabalhos durante períodos de menor movimento ou fora das horas de pico pode ajudar a reduzir os impactos no trânsito.
- **Comunicação com a Comunidade:** Manter uma comunicação aberta com a comunidade local é crucial para informar sobre as alterações planejadas, obter feedback e abordar preocupações.
- **Alternativas de Transporte:** Incentivar o uso de transporte público ou meios de transporte alternativos, sobretudo sustentáveis, durante e após a construção pode ajudar a reduzir eventuais congestionamentos.

Embora a construção de alças viárias possa causar inconvenientes temporários, os benefícios a longo prazo, como melhoria na mobilidade e eficiência do tráfego, costumam superar esses desafios.

Impactos ambientais

Analisando o projeto das alças viárias e dos viadutos que visam conectar as marginais, pode se destacar uma pluralidade de problemas ambientais possíveis, dos quais

destacam-se:

- **Poluição da água e do solo:** O uso de maquinário pesado, materiais de construção e o descarte inadequado de resíduos podem acarretar na contaminação da água e do solo, sobretudo, do lençol freático;
- **Ruído e Perturbação da Fauna:** A construção pode gerar altos níveis de ruído, afetando a fauna local e causando perturbações como por exemplo em rotas migratórias de aves;
- **Erosão do Solo:** Mudanças no terreno e na vegetação podem aumentar o risco de erosão do solo, se não avaliadas cuidadosamente, especialmente em épocas propensas a chuvas intensas;
- **Alterações no Fluxo de Água:** A construção dos pilares da alça viária pode alterar, ainda que minimamente, o padrão natural de escoamento das águas da chuva, gerando arrasto para o curso de água, prejudicando a drenagem da mesma, dada a turbulência causada.

Para mitigar esses impactos, muitos projetos de infraestrutura são agora sujeitos a avaliações de impacto ambiental (AIA) antes da aprovação e implementação. Essas avaliações buscam identificar potenciais problemas ambientais e propor medidas para minimizar ou compensar esses impactos, garantindo que a construção seja realizada de maneira sustentável e responsável.

Impactos no relevo

A construção de uma alça viária e de um viaduto, podem ter impactos significativos no relevo da área circundante. O relevo refere-se à topografia da região, incluindo características como elevações, declives e características geomorfológicas.

Pode-se destacar durante o estudo do projeto, alguns impactos relevantes:

- **Escavação e aterro:** A construção de uma alça viária muitas vezes envolve escavação e/ou aterro para criar as rampas necessárias. Isso pode modificar as características naturais do relevo, resultando em cortes ou elevações artificiais.
- **Alteração do perfil do solo:** A movimentação de terra associada à construção pode alterar o perfil do solo, impactando a estrutura e a composição do terreno.
- **Mudanças na drenagem:** O relevo influencia a drenagem natural da área. A construção de alça viária pode alterar padrões de escoamento de água, levando a possíveis problemas de drenagem, erosão e acúmulo de água.

- **Impacto na paisagem:** Modificações no relevo podem afetar a paisagem local, especialmente se a alça viária for construída em áreas de elevada importância estética ou ambiental;

- **Estabilidade do solo:** A movimentação de terra pode influenciar a estabilidade do solo, potencialmente aumentando o risco de deslizamentos de terra ou instabilidade em encostas.

- **Acessibilidade e inclusão:** O design da alça viária pode envolver soluções para tornar a infraestrutura acessível. Rampas ou outras intervenções podem ser necessárias para superar desníveis no terreno.

Para minimizar os impactos negativos no relevo, os projetos de alças viárias e dos viadutos, geralmente passam por avaliações de impacto ambiental e planos de mitigação. Essas medidas podem incluir:

- **Contenções de erosão:** Implementação de práticas para evitar erosão do solo durante e após a construção.

- **Drenagem adequada:** Desenvolvimento de sistemas de drenagem que preservem o fluxo natural da água, evitando acúmulo e escoamento inadequado.

- **Revegetação:** Restauração de áreas escavadas ou perturbadas por meio de programas de revegetação para ajudar na estabilização do solo;

- **Modelagem hidráulica:** Utilização de modelagem hidráulica para prever e gerenciar os impactos das mudanças na drenagem.

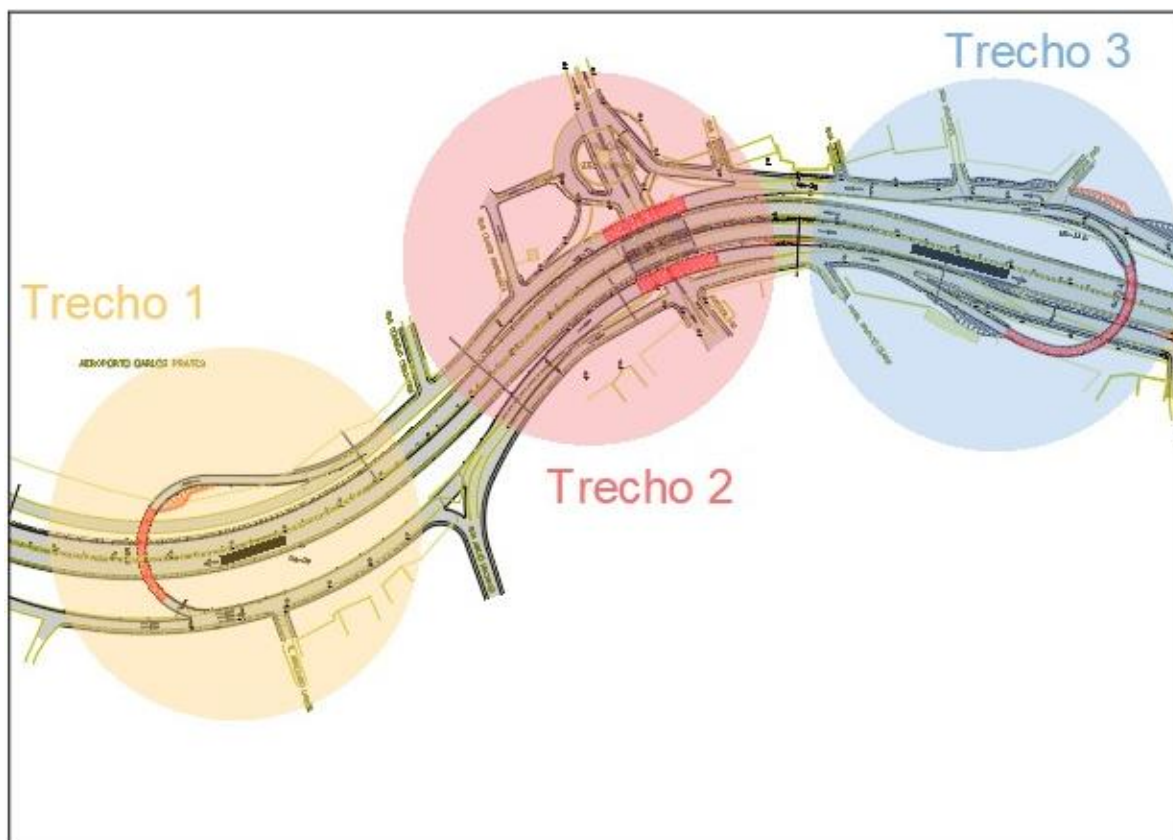
- **Engenharia Geotécnica:** Uso de técnicas geotécnicas para garantir a estabilidade do solo, especialmente em áreas propensas a deslizamentos de terra.

A consideração cuidadosa desses fatores é essencial para garantir que a construção de alças viárias seja realizada de maneira sustentável e minimizando os impactos adversos no relevo e no ambiente local.

PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A proposta apresentada pela PBH para o trecho da Praça São Vicente, é caracterizada por duas alças viárias nos dois sentidos (Rio de Janeiro e Espírito Santo) e mais dois viadutos marginais ao lado do viaduto já existente (Imagem 10).

Imagem 10 – Proposta de Solução para o Trecho da Praça São Vicente Proposto pela PBH



Fonte: (Autoria Própria adaptado do projeto de intervenção divulgado pela PBH, 2023)

Em relação aos impactos supracitados é destacável as seguintes soluções relacionadas a cada aspecto:

- **Em relação ao impacto social:** a construção da alça viária traz impactos positivos, como geração de empregos locais, estímulo econômico e valorização imobiliária. A acessibilidade a serviços essenciais torna-se mais eficiente, portanto, beneficiando os residentes, embora haja preocupações com a segurança durante a construção.
- **Impacto no transporte:** para mitigar os impactos da construção, estratégias incluem planejamento cuidadoso, realização da obra em fases, sinalização clara, trabalhos em horários estratégicos, comunicação aberta com a comunidade – buscando informar sobre mudanças e obter feedback – e o incentivo ao uso de transporte público para redução de congestionamentos durante a construção. Embora a construção de alças viárias possa causar inconvenientes temporários, os benefícios a longo prazo, como melhoria na mobilidade e eficiência do tráfego, costumam superar esses desafios.

- **Impactos ambientais:** projetos de infraestrutura passam por avaliações de impacto ambiental (AIA) antes da aprovação e implementação. Essas avaliações identificam problemas ambientais potenciais e propõem medidas para minimizá-los, assegurando uma construção sustentável e responsável.

- **Impactos no relevo:** projetos de alças viárias e viadutos buscam minimizar impactos negativos no referencial geofísico por meio de avaliações de impacto ambiental e planos de mitigação. Essas medidas envolvem contenções de erosão, sistemas de drenagem eficientes, revegetação para firmamento do solo, modelagem hidráulica para prever impactos no escoamento da água e técnicas geotécnicas para garantir a estabilidade do solo, especialmente em áreas propensas a deslizamentos de terra.

CONCLUSÕES

A priori, conclui-se que, o artigo explorou os desafios enfrentados pelos grandes centros urbanos devido à alta densidade demográfica, com foco na ineficiência do transporte causada pelo congestionamento do trânsito. O Anel Rodoviário de Belo Horizonte, especialmente na região da Praça São Vicente, foi identificado como um ponto crítico. Exigindo inovações técnicas que visem mitigar gargalos e congestionamentos nas vias, propiciando um tráfego de veículos mais fluido.

Para tanto, a proposta da prefeitura, com duas alças viárias e dois viadutos marginais, foi analisada em relação a cada impacto identificado. No escopo da solução apresentada, observa-se benefícios e necessidades que extrapolam o campo da infraestrutura viária, acarretando a geração de empregos, estímulo econômico, melhorias na acessibilidade, planejamento cuidadoso, comunicação aberta e estratégias ambientais.

Em suma, embora a construção de alças viárias apresente desafios temporários, o artigo enfatiza que os benefícios a longo prazo, como a melhoria na mobilidade e eficiência do tráfego, geralmente superam esses desafios. A participação comunitária desde o início do projeto é destacada como fundamental para equilibrar os interesses da comunidade local com os benefícios da infraestrutura proposta.

REFERÊNCIAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials. **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. 6th Edition. Washington D.C., EUA, 912 p, 2001.

ANDRADE, Rafael Quintão de *et al.* **Avaliação do impacto da velocidade regulamentar no desempenho operacional do Anel Rodoviário de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2019.

BASTOS, Paula Cristina De Lima *et al.* **Alternativa de revestimento asfáltico para o Anel Rodoviário de Belo Horizonte – a viabilidade econômica e ambiental das pavimentações poliméricas**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 3, p. 16055-16079, 2020.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Projeto de Interseções**. IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação 718, 2ª Ed., Rio de Janeiro, Brasil, 2005. 532 p.

MACHADO, Ana Caroline Assis de Melo; REZENDE, Samara Vítor de Souza. **ANÁLISE DA INTERSEÇÃO SITUADA NO KM 511/BR 116 NA CIDADE DE UBAPORANGA-MG: ESTUDO DE CASO**. 2016.

MATOS, Barbara Abreu. **Mobilidade Pedonal e o Efeito Barreira das Rodovias Urbanas: as contradições e os conflitos no Anel Rodoviário Celso Mello Azevedo, em Belo Horizonte (MG)**. Dissertação (Doutorado em Geografia) Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

MILLACK, Thaís Schütz *et al.* **Projeto Geométrico de uma Interseção em Desnível**. 2014.

OLIVEIRA, Felipe Ramos de. **Estudo de implementação semaforica em uma interseção de Florianópolis**. 2021.

Pesquisa CNT de rodovias 2017. **relatório gerencial**. CNT / SEST SENAT. Brasília 2017.

PIMENTEL, T. V. C. Belo Horizonte ou o estigma da cidade moderna. *Varia História*, Belo Horizonte, n.18, p.61-66, 1997.

SANTOS, Dimas Crescencio Verissimo. **Análise de desempenho de interseções, estudo de caso: rodovia AL-110 Arapiraca-AL**. 2017.

VIANA, Gustavo Pereira. **Estudo de tráfego: análise de uma interseção situada no KM 85 da BR-356, em Cachoeira do Campo**. 2018.

ESTUDO E PROPOSTA PARA A MOBILIDADE URBANA NAS PRINCIPAIS VIAS DE LAGOA SANTA DURANTE FINAIS DE SEMANA E FERIADOS PROLONGADOS

Emerson Rezende de Oliveira¹

Fabricio Luiz Dias Do Vale²

Fernando Flávio Ferreira³

Gleydson Fernandes Pereira⁴

Lucas Vinícius de Paula Silva⁵

Samuel Teixeira da Silva⁶

Elke Berenice Kölln⁷

RESUMO

O presente artigo apresenta um estudo de caso realizado na disciplina de Projeto Integrador I do Curso de Engenharia Civil da PUC Minas, referente as principais vias de Lagoa Santa, que apresentam um déficit de mobilidade durante os finais de semana e em feriados prolongados. O estudo buscou realizar pesquisas e apresentar soluções referentes ao problema, opções que minimizem tais ocorrências que afetam as populações do município e suas regiões limítrofes. O déficit apresentado pela via é decorrente de grandes fluxos veiculares que advém da região metropolitana de Belo Horizonte e demais cidades circundantes, que se deslocam majoritariamente para pontos turísticos de Minas Gerais, tais como a Serra do Cipó e a cidade de Jaboticatubas.

Palavras-Chave: trânsito; RMBH; estudo de caso; Serra do Cipó; adequação; vias urbanas.

INTRODUÇÃO

Todo e qualquer município contém a suas particularidades, no qual algumas de suas características se distanciam uns dos outros. Entretanto, cada município compartilha situações recorrentes, principalmente quando se trata de mobilidade urbana. Vias de rolamento apresentam de forma constante, problemas em sua infraestrutura, depreciações em seu revestimento, sobrecarga viária devido ao volume intenso de veículos, inexistência de sistema de drenagens, obstruções, dentre várias outras situações que torna a via defasada e obsoleta.

Independentemente da condição econômica, social e cultural das mais de 5570 cidades espalhadas no Brasil, à mobilidade urbana se tornou um desafio para os gestores públicos, assim

¹ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: emerson.oliveira@sga.pucminas.br

² Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: fabricio.dias@sga.pucminas.br

³ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: fernando.ferreira@sga.pucminas.br

⁴ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: gleydson.fernandes@sga.pucminas.br

⁵ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: lvpsilva@sga.pucminas.br

⁶ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: samuel.silva.1276828@sga.pucminas.br

⁷ Mestre em Arquitetura e Urbanismo. Professora Orientadora do Projeto Integrador I do Curso de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: elkekolln@pucminas.br

como a busca por soluções viáveis para mitigação das diversas problemáticas que torna a via ineficiente.

Apesar da abordagem recorrente, o tema referente à mobilidade urbana ainda é pouco explorado e obsoleto de informações, tornando o servidor público refém de desinformações e tratando tais ocorrências com descaso e convivendo com a problemática por diversos anos até realizar um plano de ação efetivo. A mobilidade urbana é uma problemática que envolve diversos fatores, tornando-a um desafio complexo de se solucionar.

Diante da relevância de tal problemática que acomete inúmeros centros urbanos brasileiros, o presente trabalho estuda a viabilidade de tráfego viário das principais vias de Lagoa Santa, que apresentam uma defasagem quanto a sua mobilidade que se torna ainda mais reduzida durante períodos de feriados prolongados e finais de semana, afetando o tráfego da população do município.

A defasagem das vias Av. Acadêmico Nilo Figueiredo, Av. João Daher e Av. Pinto Alves já é uma situação recorrente, e é datada desde 2012, isto pois há matérias publicadas através do próprio site do município de Lagoa Santa que relatam os determinados problemas. A mesma matéria com o título “Caus tráfego dia de feriados 02 de nov de 2012” cita que a cidade de Lagoa Santa já não suporta mais o intenso fluxo de veículos que vão em direção a Serra do Cipó. Através da mesma matéria, é reportado que o tempo de tráfego para cruzar tais vias ultrapassava 30 minutos.

Onze anos após a publicação da matéria, o trecho viário permanece obsoleto e ainda apresenta as defasagens anteriormente relatadas. Com um aumento populacional de aproximadamente 43% desde o último censo realizado em 2010, a mobilidade urbana nas vias de Lagoa Santa ainda enfrenta problemas, e não apresenta quaisquer perspectivas de melhoras.

Diante deste cenário de falta de análises mais aprofundadas e propostas de solução, esse presente estudo busca contribuir para análise do problema, que possam de alguma forma auxiliar em novas alternativas para o município.

METODOLOGIA

Para desenvolvimento da presente pesquisa, foi-se realizado levantamento de dados em campo para obtenção de informações, utilização de softwares para traçar possíveis soluções

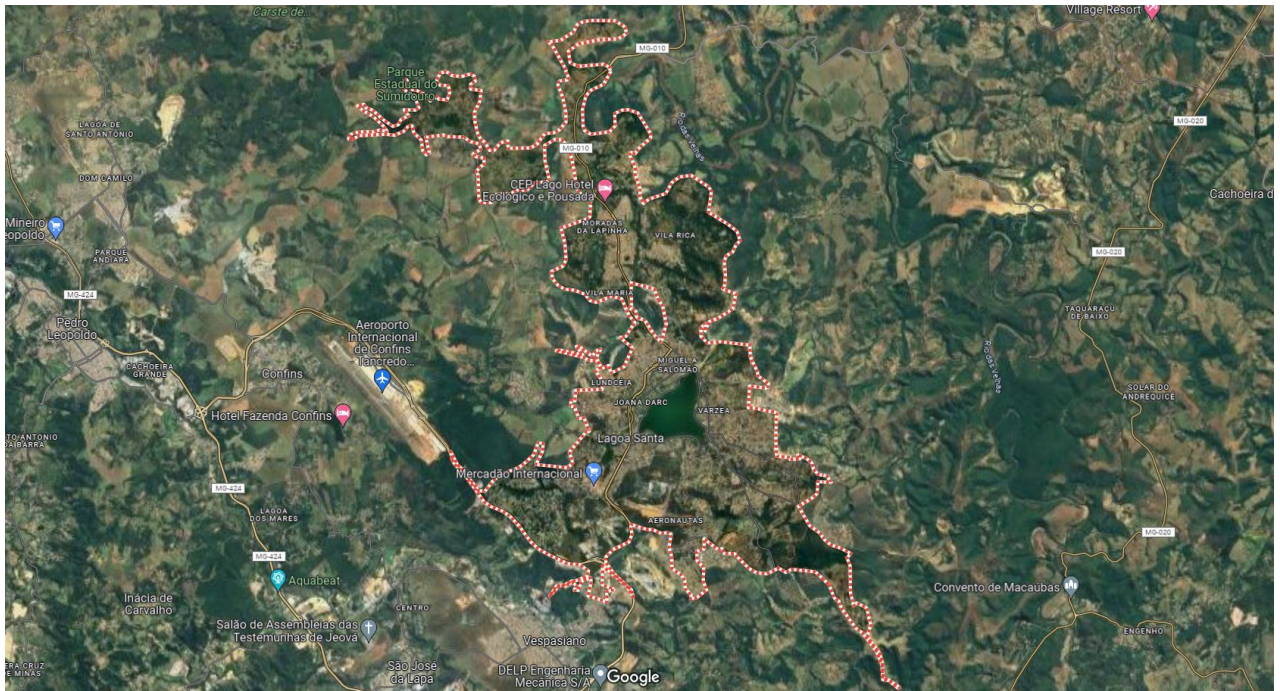
para o estudo de caso, pesquisas de informações através de fontes públicas, setores responsáveis pela via e a região em seu entorno, fontes jornalísticas e reportagens. Dentre as principais ações, estão inclusos:

- Contagens globais: Registro do número de veículos que circulam em um determinado trecho de via, através do método de contagem manual regidas pelo “Manual de Estudo de Tráfego” do DNIT (2006);
- Cálculos empíricos: A partir de dados disponibilizados pelos órgãos governamentais e obtidos em campo, realizar estimativas da via ideal para o tráfego em questão, calculando tais grandezas através de fórmulas grandezas redigidas pelo DNIT (2006);
- Filmagens: Utilização de materiais gráficos para representação da situação atual, servindo como fator comparativo para os dados obtidos e calculados para a via ideal de tráfego;
- Execução de projetos em softwares: Com os dados calculados e obtidos, realizar análises e executar projetos como solução para a problemática;
- Levantamento de dados: Realizar pesquisas e obter informações que possam contribuir para o estudo da problemática em questão, utilizando fontes próximas ao problema e canais jornalísticos de confiança.

ESTUDO DE CASO

A cidade de Lagoa Santa é uma das cidades que compõe o RMBH, e está localizada a 35 km de Belo Horizonte. O município encontra-se a 800 metros de altitude, possuindo uma área de 229,4 km² de área, conforme pode ser visualizado na Figura 01.

Figura 01: Delimitação da área de Lagoa Santa

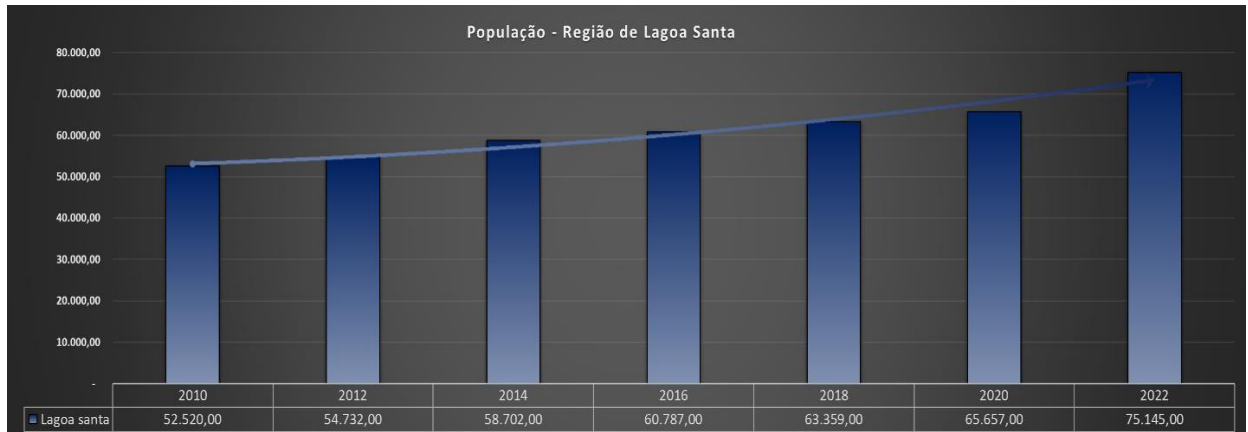


Fonte: (Retirado do Google Maps, 2023)

O solo da região é calcário situação na Bacia Média do Rio das Velhas. A região é formada por planaltos com relevos poucos acentuados, clima tropical e temperatura média anual de 22°C. Lagoa Santa chama atenção por se situar em uma região de relevo cárstico, apresentando notório patrimônio natural, arqueológico, paleontológico, espeleológico, histórico e cultural.

Por ter uma boa localização em relação a grande metrópole de Minas Gerais, a cidade proporciona uma excelente qualidade de vida. A tranquilidade da cidade fez com que, nos últimos anos, houvesse um aumento significativo na população local, supervalorizando a área. Do censo de 2010, para o realizado em 2023 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), houve um aumento de 43% no número de habitantes, chegando em um valor final de, aproximadamente, 75 mil habitantes.

Figura 02: Crescimento populacional de Lagoa Santa



Fonte: (IBGE, 2010 - 2022)

Lagoa Santa está localizada à 60 km de uma das principais atrações turísticas naturais do Brasil: a Serra do Cipó. O local é situado na região sul da Serra do Espinhaço, no qual possui inúmeras cachoeiras, trilhas, riachos etc. A região é muito frequentada por turistas do mundo inteiro, havendo nos finais de semana um aumento significativo para a localidade, tendo em vista que diversos moradores de Belo Horizonte e cidades da RMBH, se deslocam rumo a Serra do Cipó e cidades limítrofes para desfrutar das belezas naturais presente no local. A principal via de acesso para a Serra do Cipó e cidades limítrofes é através da via estadual MG-10, gerando intenso tráfego viário durante tais períodos. Ressalta-se que, atualmente, Lagoa Santa é a única cidade da região metropolitana onde a rodovia estadual MG-10, tem seu trecho cortando a região urbanizada.

A Serra do Cipó contém uma grande procura por turistas e por estar localizado bem próximo da capital mineira, nos finais de semanas e feriados prolongados, inúmeras pessoas se deslocam da grande metrópole rumo a região. Segundo o colunista Muzzi (2015), através do jornal O Tempo, o fluxo de visitantes em fins de semana em alta temporada chega a 20 mil pessoas.

Baseado em aplicativos de navegação, observa-se que dentre os caminhos apresentados pelos softwares, o mais viável é passando por dentro da cidade de Lagoa Santa. Este caminho inicia-se na MG-010 (Linha Verde), a qual é uma via asfaltada com pista duplicada, com duas ou três faixas a depender do trecho analisado, contendo uma velocidade máxima de 110 km/h.

Ao adentrar na cidade de Lagoa Santa é percorrido as vias Av. Nilo Figueiredo, Av. João Daher e Av. Pinto Alves, que contêm em sua extensão a presença de semáforos, diversos

quebra-molas e velocidade máxima permitida de 40 km/h. O deslocamento continua por outra parte da rodovia MG-010. Tais vias podem ser visualizadas na Figura 03 a seguir:

Figura 03: Visão geral das vias que apresentam congestionamento



Fonte: (Adaptado do Google Maps, 2023)

No trajeto urbano de Lagoa Santa nos feriados prolongados, os motoristas enfrentam grandes congestionamentos, pois além do próprio trânsito local, as vias da cidade recebem veículos de toda RMBH. Em matéria publicada no próprio site da prefeitura de Lagoa Santa em 2012, durante o feriado da Independência do Brasil do mesmo ano, o fluxo analisado era de 1200 veículos por hora nos horários de intensa movimentação. Estima-se no mesmo período a transição de 12 mil veículos, sendo que 50% iriam em direção ao Campinho, Lapinha e Serra do Cipó.

Inicialmente as duas primeiras avenidas citadas, são duplicadas com pistas de rolamento dupla, já o último trecho urbano é uma avenida mão dupla com pista simples. Praticamente todo esse trecho contém em suas margens comércios locais, o que contribuem ainda mais para o problema, pois alguns motoristas estacionam veículos em locais proibidos, ação esta que dificulta e retarda mais a mobilidade naquele local. Além disso, o entorno do comércio é marcado por deslocamento de pessoas que cruzam as avenidas fora dos locais adequados, o que reduz ainda mais a velocidade da via, e dos veículos que a percorrem.

Tais avenidas são vias que obtiveram ao longo dos anos a implementação de melhorias, porém não foram suficientes para o aumento da mobilidade urbana. Pode-se observar ainda na figura 03, que o trecho total de congestionamento em dias de feriados e finais de semana é por, aproximadamente, 15 km, sendo que na avenida sublinhada de vermelho a situação é mais crítica, já que é pista única mão dupla.

PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Através das análises realizadas em grupo, foi-se levantado diversas hipóteses quanto a solução a ser adotada para o presente problema. Para a definição de cada solução, foi-se pensado em sua viabilidade e possibilidade de implementação.

Ao longo do estudo tornou-se mais nítido que a ineficiência da via está atrelado a diversos fatores ao longo de seu percurso, corroborando para o intenso engarrafamento na via principal de Lagoa Santa. Dentre estas está a própria via de pista única e mão dupla, excesso de cruzamentos e acesso a vias locais, sinalizações recorrentes, dentre outros.

A partir da realização de estudos em busca de alternativas para minimizar os impactos do grande fluxo de veículos que passam pela cidade de Lagoa Santa nos finais de semana e feriados prolongados, foi-se levantado algumas possíveis soluções, sendo duas delas as principais a serem adotadas e estudadas no presente estudo, sendo elas:

- **Viaduto no cruzamento do posto Boca do Rancho:**

Durante o estudo do problema relatado, foi observado que um dos principais gargalos do fluxo de veículos nos finais de semana e feriados prolongados que passam pelas principais vias de acesso em direção à Serra do Cipó na cidade de Lagoa Santa, é o cruzamento com semáforo da Av. Acadêmico Nilo Figueiredo com a Rua José Avelino próximo ao posto de combustível Boca de Rancho, conforme Figura 04.

Foi-se constatado in loco que nos dias de grande movimento de veículos, tal cruzamento, por ter um semáforo que dá acesso para várias partes da cidade de Lagoa Santa, ocasiona um enorme engarrafamento na Av. Acadêmico Nilo Figueiredo. Na figura 05 abaixo, obtida no feriado de 12 de outubro de 2023, pode ser observado que há veículos parados próximos a Vila Militar da Aeronáutica, ou seja, há 1 km de distância.

Figura 04: Cruzamento em estudo



Fonte: (Adaptado do Google Maps, 2023)

Figura 05: Engarrafamento próximo a área de estudo



Fonte: (Acervo dos Autores, 2023)

A solução proposta para esse ponto é a construção de um viaduto, onde a Av. Acadêmico Nilo Figueiredo passaria por cima desse cruzamento sem qualquer sinalização de parada. Haveria ainda um acesso nas suas laterais, para acesso a uma rotatória que interligaria os bairros. Com isso, o semáforo do cruzamento seria desativado definitivamente, e o público cujo foco seja o tráfego a Serra do Cipó poderia passar tranquilamente pelo viaduto a ser construído. A figura 06 ilustra o viaduto realizado no *Software Infracore*.

Figura 06: Projeto do viaduto executado no Infracworks



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

- **Continuidade de rota pré-existente:**

Outro ponto de gargalo desse problema é na Av. Pinto Alves, onde a via é de faixa única com mão dupla, e com vários redutores de velocidade. Também no dia 12 de outubro de 2023 foram observados *in loco* um enorme engarrafamento nessa Avenida no sentido Serra do Cipó no período da manhã. A Figura 07 evidencia o relatado.

Figura 07: Engarrafamento na Av. Pinto Alves

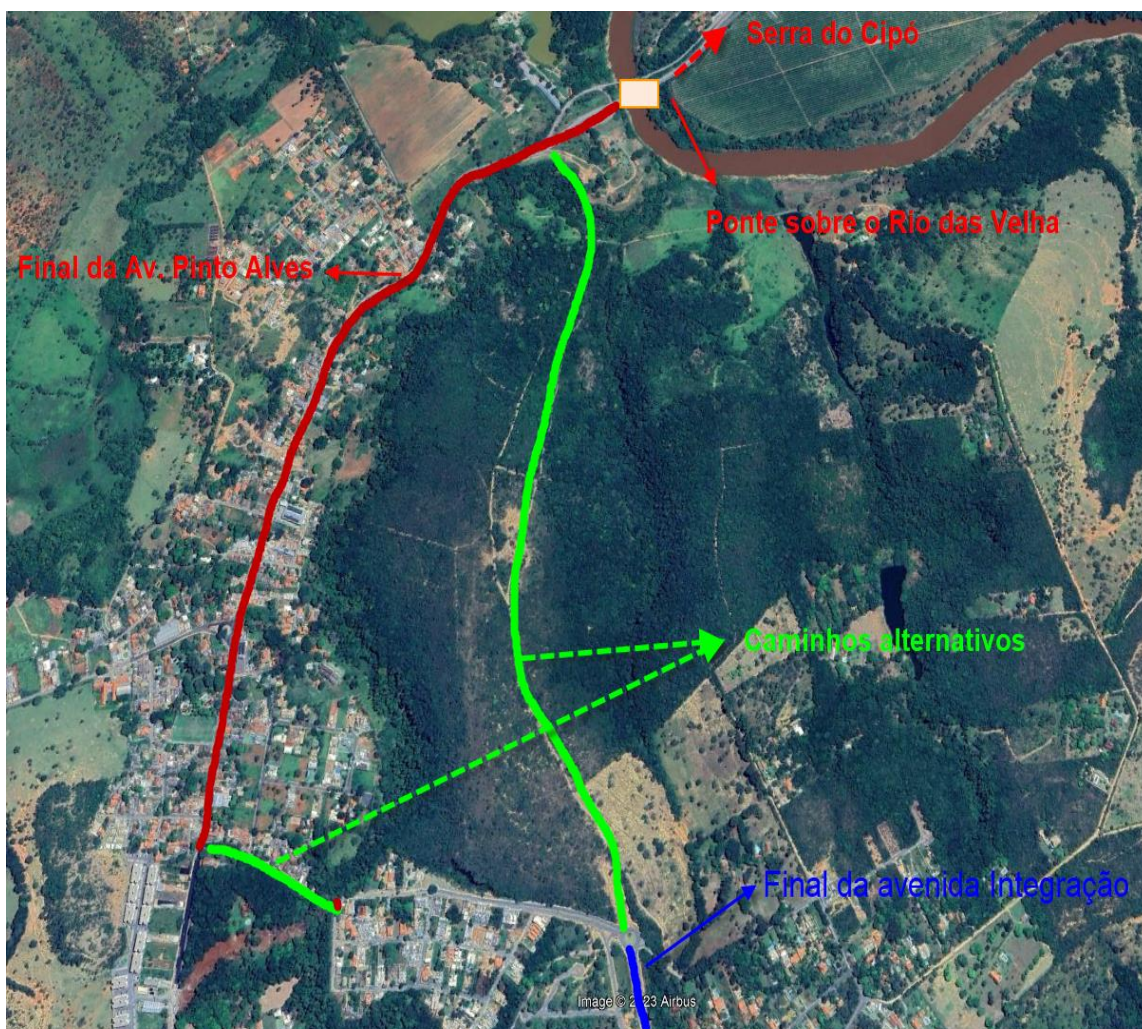


Fonte: (Acervo dos Autores, 2023)

A Avenida Pinto Alves é um local com grandes centros comerciais e conseqüentemente um enorme movimento de moradores locais. Com a adição do fluxo advindo de Belo Horizonte e outras cidades, o trânsito local torna-se cada vez mais caótico e inepto.

Uma rota alternativa para esses veículos que vem de fora de Lagoa Santa é trafegar pela Avenida Integração. A referida via é pista dupla com canteiro central, com possibilidade de expansão, entretanto sugere-se realizar a conexão com o final da Avenida Pinto Alves, pouco antes da ponte Rio das Velhas, tendo em vista que ela é interrompida a uma distância vetorial aproximadamente 1,66 km da ponte sob o Rio das Velhas. Na figura 08 é possível observar a continuidade da via sugerida pelo presente estudo, no qual percorre paralelamente a Avenida Pinto Alves.

Figura 08: Caminhos alternativos estudados para implementação



Fonte: (Adaptado do Google Maps, 2023)

Na Figura 09, a seguir, é possível visualizar o projeto de continuação da via, dos caminhos alternativos aqui apresentados. Assim como o viaduto, o projeto da via foi executado através do *Software Infracore*.

Figura 09: Continuidade da Avenida Integração



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

CONCLUSÕES

Baseado no estudo de caso, observa-se que existem alternativas para solucionar esse problema apresentado na cidade de Lagoa Santa, problema este que está em evidência há anos, já que as principais vias de acesso à Serra do Cipó sofreram poucos ou quase nenhuma melhoria. Com isso, conclui-se que o problema de mobilidade urbana à anos apresentado na Av. Nilo Figueiredo, Av. João Daher e Av. Pinto Alves, são passíveis de melhorias, sendo as soluções de criação do viaduto e continuidade da Avenida integração, possíveis de implementar com um custo relativamente baixo se comparado a demais soluções.

Salienta-se que, apenas em 2023, a atual gestão da cidade tomou iniciativas para aprimoramento e soluções para o problema das vias relatadas no presente documento. Durante o desenvolvimento deste trabalho, não houve a possibilidade de obter acesso aos dados levantados pela empresa responsável por determinadas análises de defasagem na via. O trabalho acadêmico apresentado propõe algumas soluções, não levando em consideração o embasamento técnicos-profissionais.

Ressalta-se ainda que, os planos de ação aqui estudados não contêm qualquer cálculo prévio de dimensionamento técnico das vias a serem implementadas, bem como o viaduto

adotado como solução para o cruzamento próximo ao posto Boca do Rancho, sendo apenas estudos estimados e baseados a partir de problemas parecidos ao estudado.

Por fim, pontua-se que as soluções aqui apresentadas não resultariam em uma melhoria efetiva da via, tendo em vista que sua defasagem está interligada a diversos fatores ao longo de seus 15 km de extensão, havendo diversos outros problemas que resultam, de alguma forma, no retardamento do fluxo durante o período de análise.

REFERÊNCIAS

DNIT, **Manual de Estudo de Tráfego** – Rio de Janeiro, 2006.

LAGOA SANTA, **Caus trânsito dia de Finados 02 de Nov 2012 – lagoa santa** - Disponível em: <https://www.lagoasanta.com.br/util/congestionamento_07_set.htm> Acesso em: 11 de setembro de 2023.

MUZZI, JHONNY CAZETTA LUIZA, **Serra do Cipó terá mais policiais para atrair turistas** – O Tempo, 2015. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/cidades/serra-do-cipo-tera-mais-policiais-para-atrair-turistas-1.973040>>. Acesso em: 12 de novembro de 2023.

PROJETOS SUSTENTÁVEIS, MYR, **Plano Diretor Municipal de Lagoa Santa** – Lagoa Santa, 2014.

MANUTENÇÃO, DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DE ESTRUTURAS INDUSTRIAIS

Ana Carolina de Oliveira¹

Ana Carolina Gomes dos Santos²

Brenda Eduarda Ribeiro dos Santos³

David Alcântara Lara⁴

Emanuelle Silva Nascimento⁵

Gustavo Lazaro Resende Gabriel⁶

Elke Berenice Kölln⁷

RESUMO

O setor da construção civil desempenha um papel crucial na sociedade e economia, exigindo controle de qualidade e acompanhamentos técnicos para garantir a eficiência e longevidade das estruturas. Contudo, a falta de atenção à qualidade na execução resulta em patologias desafiadoras para os engenheiros. As condições ambientais adversas e falhas de construção aceleram o envelhecimento das estruturas, impactando-as por mecanismos específicos como lixiviação, expansão por sulfato e corrosão. A identificação do ambiente e agressividade ambiental é vital para o projeto adequado, especialmente em ambientes industriais. A adoção do Building Information Modeling (BIM), especialmente na dimensão 7D, permite uma gestão eficiente das estruturas, desde o projeto até a manutenção. Este estudo de caso na Belgo Arames destaca a importância do BIM na prevenção de patologias e falhas, propondo um guia como plano de manutenção. A metodologia incluiu pesquisa bibliográfica, coleta de dados, diagnóstico e modelagem no software Autodesk Revit, e ênfase na análise orçamentária que considera não apenas custos imediatos, mas também impactos econômicos e operacionais.

Palavras-chave: modelagem da informação da construção; ambientes industriais; plano de manutenção; corrosão de estruturas industriais.

INTRODUÇÃO

A construção civil apresenta uma elevada importância para a sociedade e para a economia do país. Dessa forma, é de suma importância que durante todo o processo de execução

¹ Graduanda em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: ana.oliveira.1362597@sga.pucminas.br

² Graduanda em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: ana.santos.1338606@sga.pucminas.br

³ Graduanda em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: brenda.eduarda@sga.pucminas.br

⁴ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: dalara@sga.pucminas.br

⁵ Graduanda em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: emanuelle.nascimento.1246383@sga.pucminas.br

⁶ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: ggabriel@sga.pucminas.br

⁷ Mestre em Arquitetura e Urbanismo. Professora Orientadora de Projeto Integrador I do Curso de Engenharia Civil da PUC Minas. E-mail: elkekolln@pucminas.br

civil, seja implementado controle de qualidade e acompanhamentos técnicos, principalmente voltados para as estruturas, visando garantir o bom funcionamento e vida útil da edificação. No entanto, observa-se, no atual cenário, que existe um déficit na preocupação com a qualidade da execução das construções, uma vez que, por apresentar diversas patologias, as estruturas representam um contínuo desafio para os engenheiros. Logo, a busca por novas alternativas para minimizar esse déficit se faz necessária.

As estruturas inevitavelmente envelhecem devido à exposição a condições ambientais adversas e os problemas patológicos são, portanto, resultados naturais desse processo. Soma-se a isso as falhas de construção, de projeto e manutenções, que, conseqüentemente, aceleram esse processo natural de envelhecimento da estrutura, afetando diretamente o período efetivo no qual uma estrutura ou seus componentes atendem aos requisitos de desempenho do projeto.

Lixiviação, expansão por sulfato, reação álcali-agregado, despassivação por carbonatação e ataque de cloretos, são exemplos de alguns mecanismos que afetam as estruturas, sendo específicos para cada ambiente em que a estrutura está localizada. Portanto, é responsabilidade do projetista identificar o ambiente e a classe de agressividade ambiental para fins de projeto. A agressividade do ambiente refere-se às influências físicas e químicas que afetam as estruturas de concreto, excluindo as forças mecânicas, variações de temperatura, retração hidráulica e outros fatores considerados no dimensionamento das estruturas (Silva, 2019).

É válido ressaltar que em edificações industriais as estruturas estão sujeitas a ambientes mais agressivos, visto que dependendo do tipo de atividade realizada na indústria as estruturas são expostas a ambientes quimicamente agressivos, a elevados esforços de equipamentos, a um intenso tráfego de veículos pesados, dentre outros fatores. Sendo assim torna-se extremamente necessário um controle adequado na fase de projeto, execução e, posteriormente, manutenções preventivas.

No âmbito de projeto, o projetista deve entender e identificar, de acordo com ABNT NBR 6118:2023, a classe de agressividade ambiental, adequando o dimensionamento das estruturas para assim atenderem a agressividade que à mesma estará exposta. Concomitantemente, na etapa executiva, são necessários rígidos controles de qualidade e acompanhamentos diários das execuções dos serviços para assim garantir a qualidade do produto. Por fim, na fase de operação é inevitável que as devidas manutenções sejam realizadas periodicamente, seguindo as recomendações, para que não percam seu desempenho e, conseqüentemente, sua vida útil.

A integração do BIM, especialmente na dimensão 7D - Facility Management (Gestão de Instalações), oferece uma oportunidade crucial na gestão eficiente das estruturas ao longo do tempo. Ao avaliar o desempenho das estruturas, desde o projeto até a manutenção, o BIM 7D proporciona uma visão abrangente que auxilia na tomada de decisões informadas. Especificamente na manutenção de armaduras, o BIM 7D pode monitorar e prever a degradação, por meio da execução de manutenções periódicas, permitindo a implementação de estratégias preventivas antes que problemas mais graves ocorram. Isso resulta na preservação efetiva das estruturas, garantindo sua operação segura e eficiente ao longo do tempo.

A inserção do estudo de caso na Belgo Arames, focado na corrosão em ambiente industrial, destaca a importância da compreensão dos fatores contribuintes para desenvolver estratégias eficazes de combate à corrosão. Demonstra como a falta de manutenção e a negligência na identificação da classe de agressividade ambiental impactam negativamente as estruturas, permitindo a penetração de agentes corrosivos e comprometendo sua resistência. Nesse contexto, este trabalho propõe a incorporação do Building Information Modeling (BIM) no processo de manutenção de estruturas, visando prevenir patologias e falhas em estruturas de concreto armado devido à corrosão. Ademais, o estudo também objetiva a incrementação de um guia de plano de manutenção para as empresas que ainda não incrementaram o BIM em suas atividades e projetos. Por fim, o estudo também visa analisar a viabilidade orçamentaria do projeto, demonstrando os custos advindos da manutenção comparados aos custos de recuperação da estrutura.

METODOLOGIA

O estudo de caso teve início com uma abordagem abrangente, utilizando como método de pesquisa bibliográfica o Estado da Arte. Bases de dados como o Google Acadêmico e a Associação Brasileira de Normas Técnicas foram exploradas, realizando buscas por termos específicos como "Durabilidade e vida útil de concretos", "Corrosão em estruturas de concreto", "Manutenções em estruturas de concreto" e "Bim como instrumento para gestão da manutenção". A análise crítica dessas fontes proporcionou uma base sólida de conhecimento para embasar as decisões do estudo de caso.

Com os conhecimentos consolidados, a coleta de dados relativos à estrutura específica da Belgo Arames que apresentava patologias relacionadas principalmente à corrosão foi realizada. Documentos como projetos originais, relatórios de manutenção e laudos anteriores foram examinados. A análise de documentos técnicos foi conduzida para verificar a conformidade da estrutura com as normativas vigentes na época e compreender o contexto

normativo ao qual a intervenção estaria submetida. Além das análises documentais e normativas, uma visita técnica foi realizada in loco pelo grupo. Essa visita proporcionou uma visão prática e detalhada das condições reais da estrutura afetada, permitindo a observação direta das patologias identificadas na estrutura.

A etapa seguinte envolveu um diagnóstico detalhado, do relatório realizado pelo engenheiro calculista da corporação, que realizou análises e ensaios específicos, como testes de resistência e análises químicas, para entender a extensão e as causas raízes das patologias identificadas. Com base nesse diagnóstico, foi proposto pelo mesmo um plano de reestruturação, incluindo a especificação de materiais resistentes à corrosão e técnicas de aplicação.

A incorporação do BIM 7D desempenhou um papel fundamental na proposta de manutenção após a reestruturação. Inicialmente, a estrutura foi minuciosamente mapeada no software Autodesk Revit, proporcionando uma representação detalhada de sua modelagem tanto em aspectos estruturais quanto arquitetônicos, dentro da dimensão 3D. Vale ressaltar que, devido à natureza de uma construção antiga, todos os projetos disponibilizados pela empresa estavam, inicialmente, em formato 2D. Esse processo de transição para a modelagem em 3D foi crucial para alcançar uma compreensão mais completa e tridimensional da estrutura.

Na etapa seguinte, a dimensão 7D do BIM foi implementada para incorporar dados relacionados à estrutura. Essa dimensão adicional permitiu a inclusão de informações pertinentes à gestão ao longo do tempo, focando especialmente em estratégias de manutenção preventiva após a reestruturação da estrutura. A fim de obter uma visão holística e preditiva da estrutura, antecipando-se a potenciais problemas antes que atinjam novamente um estágio crítico.

Simultaneamente, foi desenvolvido um guia de plano de manutenção, destinado especialmente a empresas que ainda não adotaram o BIM em suas práticas. Esse guia abordou passo a passo a implementação da manutenção no contexto da gestão de estruturas, proporcionando orientações claras sobre como registrar informações e programar manutenções. Além de detalhar conceitualmente os diferentes tipos de manutenções especificadas na literatura especializada, destacando a importância de cada uma.

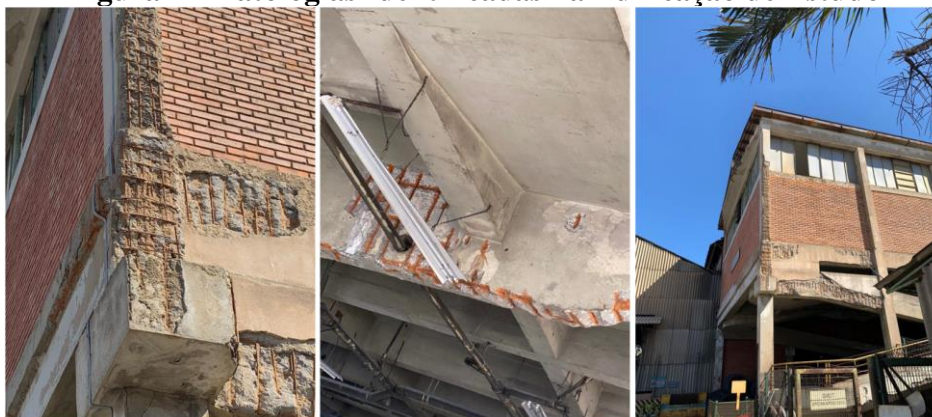
A análise de viabilidade orçamentária foi conduzida, estimando os custos para a reestruturação da estrutura e os custos advindos das manutenções que deveriam ter sido executadas ao longo dos 26 anos de ocupação da estrutura pela Belgo Arames. Para a reestruturação, foram considerados os custos associados à substituição de materiais degradados, aplicação de técnicas de prevenção da corrosão e demais intervenções necessárias para

restabelecer a integridade da estrutura. A avaliação dos custos advindos das manutenções ao longo dos 26 anos foi uma abordagem retrospectiva, buscando estimar as despesas que deveriam ter sido alocadas para preservar a estrutura ao longo do tempo. Essa análise considerou os diversos tipos de manutenção preventiva e corretiva que deveriam ter sido realizados para evitar a degradação progressiva da edificação. Incluíram-se nessa avaliação os custos associados à inspeção periódica, substituição de componentes desgastados, aplicação de revestimentos protetores e outras práticas de preservação.

ESTUDO DE CASO

A estrutura estudada neste artigo fica situada no interior da Belgo Arames e foi projetada na década de 60. Se encontra ao lado de uma trefilaria industrial que utiliza ácido clorídrico (HCl) em seu processo de fabricação. Inicialmente, a edificação estava em boas condições, mas ao longo dos anos de exposição, falta de manutenção adequada e execução de manutenções que foram interrompidas antes da sua finalização levaram a estrutura a um estado intenso de deterioração. A Figura 1 demonstra as patologias que foram identificadas na fachada sul e leste da edificação, áreas mais expostas a agressividade atmosférica:

Figura 1 – Patologias Identificadas na Edificação de Estudo



Fonte: (Acervo dos Autores, 2023)

Problemas e principais causas

Segundo exposto no relatório de recuperação estrutural para ataque ácido e corrosão de armaduras (Bastos, 2023), fornecido pela empresa, as principais causas do estado atual da estrutura foram:

Cobrimento nominal insuficiente

A estrutura possui um cobrimento de 1,5cm que é inferior ao mínimo recomendado pelas normas atuais que é de 4cm para o tipo de ambiente em questão. No entanto, não é

indicado falha de projeto, visto que a edificação é datada da década de 60 e na época, as normas de cobertura mínimo para áreas de alta agressividade não eram destacadas a época.

Manutenções não realizadas e/ou interrompidas sem finalização

Identificou-se que boa parte da estrutura recebeu parte de um tratamento contra efeitos da corrosão no passado, mas que tal tratamento foi interrompido e não finalizado, deixando as armações expostas ao ambiente agressivo.

Ambiente Agressivo

A agressividade do ambiente refere-se às influências físicas e químicas que afetam as estruturas de concreto, excluindo as forças mecânicas, variações de temperatura, retração hidráulica e outros fatores considerados no dimensionamento das estruturas, esse ambiente propiciou uma deterioração acelerada da estrutura.

Mecanismo da corrosão nas estruturas

A corrosão pode ser definida como uma interação destrutiva do objeto ou material com o ambiente. Ela pode ocorrer por ação física, química, eletroquímica ou até mesmo a combinação destas.

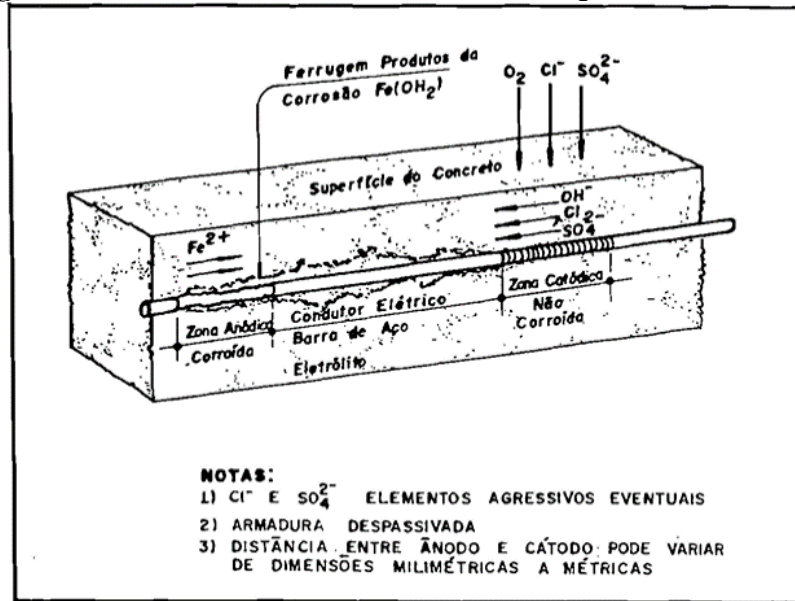
A corrosão eletroquímica ocorre como resultado da formação de pilhas os quais devido a presença de umidade os íons livres propiciam com que a superfície das barras ou concreto funcionem como eletrólitos e por esse motivo podem vir a corroer. A corrosão das armaduras de aço em presença de umidade ou temperatura ambiente pode ser considerado sempre um processo do tipo corrosão eletroquímica. (Helene, 1986)

Na oxidação direta os átomos do aço reagem diretamente com o oxigênio. Este tipo de corrosão é muito lento à temperatura ambiente podendo ser significativa somente em altas temperaturas (Helene, 1986). Dessa forma, tudo indica a ocorrência de corrosão eletroquímica, devido ao ambiente agressivo que potencializa o contato da estrutura com agentes químicos agressivos.

Corrosão por agentes químicos agressivos

Os processos corrosivos que são desencadeados por agentes agressivos, em sua maior parte, possuem um ciclo contínuo da reação sem o consumo do ânion, que é o eletrodo onde ocorre a oxidação. Esse fenômeno se manifesta na reação entre o íon sulfato (SO_4^-) e o íon cloreto (Cl^-) com as armações como mostrado na Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Pilha ou célula de corrosão eletroquímica no concreto



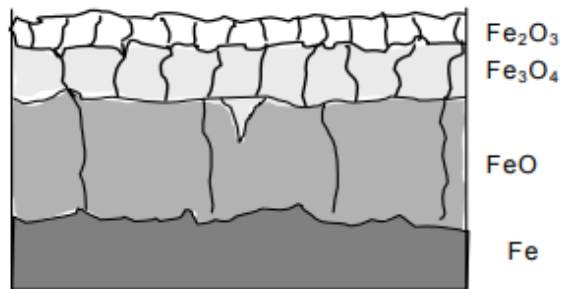
Fonte: (Helene, 1986)

O ácido sulfúrico (H_2SO_4), responsável pelos íons sulfato (SO_4^-), age sobre o concreto desintegrando a capacidade ligante da pasta, enquanto o ácido clorídrico (HCl), sendo responsável pelos íons cloreto (Cl^-), inicialmente não é consumido no processo corrosivo e age como catalisador da corrosão, e pode também despassivar o aço. Ambos os agentes químicos então presentes no ambiente da edificação devido ao processo industrial que ocorre na área próxima.

Fissuras

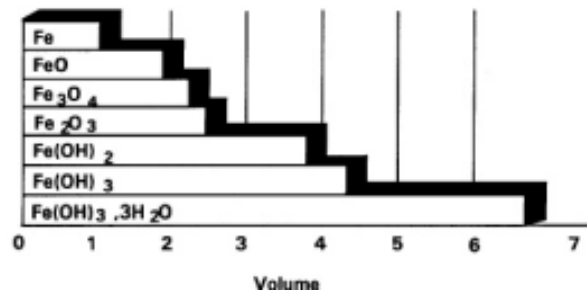
Segundo Helene (1986), o processo de corrosão tem como resultado a formação de óxidos/hidróxidos de ferro, o tipo de produto obtido dependerá do acesso a oxigênio durante a reação de oxidação. Esses compostos por sua vez, podem aumentar seu volume em até 6 vezes em comparação com o volume do Ferro em sua forma primária. Devido a esse aumento de volume ocorre um aumento das tensões internas no concreto, que pode vir a fissurar e em níveis mais intensos pode até lascas, expondo ainda mais a armadura ao ambiente.

Figura 3 – Esquema representativo das camadas de óxidos de ferro conforme grau de oxigenação.



Fonte: (Silva, 1981)

Figura 4 – Escala volumétrica do ferro e óxidos



Fonte: (Cánovas, 1988)

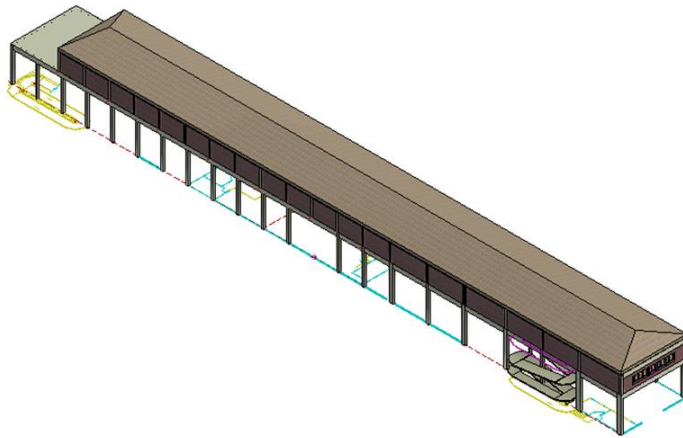
PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Métodos e Práticas de Modelagem Utilizados no Software Autodesk Revit®

Modelagem Arquitetônica

A elaboração do modelo arquitetônico para o vestiário principal teve como referência o projeto arquitetônico no formato DWG, fornecido pela Belgo Arames e disponibilizado por meio do software AutoCAD. Esse procedimento de modelagem envolveu a criação de elementos como paredes, pisos, esquadrias e cobertura. A Figura 5 representa visualmente o modelo arquitetônico tridimensional da edificação.

Figura 5 – Vista 3D do Modelo Arquitetônico.

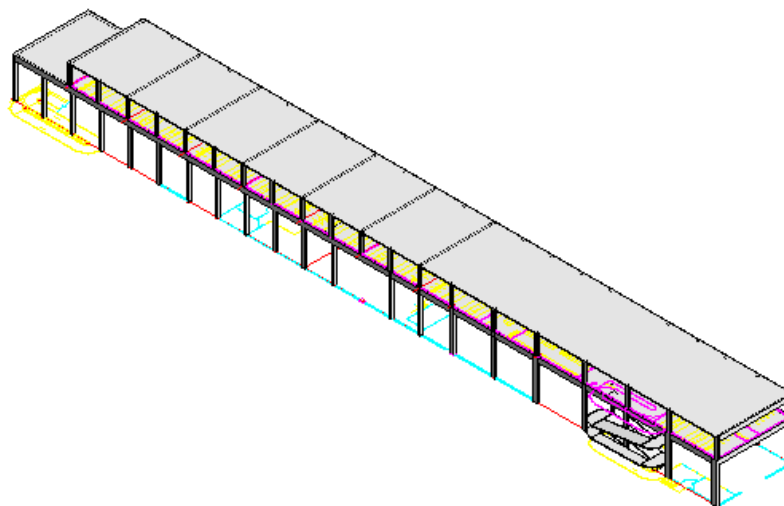


Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Modelagem Estrutural

O modelo estrutural foi desenvolvido a partir do modelo arquitetônico, utilizando como referência os projetos complementares originais, disponibilizados pela Belgo Arames, em formato DWG. Arquivos independentes no Revit foram criados, conforme indicado na Figura 6, para o modelo estrutural, estabelecendo vínculos conectados ao projeto arquitetônico.

Figura 6 – Vista 3D do Modelo Estrutural



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Proposta do Método de Utilização do BIM 7D na Gestão de Manutenção

O software escolhido para fazer a integração da modelagem em 3D ao BIM (Building Information Modeling) foi o Bexel Manager, que é um software avançado de gestão de dados

e facilities que desempenha um papel crucial na implementação da metodologia BIM 7D. O Software oferece uma série de funcionalidades projetadas para otimizar o gerenciamento de informações ao longo do ciclo de vida de uma edificação, desde a concepção até a operação.

Em sua essência, o Bexel Manager atua como um repositório centralizado de dados, integrando informações de diferentes disciplinas e fases do projeto em um modelo digital tridimensional. A sua principal funcionalidade, como gestor de dados, é facilitar a coleta, organização e análise de informações relacionadas ao projeto. Ele abrange desde as especificações do projeto até detalhes mais granulares, como a escolha de materiais e as condições operacionais dos sistemas integrados. Isso resulta em um modelo BIM abrangente, representando não apenas a geometria do edifício, mas também seus atributos e relações.

Em síntese, o Bexel Manager atua como uma ferramenta eficaz na gestão de facilities. Ele permite a criação de uma base de dados rica em informações sobre os ativos do edifício, facilitando a manutenção, a tomada de decisões informadas e a otimização do desempenho operacional a longo prazo. Outra característica notável é sua capacidade de simulação e análise. Os usuários podem realizar simulações de desempenho, prever o comportamento do edifício em diferentes condições e avaliar o impacto de possíveis alterações no projeto. Isso contribui significativamente para a tomada de decisões mais informadas e eficazes ao longo do ciclo de vida do edifício.

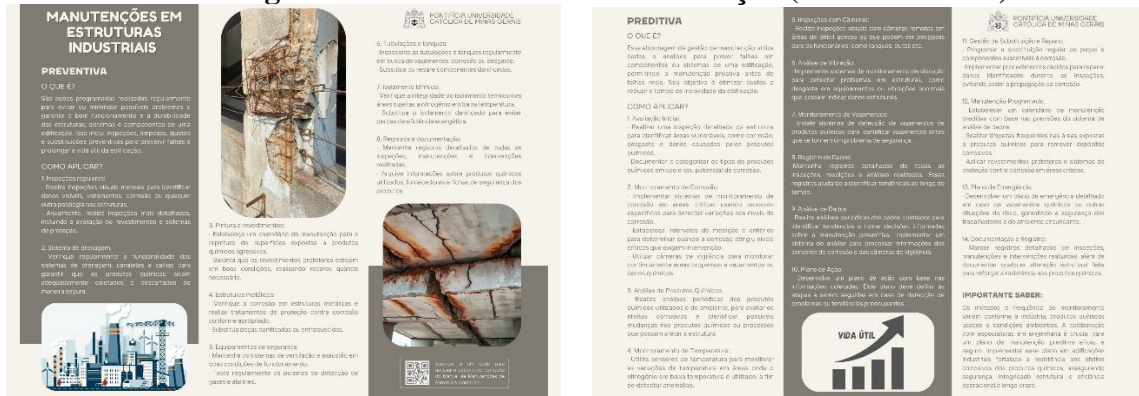
Guia de Manutenção

Conforme indicado na Figura 7, foi criado um folder, abrangente de plano de manutenção utilizando a plataforma Canva, destinado especialmente a empresas que ainda não incorporaram o Building Information Modeling (BIM) em suas práticas. Este guia oferece um passo a passo detalhado para a implementação eficiente da gestão de manutenção, fornecendo orientações claras sobre o registro de informações e o agendamento de atividades de manutenção. Além disso, o documento conceitualiza de forma minuciosa os diferentes tipos de manutenções conforme descritos na literatura especializada, destacando a relevância estratégica de cada abordagem.

Para ampliar ainda mais o acesso a informações detalhadas, foi disponibilizado um QR Code que direciona os interessados para um arquivo em PDF contendo informações mais abrangentes e detalhadas sobre o plano de manutenção, além de listas de Checklist para auxiliar os interessados na execução das manutenções. Essa abordagem visa proporcionar aos usuários uma fonte mais completa de conhecimento, possibilitando uma compreensão mais aprofundada

e prática da implementação do plano de manutenção. O Folder, desenvolvido na plataforma Canva, aliado à disponibilidade do arquivo Guia de Manutenção em PDF, busca oferecer uma ferramenta acessível e informativa para empresas que buscam aprimorar suas práticas de manutenção e gestão de estruturas.

Figura 7 – Folder Plano de Manutenção (Frente e Verso)



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Orçamento: Manutenção x Recuperação em Estrutura Danificada

Com o intuito de realizar uma análise financeira específica para determinar a solução mais vantajosa diante da situação em questão, procedeu-se com a elaboração de um orçamento abrangente para a Manutenção e Recuperação da estrutura danificada. É importante ressaltar que essa análise foi direcionada a uma parte específica e mais danificada da edificação, e não considerou a totalidade da estrutura, visto que os valores obtidos poderiam apresentar significativas variações. Esse processo incluiu a identificação dos serviços necessários, a quantificação correspondente e a seleção dos produtos mais adequados para a execução dos trabalhos nesta área específica. Posteriormente, conduziu-se uma pesquisa detalhada sobre as composições de preços unitários (CPU's) disponíveis no mercado, sendo efetuados ajustes e adaptações para satisfazer plenamente as exigências dos serviços comparados. Por meio desse estudo, alcançou-se um valor orçamentário para ambas as soluções, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparativo Orçamento

Descrição	Valor Total
Manutenção da Estrutura	R\$ 61.454,14
Recuperação da Estrutura	R\$ 48.113,47
Diferença	R\$ 13.340,67

Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Com base nos resultados obtidos, observa-se que, ao longo dos 26 anos de ocupação da estrutura pela Belgo, os custos associados à manutenção tornaram-se mais elevados em comparação com a alternativa de realizar uma recuperação para restaurar a condição atual da estrutura. A diferença entre essas opções é de R\$ 13.340,67. Entretanto, apesar da recuperação ser financeiramente mais vantajosa, é crucial considerar os riscos associados à estrutura danificada, os quais poderiam resultar em prejuízos substancialmente superior para a Belgo. Nesse contexto, a decisão entre manutenção e recuperação deve levar em conta não apenas os custos imediatos, mas também os potenciais impactos econômicos e operacionais decorrentes dos riscos envolvidos.

CONCLUSÕES

Em síntese, a análise dos custos ao longo dos 26 anos de ocupação da estrutura pela Belgo Arames revelou um aumento significativo nos custos associados à manutenção, tornando-se superiores à opção de recuperação para restaurar a condição atual da estrutura. Apesar da recuperação ser financeiramente mais vantajosa, ressalta-se a importância de ponderar sobre os riscos inerentes à estrutura danificada, que poderiam resultar em prejuízos substancialmente mais elevados para a Belgo. Assim, a decisão entre manutenção e recuperação deve considerar não apenas os custos imediatos, mas também os potenciais impactos econômicos e operacionais decorrentes dos riscos envolvidos, destacando a relevância de uma abordagem integrada e informada, utilizando o BIM como uma ferramenta valiosa na tomada de decisões que impactam a gestão e a sustentabilidade de edificações ao longo do tempo.

Adicionalmente, o estudo ressalta que o método proposto comprova a aplicabilidade do Building Information Modeling (BIM) na Gestão da Manutenção de edificações. A utilização do software Bexel Manager possibilita não apenas a integração dos modelos virtuais 3D, mas também a incorporação de outros tipos de informações da edificação, permitindo a adição de dados e referências técnicas relacionadas ao diagnóstico e recuperação de elementos construtivos. Esse enfoque integrado e tecnologicamente avançado oferece uma visão abrangente e dinâmica, contribuindo para uma gestão mais eficiente e informada das edificações ao longo de seu ciclo de vida.

REFERÊNCIAS

ANGELO, A.M.V. **Análise Das Patologias Das Estruturas Em Concreto Armado Do Estádio Magalhães Pinto - Mineirão**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. 439p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estrutura de Concreto – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2023.

BASTOS, Lucas Santana Rezende. **BELGO ARAMES. Relatório de recuperação estrutural para ataque ácido e corrosão de armaduras**. 2023. 33p.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: PINI, 1988. 522p.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: IPT, PINI, 1986. 46 p.

SILVA, Paulo Furtado da. **Introdução à corrosão e proteção das superfícies metálicas**. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, 1981.

SILVA, M.O.; BARROS, M.A. da S.; GUIMARÃES, C.C. **Durabilidade e Manutenção em Estruturas de Concreto**. Faculdade de Tecnologia e Ciências – FTC, 2019.

UM ESTUDO PARA A VIABILIDADE DE UM HOTEL LOCALIZADO NA REGIÃO DO BARREIRO EM BELO HORIZONTE - MG

Dierlei Oliveira Alves¹

Erica Mirian Alves Duarte dos Santos²

Marcus Vinicius Teixeira Barbosa³

Rafael Henrique Andrade⁴

Rayssa Monique Martins Gama⁵

Maria Aparecida Fernandes Almeida⁶

RESUMO

O estudo buscou viabilizar a construção de um hotel na região do Barreiro, Belo Horizonte, MG, analisando demandas e terrenos. A região operária carece de acomodações curtas para profissionais em viagens. O projeto envolveu estudos urbanísticos, modelagem arquitetônica, custos e retorno financeiro. Dois terrenos foram selecionados e detalhadamente avaliados. A modelagem paramétrica do hotel foi feita com o software Revit, seguida de renderização com o Lumion para visualização realista. A estimativa de custos alcançou R\$3.097.000, e a análise financeira prevê retorno em 4 anos e 2 meses. O estudo evidenciou a viabilidade do empreendimento, considerando a necessidade e potencial lucrativo na região.

Palavras-chave: hotelaria; modelagem arquitetônica; análise financeira; investimento hoteleiro.

INTRODUÇÃO

O presente projeto teve como objetivo realizar um estudo de viabilidade para a construção de um hotel na região do Barreiro em Belo Horizonte – MG.

Para apresentar a justificativa para a construção do empreendimento, iniciou-se um estudo da regional Barreiro, e constatou que a região é considerada, predominantemente, operária, e o que contribui para isso é o fato de possuir em suas delimitações territoriais a multinacional de origem francesa, Vallourec. Outros fatores que também contribuem para esta constatação são: as proximidades com o Distrito Industrial do Jatobá e a Cidade Industrial em Contagem, mas também as novas áreas industriais do bairro Olhos D'água.

¹ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: dierlei.eng@gmail.com

² Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: erica.santos@sga.pucminas.br

³ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: marcusbba5@gmail.com

⁴ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: fael3385@gmail.com

⁵ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: rayssammgama@gmail.com

⁶ Professora Dra. Orientadora de Projeto Integrador II. PUC Minas. E-mail: mafa@pucminas.br

Além disso, também houve uma análise minuciosa da rede hoteleira na região circundante, e foi constatado que as opções atualmente disponíveis são insuficientes para atender à crescente demanda local. A maioria dessas opções não consegue suprir as necessidades de estadias curtas, que são predominantemente solicitadas por profissionais em viagens de curta estadia para trabalho.

Dessa forma, o objetivo central deste estudo foi apresentar uma proposta para a construção de um hotel de três estrelas, direcionado especificamente ao público que viaja a trabalho.

Realizou-se um estudo abrangente, que incluiu entrevistas com o público local e uma coleta de dados ao longo do processo, com o objetivo de avaliar o nicho de mercado na região e as demandas turísticas. O objetivo desse estudo é determinar se haverá retorno financeiro para o empreendimento.

Após a conclusão da fase do estudo preliminar, iniciou-se a seleção do terreno e da localização ideais. A prioridade é garantir o máximo conforto para os hóspedes, com fácil acesso aos pontos de trânsito e transporte público, garantindo também a segurança, a disponibilidade de uma ampla gama de opções de comércio e serviços, uma infraestrutura de qualidade e uma prosperidade promissora com grande potencial de valorização.

Com o terreno escolhido, foi realizado a modelagem paramétrica utilizando ferramentas da metodologia “*Building Information Modeling*” (BIM), a fim de realizar uma previsão dos custos do empreendimento. Isso nos permitiu obter uma compreensão abrangente dos gastos associados à execução do projeto, garantindo maior precisão e eficiência na gestão financeira do empreendimento.

Com base na estimativa de custo atualizado, foi realizado uma estimativa de retorno para determinar as perspectivas do empreendimento.

Problema e objetivos

O problema abordado neste trabalho está intrinsecamente ligado à fase inicial de um projeto na indústria da construção civil, que é o planejamento. O planejamento desempenha um papel crucial, pois atua como um guia para todo o desenvolvimento do projeto e abrange várias etapas, incluindo análises locais, elaboração de pré-projetos, estabelecimento de um cronograma, programação e uma estimativa de custos finais. No

contexto deste projeto, o foco do problema foi o estudo de viabilidade, que abrange a maioria das etapas mencionadas anteriormente.

Para solucionar o problema do trabalho, é imprescindível conduzir estudos aprofundados, pesquisas minuciosas e entrevistas focadas na região do Barreiro. Essas investigações visaram analisar o nicho de mercado local e avaliar a demanda existente, a fim de determinar as soluções de implementação de um empreendimento hoteleiro na região.

O próximo passo envolveu a seleção do terreno e uma pesquisa detalhada no Sistema de Informações Urbanísticas e Endereço (SIURBE) com o objetivo de obter a certidão de origem do lote escolhido. A documentação obtida foi analisada minuciosamente, e calculou-se os índices urbanísticos relevantes para o novo empreendimento, tais como a taxa de ocupação, o coeficiente de aproveitamento e a taxa de permeabilidade.

Com esses índices urbanísticos em mãos, tornou-se possível realizar a modelagem adequada do projeto arquitetônico, utilizando o software Revit. Essa modelagem parametrizada permitiu a criação de um projeto arquitetônico detalhado e adaptado às características do terreno e às regulamentações urbanísticas.

O projeto arquitetônico serviu como base para a elaboração de uma estimativa de custo envolvidos na realização do projeto para o empreendimento. O custo foi elaborado a partir do CUB (custo unitário básico), já que as limitações do projeto não permitiam uma análise mais detalhada da infraestrutura e superestrutura necessárias para o empreendimento.

Com o custo, foi realizada uma estimativa de retorno financeiro estipulando um valor de diária e uma porcentagem de 80% dos quartos sendo ocupados diariamente.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo o Instituto Brasileiro de Engenharia de custos (IBEC, 2021a), o estudo de viabilidade é uma análise fundamental na fase de planejamento de qualquer empreendimento, pois tem como objetivo avaliar se o projeto em questão é factível. Esse estudo leva em consideração uma série de fatores cruciais, incluindo custos, riscos e projeções de retorno financeiro.

Ele é, de fato, o estudo mais abrangente entre todas as etapas preliminares de um projeto inovador, precedendo até a mesma fase de projeto executivo. A sua abrangência

é notável, pois envolve uma coleta de dados e informações por meio de pesquisas de campo, fornecendo um embasamento sólido para orientar o desenvolvimento do projeto (IBEC, 2021b).

Inicialmente, três análises específicas foram realizadas para avaliar a previsão do projeto: a análise para aquisição do terreno, estimativa de custo e a elaboração de um retorno financeiro.

Análise do Terreno

Ainda segundo o IBEC (2021c), a escolha do terreno é um dos passos iniciais mais cruciais quando se trata de empreendimentos na construção civil. A localização do terreno é um dos fatores determinantes para o sucesso do projeto, e a análise criteriosa do terreno é essencial para garantir que o local escolhido seja de fato adequado para o desenvolvimento do projeto.

A análise do terreno deve considerar diversos aspectos, como a topografia do terreno, a sua localização estratégica, e o custo de aquisição. A topografia pode afetar significativamente no custo e nas previsões do projeto, uma vez que terrenos com variações observadas podem exigir mais esforço e despesas adicionais para sua adequação (AERO, 2023). Além disso, a localização do terreno em relação às necessidades do projeto e às demandas do mercado desempenha um papel fundamental na sua escolha.

Outro ponto importante na análise do terreno é o Plano Diretor, que desempenha um papel crucial como uma lei municipal que atua como um guia estratégico para o crescimento e desenvolvimento das áreas urbanas em um município. Elaborado por profissionais de arquitetura e urbanismo, em colaboração com a participação ativa da sociedade, ele se torna um verdadeiro pacto social que define os princípios e instrumentos de planejamento urbanos destinados a reorganizar e aprimorar os espaços urbanos de uma cidade. (São Paulo, 2023a).

A Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) é um dos pilares fundamentais do Plano Diretor em uma área urbana. Essa lei estabelece regras e parâmetros para controlar a utilização do espaço e definir as atividades permitidas nele (CREA-MT, 2016). Os principais parâmetros definidos pelo LUOS incluem o coeficiente de aproveitamento, a taxa de ocupação e a taxa de permeabilidade.

Segundo a Coordenadoria Geral de Planejamento Urbano (CGPU, 2011), o coeficiente de aproveitamento do terreno é um número que, quando multiplicado pela área do lote, indica a quantidade máxima de metros quadrados que podem ser construídos em um lote, somando-se as áreas de todos os pavimentos. Conforme fórmula a seguir.

$$C.A = \frac{\text{Áreatotaledificada}}{\text{Áreatotaldoterreno}} \quad (1)$$

A taxa de ocupação, por sua vez, é a relação percentual entre a projeção da edificação e a área do terreno (CGPU, 2011). Conforme fórmula a seguir.

$$T.O = \frac{\text{Áreatotalconstruídadol}^{\circ}\text{pavimento} + \text{Áreaexcedentedosoutrospavimentos}}{\text{Áreatotaldolote}} \quad (2)$$

Já a taxa de permeabilidade refere-se à relação entre a parte permeável, que permite a infiltração de água no solo sem qualquer edificação, e a área total do lote (São Paulo, 2023). Conforme fórmula a seguir.

$$T.P = \frac{\text{áreapermeavel}}{\text{áreadoterreno}} * 100 \quad (3)$$

Além desses parâmetros, outros condicionantes da legislação urbana, como o gabarito (número máximo de pavimentos), altura máxima, afastamentos, entre outros, podem restringir o volume a ser construído (CGPU).

Esses parâmetros são essenciais para assegurar que o desenvolvimento urbano seja equilibrado, evitando o crescimento caótico e garantindo a preservação de áreas verdes, a mobilidade urbana e a qualidade de vida da população. A LUOS é uma ferramenta importante para criar um ambiente urbano mais sustentável, funcional e harmonioso, refletindo as necessidades e os objetivos da comunidade local e das autoridades municipais. Portanto, ela desempenha um papel vital na construção de cidades mais habitáveis e resilientes (São Paulo, 2023b).

Estimativa de Custo da obra

Para realizar a modelagem paramétrica do empreendimento, é necessário coletar dados das documentações disponibilizadas pela prefeitura. Conforme Farias (2022), a modelagem paramétrica permite a atribuição de informações aos objetos, que podem ser

compreendidas por eles em suas próprias características, bem como por outros elementos relacionados. Essa abordagem de modelagem permite uma compreensão mais completa do projeto.

Uma das características notáveis da modelagem paramétrica é a capacidade de incorporar dimensões do BIM (“*Building Information Modeling*”). As dimensões do BIM são modalidades específicas de dados e informações vinculados a um modelo de projeto. Quanto mais dimensões um projeto BIM tiver, mais tipos diferentes de informações ele conterá (UFC, 2021). Embora haja uma certa controvérsia na literatura sobre a caracterização do BIM em dimensões, neste artigo será considerado de acordo com Gonçalves (2019) que a dimensão prevista para o projeto final é a 5D, que, permite a realização de orçamentos mais precisos e a criação de um cronograma físico-financeiro mais realista e previsível. Isso ocorre devido à riqueza de informações disponíveis no modelo e à capacidade automática e precisa de extração de quantitativos e insumos.

Elaboração do Retorno Financeiro

A análise do retorno financeiro desempenha um papel fundamental na orientação da tomada de decisões de um empreendimento. Essencialmente, esse estudo fornece uma visão abrangente dos gastos e despesas associadas ao projeto, identificando os recursos necessários para o seu desenvolvimento. Um dos principais indicadores nesse processo é a Taxa Interna de Retorno (TIR), que quantifica as remunerações e o retorno esperado em relação ao investimento realizado em todas as fases do projeto (Warren, 2023).

Nessa etapa, é imperativo que todos os custos e despesas sejam minuciosamente considerados, a fim de obter um retrato realista do retorno sobre o investimento. Aspectos como o custo para aquisição de clientes, a necessidade de capital de giro, bem como os custos fixos, como aluguel, taxas do imóvel e seguro, e custos variáveis, horas trabalhadas, custos de serviços básicos e comissões de agentes de viagens, associados à operação do empreendimento, são fatores cruciais que devem ser cuidadosamente analisados para determinar a previsão do projeto (Darios, 2022).

A Taxa Interna de Retorno (TIR) desempenha um papel fundamental, pois oferece uma medida concreta do potencial retorno financeiro, o que auxilia os investidores e tomadores de decisão a avaliar se o empreendimento é viável e se

atenderá às expectativas de retorno sobre o capital investido. Portanto, a análise do retorno financeiro é um passo essencial na gestão financeira de projetos, fornecendo informações valiosas para decisões embasadas e bem-sucedidas (Esaq, 2023).

METODOLOGIA

A escolha da pesquisa exploratória como metodologia se justifica pela natureza do projeto, que envolve a implantação de um empreendimento hoteleiro na região do Barreiro. Essa abordagem é apropriada, pois permite a exploração aprofundada de novos territórios, proporcionando uma compreensão mais completa do cenário antes de tomar decisões estratégicas.

Na região do Barreiro, onde a presença expressiva de indústrias, comércios e instituições de ensino é marcante, a escassez de opções de hospedagem se destaca como um problema evidente. A ausência de um hotel que possa satisfazer a procura por estadias confortáveis e de curta duração para visitantes se configura como uma peculiaridade notável nesse cenário. Essa lacuna na oferta de acomodações merece uma investigação aprofundada, dada a necessidade clara de suprir essa demanda na região.

Sendo assim, dados como a região de origem dos visitantes, motivo de visita e opções de hospedagem são primordiais para mapear, de maneira assertiva, o que se espera de um hotel desse porte.

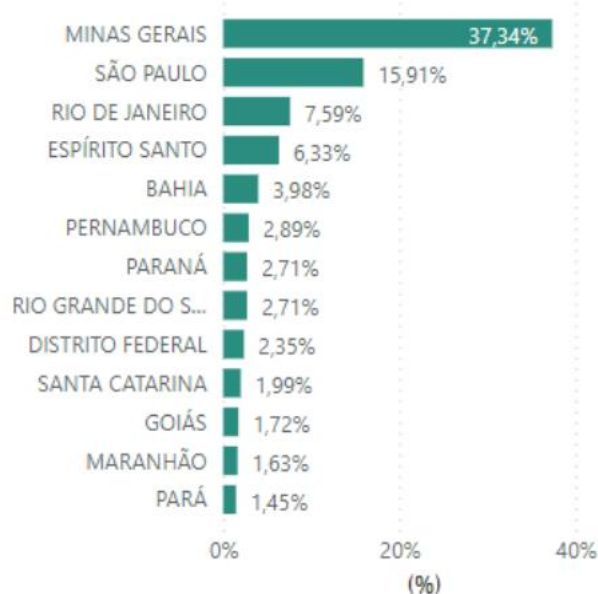
Para atingir eficazmente os objetivos propostos, a coleta de dados foi realizada por meio de pesquisa de campo. Essas informações foram meticulosamente organizadas em gráficos e planilhas, proporcionando uma apresentação objetiva dos resultados obtidos a partir da amostra pesquisada. No contexto deste trabalho, a abordagem incluiu pesquisas e entrevistas diretas com turistas e visitantes da região. Essa estratégia visa não apenas capturar dados relevantes, mas também fornecer insights valiosos sobre as necessidades e expectativas dos potenciais usuários do futuro empreendimento hoteleiro no Barreiro.

O Observatório do Turismo realizou em 2022 uma pesquisa com o intuito de se investigar o perfil das pessoas que vem à Belo Horizonte, aplicando entrevistas aos turistas e excursionistas em pontos turísticos da cidade, como Mercado Central, Aeroporto Internacional de Confins e terminais rodoviários. Esse banco de dados foi constituído de 1.106 entrevistas (97% de probabilidade e 3% de significância amostral

no contexto dos turistas de BH), realizadas nos períodos de 1 a 4 de setembro e 8 a 11 de setembro.

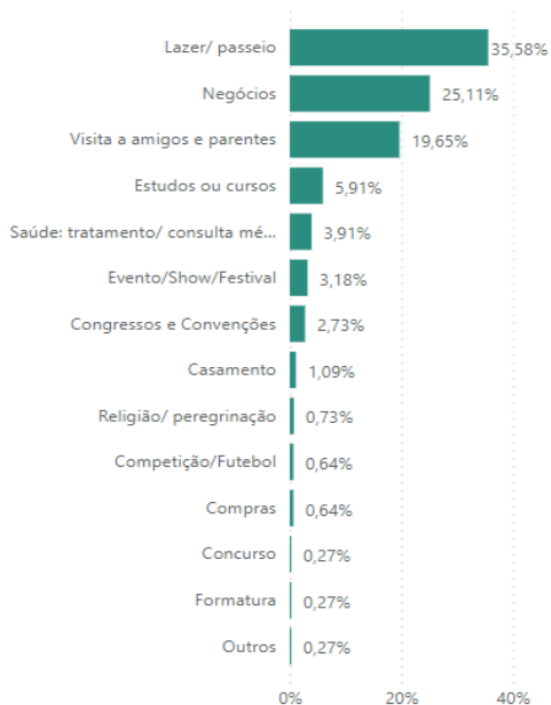
Uma síntese dos resultados mais inerentes ao objetivo do projeto é apresentada a seguir, resultados este que podem ser estendidos à região metropolitana (Barreiro e demais regiões próximas).

Figura 1 – Região de origem dos visitantes.



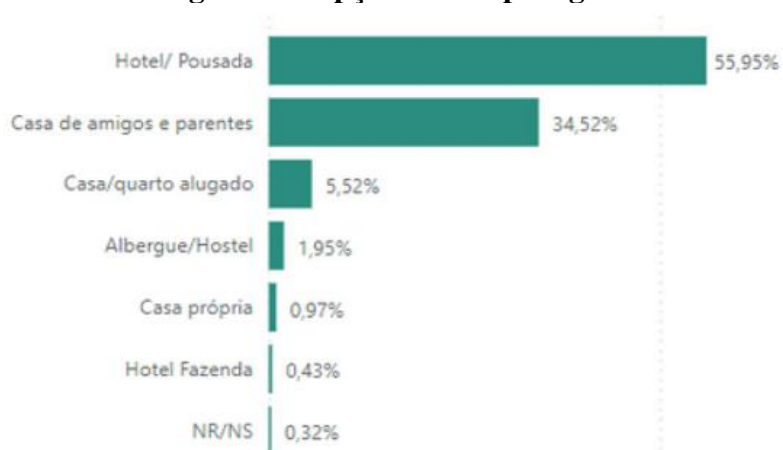
Fonte: (Observatório do Turismo, 2022)

Figura 2 – Motivo da visita
(%) por Principal motivo desta viagem



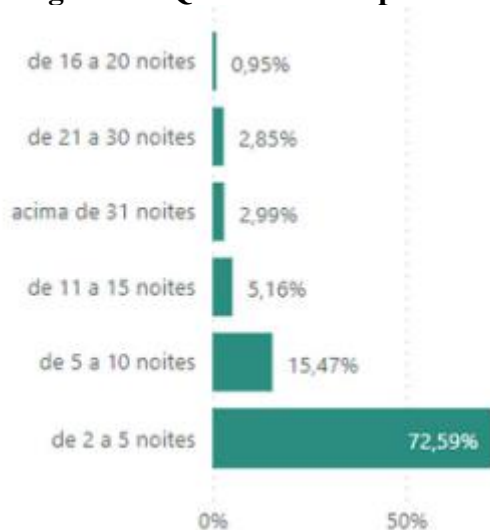
Fonte: (Observatório do Turismo, 2022)

Figura 3 – Opções de hospedagem.



Fonte: (Observatório do Turismo, 2022)

Figura 4 – Quantidade de pernoites.



Fonte: (Observatório do Turismo, 2022)

Partindo dessa perspectiva, uma pesquisa relativamente recente, mas muito pertinente e que ainda se adequa aos viajantes, foi possível se entender o nicho de mercado que o projeto se concentrará.

ESTUDO DE CASO

A formação da regional Barreiro se deu em 1855, anteriormente a própria fundação da cidade de Belo Horizonte, quando surgiu a Fazenda Barreiro. Sua industrialização chegou no século seguinte com instauração de grande siderúrgica na região, promovendo assim desenvolvimento urbano da área.

Para o geógrafo Ivair Gomes, que em 2005 publicou na revista caminhos da geografia o seu trabalho “Sistemas naturais em áreas urbanas: Estudo da Regional Barreiro”, a região é considerada uma região predominantemente operária, e o que contribui para isso é o fato de possuir em suas delimitações territoriais a multinacional Vallourec que atualmente emprega uma grande parte da população local. Outros fatores que contribuem para isso são: o Distrito Industrial do Jatobá, as novas áreas industriais do bairro olhos D’água e a proximidade com a Cidade Industrial em Contagem. A expansão de Universidades para a regional Barreiro também favoreceu para o desenvolvimento da região, em 2001 a chegada da PUC Minas ao Barreiro, trouxe oportunidades de a população ter acesso a única universidade da área, em 2010 as chegadas da Faculdade Pitágoras e o Centro Universitário Una também trouxeram novas oportunidades de acesso ao ensino superior no Barreiro.

Apesar de ser a regional com maior extensão territorial, maior quantidade de bairros em Belo Horizonte PBH (2018), com grande área comercial, industrial, e com proximidade estratégica ao eixo Rio-São Paulo, a regional Barreiro é ineficiente quanto o assunto é hotelaria. Em toda a sua extensão de 53,6 km² e 72 bairros, apresenta apenas um hotel de pequeno porte chamado OYO Ibituruna possuindo apenas 13 acomodações. Após analisar a rede hoteleira do entorno, podemos notar que os hotéis com menor distância se encontram em cidades vizinhas. Logo, seria atraente um hotel 3 estrelas com público-alvo de estadia curta, que geralmente vem a trabalho.

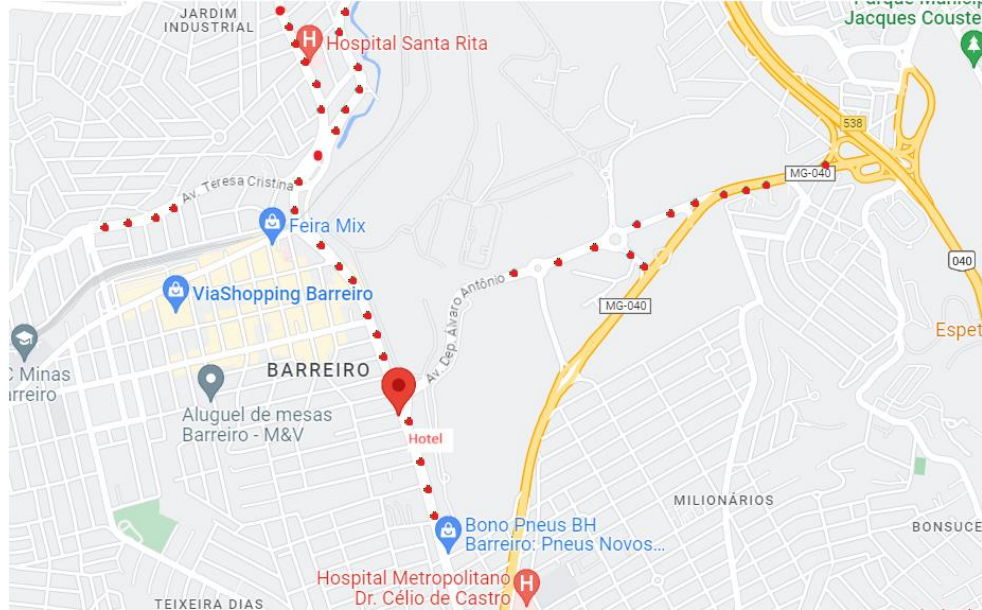
Análise de localização do empreendimento

A análise do entorno e do terreno é um dos aspectos mais importantes, pois ajuda a reconhecer quais áreas de nicho de mercado serão mais abrangentes para o nosso empreendimento.

Localização

Os terrenos escolhidos para implantação do hotel localizam-se na esquina da rua Costa Belém com a Avenida Olinto Meireles existindo facilidade de acesso a vias importantes como Avenida Tito Fulgêncio (rota para Contagem, Betim e afins), Avenida Tereza Cristina e Avenida Deputado Álvaro Antônio, sendo esta, a rota mais rápida para o Anel Rodoviário, além de ser uma das principais vias de acesso que liga vários bairros da região.

Figura 5 – Principais acessos ao empreendimento.

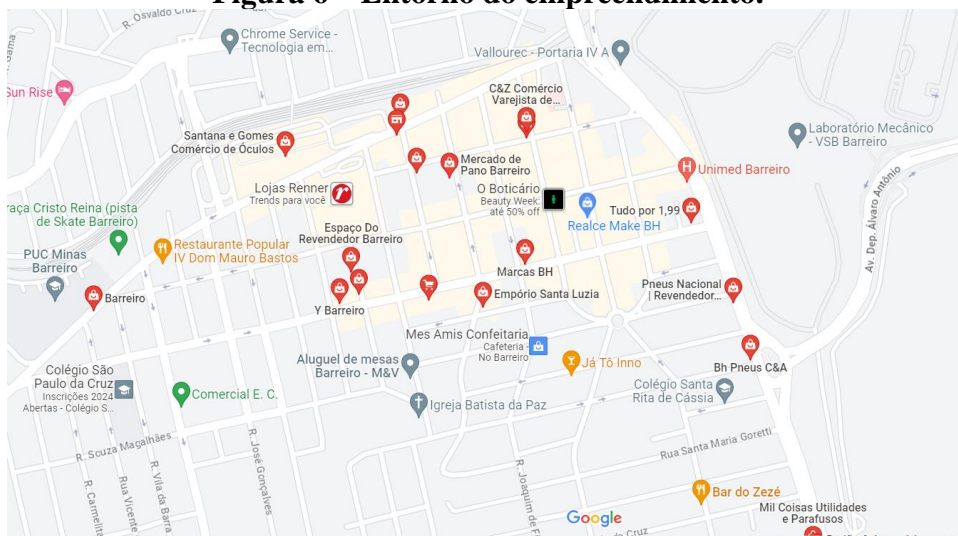


Fonte: (Google Maps, 2023)

Entorno

A região abriga inúmeros comércios varejistas, supermercados atacadistas, diversidade de barzinhos e restaurantes, empresas prestadoras de serviços, faculdades, universidade como a PUC Minas, escolas técnicas, shopping, agências bancárias, prestadores de serviços municipais, cartório, 3 grandes hospitais públicos, diversas clínicas particulares de consulta e exames, Santuário, além de proximidade a várias indústrias, sendo 500 metros de distância de siderúrgica multinacional.

Figura 6 – Entorno do empreendimento.

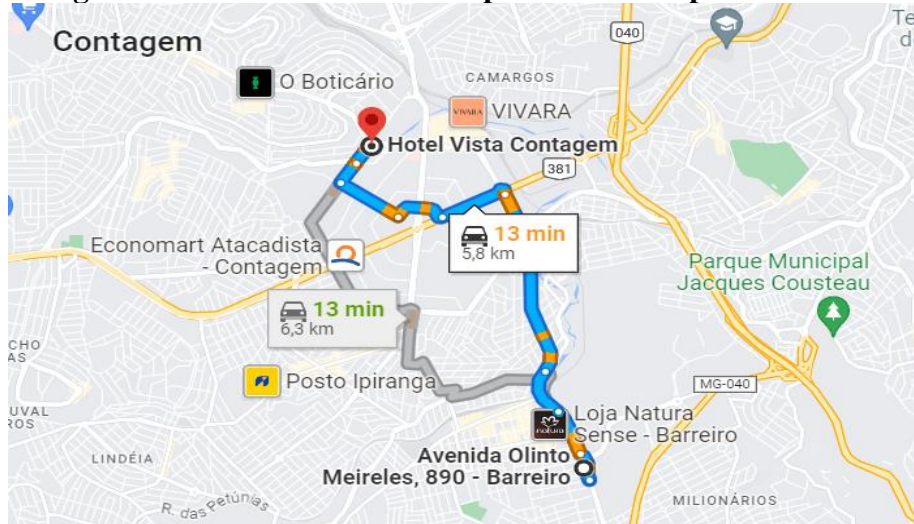


Fonte: (Google Maps, 2023)

Hotéis Próximos

Verificou-se também a localização dos hotéis 3 estrelas mais próximos ao empreendimento, e um fato curioso é que todos ficam em cidades vizinhas, justamente pela proximidade da regional com essas duas importantes cidades da região metropolitana. O primeiro analisado foi o Vista inn Express que está a 5,8 km de distância em relação ao terreno.

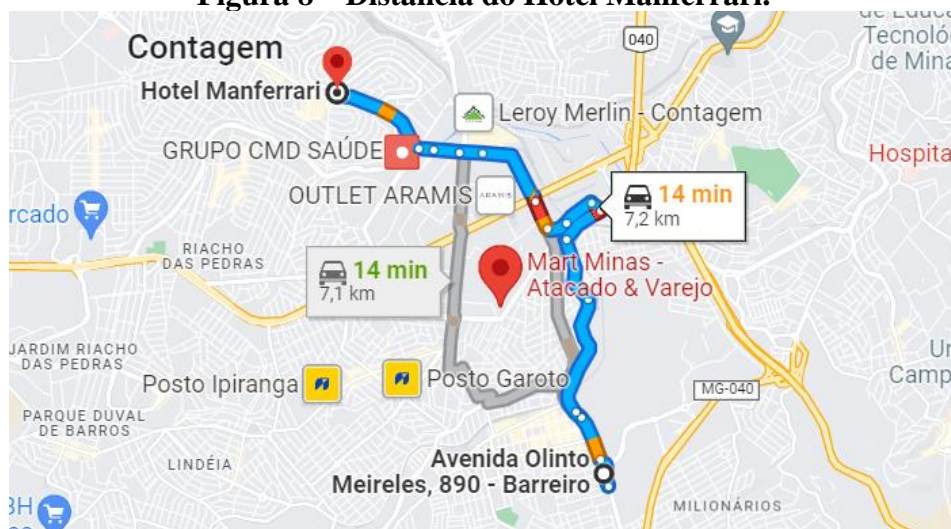
Figura 7 – Hotel 3 estrelas mais próximo do empreendimento.



Fonte: (Google Maps, 2023)

O segundo foi Hotel Manferrari em Contagem que está a 7,2 km de distância em relação ao terreno.

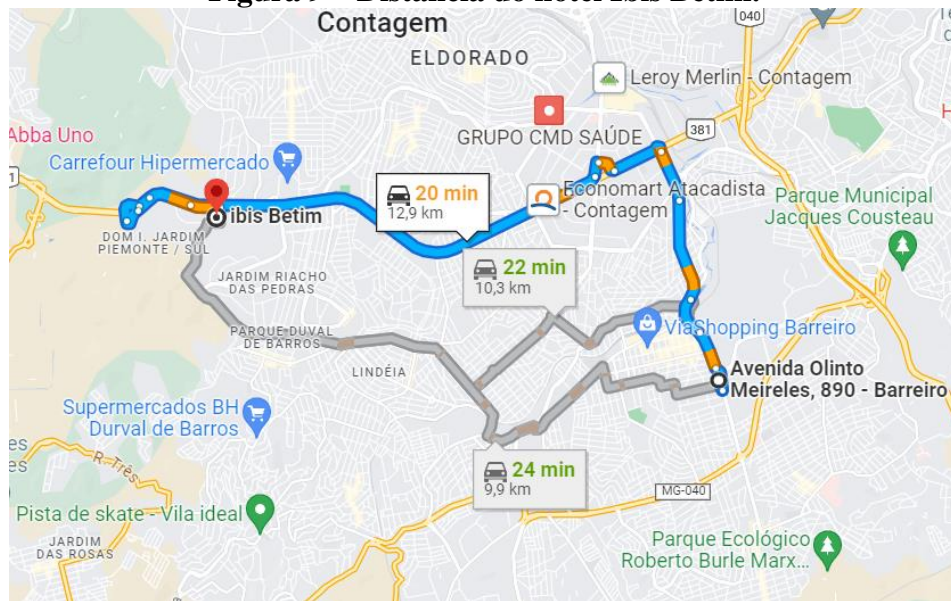
Figura 8 – Distância do Hotel Manferrari.



Fonte: (Google Maps, 2023)

Por fim, o hotel Ibis em Betim, distando de 12,9 km do empreendimento.

Figura 9 – Distância do hotel Ibis Betim.



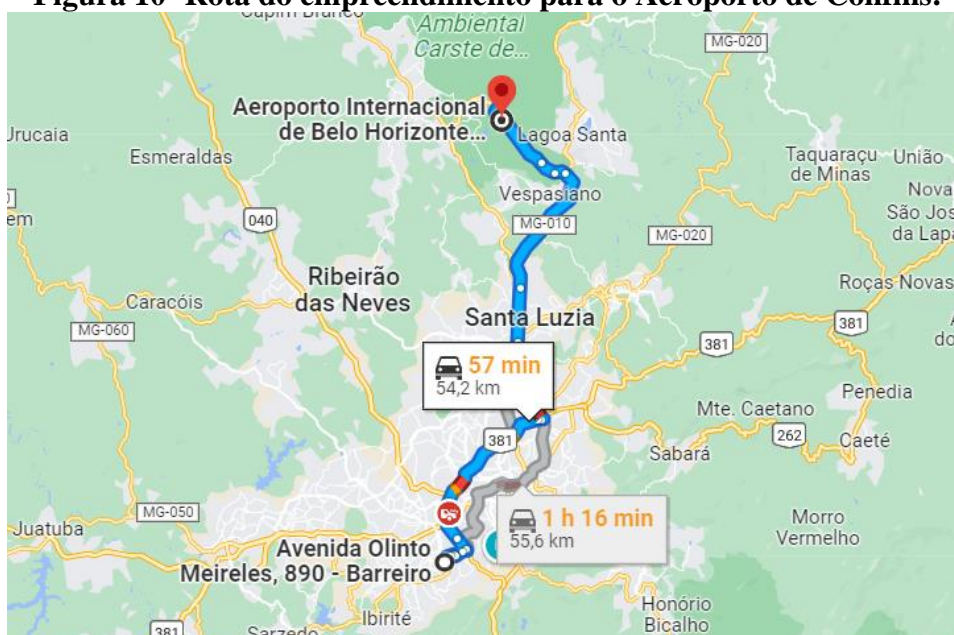
Fonte: (Google Maps, 2023)

Deslocamentos para o empreendimento

Foram analisadas as melhores rotas entre o empreendimento e as principais áreas de embarque e desembarque em Belo Horizonte.

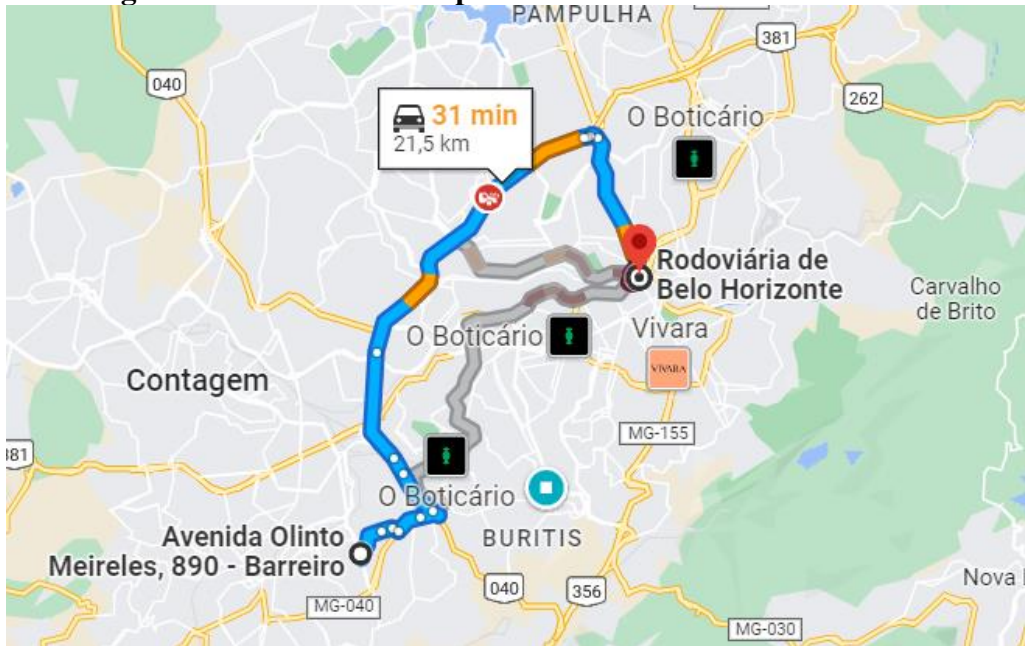
O primeiro trajeto a ser estudado foi entre o Aeroporto Internacional de Confins e o Hotel, e o segundo a rota entre Rodoviária de Belo Horizonte e o empreendimento.

Figura 10- Rota do empreendimento para o Aeroporto de Confins.



Fonte: (Google Maps, 2023)

Figura 11 – Deslocamento para Rodoviária de Belo Horizonte.



Fonte: (Google Maps, 2023)

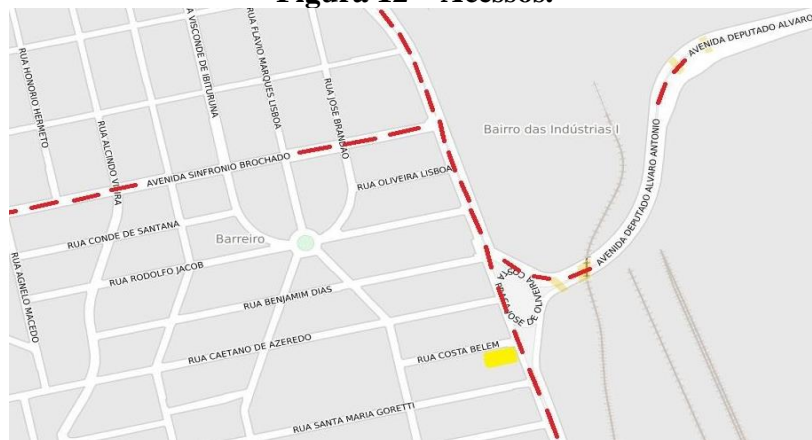
PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Análise do terreno

Localização e acessos

Os terrenos localizam-se na esquina da rua Costa Belém com a Avenida Olinto Meireles, e tem como melhores acessos à Avenida Sinfrônio Brochado ou através da Avenida Deputado Álvaro Antônio.

Figura 12 – Acessos.

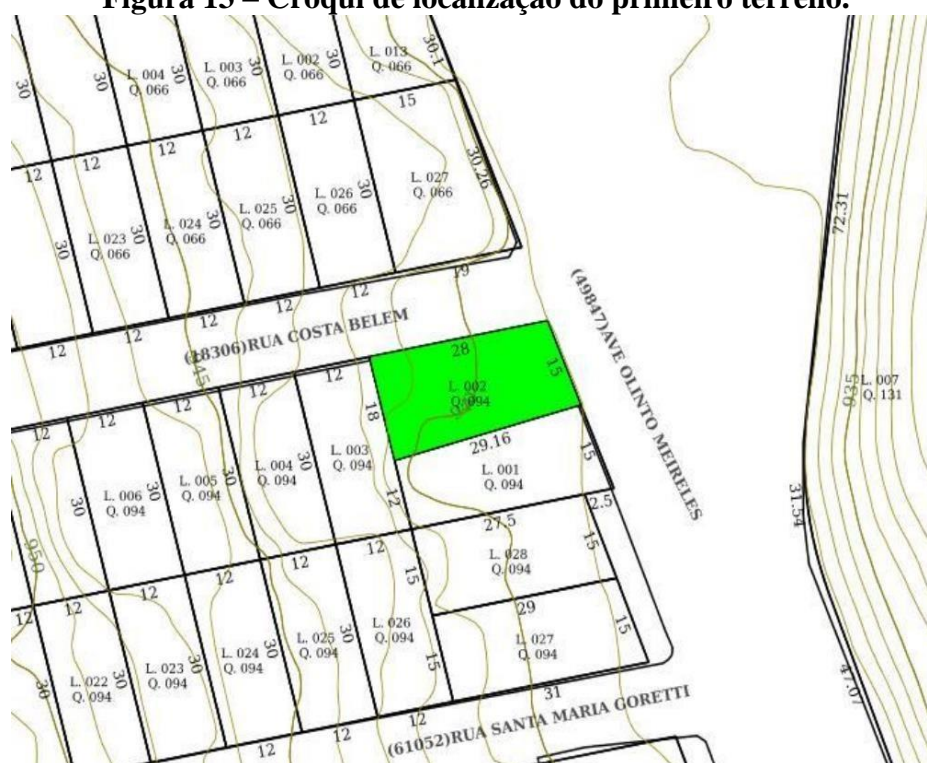


Fontes: (BH Maps, 2023)

Características do terreno

Com o objetivo de alcançar uma área construída significativa, optou-se por adquirir dois lotes vagos. O primeiro lote, com 470,5 m², está estrategicamente situado em uma esquina. Apresenta um formato trapezoidal, com 15m de frente para a Avenida Olinto Meireles, 28m de frente para a rua Costa Belém, 29,16m de extensão junto ao lote 001 e 18m ao lado do lote 003, conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 13 – Croqui de localização do primeiro terreno.



Fonte: (Subsecretaria de regulação urbana-Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2023)

O segundo terreno, denominado lote 001, também possui um formato trapezoidal, abrangendo uma área de 399,5 m². Suas dimensões incluem 15 metros de frente para a Avenida Olinto Meireles, 29,16 metros de extensão com o lote 002, 12 metros com o lote 003 e 30 m com o lote 028. Essa escolha estratégica visa otimizar a utilização do espaço disponível, permitindo uma área construída significativa para atender às necessidades do empreendimento.

Informações Urbanísticas

- Zoneamento: OP-2 – Ocupação Preferencial-2;
- Coeficiente Aproveitamento básico de transição: 1,5;

- Taxa de permeabilidade: 20% para terrenos com área maior que 360 m²
- Taxa de ocupação: 80%
- Altura máxima: 10,8 metros
- Afastamento frontal mínimo: 4,0 metros
- Afastamento lateral e de fundo mínimo: 2,3 metros
- Lote com previsão de recuo de alinhamento: sim

Figura 14 – Croqui de localização do segundo terreno.



FONTE: (Subsecretaria de regulação urbana-Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2023)

Índices Urbanísticos Calculados

Tabela 1 – Índices Urbanísticos.

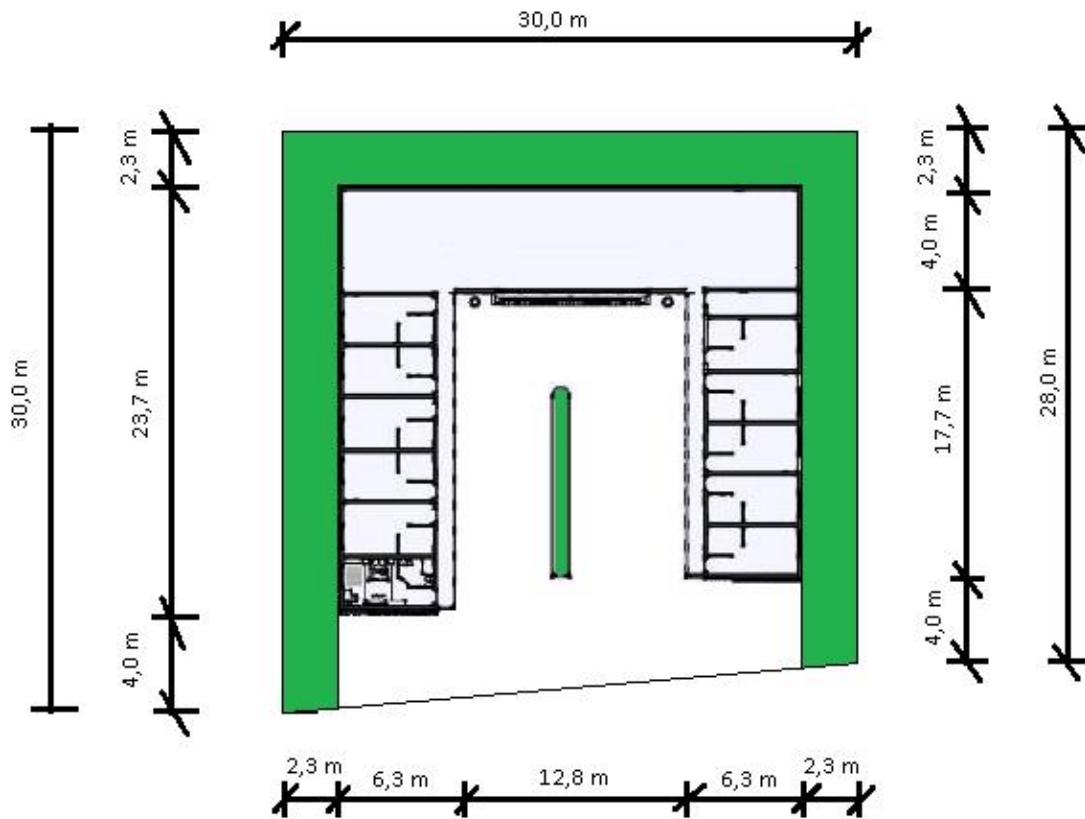
Área do terreno (m ²)	CA (m ²)	TP (m ²)	TO (m ²)
870,00	1305,00	174,00	696,00

Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Modelagem Paramétrica

A modelagem paramétrica do empreendimento foi executada utilizando o software Revit, em conformidade com as diretrizes e índices urbanísticos do terreno.

Figura 15 – Planta Baixa do Empreendimento



FONTE: (Elaborado pelos autores, 2023)

Tabela 2 – Índices Urbanísticos do Empreendimento.

Área do terreno (m ²)	CA (m ²)	TP (m ²)	TO (m ²)
870	1237	202,2	667,8

Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Renderização

A modelagem, em si, representa apenas uma parcela do desenvolvimento concreto de uma apresentação 3D. A essência reside na capacidade de interação com a maquete, transformando-a em uma representação visual autêntica. Nesse contexto, a escolha de um software especializado é crucial.

Optou-se pelo Lumion, um programa que realiza cálculos avançados de luminosidade, reflexão, sombras e integração com a paisagem. Essa escolha estratégica

contribui significativamente para conferir realismo e autenticidade à apresentação, elevando-a a um nível mais próximo da experiência visual real.

Figura 16 – Fachada do Empreendimento.



Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Figura 17 – Vista Frontal.



Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Figura 18 – Fachada 2



Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Estimativa de Custo

O custo foi realizado com base no Custo Unitário Básico de construção de Minas Gerais. Este método foi utilizado para se obter uma primeira referência de custo para o empreendimento.

Figura 19 – Custos por metro quadrado.

PROJETOS - PADRÃO COMERCIAIS CAL (Comercial Andares Livres) e CSL (Comercial Salas e Lojas)			
PADRÃO NORMAL		PADRÃO ALTO	
CAL-8	2.503,75	CAL-8	2.703,68
CSL-8	2.139,25	CSL-8	2.345,02
CSL-16	2.854,73	CSL-16	3.128,74

Fonte: (Sinduscon-MG, 2023)

Foi considerado as seguintes premissas para o cálculo do custo:

- Padrão comercial CAL-8;
- Construção 1237 metros quadrados;
- Custo com funcionários.

Tabela 3 – Cálculo da estimativa de custo

Project name:												NY	
Investment request:		3.097 kR\$											
Year		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	NY
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	CAPEX (1)	0	-1549	-1549									
	OPEX (2)												
	Working Capital change (3)												
	Working Capital change (preserved tons)												
Additional current expenses:													
	Maintenance	0	0	0	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72	
	Personnel												
	Energy												
	Tooling												
	Yield												
	Other												
	Subcontracting												
Benefits:													
	Additional contribution												
	Preserved contribution												
Savings:													
	Maintenance savings												
	Personnel savings												
	Energy savings												
	Tooling savings												
	Yield savings												
	Subcontracting savings												
	Other savings	0	0	0	2.409	2.409	2.409	2.409	2.409	2.409	2.409	2.409	
	Earnings before int., dep., tax. (4)	0	0	0	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	0
	cash-flow before taxes (5) (1+2+3+4)	0	-1549	-1549	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	0

Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Cálculo do retorno financeiro

Com todos os custos levantados, por fim, calculou-se em um dos pontos mais importante para decisão de investir ou não. Sabe-se que o mercado tem uma boa perspectiva para os próximos anos, agora basta sabe em quanto tempo o investimento retornará o dinheiro investido e começará a dar lucro.

Com todos os custos lançados em uma planilha de Excel os valores do payback são calculados de forma automática para facilitar os cálculos.

Foi considerado as seguintes premissas para o cálculo do payback:

- Valor da diária R\$250,00;
- Quantidade de quartos disponíveis: 33 quartos;
- Ocupação anual de 80% das acomodações.

Com todos os dados necessários lançados, a planilha realizou toda análise contábil do projeto conforme tabela abaixo.

Tabela 4 – Análise contábil

<i>without preserved tons</i>													
EBITDA	0	0	0	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	0
Depreciation	0	0	-155	-310	-310	-310	-310	-310	-310	-310	-310	-310	0
EBIT	0	0	-155	2.027	2.027	2.027	2.027	2.027	2.027	2.027	2.027	2.027	0
Taxes	0	0	37	-482	-482	-482	-482	-482	-482	-482	-482	-482	0
NOPAT	0	0	-118	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	1.545	0
Cash-flow	0	0	0	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	2.337	0
Cash-flow with taxes	0	0	37	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	0
Working capital change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Investment costs	0	-1549	-1549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Free cash-flow	0	-1549	-1512	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	1.854	0

Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Após toda esta análise contábil realizado pela planilha de Excel, finalizou-se o estudo de viabilidade para um empreendimento no ramo hoteleiro na região do Barreiro finalmente com o cálculo do tempo que os acionistas terão o retorno do valor investido.

Tabela 5 – Resultado do cálculo Payback

	Business case	with pres. tons
NPV (k\$)	4.582	4.582
$\frac{NPV}{CAPEX + OPEX}$	1,48	NA
Pay-Back (y)	4,1	4,1

Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

CONCLUSÕES

Ao longo deste projeto, examinou-se minuciosamente a viabilidade de implementar um novo empreendimento no ramo hoteleiro na região do Barreiro-MG, analisando cuidadosamente o equilíbrio entre custo e benefício. Os resultados obtidos apontam para uma compreensão abrangente dos desafios e oportunidades inerentes a essa iniciativa.

A análise detalhada dos custos estimados, da construção forneceu uma visão clara dos investimentos necessários. Ao mesmo tempo, a avaliação dos benefícios potenciais, como a possibilidade de aumento nas receitas, destaca as oportunidades que esse empreendimento pode oferecer.

Em suma, todos os estudos realizados inicialmente sobre demandas, apontam para uma escolha favorável pela região, já que entrevistas e pesquisas revelaram uma clara demanda sem opções adequadas para atendê-la.

A escolha do terreno também foi vantajosa, pois o entorno e os acessos ao local foram minuciosamente pesquisados e considerados.

Por fim, chegou-se a uma estimativa de custo, para o empreendimento, no valor de R\$3.097.000,00. E após toda a análise contábil realizado pela planilha de Excel o tempo de retorno do dinheiro investido é de 4 anos e 2 meses.

Em conclusão, a viabilidade deste empreendimento é promissora, desde que seja acompanhada de uma gestão dos custos e de uma abordagem estratégica para maximizar os benefícios. Este projeto não apenas proporcionou uma compreensão aprofundada dos fatores envolvidos, mas também nos direcionou a um caminho mais claro para a implementação bem-sucedida do empreendimento, contribuindo assim para o crescimento lucrativo do hotel.

REFERÊNCIAS

AERO Engenharia. **Guia de topografia – O que você precisa saber**. Disponível em: <https://aeroengenharia.com/guia-completo-de-topografia/>. Acesso em: 03 de nov. de 2023

BELO HORIZONTE, Prefeitura de Belo Horizonte. **Coordenadoria de atendimento Regional Barreiro**. Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/barreiro>. Acesso em: 06 de nov. de 2023

BELO HORIZONTE, Prefeitura de Belo Horizonte. **História dos Bairros**. Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-municipal-de-cultura/arquivo-publico/informacoes/historia-de-bairros>. Acesso em: 06 de nov. de 2023

BELO HORIZONTE, Prefeitura de Belo Horizonte. **Mapas da Legislação Urbanísticas**. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/base-de-dados/mapas-legislacao-urbanistica>. Acesso em 04 de nov. de 2023

BELO HORIZONTE, Prefeitura de Belo Horizonte. **Prodabel detalha tamanho e número de bairros das regionais**. Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/prodabel-detalha-tamanho-e-numero-de-bairros-das-regionais>. Acesso em: 06 de nov. de 2023

BH Maps. Disponível em: <https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=8&lat=7790545.54071&lon=603330.06877&baselayer=base>. Acesso em: 04 de nov. de 2023

COORDENADORIA GERAL DE PLANEJAMENTO URBANO (CGPU). **Metodologia sobre a série de Índices de Aproveitamento do Terreno**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/2041753/DLFE-230712.pdf/metodologia_estudo_IAT_v2.pdf. Acesso em: 04 de out. de 2023

CREA-MT. **Lei de Uso e Ocupação do Solo: Você sabe o que é e para que serve?**. Mato grosso, 2016. Disponível em: <https://www.crea-mt.org.br/portal/lei-de-uso-e-ocupacao-do-solo-voce-sabe-o-que-e-para-que-serve/#:~:text=Uma%20cidade%20ter%20lei%20de,integrado%20com%20a%20prote%C3%A7%C3%A3o%20ambiental>. Acesso em: 04 de out. de 2023.

DAMATO, Frederico. **Siderúrgica fez Barreiro se desenvolver**. Revista Tempo, 2013. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/siderurgica-fez-area-do-barreiro-se-desenvolver-1.303587>. Acesso em: 06 de nov. de 2023

DARIOS, Isis. **Como os custos operacionais do hotel afetam o seu resultado total**. CloudBed, 2022. Disponível em: <https://www.cloudbeds.com/pt-br/artigos/custos-de-um-hotel/#:~:text=Os%20custos%20operacionais%20de%20um%20hotel%20s%C3%A3o%20as%20despesas%20relacionadas,comiss%C3%B5es%20de%20agentes%20de%20viagens>). Acesso em: 03 de nov. de 2023.

ESAJQ. **Conheça 4 maneiras de melhorar a análise de investimento do seu negócio**. Santa Catarina, 2023. Disponível em: <https://esajr.com.br/blog/4-maneiras-de-melhorar-analise-de-investimento/>. Acesso em: 03 de nov. de 2023

FARIAS, Julio Cesar; GUSMÃO, Nicole. Modelagem Paramétrica no BIM. **SPBIM – Arquitetura e Engenharia Digital**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://spbim.com.br/modelagem-parametrica-no-bim/>. Acesso em: 04 de out. de 2023

GOMES, Ivair. **Sistemas naturais em áreas**: Estudo da Regional Barreiro, Belo Horizonte (MG). Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15377>. Acesso em: 06 de nov. de 2023

GONÇALVES, Francisco de Assis Araújo. **BIM 5D: Uma nova forma de realizar o orçamento da sua obra**. Mettez, 2019. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/referencias-bibliograficas-normas-abnt/>. Acesso em: 04 de out. de 2023

GOOGLE MAPS, 2023. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-20.0105616,-44.0103913,15z?entry=ttu>. Acesso em: 06 de nov. de 2023

MINAS GERAIS. Observatório do Turismo - Belo Horizonte. Prefeitura de Belo Horizonte. **Relatório da Demanda Turística Belo Horizonte - Mg**. 2022. Observatório do Turismo - Belo Horizonte. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/belotur/observatorio-do-turismo/demanda-turistica>. Acesso em: 06 nov. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE CUSTO. **Estudo de viabilidade técnica de obra: como ele é feito?**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://ibecensino.org.br/viabilidade-tecnica/#:~:text=Estudo%20de%20viabilidade%20t%C3%A9cnica%20C3%A9,realiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20qualquer%20projeto%20arquitet%C3%B4nico>. Acesso em: 03 de nov. de 2023

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **O que é Plano Diretor?** (2023). São Paulo, 2023. Disponível em: <https://planodiretorsp.prefeitura.sp.gov.br/o-que-e-o-plano-diretor/>. Acesso em: 04 de out. de 2023.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Taxa de Permeabilidade**. São Paulo, 2023.
Disponível em:<https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/novo-pde-taxa-de-permeabilidade/>. Acesso em: 04 de out. de 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). **Os Ds do BIM?**. Ceará, 2021.
Disponível em:<https://epe.ufc.br/index.php/blog/18-os-ds-do-bim>. Acesso em: 04 de out. de 2023.

WARREN MAGAZINE. **Taxa Interna de Retorno (TIR): o que é, por que importa e como calcular**. Disponível em: <https://warren.com.br/magazine/taxa-interna-de-retorno-tir/>. Acesso em: 03 de nov. de 2023.

CENTRO DE PESQUISA E TECNOLOGIA DO BARREIRO: Compatibilização de projeto elétrico e hidráulico com o uso do BIM

Ingritth Rodrigues Ferreira de Castro¹

Kelwin Felipe Leão de Carvalho²

Sarah Larissa Brandão Carneiro³

Wesley de Sousa Dutra⁴

Maria Aparecida Fernandes Almeida⁵

RESUMO

Este trabalho propõe a criação de um centro tecnológico na antiga Escola Estadual Alberto Delfino, no Barreiro, visando capacitar jovens com menos recursos por meio de cursos gratuitos para inserção no mercado de trabalho. Ao analisar desafios locais, como vazios urbanos e distorções na idade-série, percebe-se a importância de oferecer alternativas de profissionalização. O desenvolvimento do centro tecnológico adota a metodologia BIM para compatibilização, visando um plano de ação eficiente e a prevenção de problemas durante a construção. Nas conclusões, destaca-se a viabilidade do Centro Tecnológico como um projeto acessível e tecnológico, capaz de evitar retrabalhos e contribuir para o meio ambiente. O uso do REVIT para projetos hidráulicos, elétricos e arquitetônicos é reconhecido, exigindo conhecimento prévio, mas superável com instruções. Enfatiza-se que projetos compatibilizados reduzem riscos de retrabalhos e estouros de orçamentos na engenharia civil, ressaltando a importância dessa abordagem na execução correta da edificação.

Palavras-chave: centro tecnológico; metodologia BIM; vazios urbanos; projetos.

INTRODUÇÃO

Na região do Barreiro no terreno da antiga Escola Estadual Alberto Delfino, houve a proposta de criação pelos alunos da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, na disciplina de Projeto Integrador I, um centro tecnológico para auxiliar jovens com menos recursos para realizarem cursos gratuitos que visa a profissionalização dos jovens para o mercado de trabalho.

Analisando os problemas encontrados na região como os vazios urbanos e distorção idade-série. É importante para que esses jovens tenham outras formas de profissionalizar e com a criação do Centro Tecnológico também seria capaz de reduzir o índice de vazios urbanos.

¹ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: ingritth.castro@sga.pucminas.br

² Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: kelwin.carvalho@sga.pucminas.br

³ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: sarah.carneiro.1150777@sga.pucminas.br

⁴ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: wdutra@sga.pucminas.br

⁵ Profa. Dra. Orientadora de Projeto Integrador II do Curso de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: mafa@pucminas.br

Dando continuidade ao que foi desenvolvido no Projeto Integrador I, a abordagem do desenvolvimento do centro tecnológico será a compatibilização através da metodologia BIM (Building Information Modeling). O BIM ajudará na execução de um melhor plano de ação, a fim de prever futuros empecilhos no canteiro de obras e na prevenção de patologias.

Problema e objetivos

O CDI (Comitê de democratização da informática) foi instituído em 1995, o comitê tinha como objetivo levar o acesso da tecnologia da informação para as comunidades do Rio de Janeiro. Atualmente o fundador do CDI, Rodrigo Baggio, expandiu o comitê e encontra-se presente em Portugal e em diversos outros países do continente americano, e no Brasil o CDI mudou de nome e é conhecido como RECODE. Nos dias de hoje a RECODE desenvolve diversos trabalhos pedagógicos em comunidades do Rio de Janeiro através das metodologias do Paulo Freire (Recode, 2023).

Com parâmetros similares ao que foi idealizado por Rodrigo Baggio em 1995, o Centro Tecnológico terá objetivos similares, principalmente a ajudar jovens das regiões periféricas do Barreiro a ter acesso à educação tecnológica, tendo em vista que a tecnologia será o principal aliado das novas gerações. Com a realização do Centro Tecnológico terá como principal objetivo fazer com que haja a redução do fator idade-série, comparado as regiões mais desenvolvidas, dados levantados através dos gráficos da Prefeitura de Belo Horizonte (2015).

Um fator presente na região é o vazio urbano, o local onde será criado o projeto, está se tornando um local inadequado para descarte de lixo e entulho, local que futuramente há possibilidade de ter focos de dengue, nesse fator entrará a saúde pública do local, pois o terreno tem como vizinho a Escola Estadual Rodrigues Campos, escola que atende jovens a partir dos 14 anos de idade.

Após a criação do Centro Tecnológico desenvolvido no Projeto Integrador I, o objetivo geral do Projeto Integrador II, será a compatibilização de projetos através do BIM, que auxiliará a criação do projeto do Centro Tecnológico. Foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Estudar o BIM como forma de auxiliar na compatibilização do projeto;
- Utilizar o Desenho universal na criação do ambiente;

- Investigar a diminuição do vazio urbano na região.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção será apresentada a fundamentação teórica que dá base para o desenvolvimento do projeto.

Vazios Urbanos

De acordo com Borde (2013), os vazios urbanos são áreas que não possuem função, não possui cunho social e em maior parte dos casos tem a possibilidade de valorização, porém para Villaça (1999), quando definiu o que seria o vazio urbano eram áreas nas cidades muito ou pouco cheias, com terrenos ou lotes vazios em grande proporção.

A PNaPS (Política Nacional de Promoção da Saúde) (2014), que tem como seu objetivo central a “apoiar o desenvolvimento de espaços de produção social e ambientes saudáveis, favoráveis ao desenvolvimento humano e ao bem-viver”. Contudo o vazio urbano não produz um ambiente saudável para uma comunidade.

Um vazio urbano, por não se tratar de uma praça pública, resulta em um terreno propício para acúmulo de lixo e ponto de venda de drogas. Por agravante, o terreno estudado, tem próximo uma escola que há presença de jovens integralmente.

Desenho Universal na elaboração de projeto

Conforme Villarouco (2011) afirma que a questão de acessibilidade houve um crescimento exponencial nos últimos 20 anos quando há uma influência através de grupos, publicações e pesquisas, dando assim de forma notória o interesse dos pesquisadores por essa área.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2015) - criou em 31 de maio de 2004 a NBR 9050, que visa normalizar as formas de Acessibilidade nas edificações. Esta norma prevê critérios e parâmetros a ser destacados na criação de projetos quando se diz a respeito às obras urbanas. É fundamental que obras de cunho social visem a acessibilidade de forma inclusiva, não somente algo amparado por lei, pois atualmente há na sociedade pessoas com diferentes formas de deficiência.

BIM na compatibilização de projetos

BIM, Modelagem da Informação da Construção, tem-se arquivos digitais padronizados que possam ser compartilhados entre grupos, que unifica um conjunto de dados do ciclo de vida de um projeto, que tem por objetivo final a melhoria no desenvolvimento dos processos visando melhores resultados (De Paula *et al.*, 2017).

A maior serventia da compatibilização dos projetos é a diminuição de irregularidades na fase de execução de um projeto, com isso fazendo com que haja a redução de custos não previstos em orçamento e que haja também a entrega de uma obra fora do prazo (Riley; Horman, 2001).

O BIM por sua vez é um meio mais eficaz uma vez que inibem as incompatibilidades entre as folhas de um mesmo arquivo, por ser elaborado em 3D e não em desenhos individuais, a utilização de softwares como Autodesk e Navisworks possibilita a visualização automática de projetos de diferentes nichos como elétrico, hidrossanitário, arquitetônico e estrutural, de haver quaisquer tipos de interferência entre eles (Paiva, 2016).

METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido através do projeto 3D executado na disciplina de Projeto Integrador I. A proposta do projeto do Centro Tecnológico é a compatibilização usando a metodologia BIM, onde será executado o projeto arquitetônico com melhor desenvolvimento dos ambientes e com isso realizar os projetos de distribuição elétrica e hidráulica. Realizado a execução dos projetos será possível obter dados como, a distribuição elétrica ou hidráulica está interferindo na acessibilidade, na estrutura e até mesmo se o projeto elétrico está interferindo no hidráulico e com isso solucionar de forma que o projeto seja possível prever quaisquer interferências antes de iniciar a obra. Com a compatibilização também será possível diminuir o tempo de execução e até mesmo economizar nos gastos da obra.

Durante a fase de pesquisa do que seria desenvolvido para realizar o projeto, foi realizado uma pesquisa de campo na região do Barreiro que possuíam espaços vazios, foi detectado que no antigo terreno da Escola Estadual Alberto Delpino se encontrava com a antiga construção demolida e estava se tornando um local para acúmulo de lixo e possível local de venda de drogas ilícitas. O que se torna preocupante é que o terreno é

vizinho de uma outra escola pública e possui a presença de jovens todos os dias, jovens que estão iniciando a adolescência e que ainda estão em processo de desenvolvimento e sabe-se que a idade que esses jovens se encontram são influenciáveis, por isso a preocupação do espaço vazio sendo vizinho de uma escola.

Uma observação a ser feita é que a escola vizinha ao terreno além do período matutino e vespertino, tem o período noturno, horário em que as ruas estão mais desertas. Pela probabilidade do terreno vazio está sendo local de venda de drogas, haveria a possibilidade se ser oferecido a esses jovens.

Figura 1- Localização do terreno



Fonte: (Google Maps, 2023)

Através das setas indicadas na figura 1, a seta em amarelo é a escola que faz divisa com o terreno e a seta em vermelho é indicado o terreno que se encontra vazio atualmente.

Figura 2- Condições atual do terreno

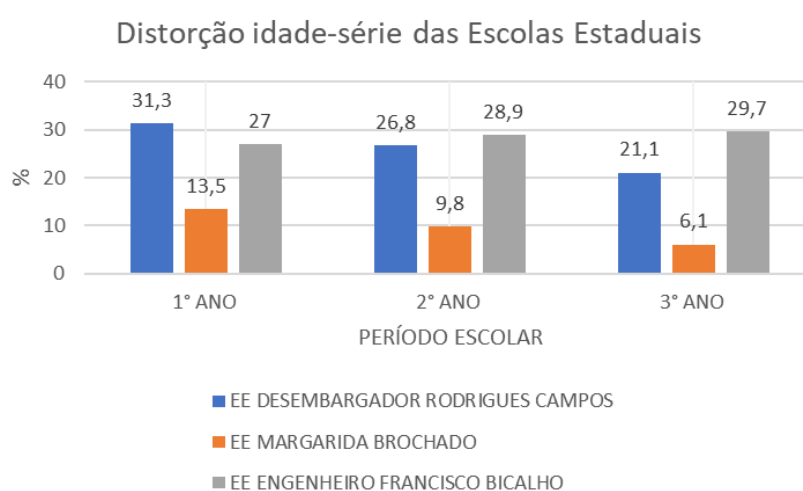


Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Com base na figura 2 pode-se destacar o acúmulo de lixo no terreno e é possível visualizar potes abertos, que podem estar acumulando água em período de chuva, já que não possui a manutenção do terreno. Também destacar que o terreno encontra vazio e ao fundo da figura a escola vizinha.

Com os dados obtidos de três escolas da região, foi possível realizar um breve levantamento dos jovens que residem na região do Barreiro e com esse dado foi possível averiguar a distorção idade-série dos jovens, se tornando um dado importante para dar seguimento ao projeto.

Gráfico 1: Distorção de idade-série das escolas próximas ao terreno



Fonte: (INEP, 2022)

Com base dos dados obtidos no gráfico 1 é visível que as escolas possuem a média baixo dos 5% que seria o ideal, a média das escolas da região passam de 10% de distorção idade série, considerando que o levantamento é realizado através de 100 jovens de cada ano.

Com a obtenção dos dados expostos anteriormente, foi possível verificar o público-alvo do projeto e principalmente demonstrar como está a situação atual do terreno. Com o desenvolvimento do projeto estaria contribuindo com a redução de um vazio urbano, devido o terreno não se tratar de uma praça pública.

Também por ter um público-alvo de jovens e fazer com que eles sejam incluídos no mercado de trabalho, com conhecimento de tecnologia e como ela mudará o mundo, sabe-se que com o passar dos anos quanto mais conhecimento tecnológico mais você estará à frente no mercado de trabalho.

Com a criação do projeto e eles compatibilizados, criará um plano de ação afim de executar o projeto com excelência, mostrando a economia de gastos, como o BIM auxiliou no projeto para que todas as fases fossem executadas sem que houvesse a interferência de possível problemas que são encontrados em obra, sendo um meio facilitador que mudará a forma que é executado os projetos atualmente, por mais que já esteja com projeto de implementação do BIM em todos os estados do Brasil.

ESTUDO DE CASO

Contextualização do problema de pesquisa

Através dos dados obtidos da prefeitura de BH, que mostram a vulnerabilidade juvenil, pode-se observar que há um alto índice de evasão escolar e falta de trabalho qualificados. Foi proposta a ideia de um centro tecnológico coligado com empresas da região para suprir a falta de mão de obra qualificada e, assim, aumentar a renda das famílias da região do Barreiro – BH, diminuindo o número de jovens se evadindo das escolas e aumentando o nível educacional desses jovens.

Em relação aos vazios urbanos, foi estudado um terreno na região, onde existia a Escola Estadual Alberto Delpino, que se encontra demolida. Foi feita uma visita ao local, que tem fácil acesso (através de transporte público) à toda região do Barreiro, possibilitando convênios com escolas das proximidades. Foi proposto no projeto uma estrutura em aço com fachada em vidro, energia limpa através de placas fotovoltaicas na laje do empreendimento e água reutilizada para limpeza, além de auditórios tecnológicos para uso da comunidade do entorno do empreendimento. O objetivo é aumentar a valorização da área e transformar vidas.

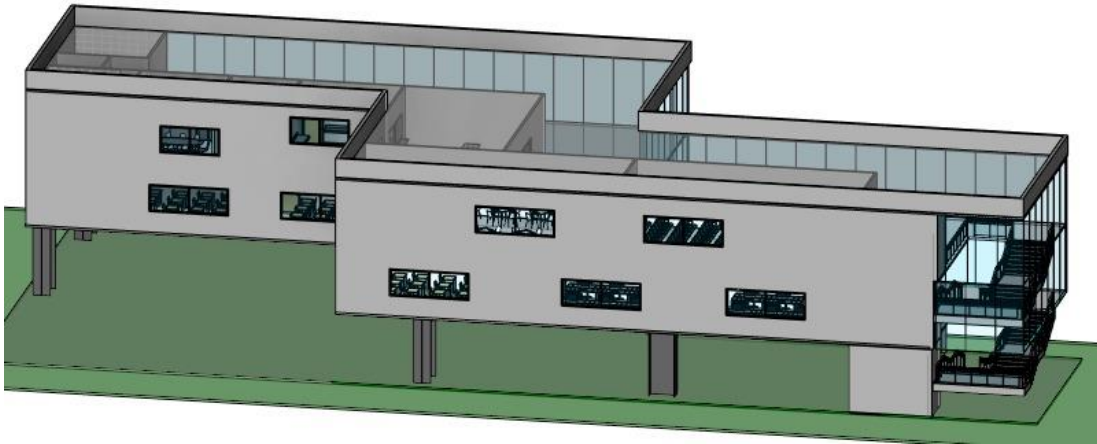
Modelagem dos dados

Figura 3- Vista Frontal



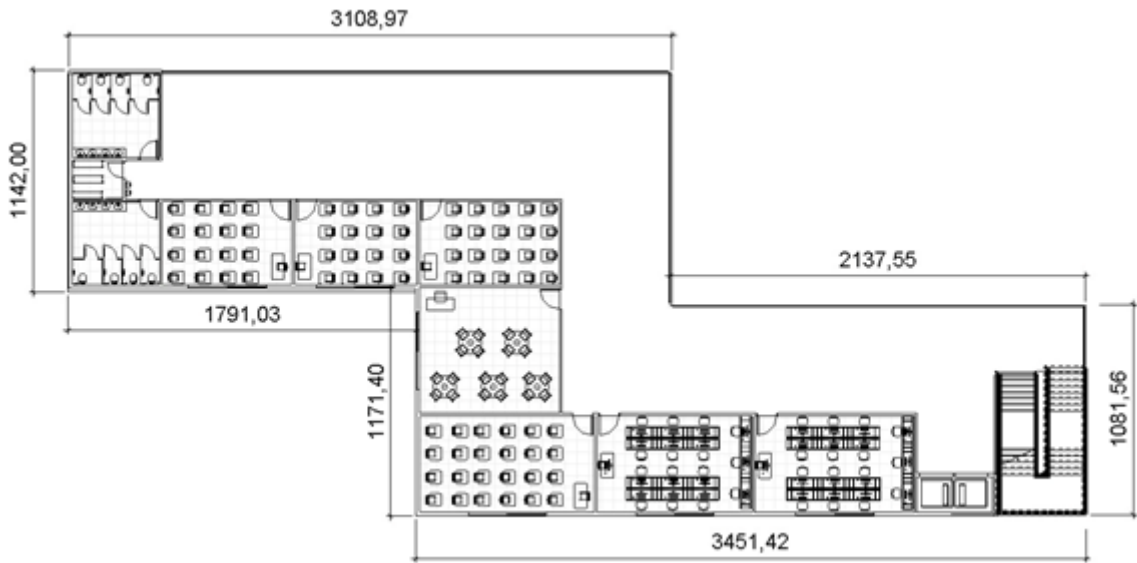
Fonte: (Elaborado pelos Autores, 2023)

Figura 4 - Vista Posterior



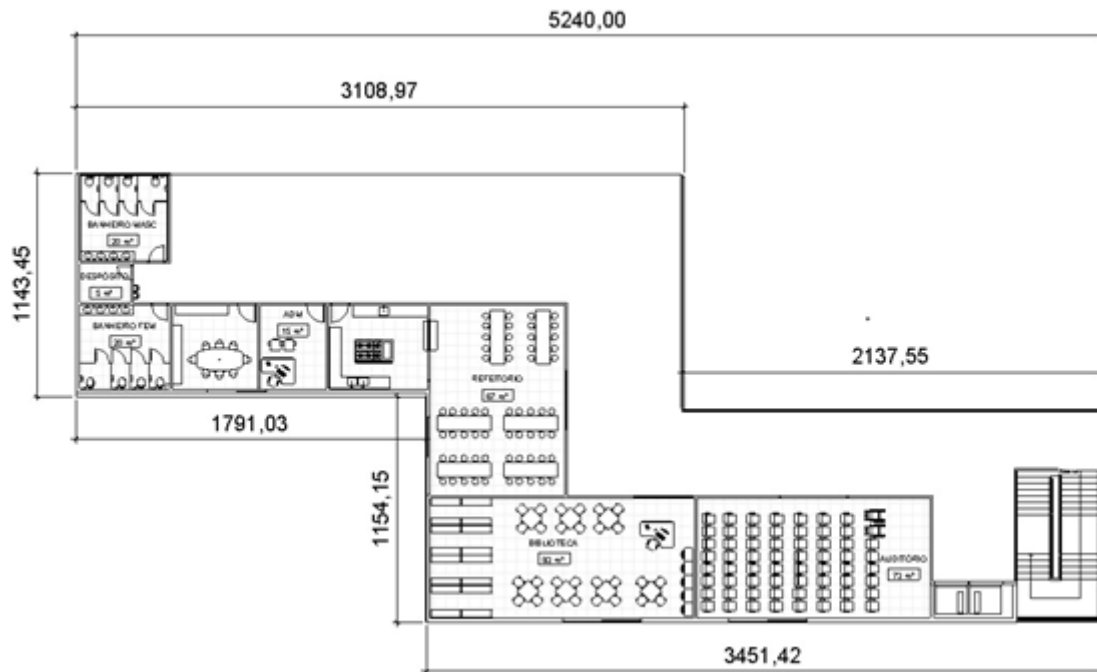
Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Figura 5- Planta Baixa do Pavimento 1



Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Figura 6- Planta Baixa Pavimento 2



Fonte: (Elaborado pelos Autores, 2023)

Análise dos resultados

Na parte arquitetônica do projeto foi realizada a compatibilização dos projetos: hidráulico, elétrico e arquitetônico. Usando os conceitos de BIM (Building Information Modeling), na compatibilização, foi possível identificar futuros problemas para a manutenção, reduzir valores da construção, diminuir o tempo de construção através do gerenciamento de obra e de custos. Isso foi possível a partir da utilização do software Revit 2022.

Para trabalhos futuros sugere-se a implementação no projeto:

- **Captação da água de chuva-** O funcionamento da captação da água pluvial, sendo realizada através de áreas permeáveis, geralmente é captada pelo telhado, através do sistema de calha e passando por um processo de tratamento e acondicionada em um reservatório, podendo ser feito de forma subterrânea, apoiada ou elevada, com isso sendo estruturado de diversas formas, MAY (2009).

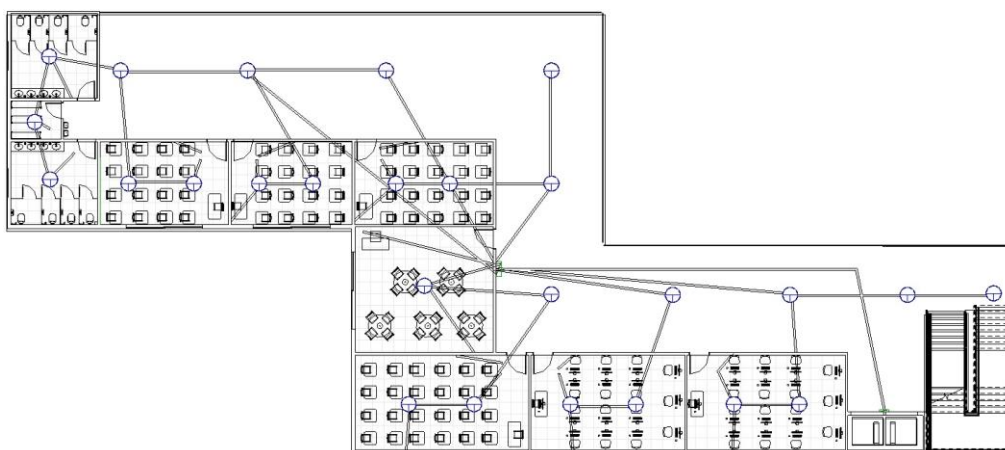
- **Usina fotovoltaica-** Conforme Azevedo, *et al.* (2015) diz que a geração de energia por meio de energias renováveis é de grande notoriedade para o abastecimento de energia ao setor energético em períodos de baixo rendimento da produção das usinas hidrelétricas, com a descentralização do fornecimento de eletricidade pode-se reduzir a dependência de fontes de energia tradicionais e aumentar a confiabilidade, melhora o fornecimento de energia local.

PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A proposta de solução para o projeto do Centro Tecnológico será o desenvolvimento conforme as figuras que serão apresentadas. Com isso, o processo de compatibilização através do BIM tornou possível a visualização da distribuição hidráulica, elétrica e da acessibilidade do Centro Tecnológico, tendo em vista que os ambientes foram organizados de acordo com as distribuições corretas dos pavimentos.

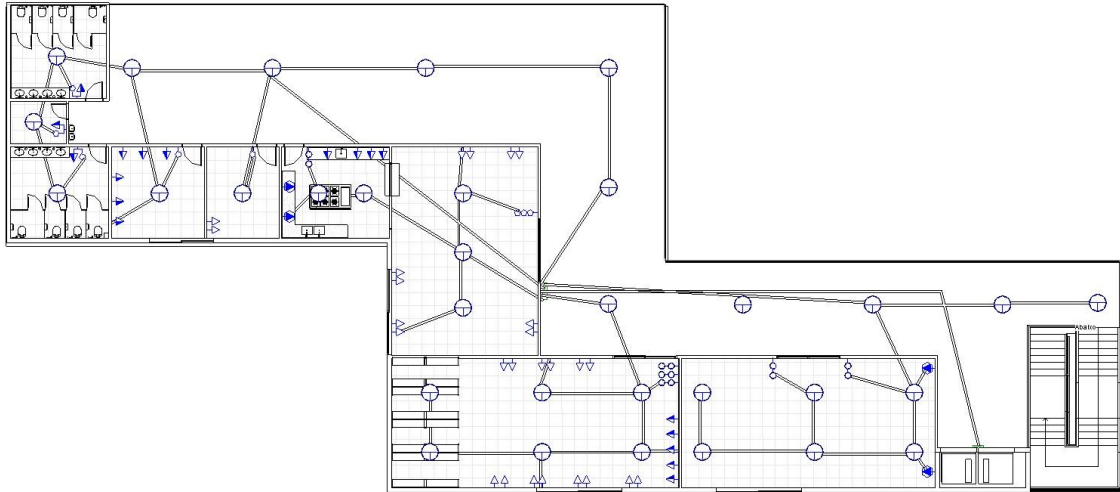
Com base no desenho universal que, no projeto, mostra as disposições dos elevadores, a acessibilidade dos banheiros, os vãos de porta que serão maiores de 100cm, e demais características para que qualquer pessoa possa se acomodar sem quaisquer constrangimentos. Com isso, tem-se um prédio inclusivo, acessível a todos e comprometido com o desenvolvimento intelectual de seus participantes.

Figura 7- Planta do projeto elétrico pavimento 1



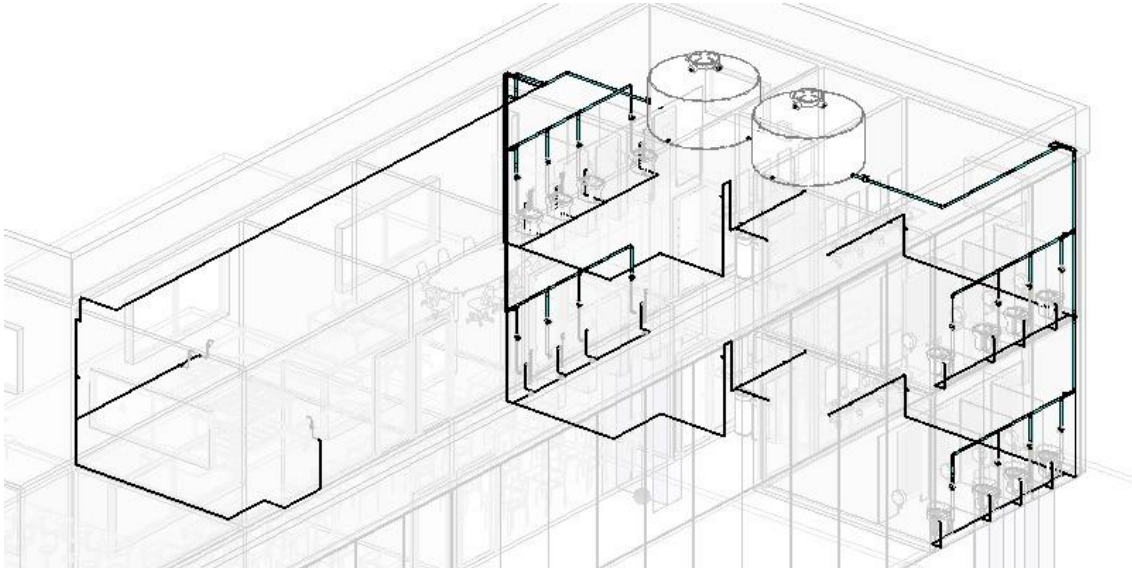
Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Figura 8 - Planta do Projeto Elétrico Pavimento 2



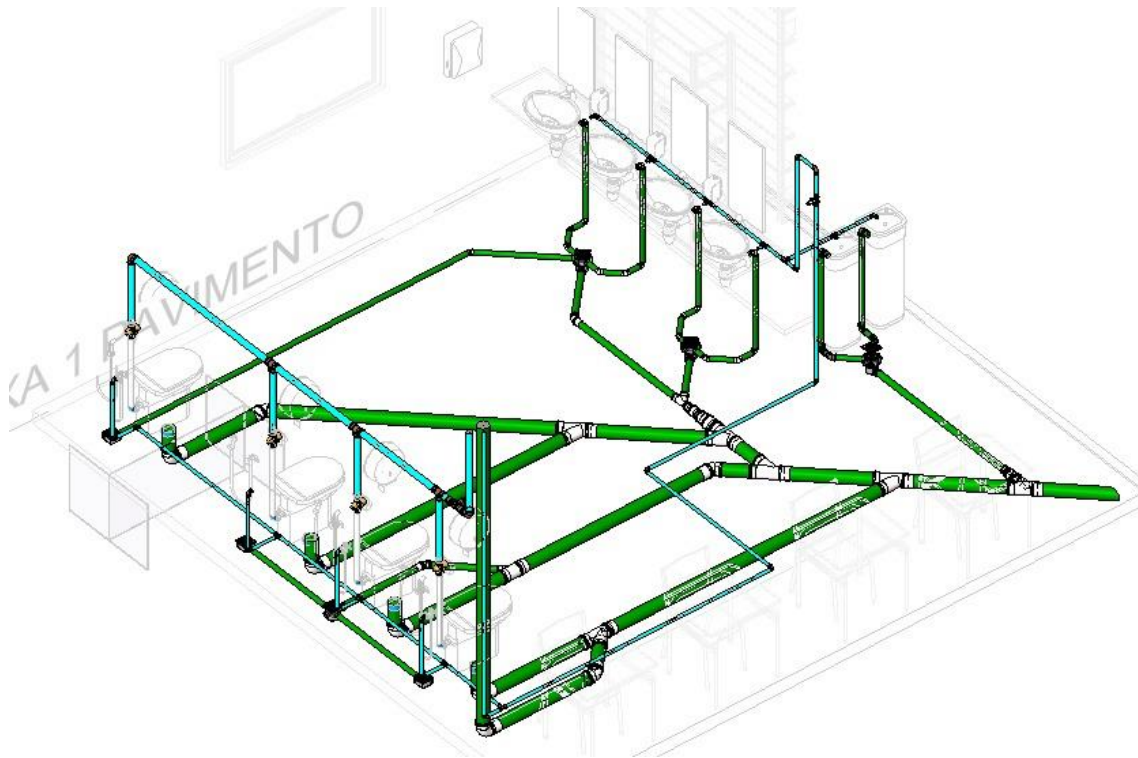
Fonte: (Elaborado pelos Autores, 2023)

Figura 9- Vista do Projeto Hidráulico



Fonte: (Elaborado pelos Autores, 2023)

Figura 10 - Vista do Projeto Hidráulico: Sanitários



Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

CONCLUSÃO

Na busca de elaborar um projeto acessível, tecnológico, evitando retrabalhos e ainda auxiliando o meio ambiente, notamos que a construção do Centro Tecnológico é viável e amplamente possível, a fim de atender todas as premissas supracitadas.

No presente trabalho, deve-se destacar que, o uso do REVIT para elaboração de projetos hidráulico, elétrico e arquitetônico exige um conhecimento prévio da ferramenta. Porém, apesar do software apresentar diversas funções que auxiliem em tal execução, usá-las pode ter muita dificuldade, caso seja usado por novos profissionais na área.

Apesar disso, apoiando em instruções de manuais e nos ensinamentos fornecidos em aula, consegue-se elaborar projetos claros e bem próximos da realidade, o que é de grande valia para a correta realização da edificação. Ressaltando sempre que um projeto compatibilizado possui menores riscos de retrabalhos, estourros de orçamentos e outros problemas “recorrentes” dentro da Engenharia Civil.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** NBR 9050: Acessibilidade à edificações, mobiliário, espaços e equipamentos. Rio de Janeiro, p. 24. 2015. Disponível: https://acessibilidade.unb.br/images/PDF/NORMA_NBR-9050.pdf
- BAGGIO, Rodrigo. **A sociedade da informação e a infoexclusão.** Scielo Brasil, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ci/a/r4MKb493CBVmyZSqqNbNCYG/?format=pdf&lang=pt>
- BARBOSA FILHO, W. P.; FERREIRA, W. R.; AZEVEDO, A. C. S. de; COSTA, A. L.; PINHEIRO, R. B. EXPANSÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: IMPACTOS AMBIENTAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 4, p. 628–642, 2015. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3467.
- BORDE, Andrea de Lacerda Pessoa. Percorrendo os vazios urbanos. 2013. **Artigo – X Encontro Nacional da ANPUR.** Disponível: <http://www.prourb.fau.ufrj.br/integrantes/andrea-de-lacerda-pessoa-borde/>
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Resumo Técnico: Taxa de distorção idade-série, 2020.** Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/indicadores-educacionais/taxas-de-distorcao-idade-serie>
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância à Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Política Nacional de Promoção da Saúde: PNaPS: revisão da Portaria MS/GM nº 687, de 30 de março de 2006 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância à Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde.** –Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pnps_revisao_portaria_687.pdf
- DE PAULA, H. M.; RODRIGUES, K. C.; MESQUITA, H. de C.; EDUARDO, R. C. Mapeamento sistemático de referências do uso do BIM na compatibilização de projetos na construção civil. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 13, n. 1, 2017. DOI: 10.5216/reec.v13i1.45014. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/45014>
- MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/publico/SIMONE_MAYOK.pdf
- PAIVA, Daniel Capistrano Sarinho. **Uso do BIM para compatibilização de projetos: Barreiras e oportunidades em uma empresa construtora.** 2016. 16 f. TCC

(Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Estatísticas e indicadores, índice de vulnerabilidade juvenil de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/estatisticas-e-indicadores/indice-de-vulnerabilidade-juvenil-de-belo-horizonte>

RECODE. **Sobre a Recode**. Recode, 2023. Disponível em: <https://recode.org.br/sobre-a-recode/>

RILEY, D. & HORMAN, M. 2001. **Os efeitos da coordenação do projeto na incerteza do projeto, 9ª Conferência Anual do Grupo Internacional para Construção Enxuta**. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/156>

VILLACA, Flavio Jose Magalhaes. **Uma contribuição à história do planejamento urbano no Brasil. O processo de urbanização no Brasil**. Tradução. São Paulo: EDUSP, 1999.

VILLAROUCO, Vilma. Acessibilidade sob diversos olhares. **Revista Pós FAUUSP Pós** V.18 N29. São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/posfau/article/download/43735/47357/52194>

REGULAMENTAÇÃO DE ÁREAS DE VIVÊNCIA E CANTEIROS DE OBRAS COM APLICAÇÃO DE DIRETRIZES E PROCESSOS DO “LEAN CONSTRUCTION”

Arthur Navarro Menezes de Carvalho¹

Isabella Izaias de Almeida²

Rafaela Santos de Sena³

Maria Aparecida Fernandes Almeida⁴

RESUMO

O presente artigo aborda a complexidade do setor da construção civil, enfocando a importância do planejamento do canteiro de obras como ferramenta vital para prevenir contratemplos, prejuízos e desperdícios. Destaca-se a resistência de construtoras de forma geral em adotar normativas e tecnologias contemporâneas dispostas como a gestão do Lean Construction. O trabalho destaca a eliminação de processos não agregadores de valor e a necessidade de uma mudança de mentalidade por parte dos gestores para sua implementação bem-sucedida, propondo um estudo de viabilidade na Empresa X, visando aprimorar a eficiência produtiva, otimizar serviços de mão-de-obra e reduzir custos e prazos, com ênfase na aplicação de normativas obrigatórias, notoriamente descumpridas repetidamente ao longo do período de execução das edificações civis e a introdução dos conceitos Lean e análise dos desafios associados à sua aplicação no canteiro de obras da empresa.

Palavras-chave: metodologia; impacto; análise.

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é complexo e abrange uma série de variáveis. Trata-se de uma atividade que está em constante desenvolvimento, operando em um ambiente extremamente dinâmico. Devido a essa natureza movimentada, o planejamento do canteiro de obras se faz uma ferramenta vital, cuja principal função é a prevenção de possíveis contratemplos, prejuízos e desperdícios. A respeito disso, ainda é grande o número de canteiros que não utilizam as normativas e tecnologias disponíveis hoje em dia no mercado, principalmente, as construtoras de grande, médio e pequeno porte.

¹ Graduando do curso de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: anmcarvalho@pucminas.br.

² Graduanda do curso de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: isabella.izaias@sga.pucminas.br.

³ Graduanda do curso de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: rafaela.sena1176909@sga.pucminas.br.

⁴ Profa. Dra. Orientadora do Projeto Integrador II do Curso de Engenharia Civil. PUC Minas – E-mail: mafa@pucminas.br.

A filosofia de gestão do Lean Construction tem sua base na eliminação prioritária de processos que não acrescentam valor à obra, na manutenção de um fluxo de trabalho contínuo e na realização simultânea de atividades. Tudo isso deve ocorrer de maneira coordenada, a fim de evitar estoques desnecessários, ociosidade da mão de obra e atividades sem valor. O principal desafio para sua implementação consiste na mudança de mentalidade por parte dos gestores. Uma vez que essa transformação ocorre, tudo se torna mais simples, o que é um princípio fundamental do Lean Construction (Silva, 2020).

O propósito deste trabalho é a realização de um estudo de viabilidade de implementação do sistema de gestão de processos na Empresa X, conhecido como Lean Construction, em construções de áreas de vivência e canteiros de obras com um baixo custo econômico. A intenção é aprimorar a eficiência produtiva da Empresa X, com base nas normas, otimizar os serviços de mão-de-obra e reduzir custos e prazos. Além disso, o trabalho busca objetivos específicos, como introduzir os conceitos do pensamento Lean e seus benefícios para os trabalhadores presentes e analisar os desafios associados à aplicação dessa metodologia no canteiro de obras da Empresa X.

Problema e objetivos

Foi realizado um estudo na empresa X, voltada para área de construção civil industrial, onde seus segmentos são supermercados, prédios comerciais, reformas e outros. Onde um dos maiores índices de prejuízos se dá através de áreas de vivência e canteiro de obras não normalizados, onde a condição de trabalho e índices de produtividade são os mais afetados em questão.

A problemática em estudo se caracteriza com o não cumprimento de legislações e requisitos legais na construção das áreas de vivências e canteiro de obras em um todo da empresa X, acarretando direta e indiretamente prejuízos através de multas e penalidades em casos de fiscalizações ou processos trabalhistas. Impactando no custo estipulado para execução de uma obra sendo necessário uma alteração nos estudos realizados referente a viabilidade do projeto e sua etapa de execução.

Caracterizando como uma segunda problemática a produtividade, um canteiro de obras da empresa X, onde os estudos de viabilidade não se baseiam em normativas e qualidade de vida para os trabalhadores presentes, ocasiona uma vertente negativa, levando a uma produtividade mediana na qual impacta diretamente no prazo de entrega da obra em execução pela empresa X.

O presente trabalho tem como objetivo a realização de um estudo de viabilidade para a implementação de construções de áreas de vivência e canteiros de obras com um baixo custo econômico, considerando-se se os mesmos forem normalizados. Com o desenvolvimento da proposta através de estudo da viabilidade e posicionamento estratégico onde o Lean Construction auxilia na gestão de processos e dentre eles os processos de regulamentação, a fim de otimizar custos e um aumento na produtividade, promovendo a qualidade de trabalho para todos os colaboradores envolvidos na obra em questão.

O intuito do estudo é maximizar o período de produtividade dos trabalhadores através da metodologia aplicada referente a implementação e viabilidade da construção de uma área de vivência e canteiro de obras de acordo com as normativas específicas como a Norma Regulamentadora 18 (Brasil,2020) e Norma Regulamentadora 24 (Brasil, 2019), contemplando a qualidade, saúde e segurança para os colaboradores presentes em obra.

A aplicabilidade das diretrizes do Lean Construction, em junção com as normativas, promove o planejamento prévio de viabilidade de projetos impactando diretamente na produtividade e custos da empresa X ao iniciar uma obra.

Esta mudança para novas diretrizes de planejamentos, ocasionará implementações de obras, com planejamentos, gestões normativas e de baixo custo econômico. A fim de prevenir a perda de matérias primas provocadas pelos desperdícios, tendo aumento significativo na produtividade e qualidade mediante as atividades dinâmicas desenvolvidas ao longo de toda obra no âmbito de todas as áreas, sendo elas de pavimentação pesada, infraestrutura ou a edificação e etc.

Alinhando os processos a serem seguidos na implementação da pesquisa em questão, seguindo as diretrizes do Lean Construction a ideia principal é utilizar todas as vertentes de planejamento e gestão criando uma associação as normativas a serem seguidas obrigatoriamente em todo o período executivo da obra desenvolvida pela empresa X.

Será feito estudos perante todas as etapas da obra, desde um reconhecimento prévio de onde será realizado a obra, até a etapa final e entrega do empreendimento em execução pela empresa X.

- I. *Viabilidade de Projeto:* Esta fase envolve uma análise preliminar que abrange projetos de implantação, infraestrutura, estudos de viabilidade técnica e de projeto, análises realizadas no local da obra e estimativas de custos para materiais e mão de obra.

- II. *Projeto*: Nesta etapa, elaboram-se os projetos de acordo com as dimensões reais da obra e o número de trabalhadores envolvidos, respeitando todas as diretrizes das normas regulamentadoras relevantes.
- III. *Planejamento*: No que diz respeito ao planejamento, a abordagem Lean Construction descreve-o em três vertentes. O planejamento de curto prazo refere-se ao estudo em análise e à dinâmica do canteiro de obras, considerando as exigências normativas e legislações temporárias. As vertentes de médio e longo prazo referem-se à implantação contínua ao longo do processo executivo da obra, envolvendo aplicações diárias e eventuais.
- IV. *Execução*: O processo executivo do estudo será dividido em fases da obra, pois quando se avalia a construção de uma área de vivência e o planejamento do canteiro de obras como um todo, estamos lidando com a execução que precede a obra principal. A execução da área de vivência e a implementação das normativas e legislações no canteiro de obras seguem os princípios de uma construção, abrangendo etapas como fundações, estrutura básica, vedações externas e instalações elétricas e hidráulicas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A área de vivência e canteiro de obras quando nomeada como normatizada, obrigatoriamente a mesma deverá atender os quesitos legais da NORMA REGULAMENTADORA 18 (Brasil, 2020) e NORMA REGULAMENTADORA 24 (Brasil, 2019), desenvolvida pelo Ministério do Trabalho, a fim de promover saúde e segurança no trabalho em obras em um todo.

Com a aplicabilidade da metodologia Lean Construction, a fim de realizar uma construção economicamente viável e enxuta, evitando desperdício de material e otimizando o tempo de produção, obtendo um produto final com qualidade. Seguindo as diretrizes de processos realizando estudos de viabilidade, projetos, planejamentos e execução.

A implementação do Lean Construction envolve a aplicação dos princípios e técnicas do Lean Management para otimizar processos, reduzir desperdícios e melhorar a eficiência na execução de projetos de construção. Aqui estão algumas etapas e práticas-chave para implementar o Lean Construction:

- I. *Estabelecer um Compromisso com os superiores*: Moldar os superiores sobre os princípios do Lean Construction e obter seu compromisso em aplicar essas práticas.
- II. *Formar uma Equipe de Implementação*: Criar uma equipe dedicada para liderar a implementação do Lean Construction, incluindo representantes de diferentes áreas da empresa.
- III. *Identificar os Objetivos e Metas*: Estabelecer metas claras e mensuráveis, como redução de tempo de ciclo, diminuição de desperdícios, aumento da eficiência e melhoria da qualidade.
- IV. *Mapear os Fluxos de Valor*: Identificar e mapear os fluxos de valor em seus processos, desde a concepção até a entrega do projeto. Identificar atividades que agregam valor e eliminem ou minimize atividades que não agregam.
- V. *Identificar e Eliminar Desperdícios*: Aplicar os princípios do Lean para identificar e eliminar desperdícios, incluindo transporte, estoque, movimentação, espera, superprodução, processamento excessivo e defeitos.
- VI. *Promover o Trabalho em Equipe Colaborativo*: Incentivar a colaboração entre as equipes, tanto internas quanto com fornecedores e subempreiteiros. Promova reuniões de equipe regulares para discutir progresso, identificar problemas e buscar soluções em conjunto.
- VII. *Padronizar Processos*: Desenvolver padrões de trabalho para atividades e processos comuns, para garantir consistência e eficiência em toda a organização.
- VIII. *Aplicar a Melhoria Contínua*: Estimular a cultura de melhoria contínua, incentivando os membros da equipe a identificar oportunidades de aprimoramento e implementar mudanças incrementais.
- IX. *Utilizar Ferramentas Lean*: Implementar ferramentas Lean para otimizar os processos e eliminar desperdícios.
- X. *Desenvolver Parcerias com Fornecedores*: Estabeleça parcerias colaborativas com fornecedores e subempreiteiros para melhorar a comunicação, coordenação e eficiência na cadeia de suprimentos.
- XI. *Treinar e Capacitar*: Fornecer treinamento e capacitação adequados para os funcionários, garantindo que eles entendam os princípios do Lean Construction e estejam aptos a aplicá-los.

XII. *Avaliar e Monitorar o Progresso*: Estabelecer indicadores-chave de desempenho (KPIs) para medir o progresso em relação aos objetivos e metas estabelecidos. Fazer avaliações periódicas e ajuste as estratégias conforme necessário.

A implementação bem-sucedida do Lean Construction requer treinamento, comprometimento e envolvimento de toda a equipe envolvida no projeto. Também é importante adaptar os princípios do Lean às necessidades específicas de cada projeto, pois cada construção pode apresentar desafios diferentes.

Além disso, a tecnologia desempenha um papel importante na implementação do Lean Construction, com o uso de software de gerenciamento de projetos, modelagem de informações da construção (BIM) e outras ferramentas digitais que podem melhorar a eficiência e a comunicação entre as partes envolvidas.

Em resumo, a implementação do Lean Construction busca melhorar a eficiência, reduzir desperdícios e entregar projetos de alta qualidade de forma mais rápida e econômica. É um processo contínuo de melhoria que exige comprometimento e envolvimento de todos os participantes do projeto. Portanto, houve embasamentos nessas metodologias ratificando uma melhoria do canteiro de obra para que ao invés de atrasar o cronograma e planejamento e gerar custos indiretos, traga uma eficiência de produção e trabalho e assim possamos mudar a realidade de funcionamento das obras em geral da construção civil.

METODOLOGIA

A pesquisa utilizada no presente trabalho foi descritiva e exploratória em relação aos objetivos, visto que, proporciona uma proximidade com a questão.

Desta forma, a metodologia envolve um estudo de caso através de normas regulamentadoras existentes para a construção civil, dados obtidos em campo e levantamentos fornecidos pela empresa X.

Os dados obtidos abordam os problemas em que o descumprimento de normas e a falta de diretrizes e processos na execução de suas obras acarretam de malefícios e prejuízos para as obras, como por exemplo o aumento do índice de acidentes, afastamentos e perda de mão de obra qualificada, multas e implicações legais, baixa produtividade e impacto na qualidade do trabalho.

Através do estudo de caso e as tabelas desenvolvidas juntamente aos dados reais da empresa X, iremos elaborar uma proposta que diminua os problemas identificados e

correlacionados ao respectivo estudo. Utilizaremos a metodologia do Lean Construction para auxiliar nesta solução.

As limitações da pesquisa estão no fato de haver apenas os dados de uma única empresa específica, não podendo fazer uma média detalhada dos dados com comparativos de outras empresas, que impede um melhor levantamento sobre as particularidades de cada caso e seus resultados.

ESTUDO DE CASO

Contextualização do Problema em Pesquisa

Durante um levantamento de dados na empresa X, foi identificado o descumprimento de normas e a falta de diretrizes e processos na execução de suas obras, abrangendo tanto a criação de áreas de vivência quanto o planejamento de canteiros de obras.

Os prejuízos resultantes da falta de planejamento do canteiro de obras podem ser identificados claramente. A empresa X em estudo já passou por várias fiscalizações realizadas pelo Ministério do Trabalho, onde algumas resultaram em multas devido à ausência de planejamento e ao não cumprimento de normas. No entanto, os impactos negativos não se limitam apenas às questões de fiscalização e processos trabalhistas.

É justo considerar a falta de planejamento adequado de canteiros de obras e áreas de vivência como um grande obstáculo para a produtividade. Isso resulta em diversos pontos negativos, sendo eles.

- a) *Aumento nos Índices de Acidentes*: A falta de organização no canteiro de obras pode levar a condições inseguras, aumentando o risco de acidentes. Isso não apenas coloca em perigo a segurança dos trabalhadores, mas também resulta em custos associados a lesões e danos materiais.
- b) *Afastamentos e Perda de Mão de Obra Qualificada*: Acidentes frequentes podem resultar em afastamentos temporários ou permanentes de trabalhadores qualificados. A perda de talento humano experiente afeta negativamente a produtividade e pode levar à necessidade de treinamento e contratação de novos funcionários.
- c) *Multas e Implicações Legais*: Como mencionado, a empresa X enfrentou multas devido ao descumprimento de regulamentos. Essas penalidades não apenas resultam

em custos diretos, mas também podem afetar a reputação da empresa X e suas relações com autoridades reguladoras.

- d) *Baixa Produtividade*: A falta de um canteiro de obras bem planejado pode levar a ineficiências operacionais, atrasos na conclusão do projeto e desperdício de recursos.
- e) *Impacto na Qualidade do Trabalho*: A falta de diretrizes e processos adequados pode resultar em um trabalho de qualidade inferior, o que pode levar a retrabalho e insatisfação do cliente da empresa X.

LEVANTAMENTO DOS DADOS QUANTITATIVOS

Para fins de pesquisa, é possível utilizar dados concretos sobre a produtividade de três setores distintos em uma obra executada pela empresa X como exemplo. Neste contexto, consideramos um caso específico de infração normativa em que a empresa X foi multada devido ao seu descumprimento.

Sendo realizado um paralelo entre o valor da penalidade imposta, os gastos necessários para regularização e a perda de produção em três setores diferentes: engenharia, obra e segurança. Esses dados serão obtidos a partir da análise de atividades realizadas na mesma obra em estudo, que foi conduzida pela empresa X na região de Minas Gerais.

Para a realização da pesquisa sobre a obra executada pela empresa X, pode - se seguir estas etapas:

a. Normativa em aplicação no estudo do caso:

De acordo com a NORMA REGULAMENTADORA 18 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (Brasil, 2020) – segundo os itens:

- 18.5.5 Deve ser de, no máximo, 150 m (cento e cinquenta metros) o deslocamento do trabalhador do seu posto de trabalho até a instalação sanitária mais próxima.

- 18.5.6.1 O fornecimento de água potável deve ser garantido de forma que, do posto de trabalho ao bebedouro ou ao dispositivo equivalente, não haja deslocamento superior a 100 m (cem metros) no plano horizontal e 15 m (quinze metros) no plano vertical.

(Portaria MTP n.º 4.390, de 29 de dezembro de 2022 30/12/22)

Obra executada pela empresa X na região de Minas Gerais em análise.

b. Coleta Dados:

O valor da penalidade aplicada à empresa X devido ao descumprimento da normativa em cada item supracitado pode variar de acordo com o número de funcionários presentes na obra e a quantidade necessária de deslocamento a pé por funcionários. Podendo haver reincidência de cobrança obtendo reajustes e em casos de não regularização, acarretará uma penalidade estipulada juridicamente, podendo chegar até ao embargo da obra, conforme a Norma Regulamentadora 28 (Brasil, 2022).

Seguindo as diretrizes do Lean Construction e utilizando todas as vertentes de planejamento, gestão e criando uma associação as normativas a serem seguidas obrigatoriamente atendendoos itens normativos supracitados em todo o período executivo da obra desenvolvida pela empresa X seria, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 – Análise de valores

DESCRIÇÃO DE GASTOS	VALOR R\$	MULTA APLICADA	VALOR R\$
Comprar bebedouro industrial 200L	R\$ 2.396,99	Número de empregados 101 - 250	R\$1.241,00
Instalações hidráulicas	R\$ 2500,00		R\$ 4.948,00
Total gasto dentro das exigências normativas	R\$ 4.896,99	Total em penalidades podendo haver reajustes	R\$1.241,00 á R\$ 4.948,00

Fonte: (Elaborada pelos autores, 2023)

c. Análise de Produção:

Foi realizada uma análise em setores distintos, como engenharia, obra e segurança, conforme apresentado na figura 2.

Figura 2 – Representação salarial dos funcionários da empresa X

CARGO	SETOR	SALÁRIO BASE (R\$)	HORA (R\$)
Técnico em segurança no trabalho	Segurança	R\$ 3.000,00	R\$ 13,64
Pedreiro	Obra	R\$ 2.000,00	R\$ 9,09
Auxiliar de engenharia	Engenharia	R\$ 1.650,00	R\$ 7,50

Fonte: (Elaborada pelos autores, 2023)

A análise de dados reais da empresa X em relação a produtividade nos setores de segurança, engenharia e obra, conforme apresentado na figura 3 e 4.

Figura 3 – Controle de produtividade diária de Pedreiro

CONTROLE DE PRODUÇÃO EM REVESTIMENTO		
OBRA: MINAS GERAIS		
EMPRESA X - PRODUÇÃO SEMANAL DE REVESTIMENTO		
QUANTIDADE PRODUZIDA POR UM PEDREIRO		
DATA	QUANT. ARGAMASSA (UND)	METRAGEM PRODUZIDA DIÁRIA (M²)
<u>Revestimento AC - II</u>		
02/10/2023	10	20,243
03/10/2023	8	16,6114
04/10/2023	9	18,035
05/10/2023	10	20,96
06/10/2023	12	25,0681
TOTAL	49	20,1835

Fonte: (Elaborada pelos autores, 2023)

Figura 4 – Controle de gestão diária do Técnico em Segurança e Auxiliar de Engenharia.

ACOMPANHAMENTO E GESTÃO DE OBRAS	
OBRA: BETIM	
EMPRESA X - ATIVIDADES DE ACOMPANHAMENTO DIÁRIOS	
Técnico em Segurança no Trabalho	Responsável por supervisionar todas as atividades executadas na obra, realizando análises preliminares de riscos e gerenciando os terceirizados presentes no canteiro de obras.
Auxiliar de Engenharia	Atua diretamente na resolução de problemas, interpretação de projetos, medições e oferece acompanhamento em tempo integral no campo.

Fonte: (Elaborada pelos autores, 2023)

d. Avaliação de Impacto:

O objetivo é elaborar uma diretriz que apresente evidências concretas das vantagens resultantes da aplicação rigorosa das regulamentações pertinentes, bem como da gestão de viabilidade de projetos e custos antes do início das construções das áreas de vivência e canteiros de obras, seguindo os princípios do Lean Construction. Essa abordagem visa otimizar a eficiência, minimizar o desperdício e promover a excelência na execução de projetos de construção.

Na situação atual da obra em desenvolvimento pela empresa X, a distância na qual todos os trabalhadores presentes na obra deveriam percorrer a pé seria de 500 metros linear, sendo assim, os mesmos percorriam uma distância a pé de 1000 metros ao todo para utilizar instalação sanitária e acesso à água potável. Uma situação na qual está em desacordo com a disposição nos itens normativos contemplados na NORMA REGULAMENTADORA 18 supracitada.

A fim de avaliar os impactos causados pelo descumprimento disposto na normativa supracitada, pode-se avaliar o prejuízo financeiro ocasionado na produtividade dos funcionários presente na obra em estudo. Considerando um período de duração para a obra em execução de 8 meses, preza estipulado contratualmente, conforme apresentado na figura 5.

Figura 5 - Avaliação de impactos e prejuízos

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS			
Descrição	Pedreiro	Aux. Engenharia	Tec. Segurança
Distância para sanitários (Ida/Volta)	1000 m	1000 m	1000 m
Distância para água potável (Ida/Volta)	1000 m	1000 m	1000 m
Valor pago por hora trabalhada	R\$ 9,09	R\$ 7,50	R\$ 13,64
Quantidade produzida por hora	2,53 m	Acompanhamento e retirada de dúvidas	Acompanhamento e retirada de dúvidas
Tempo gasto para percorrer (Ida/Volta)	00:08:00	00:08:00	00:08:00

Quantidade média de vezes a ida e volta nos sanitários e bebedouros	6	6	6
Total em tempo gasto	00:48:00	00:48:00	00:48:00
Total em horas mensais	10:56:00	10:56:00	10:56:00
Valor paga mensal em deslocamento para sanitários e bebedouros	R\$ 95,99	R\$ 79,20	R\$ 144,04
Produtividade mensal não aproveitada	26,717m	Perda de acompanhamento dos trabalhos, podendo ocasionar diretamente retrabalhos.	Perda de acompanhamento profissional, podendo ocasionar diretamente a acidentes de trabalho.

AVALIAÇÃO DE PREJUÍZOS NO PERÍODO CONSTRUTIVO COMPLETO			
Descrição	Pedreiro	Aux. Engenharia	Tec. Segurança
Considerando o valor pago ao decorrer de uma cobra com periodicidade de 8 meses.	R\$ 767,92	R\$ 633,60	R\$ 1.152,31
Total em horas paga por deslocamento		R\$ 2.553,83	

Fonte: (Elaborada pelos autores, 2023)

Análise do Contexto dos Resultados

Este estudo visou aprofundar a compreensão dos impactos financeiros e operacionais do não cumprimento de normativas e ausência de estudos de viabilidades em projetos de construção, com foco nos setores de engenharia, segurança e obra, proporcionando uma visão abrangente dos prejuízos resultantes de infrações normativas, utilizando dados reais da empresa X em estudo.

Como toda obra, a obra em estudo executada pela empresa X possui uma data de início e uma data de término. Contratualmente, foi prevista a execução da mesma dentro de

um período de 8 meses, considerando-a como uma edificação de grande porte, com níveis de detalhamento específicos. Através de estudos de viabilidade e diretrizes do Lean Construction, isso impactará diretamente na otimização do tempo de produção e na redução de prejuízos financeiros.

Levando em consideração todos os dados apresentados anteriormente, é possível avaliar a quantidade de prejuízos financeiros e de produção. Um estudo de viabilidade do projeto, para a projeção de canteiros de obras e áreas de vivência a baixo custo, consequentemente teria otimizado o tempo de produtividade.

Em resumo, o planejamento adequado de canteiros de obras e áreas de vivência é essencial para a segurança, eficiência e sucesso de projetos na construção civil. É importante que a empresa X adote práticas adequadas de planejamento e cumpra as normativas para evitar prejuízos significativos.

Os dados coletados se referem a uma amostragem de apenas três colaboradores presentes na obra, quando realizado o número total de trabalhadores presentes é possível alcançar a média de prejuízos de até R\$200.000,00 no período da execução de toda a obra, com base nesses dados coletados da empresa X em pesquisa.

PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Como proposta de solução para a empresa X, visando estabelecer metas de produção e programação de serviços, tendo em vista que um cronograma global não é tão preciso para se ter uma base para a gestão diária. Nesse sentido, torna-se imperativo adotar metodologias de planejamento que capturem de forma mais precisa cada fase da obra, segmentando o processo em prazos de longo, médio e curto prazo.

Essa divisão atua como um filtro no cronograma geral, focando exclusivamente nas atividades de um período específico. O intuito é fornecer um guia direcionado às equipes de campo, permitindo que operários e supervisores executem suas tarefas em conformidade com uma sequência alinhada ao cronograma global da obra. Dessa forma, eles têm consciência dos prazos e uma visão abrangente do empreendimento como um todo (Pádua, 2013).

O planejamento de longo prazo representa o nível inicial de detalhamento do projeto, sendo mais abrangente e adequado para os níveis superiores da gestão empresarial. Ele engloba apenas alguns elementos e tem como principal propósito proporcionar uma visão

geral das etapas da obra, estabelecer as datas cruciais e realizar uma identificação preliminar dos recursos necessários (Mattos *apud* Pádua, 2013).

Durante essa fase de planejamento, busca-se identificar o momento ideal para adquirir materiais que demandam um prazo mais extenso. O planejamento de longo prazo representa o nível estratégico, conhecido também como master plan, e se concentra na definição estratégica das ações, incluindo a gestão eficiente da aquisição de materiais com prazos mais longos (Pádua, 2013).

O planejamento de médio prazo é desenvolvido com o intuito de capacitar o engenheiro a identificar e selecionar, a partir do plano de longo prazo, quais tarefas serão executadas nas semanas subsequentes. Após tomar essa decisão, cabe a ele viabilizar a realização dessas atividades ou reprogramar aquelas que não podem ser realizadas no momento (Ballard *apud* Pádua, 2013).

O planejamento de médio prazo tem o alcance de, normalmente, 5 semanas a 3 meses, com atualização mensal. Além disso, ele permite que trabalhos independentes sejam agrupados, possibilitando uma supervisão compartilhada. Além disso, identifica um estoque de pacotes de trabalho que podem servir como alternativa no caso de problemas com aqueles atribuídos às equipes de produção. O planejamento de médio prazo é classificado como nível tático de planejamento e é também conhecido como “look-ahead planning” (Mattos *apud* Pádua, 2013).

O planejamento de curto prazo representa o terceiro nível de detalhamento do projeto, caracterizando-se como a programação operacional direcionada à equipe de obra. Com semanal ou quinzenal, sua finalidade é estabelecer metas de maneira clara e imediata, orientando as ações da equipe no dia a dia da execução.

Esse tipo de planejamento possui um elevado grau de detalhamento, uma vez que é elaborado próximo ao início das atividades. É ideal para identificar as razões pelas quais as tarefas e metas semanais atrasaram ou não foram cumpridas conforme o planejado. Essa abordagem é a melhor ferramenta para o monitoramento contínuo da obra, fornecendo um relatório de progresso das frentes de serviço de maneira constante. Conhecido também como “Last Planner System”, esse método permite que a equipe de obra ajuste o planejamento de médio e longo prazo à realidade da obra (Mattos *apud* Pádua, 2013).

Considerando o planejamento por curto, médio e longo prazo iremos adotar na Empresa X a metodologia: percentual da programação concluído (PPC).

PERCENTUAL DA PROGRAMAÇÃO CONCLUÍDO

O Percentual da Programação Concluído (PPC) é calculado como a proporção entre as atividades que foram totalmente concluídas no período do planejamento de curto prazo e o total de atividades planejadas para esse período. Esse indicador é valioso, pois revela a eficácia do planejamento de curto prazo e avalia o quão preciso ele é na execução das tarefas programadas.

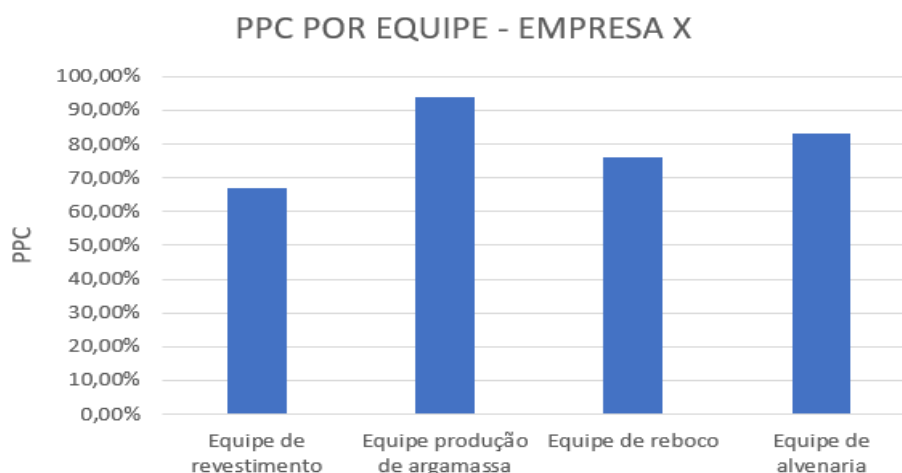
Um patamar entre 75% e 85% representam normalmente um bom desempenho das equipes, já que o planejamento de curto prazo tem o objetivo de instigar as equipes a sempre aumentarem a produtividade e baterem metas de produção (Mattos *apud* Pádua, 2013).

Antes de iniciar os trabalhos do período, o setor de administração da obra, engenheiro, mestre de obras e encarregados, devem ter o planejamento em mãos e segui-lo rigorosamente. Ao final do período, os planejadores e os responsáveis pela produção se reúnem para avaliar e analisar o PPC, bem como as causas dos desvios observados. Recomenda-se reuniões semanais com a equipe de obra, destinadas a verificar o alcance das metas propostas no planejamento de curto prazo. Essas reuniões desempenham um papel crucial, elas não apenas fortalecem a confiança dos membros na planificação da obra, mas também permitem identificar as causas de eventuais descumprimentos da programação, questões que provavelmente seriam negligenciadas (Pádua, 2013).

Traçar gráficos de evolução do PPC ao longo das semanas é uma prática valiosa para fornecer ao gerente de obras uma visão abrangente do progresso global dos serviços em relação ao planejado semanalmente. Esses gráficos podem ser segmentados por equipe, destacando o desempenho individual de cada frente de serviço. Essa abordagem visual não apenas simplifica a análise, mas também permite uma compreensão mais detalhada do desempenho de cada equipe, facilitando a tomada de decisões e ajustes conforme necessários.

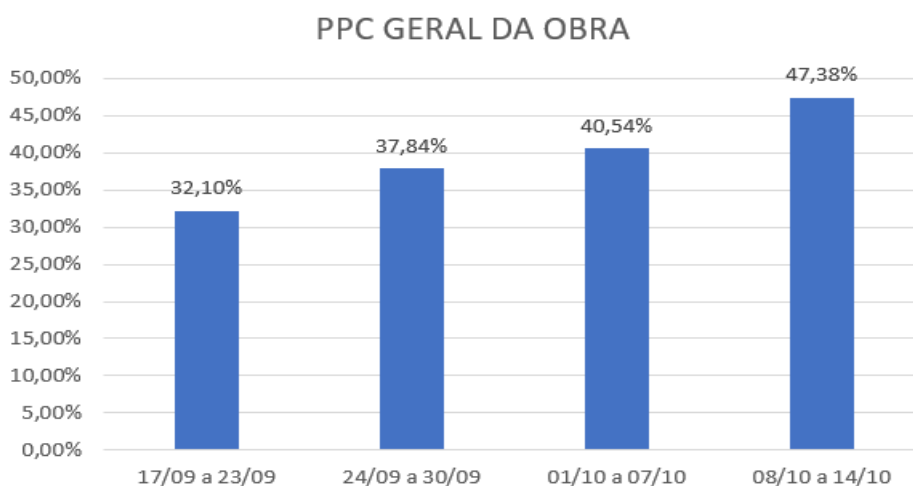
Nas Figura 6 e Figura 7 são apresentados exemplos de gráfico de PPC por equipe e PPC geral da obra, com base nos dados coletados da empresa x.

Figura 6 - Gráfico de evolução PPC por equipe



Fonte: (Elaborada pelos autores, 2023)

Figura 7 - Gráfico de evolução PPC geral da obra



Fonte: (Elaborada pelos autores, 2023)

CONCLUSOES

Em síntese, o estudo de caso analisado na empresa x destaca a relevância vital de um processo eficiente de planejamento e controle da produção na indústria da construção brasileira. A evidência clara apresentada revela que a implementação dessas práticas é fundamental para alcançar objetivos essenciais, como a entrega pontual, a qualidade superior e a adesão aos limites orçamentários estipulados.

A análise do indicador PPC demonstrou o êxito das ações adotadas pela empresa x, não apenas na mitigação de desperdícios e perdas, mas também no incremento da produtividade das equipes, alinhando-se aos princípios fundamentais da filosofia lean.

A racionalização dos processos desempenha um papel central na prevenção de perdas, enfatizando a importância de um planejamento de obra robusto. Nenhuma abordagem lean pode prosperar em um cenário de planejamento deficiente ou controle ineficaz da execução. Assim, alicerçar uma obra em um planejamento sólido e vigilância atenta surge como condição primordial para garantir a continuidade e eficácia de iniciativas lean na construção, proporcionando um ambiente propício ao sucesso e à eficiência no setor.

Observa-se também que o planejamento do fornecimento de materiais no canteiro de obras da empresa x só se torna viável quando há um planejamento eficaz da execução dos serviços, aliado a um levantamento preciso dos quantitativos de materiais e à colaboração efetiva dos fornecedores. É indispensável que os parceiros e fornecedores estejam alinhados, atendendo às demandas da obra no momento e na forma necessários. Nesse contexto, a implementação de um programa lean em na empresa x não deve ser iniciada apenas com a adoção das ferramentas lean, mas sim com a criação de uma cultura sólida de planejamento e controle de obras entre o corpo técnico da empresa. As ferramentas lean apresentam seu máximo desempenho em ambientes previamente planejados e organizados. A Lean Construction visa a eliminar desperdícios e aumentar a produtividade, metas que somente podem ser alcançadas em ambientes devidamente organizados, controlados e planejados. Contudo, as ações implementadas no canteiro de obras da empresa x demonstraram aderência à filosofia lean de produção, destacando-se especialmente pelos princípios de ampliação da transparência nos processos, redução do tempo de ciclo e diminuição das atividades que não agregam valor ao produto. Isso ressalta a importância de uma abordagem integrada e planejada ao adotar práticas lean na construção, reforçando a ideia de que a eficácia dessas ferramentas está intrinsecamente ligada a um ambiente organizado e controlado.

Portanto, trabalhos futuros têm a possibilidade de aplicar com êxito as ferramentas lean em obras que já possuam um nível adequado de controle e organização. Isso permitiria uma avaliação comparativa da eficácia de cada ferramenta, identificando quais desempenham um papel mais significativo no sucesso da implementação da filosofia lean de produção. Estudos subsequentes podem se dedicar a mensurar o impacto das ações de capacitação em equipes de obra, abrangendo tanto os aspectos administrativos quanto os de produção, nas

áreas de produtividade das equipes, layout do canteiro de obras e controle de estoques. Isso se torna especialmente relevante, já que a continuidade das ações está intrinsecamente ligada à transformação da filosofia de produção das equipes.

Além disso, outras investigações podem se concentrar na avaliação das variações nos consumos de materiais em diferentes frentes de serviço, proporcionando uma visão clara da eficácia das abordagens Lean no controle de perdas e na minimização da geração de resíduos. Essas análises aprofundadas contribuirão para uma compreensão mais abrangente dos benefícios práticos e das áreas de impacto mais expressivas na implementação das práticas lean na indústria da construção.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora 18 Saúde e segurança no trabalho na indústria da construção**. Redação dada pela Portaria SEPRT n.º 3.733, de 10 de fevereiro de 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-18-atualizada-2020-2.pdf>. Acesso em: 02 nov.2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora 24 Condições sanitárias e conforto nos locais de trabalho**. Redação dada pela Portaria SEPRT n.º 1.066, de 23/09/19. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-24-atualizada-2022.pdf>. Acesso em: 02 nov.2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora 28 - Fiscalização e penalidades**. Redação dada pela Portaria MTP n.º 4.390, de 29 de dezembro de 2022 30/12/22. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-28-atualizada-2023.pdf>. Acesso em: 02 nov.2023.

PÁDUA, RAFAEL. **Implementação de Práticas de Lean Construction em uma Obra Residencial em Goiânia – Estudo de Caso**, Goiânia, 2013. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/IMPLEMENTA%C3%87%C3%83O_DE_PR%C3%81TICAS_DE_LEAN_CONSTRUCTION_EM_UMA_OBRA_RESIDENCIAL_EM_GOI%C3%82NIA_%E2%80%93_ESTUDO_DE_CASO.pdf. Acesso em: 02 nov.2023.

SILVA, D.C., DINIZ, M.I.L, SENA, T.S. **Aplicação do sistema lean constructian em obras de pequeno porte no município de Araruna - PB. V CONAPESC,2020**. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/ebooks/conapesc/2020/TRABALHO_EV138_MD7_SA100_ID608_06052020165921.pdf. Acesso em: 02 nov.2023.

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ETIQUETAGEM PELO MÉTODO RTQ C DO INMETRO: ESTUDO DE CASO NO PRÉDIO 15 DA PUC MINAS

Albert Anthony Fernandes Pires¹

Ana Clara Azevedo Fernandes²

Bárbara Calazans Reis³

Felipe Zola De Matos⁴

Marina Moreira Borges⁵

Felipe de Souza Abreu⁶

RESUMO

O estudo de caso abordou a eficiência energética em uma edificação privada da Pontifícia Universidade Católica e seu potencial de obtenção da classificação nível A, para Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Foi utilizado o método de avaliação criado em 2003 pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) denominado Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, RTQ-C (INMETRO, 2017) e dados obtidos a partir de simulações computacionais com o auxílio de ferramentas BIM, visando identificar possíveis melhorias nos aspectos avaliados. A análise do documento gira em torno de três sistemas principais, sendo eles: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Todos os 3 critérios avaliados geram uma classificação específica entre “A” e “E” e seus respectivos valores para obtenção da classificação global, gerada a partir de uma fórmula geral. Os resultados apontaram a necessidade de melhoria em todos os três pilares da classificação, no que diz respeito a transmitância térmica das paredes (envoltória), desligamento automático da iluminação (iluminação) e troca dos aparelhos de ar-condicionado por de maior eficiência (condicionamento de ar), para a obtenção da classificação “A” mais elevada da ENCE.

Palavras-chave: edificação existente; simulação; classificação; PBE; BIM.

INTRODUÇÃO

A busca por soluções que promovam a eficiência energética tem se tornado uma necessidade premente em um mundo marcado por desafios climáticos crescentes e pela urgência de conservação dos recursos naturais. Com a ideia de abordar assuntos importante para edificações de forma geral, foi despertado o interesse em abordar assuntos como desafios climáticos, conservação de recursos naturais, conforto térmico e acústico, assim promovendo a economia de energia elétrica e a redução do consumo de recursos naturais em edifícios,

¹ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: albert.pires@pucminas.br.

² Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: ana.fernandes@pucminas.br.

³ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: barbara.reis@pucminas.br.

⁴ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: felipe.matos@pucminas.br.

⁵ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: marina.borges@pucminas.br.

⁶ Doutor em Engenharia Civil. Professor Orientador de Projeto Integrador II. E-mail: felipe.abreu@pucminas.br.

contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a redução dos custos de operação. A eficiência energética, conceito central desta pesquisa, denota a capacidade de realizar uma determinada tarefa ou alcançar um objetivo específico com o menor consumo de energia necessário.

Como tema a pesquisa foi escolhido, estudo, e aplicação da “Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas”, também conhecido como RTQ-C. No Brasil, após a instituição do primeiro marco legal no campo da eficiência energética em 2001 (Brasil, 2001a), houve avanços notáveis no Programa Brasileiro de Etiquetagem. Em 2009, foram publicados os primeiros documentos de certificações para edificações (PROCEL INFO, 2017a). Posteriormente, em 2010, os requisitos para edificações residenciais foram estabelecidos sob a responsabilidade do Procel (Altoé, 2017).

Visando todos os benefícios citados acima, foi feita uma proposta para o prédio 15 da Pontifícia Unidade Católica de Minas Gerais. Ao analisar e adotar a regulamentação através das condições do edifício será possível obter uma redução de custos para a universidade, promover a proteção ambiental, sustentabilidade e a saúde/conforto dos indivíduos que utilizam a edificação.

RTQ-C como método de classificação da eficiência energética de edifícios comerciais: O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), define métodos de avaliação do edifício quanto ao nível de eficiência energética, usando como base três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. (PBE Edifica, 2017), classificando-os com cinco níveis de eficiência (A, B, C, D e E) sendo que para a classificação A, não existe limite superior uma vez que desempenhos elevados devem sempre ser almejados. (PBE Edifica, 2017)

Circuitos Elétricos: na classificação dos circuitos elétricos, é exigido que o circuito seja projetado separadamente de forma a permitir medições quando necessário salvo edifícios hoteleiros desde que possuam desligamento automático para quartos

Pré-requisitos específicos: além dos requisitos gerais (sistemas) como envoltória, iluminação, condicionamento de ar e simulação há pré-requisitos específicos que devem ser atendidos. (PBE Edifica, 2017). No caso da simulação, indica-se o tipo de programa e os arquivos utilizados. Quando usada a simulação computacional é necessário cumprir os pré-requisitos gerais de circuitos elétricos e aquecimento de água, bem como os requisitos específicos dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar.

Bonificações: iniciativas que aumentam a eficiência da edificação poderão receber até um ponto na classificação geral, porém devem ser justificadas e a economia comprovada.

As normas brasileiras relacionadas com a temática de conforto e eficiência energética, descrevem métodos para avaliar o desempenho térmico da envoltória de edificações, tais como as NBR 15220 (ABNT, 2005) e NBR 15575 partes 4 e 5 (ABNT, 2013) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações, PBE - Edifica (INMETRO, 2013).

Modelagem e simulações computacionais: a Modelagem de Informação da Construção (BIM - Building Information Modeling) é uma abordagem na gestão de projetos de construção. Ela permite a criação de modelos digitais tridimensionais detalhados e integrados que contêm informações sobre todos os aspectos de uma edificação.

METODOLOGIA

Para o estudo de caso apresentado, inicialmente foi realizada uma extensa revisão da literatura, consultando artigos científicos, livros e documentos técnicos relacionados às temáticas de conforto térmico, certificados de qualidade (RTQ-C) e modelagem computacional. Essa revisão serviu como base para a fundamentação teórica do estudo, a fim de adquirir conhecimentos para fundamentar a análise de desempenho do prédio 15 da PUC Minas.

O comportamento térmico do prédio foi avaliado por simulações computacionais utilizando softwares especializados para obter dados virtuais. Os resultados obtidos nas simulações foram comparados com os critérios estabelecidos pelo certificado ENCE. Essa análise permitiu verificar se o prédio atende aos padrões de qualidade estabelecidos. Foi conduzida uma análise crítica para avaliar os critérios abordados pela Norma de Desempenho e pelo certificado ENCE do INMETRO.

Com base na análise dos resultados obtidos, foi elaborada uma proposta com alterações de projeto que visam melhorar o conforto térmico da edificação, tornando-a mais adequada aos padrões de qualidade exigidos pela instituição.

ESTUDO DE CASO

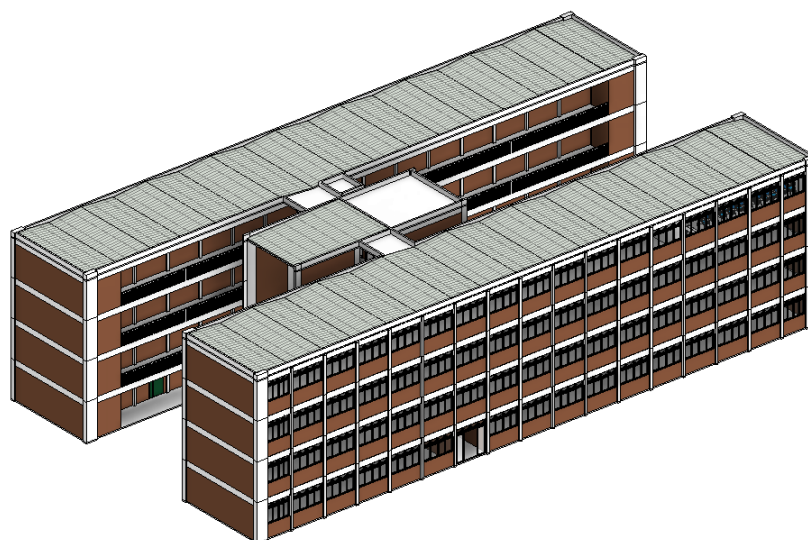
A presente edificação está situada na Zona Bioclimática 3, em conformidade com a norma técnica NBR 15.220-3 (2005), direcionada para a cidade de Belo Horizonte - MG. Composta por quatro pavimentos, e área total construída de 3.928m², o prédio da PUC-MG no Coração Eucarístico engloba espaços destinados a salas de aula, laboratórios e instalações sanitárias.

Foi utilizada a modelagem em 3D a partir do software BIM “Revit”, criada partir de levantamentos de medidas em campos em conjunto com informações previamente disponibilizadas, com o objetivo de aumentar a produtividade das medições posteriores, auxiliar

na criação do acervo técnico em BIM da universidade e alimentar as simulações realizadas também no ambiente 3D.

O exterior do edifício revela uma fachada, revestida em tijolinho laranja e adornada com detalhes em pintura de concreto. Internamente, a estrutura é composta por alvenaria, complementada por guarda-corpos em todos os andares em cobogós. Nas salas de aula comuns, o ambiente propício à aprendizagem é assegurado por seis ventiladores de parede, revestimento interno de gesso nas paredes, piso em revestimento emborrachado, detalhes em gesso no teto e pintura branca em paredes e tetos. São disponibilizadas aproximadamente 24 tomadas, 6 interruptores e 24 pontos de luz. Os laboratórios, espaços dedicados à pesquisa, abrigam cerca de 15 computadores e sistemas de ar-condicionado. Todas as janelas do edifício são simples, de correr e compostas por folhas duplas em PVC branco.

Figura 1 – Vista 3D da edificação



Fonte: (Elaborado pelo autor com auxílio do Revit, 2023)

Segundo o RTQ-C, o nível de eficiência da envoltória pode ser verificado a partir dos requisitos de transmitância térmica, cores e absorvância das superfícies, iluminação zenital, percentual de abertura na fachada e ângulo de sombreamento. A tabela abaixo indica os requisitos para atendimento aos níveis de eficiência da Zona Bioclimática 3.

Figura 2– Síntese das exigências para transmitância térmica de cobertura para os diferentes níveis de eficiência e Zonas Bioclimáticas

Zonas Bioclimáticas	U _{COB} A (W/m²K)		U _{COB} B (W/m²K)		U _{COB} C e D (W/m²K)	
	Ambientes Condicionados	Ambientes não condicionados	Ambientes Condicionados	Ambientes não condicionados	Ambientes Condicionados	Ambientes não condicionados
ZB 1 e 2	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	
ZB 3 a 8	1,0	2,0	1,5	2,0		

Fonte: (RTQ-C, 2017)

Figura 3 – Síntese das exigências para transmitância térmica de paredes externas os diferentes níveis de eficiência e Zonas Bioclimáticas

Zonas Bioclimáticas	U _{PAR} A (W/m²K)	U _{PAR} B (W/m²K)	U _{PAR} C e D (W/m²K)
ZB 1 e 2	1,0	2,0	3,7
ZB 3 a 6	3,7		
ZB 7 e 8	2,5W/m²K, para C _T < 80 kJ/m²K		
	3,7 W/m²K, para C _T > 80 kJ/m²K		

Fonte: (RTQ-C, 2017)

A transmitância térmica e coeficientes α de paredes e lajes foram consideradas tais como: U_{par} - 3,8W/(m²K), U_{cob} - 1,82W/(m²K), α _{PAR} - 54,3% e α _{COB} - 15,8%, o que enquadra a edificação como Nível E de eficiência para este requisito.

Figura 4 – Resultados da classificação a partir dos dados considerados ou obtidos pela modelagem

Fonte: (WebPrescritivo, 2009)

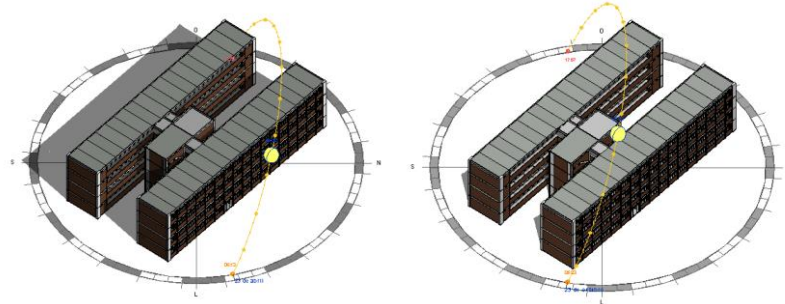
A ferramenta de avaliação disponibilizada pelo site do PBE Edifica juntamente com as tabelas disponibilizadas, demonstrou que a transmitância térmica das paredes externas limitou a classificação da envoltória por não cumprir com os pré-requisitos estabelecidos.

Para o item de iluminação, primeiro foi utilizado simulações para a avaliação dos pré-requisitos deste item quanto iluminação natural.

Os ensaios realizados foram em concordância com o item 13.2.2 da NBR 15575-1:2013 que aborda os critérios mínimos de simulação, assim sendo, os ensaios de iluminação devem

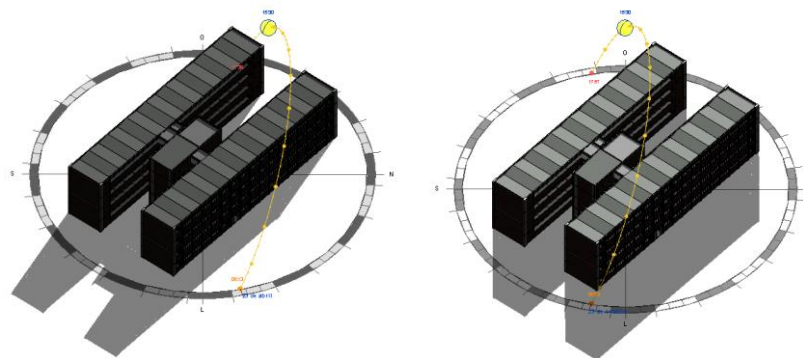
ser realizados no plano horizontal e em períodos da manhã (9:30h) e da tarde (15:30h) respectivamente, para os dias 23 de abril e 23 de outubro.

Figura 5 – Caminho do Sol as 09:30 dos dias 23 de abril e 23 de outubro respectivamente



Fonte: (Elaborado pelo autor com auxílio do Revit, 2023)

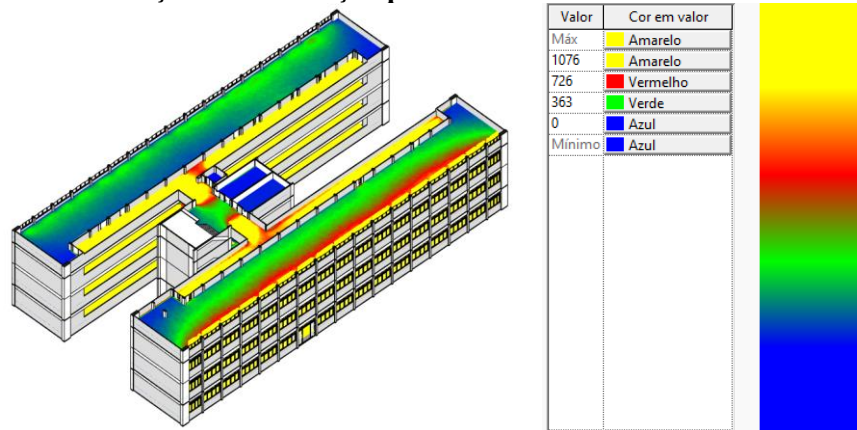
Figura 6 – Caminho do Sol as 15:30 dos dias 23 de abril e 23 de outubro respectivamente



Fonte: (Elaborado pelo autor com auxílio do Revit, 2023)

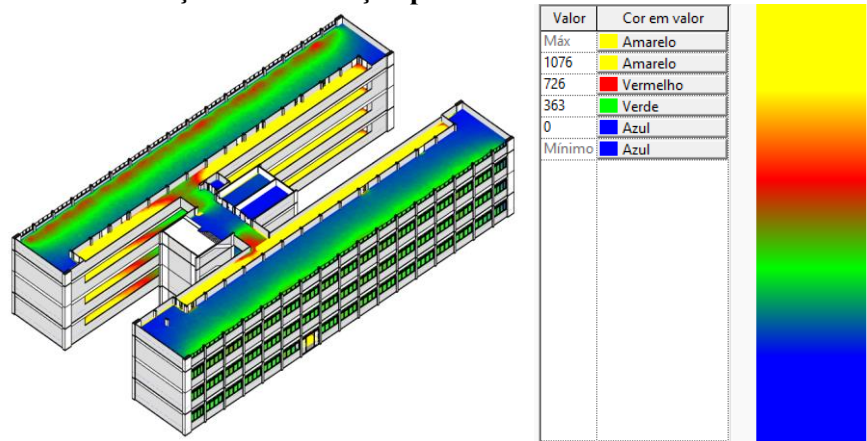
Os resultados da simulação lumínica a seguir dizem respeito aos piores resultados encontrados entre os dias mencionados na norma de desempenho, sendo a iluminação do dia 23 de abril as 15:30 e 23 de outubro as 09:30. Tal diferença se deve a posição do Sol em relação a cidade de Belo Horizonte nos dias mencionados, evidenciado tanto pelas imagens anteriores quanto pelos estudos da Wether Park.

Figura 7 – Simulação de iluminação para 9:30h do dia 23 de outubro de 2023



Fonte: (Elaborado pelo autor com auxílio do Revit, 2023)

Figura 8 – Simulação de iluminação para 15:30h do dia 23 de abril de 2023



Fonte: (Elaborado pelo autor com auxílio do Revit, 2023)

Figura 9 – Resultados de iluminação natural para os dias 23 de abril e 23 de outubro, respectivamente

Total de ambos - 71% de aprovação
 17% de tempo abaixo do limite
 12% de ambas as horas acima do limite

Total de ambos - 73% de aprovação
 15% de tempo abaixo do limite
 12% de ambas as horas acima do limite

Fonte: (Elaborado pelo autor com auxílio do Revit, 2023)

A partir dos dados apresentados, a edificação passa pelos pré-requisitos estabelecidos pelo RTQ-C no que diz respeito a iluminação natural.

Para evitar o desperdício de energia em espaços não ocupados, o RTQ-C estabelece três métodos para desligar sistemas de iluminação quando não há presença humana. Em ambientes maiores que 250 m² (nível A), é obrigatório utilizar um desses métodos. É importante ressaltar que o uso desses métodos não substitui a necessidade de um controle manual, proporcionando flexibilidade aos ocupantes.

Neste quesito, a classificação foi limitada em “B” por não possuir desligamento

automático de luzes como estabelecido anteriormente, como comprova os resultados a seguir.

Figura 10 – Resultados da classificação a partir dos dados considerados ou obtidos pela modelagem

Iluminação

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos Atende Não atende
 Contribuição da luz natural Atende Não atende Não se aplica
 Desligamento automático Atende Não atende Não se aplica

Atividade	Nº. de Unidades	Pré-Requisitos por ambientes			Potência [W]	Área [m ²]
		Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático		
1 Escola/Universidade	1	Atende	Atende	Não atende	20810	3928

Calcular Eficiência Limpar

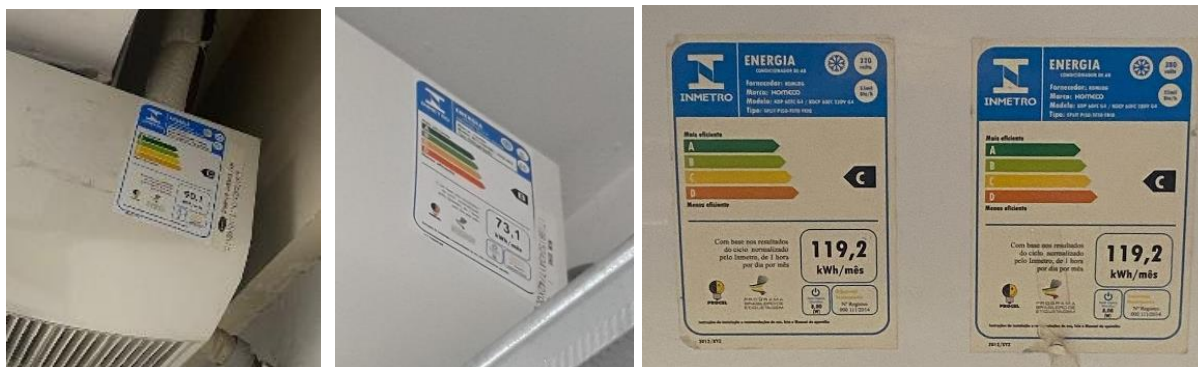
B

* Desde que observados os pré-requisitos de contribuição da luz natural e divisão de circuitos

Fonte: (WebPrescritivo, 2009)

Para o sistema de condicionamento de ar, foi realizada uma pesquisa mais aprofundada acerca do Prédio 15 para obter o valor de EqNumCA, sendo feito um levantamento das condensadores e evaporadoras que estão no local. Ao avaliar os ar-condicionados presentes no prédio, foi percebido que em grande parte eles apresentam seus níveis indicados nos próprios equipamentos.

Figura 11 – Alguns exemplos das etiquetas ENCE dos equipamentos instalados nos ambientes condicionados



Fonte: (Acervo pessoal, 2023)

No final, chegou-se à conclusão de que existem no total 9 ar-condicionados, diante das avaliações realizadas em cada equipamento pertencente ao prédio 15, adotando como referencial a classificação do tipo C devido ser o tipo que mais se apresentou delimitado nos equipamentos durante as análises deles. Com o referencial definido segundo o passo a passo do tópico de Procedimento de Determinação da Eficiência, onde por meio da Tabela 2.2 o Equivalente Numérico para a eficiência do condicionamento de ar, o valor adotado foi 3.

Figura 12 – Resultados da classificação a partir dos dados considerados ou obtidos pela modelagem

Condicionamento do Ar

Pré-Requisitos Gerais

Possui isolamento de tubulações
 Não possui isolamento de tubulações

Condicionadores de ar etiquetados

	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1	SALA 01	- 2 +	split	58000	3	C
			split	58000	3	C
2	SALA 02	- 2 +	split	18000	3	C
			split	18000	3	C
3	SALA 03	- 1 +	split	12000	3	C
4	SALA 04	- 1 +	split	36000	3	C
5	SALA 05	- 1 +	split	36000	3	C
6	SALA 06	- 1 +	split	38000	3	C
7	SALA 07	- 1 +	split	18000	3	C

Condicionadores de ar não etiquetados

- Condicionador de ar +	Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência
1		A	<input type="checkbox"/> Visualizar	

AU: 2789 m² ?
AC: 1088,88 m² ?

Calcular Eficiência Limpar

C

Fonte: (WebPrescritivo, 2009)

Para a classificação geral da edificação, é utilizada a fórmula geral descrita na figura abaixo, onde quase todos os valores dos equivalentes numéricos e seus respectivos fatores foram previamente calculados.

Figura 13 - Equação Geral

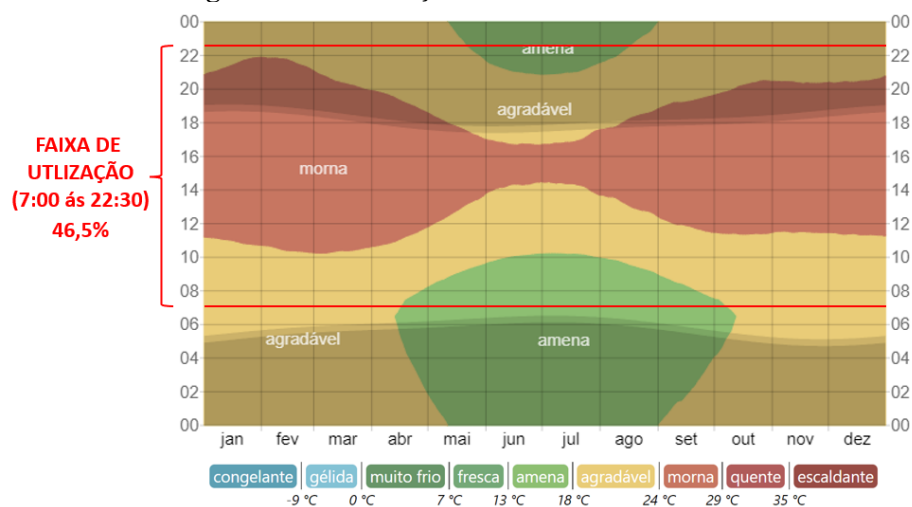
$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left(\text{EqNumEnv} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + 0,30 \cdot (\text{EqNumDP}) + 0,40 \cdot \left\{ \left(\text{EqNumCA} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + b_0^1$$

Fonte: (RTQ-C, 2017)

Dentro da classificação parcial do condicionamento de ar, foi calculado o EqNumV que expressa por meio de simulação, um valor representativo do conforto dos ambientes não condicionados artificialmente.

Foi realizada a partir dos dados das temperaturas médias diárias da cidade de Belo Horizonte fornecidos pelo site da WetherPark, a simulação do conforto térmico da edificação, durante o tempo de utilização, das 7:00 às 22:30.

Figura 14 – Simulação das horas em conforto

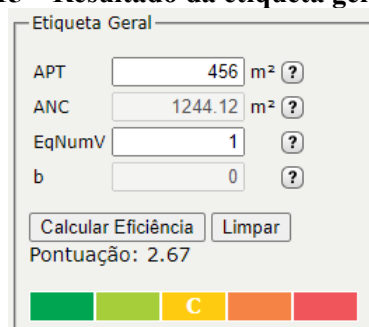


Fonte: (Wether Park, 2023)

Foi então definido que durante a faixa de utilização, o edifício obtém 46,5% das horas em conforto. A partir desse dado, foi utilizada a tabela de conversão do percentual de horas em conforto (POC) para equivalente numérico EqNumV, tendo resultado de 1 ponto.

A partir de todos os dados coletados, a classificação geral da edificação foi equivalente a “C”, obtendo a pontuação de 2,67 conforme demonstrado abaixo.

Figura 15 – Resultado da etiqueta geral ENCE



Fonte: (WebPrescritivo, 2009)

PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Durante o processo de avaliação constatou que os limitantes da classificação do prédio 15 foram a transmitância térmica das paredes externas, a não utilização do desligamento automático da iluminação e as classificações individuais dos aparelhos de ar-condicionados.

Para uma melhora da transmitância térmica das alvenarias externas, podem ser executadas alternativas a pintura do prédio em cores mais claras como areia ($\alpha_{PAR}=0,45$),

pêssego ($\alpha_{PAR}=0,43$) ou palha ($\alpha_{PAR}=0,37$), além da inclusão de uma lâmina de alumínio polido abaixo da telha de fibrocimento $U_{COB}=1,03W/(m^2K)$. Tais alterações são capazes de reduzir os coeficientes α e de transmitância térmica, proporcionando uma melhor eficiência energética. A pintura das fachadas da edificação custaria cerca de R\$145.000,00, enquanto a instalação do alumínio seria aproximadamente R\$47.000,00, totalizando R\$192.000,00 em reformas para adequar o prédio 15 ao Nível B de eficiência térmica quanto à envoltória e proporcionando um ambiente mais agradável à permanência.

Outra sugestão é a utilização de placas de meio drywall nas faces internas das alvenarias externas, diminuindo consideravelmente a transmitância térmica. Esta sugestão custaria em torno de 50 reais o metro quadrado, totalizando em R\$49.100,00. A solução também irá interferir no conforto térmico, melhorando o equivalente numérico da simulação de horas em conforto.

A configuração atual das alvenarias é em sua maioria de tijolos maciços no formato de paralelepípedo 9 x 5,3 x 19 cm, alcançando a transmitância térmica de 3,82 W/(m²K), conforme especificação do INMETRO, sendo possível sua redução em aproximadamente 90% para 0,4 W/(m²K) utilizando o método citado.

A iluminação obteve classificação parcial “B”, portanto não será abordada a viabilidade do desligamento automático, sendo opcional.

Quanto ao sistema de condicionamento de ar, há a instalação inadequada dos ar-condicionados, como é o caso da sala 214B, localizada no segundo andar do prédio. Nesta sala foram encontrados dois ar-condicionados de 58.000 BTU/h, demonstrando um superdimensionamento quanto a capacidade de potência de refrigeração para esse ambiente.

Diante da análise do caso em questão, recomenda-se a implementação de uma solução que otimize o sistema de climatização dessa sala. Propõe-se a substituição dos dois aparelhos de ar-condicionado existentes por um único equipamento dimensionado para atender às demandas térmicas do ambiente, o que custaria cerca de R\$13.000,00. Essa medida visa não apenas a redução do consumo energético, mas também a melhoria da eficiência do sistema de condicionamento de ar de forma particular e coletiva.

Recomenda-se também a escolha de um aparelho de eficiência energética superior ao nível C, que é a classificação dos equipamentos atuais, optando por modelos classificados entre os níveis B e A. Dessa forma, além de alcançar um ambiente climatizado com maior eficiência, contribui-se para a redução do equivalente numérico encontrado no prédio 15. Com exceção da sala 208 que possui um ar-condicionado de classificação B, se houvesse uma troca dos

aparelhos de classificação C para B ou A, será possível melhorar a classificação final de Condicionamento de Ar, o que custaria em torno de R\$29.000,00 dependendo do nível de classificação requerido.

CONCLUSÕES

O presente estudo de caso demonstrou por meio de métodos matemáticos, a eficiência energética de uma construção existente (prédio 15), localizado na PUC Minas do bairro Coração Eucarístico, Belo Horizonte, usando como base o método prescritivo do requisito técnico RTQ-C do INMETRO, para classificação e etiquetagem de edificações comerciais.

O prédio estudado obteve a classificação E para a envoltória, B para o sistema de iluminação e C para o sistema de condicionamento de ar, tendo uma classificação geral C. Os pontos de maior atenção que foram preponderantes para os resultados apresentados se referem a transmitância térmica das paredes, da não utilização de desligamento automático das luzes em horários de não funcionamento e a classificação individual dos aparelhos de ar-condicionado, respectivamente.

Os pontos críticos abordados são de fácil resolução para obtenção da classificação A geral, que não só geram benefícios para os usuários do prédio com um maior conforto térmico, mas também para o orçamento anual da Universidade, gerando economia energética e consequentemente monetária.

Um dos pontos positivos da obtenção da classificação e etiquetagem ENCE pelo método RTQ-C é a maior valorização da edificação no mercado imobiliário, principalmente para edificações residências que utilizariam o método RTQ-R. Isso é explicado pela tendência mundial na diminuição dos gastos energéticos devido à escassez de recursos, cada vez mais presente, que reflete no preço do kWh.

O método, porém, ainda não tem grande notoriedade no mercado brasileiro, gerando baixa adesão e diminuindo a viabilidade do estudo. Outro ponto negativo a ser apresentado é sua complexidade de análise, sendo realmente vantajosa sua utilização quando houver maior relevância no mercado. Caso seja de grande interesse a melhoria da eficiência energética da edificação, pode-se usar métodos menos complexos como é o caso das instruções normativas INI-C (comerciais, de serviços e públicas) e INI-R (residenciais) que visam aperfeiçoar os requisitos técnicos abordados no presente estudo.

REFERÊNCIAS

ALTOÉ, G. **Impactos da Eficiência Energética em Edificações no Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 8., 2017, São Paulo. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, São Paulo: ABESCO, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4 Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE**. Rio de Janeiro, 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15220: Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. Minas Gerais, 2005.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001a. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 out. 2001a.

PBE EDIFICA, **Manual para Aplicação do RTQ-C**. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_20170411_Notas_T%C3%A9cnicas%2BCapa.pdf> . Acesso em: 26 set. 2023.

PROCEL INFO. **Relatório Anual de Economia e Estatística**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2023.

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM AO PROCESSO DE MODELAGEM PARAMÉTRICA E PLANEJAMENTO 4D: ESTUDO DE CASO DE UMA REFORMA DE EDIFICAÇÃO COMERCIAL

Ana Luiza Duarte Campos¹

André Mata Machado Ramos²

Ivan Fontes De Souza Lima³

Lucas Tomaz Pereira⁴

Felipe De Souza Abreu⁵

RESUMO

Este artigo explora a aplicação prática do Building Information Modeling (BIM) na indústria da construção civil, com foco em projetos de reforma em Belo Horizonte. O estudo destaca a importância do alinhamento entre práticas de engenharia e normativas urbanísticas, demonstrando o papel do BIM como ferramenta chave para aprimorar eficiência, precisão e sustentabilidade em projetos construtivos. Através da modelagem 3D e do planejamento 4D, o BIM facilita o design e a construção, promovendo uma abordagem colaborativa e interdisciplinar. O artigo analisa as vantagens da modelagem 3D para a extração de informações e as do planejamento 4D para a interpretação de cronogramas, contribuindo significativamente para a literatura em engenharia civil e apontando para um futuro promissor na construção civil em ambientes urbanos complexos.

Palavras-chave: informação; cronograma; gerenciamento; regularização.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil passa por transformações significativas impulsionadas pela tecnologia e a necessidade de eficiência e sustentabilidade. O Planejamento de Empreendimentos na Construção Civil, aliado ao BIM, destaca-se como resposta eficaz a essas demandas. O planejamento em construção é desafiador devido à singularidade de cada projeto, exigindo flexibilidade. (Antônio e Marega, 2017). A Indústria 4.0, com sua evolução tecnológica, destaca o papel do BIM na promoção de colaboração, interoperabilidade e eficiência. (Santos *et al.*, 2018).

Planejar é um processo que estabelece metas e objetivos de forma minuciosa, envolvendo um plano de ações específicas e necessárias para alcançá-los, considerando todos os detalhes e aspectos relevantes de um projeto. O cerne de um planejamento é mitigar erros e desperdícios de recursos, bem como maximizar a eficiência e produtividade durante o processo de execução. (Baia, 2015).

¹ Graduanda em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: aldcampos@sga.pucminas.br

² Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: andre.ramos@sga.pucminas.br

³ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: ifslima@sga.pucminas.br

⁴ Graduando em Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: ltpereira@sga.pucminas.br

⁵ Professor Doutor Orientador de Projeto Integrador II do Curso de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: felipe.abreu.192090@pucminas.br

Com a evolução tecnológica rápida e constante a área da construção civil tem visto cada vez mais novas soluções em métodos, ferramentas, processos, conceitos, dentre outros. O Building Information Modeling (BIM) é algo que surge nesse contexto para tornar viável no mercado o uso de todas essas inovações, promovendo um ambiente favorável para que as empresas possam evoluir seus processos num ritmo adequado. (Campestrini, 2015).

A modelagem 3D se refere ao primeiro passo do uso do BIM, envolvendo o processo a partir da concepção inicial até o desenvolvimento dos projetos envolvidos – arquitetônico, estrutural, instalações, dentre outros. Nesta etapa, nota-se a presença de dois grandes pilares necessários para o uso eficiente do BIM, sendo eles a colaboração e o modelo computacional paramétrico. (Campestrini, 2015).

De acordo com Campestrini (2015), dimensão 4D do BIM é um termo que se refere ao planejamento do canteiro de obras. Na prática, adiciona ao BIM 3D um novo elemento, o tempo. O uso de cronogramas integrados ao modelo computacional ajuda a visualizar e planejar a execução do canteiro de obras, mantendo o operacional com a menor quantidade de tempo possível.

O crescimento desordenado dos centros urbanos, resultante da transição de uma civilização rural para urbana, acarreta impactos negativos na qualidade de vida, como congestionamentos, poluição e aumento das temperaturas. (Burgess, 1970). O planejamento urbano, fundamentado nas Legislações Urbanísticas, desempenha um papel crucial para direcionar o desenvolvimento urbano, regulamentando construções e reformas. (Hoffmann *et al.*, 2011).

Segundo Barbosa (2016), reformas de edificações são motivadas por fatores sociais, culturais, econômicos e a necessidade de atender às normativas técnicas e legislações vigentes. No contexto de Belo Horizonte, Minas Gerais, a análise da legislação urbanística, zoneamento e parâmetros urbanísticos se torna essencial para compreender as diretrizes que regem a construção e reforma de edificações. (Pinheiro, 2010)

Além disso, a acessibilidade e universalidade são considerações importantes, conforme preconizado pela ABNT NBR 9050:2020. A preocupação com a preservação do patrimônio construído destaca-se, abordando conceitos de restauração, como as escolas de Viollet-le-Duc e John Ruskin. Este trabalho explora, ainda, a importância do planejamento urbano no contexto atual, considerando o crescimento acelerado e desordenado de Belo Horizonte.

O modelo BIM 3D será a base de um estudo de caso sobre a reforma de uma edificação antiga. Ele visa garantir a qualidade do projeto, mantendo a conformidade com legislações

urbanísticas, normas, critérios sustentáveis e acessibilidade universal. O foco do trabalho, porém, é analisar os impactos do BIM 4D, ou seja, a integração do tempo (cronograma) no modelo gerado na etapa do BIM 3D, no estudo de caso como um todo para otimizar o planejamento do canteiro de obras.

METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa, combinando revisão sistemática da literatura e estudo de caso, culminando numa aplicação prática do BIM. A revisão sistemática investiga o referencial teórico do BIM na construção civil, utilizando bases de dados acadêmicas. O estudo de caso ocorre em uma edificação histórica em Belo Horizonte, aplicando técnicas BIM na reforma. A coleta de dados envolve levantamentos arquitetônicos, estruturais e análise de documentos históricos. O BIM é aplicado no desenvolvimento do modelo 3D, com planejamento 4D para visualização do progresso. A análise abrange viabilidade técnica, conformidade com normas, sustentabilidade e acessibilidade. Um relatório detalhado documenta todas as etapas do estudo, com análise qualitativa dos dados. Limitações, como disponibilidade de dados históricos, serão transparentemente abordadas na análise dos resultados.

ESTUDO DE CASO

O estudo visa compreender a estrutura e história de um edifício localizado na rua Alagoas, número 712, bairro Funcionários, Belo Horizonte – Minas Gerais. Construído nos anos 40, o imóvel de 267 m², com arquitetura colonial, abriga atualmente a escola de idiomas Wizard desde 2019.

A primeira etapa do estudo foi a caracterização geral da edificação. Teve-se como referência as plantas originais da arquitetura da edificação e nossa análise de campo para determinar as características como um todo (idade, método construtivo, área permeável, etc.).

Após a caracterização houve a etapa de levantamento de campo, onde entramos nos detalhes das medidas reais da edificação como um todo. Apesar de termos em mãos as plantas originais, esta etapa era importante para detalhar a situação atual da edificação, que já passou por algumas reformas e mudanças de acabamento que irão impactar no processo.

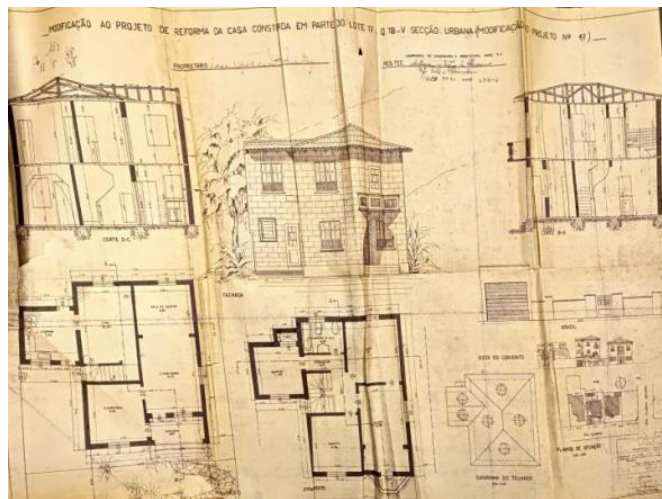
Tendo em mãos os dados do levantamento, houve então uma análise de normas e da legislação local, tendo em vista a finalidade comercial da edificação, para determinar as

adequações que seriam necessárias além das alterações propostas de acordo com o objetivo do proprietário.

Iniciou-se então o processo de modelagem 3D, onde foram utilizados os dados do levantamento e das plantas originais para recriar a edificação existente dentro do Revit. Além disso, a modelagem 3D inclui também a etapa de modelar as reformas decididas na etapa anterior.

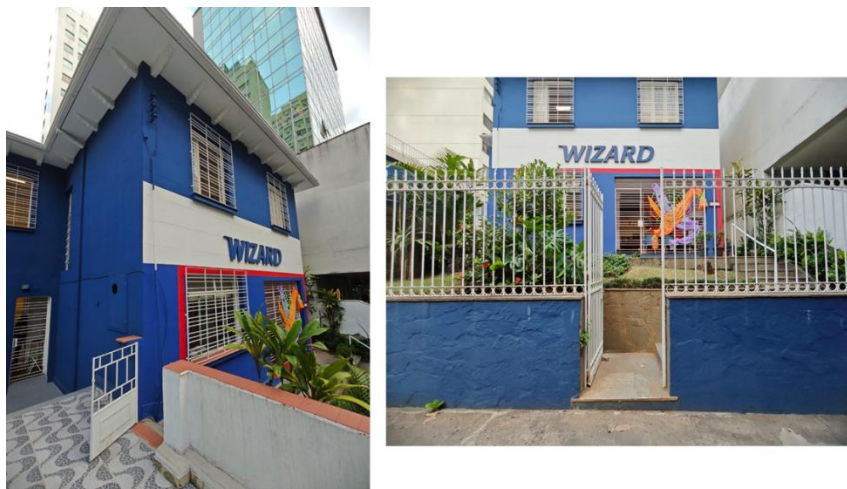
Por fim, com o modelo 3D finalizado, houve a etapa do planejamento (BIM 4D) da reforma, que consistiu basicamente na montagem de um cronograma no formato de EAP e na correlação dos elementos do modelo 3D com os itens do cronograma. Todo este processo foi realizado através do Navisworks, e teve como produto final um vídeo da evolução da reforma ao longo do tempo (além do próprio cronograma na forma de EAP e o diagrama de Gantt, que ficaram dentro do Navisworks, mas que podem ser exportados).

Figura 1 – Foto do Projeto de arquitetura da edificação



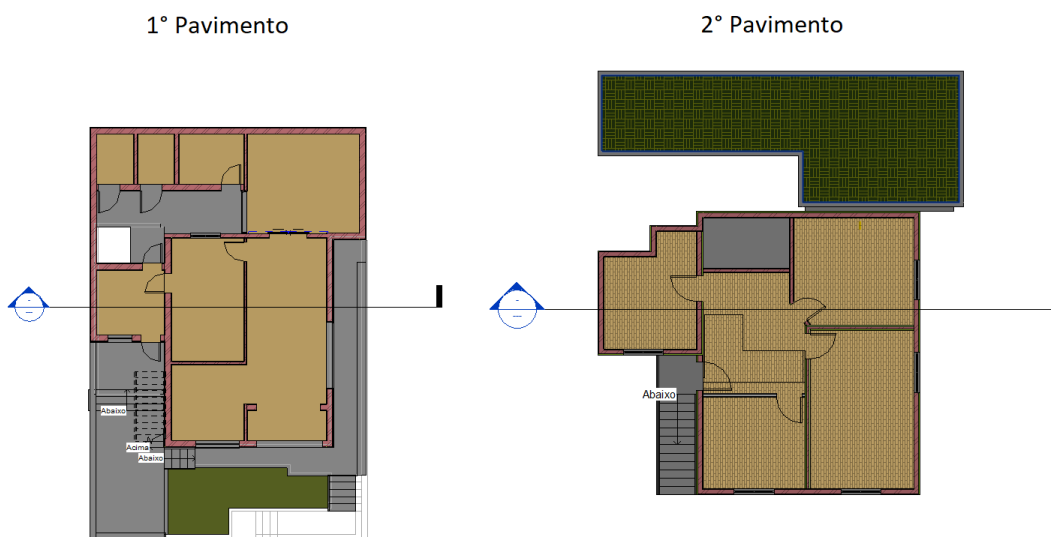
Fonte: (Acervo dos autores, 2023)

Figura 2 – Fachada da edificação



Fonte: (Acervo dos autores, 2023)

Figura 3 – Planta baixa dos pavimentos



Fonte: (Elaborado pelos Autores, 2023)

PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Este artigo visa abordar as intervenções essenciais para a regularização e otimização de uma edificação histórica destinada à Wizard, situada em Belo Horizonte. Tais intervenções são necessárias para atender às normativas da prefeitura/Corpo de Bombeiros e, ao mesmo tempo, garantir segurança, acessibilidade e sustentabilidade. A pesquisa propõe uma série de ajustes, considerando não apenas requisitos legais, mas também a criação de um ambiente inclusivo e equilibrado.

A análise das instruções técnicas do Corpo de Bombeiros revelou a inadequação da escada interna em largura e layout. Para solucionar isso, propõe-se a substituição por uma nova escada externa, seguindo normas específicas. Essa mudança não apenas atende às exigências legais como também melhora a eficiência do fluxo interno.

As modificações nos banheiros envolvem a substituição das instalações existentes por novas, projetadas com foco na acessibilidade. O aumento significativo de tamanho, em conformidade com as diretrizes de acessibilidade, é compensado pela expansão da área coberta, promovendo um ambiente mais luminoso. A cobertura externa motivou a escolha de um "telhado de vidro". Essa estrutura não só proporciona proteção contra intempéries, mas também permite a entrada de luz natural, criando um ambiente propício para atividades educacionais.

A promoção da acessibilidade foi aprimorada através da implementação de uma plataforma elevatória no centro da residência. Para viabilizar isso, foi construída uma rampa descendente na garagem, conectando-a ao interior da casa e assegurando a mobilidade para cadeirantes. A escavação realizada adjacente à garagem, juntamente com a construção de uma estrutura de suporte, garante a estabilidade e segurança da residência.

Visando cumprir as exigências de permeabilidade do solo, a implementação de um telhado verde surge como solução. Localizado na laje dos cômodos de fundo, não apenas atende às normativas, mas também contribui para a eficiência energética e a qualidade ambiental.

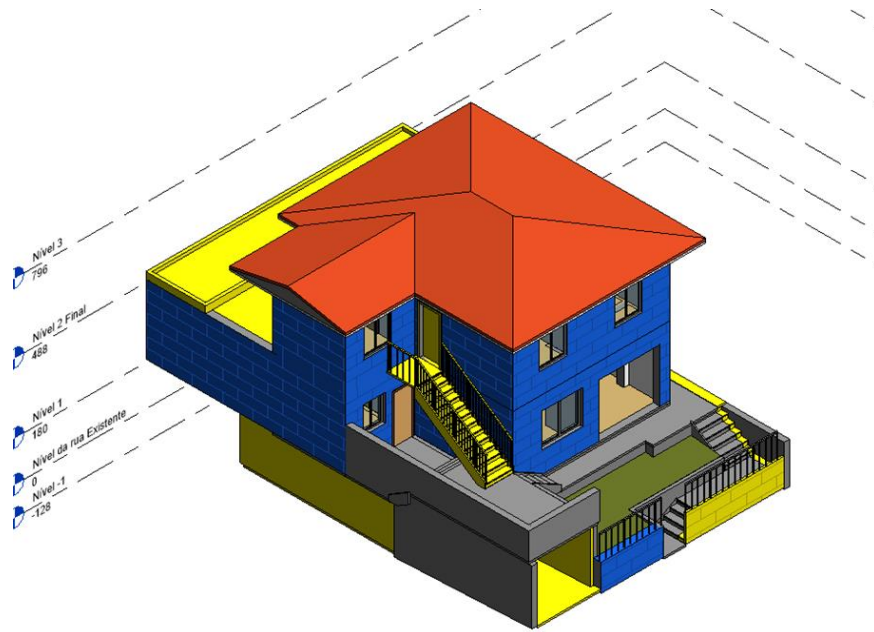
Essas propostas de intervenção não apenas buscam a conformidade legal da edificação, mas também ressaltam a importância da inclusão, segurança e sustentabilidade. A implementação dessas melhorias não é apenas uma resposta às normativas municipais, mas uma contribuição significativa para a criação de um ambiente que valoriza a diversidade e promove a qualidade de vida dos usuários.

A adequação de uma construção antiga às normas atuais é viável, apesar dos desafios associados à adaptação e reestruturação dos ambientes, considerando os parâmetros urbanísticos. A proposta visou regularizar o uso do imóvel, garantir a acessibilidade por meio de acessos e banheiros universais, adequar a taxa de área permeável e reforçar a segurança, ajustando as escadas conforme o número de usuários, conforme as normas de segurança do corpo de bombeiros.

O início da modelagem 3D requer familiaridade do projetista com a metodologia BIM. Isso se deve ao fato de que a criação do modelo demanda mais tempo de projeto em comparação aos métodos convencionais. No entanto, essa abordagem se mostra viável devido aos amplos benefícios proporcionados pelas análises e informações contidas no modelo.

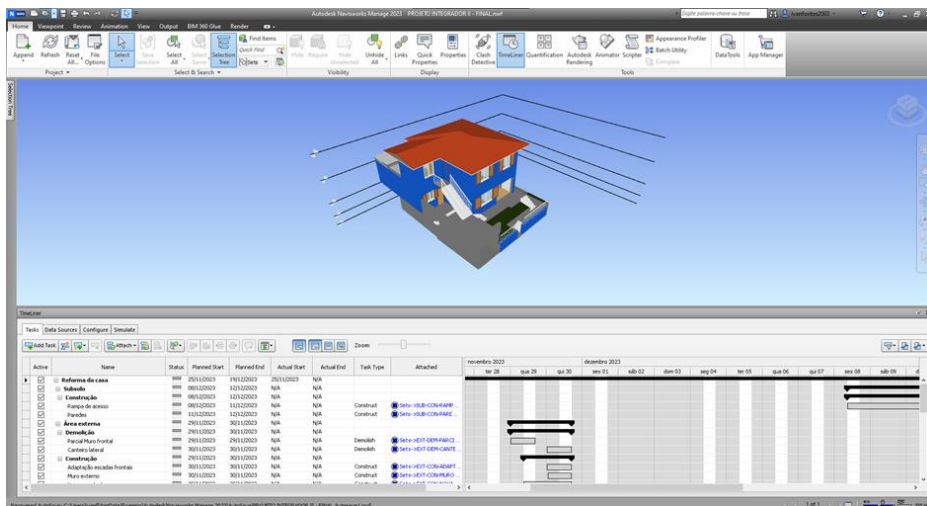
Para implementação do planejamento 4D, também é necessário conhecimento amplo sobre a metodologia, além da expertise técnica sobre planejamento e controle de obras. Para atingir todos os benefícios que o BIM traz consigo, é necessária mão de obra qualificada, manuseios e aquisição de softwares, esta que pode ser considerado um obstáculo, devido aos elevados valores de licenças e ausência de códigos abertos disponíveis no mercado.

Figura 4 – Vista 3D do modelo final destacando o que foi construído na reforma



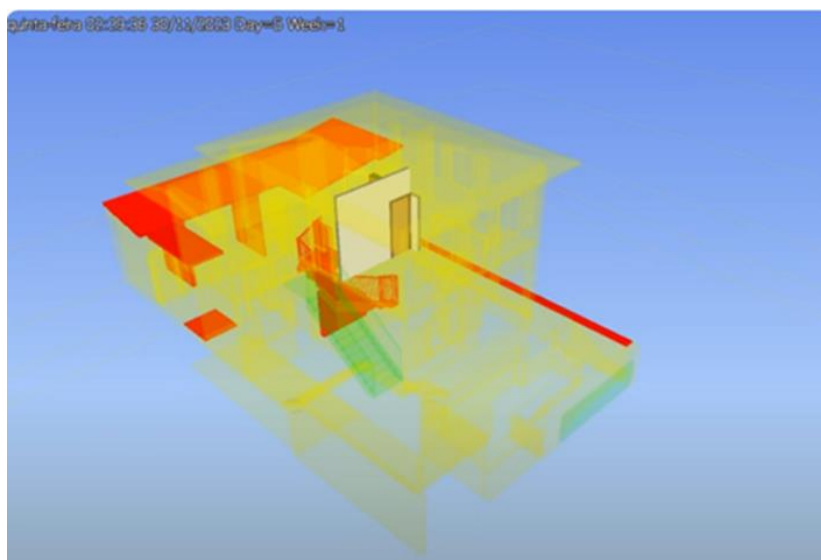
Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Figura 5 - Captura da interface do Navisworks incluindo o cronograma e o diagrama de gantt



Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Figura 6 – Captura do vídeo gerado pelo Navisworks



Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

CONCLUSÃO

Este estudo aprofundou-se na aplicação prática do Building Information Modeling (BIM) em projetos de reforma no contexto da construção civil em Belo Horizonte, enfatizando a importância de alinhar as práticas de engenharia com as normativas urbanísticas locais. Através da modelagem 3D e planejamento 4D, o BIM demonstrou ser uma ferramenta indispensável na melhoria da eficiência, precisão e sustentabilidade dos projetos de construção. Este projeto também destacou a relevância da integração do BIM com as políticas urbanas, salientando como essa sinergia pode conduzir a um desenvolvimento mais harmonioso e regulamentado das cidades.

O uso do BIM, nesse contexto, não apenas simplifica o processo de design e construção, mas também promove uma abordagem colaborativa e interdisciplinar, essencial para o sucesso dos projetos de construção modernos. Através deste trabalho foi possível compreender e destacar as diversas vantagens da modelagem 3D do BIM, como a facilidade da extração de informações, bem como as vantagens do planejamento BIM (planejamento 4D), que oferece uma solução prática e intuitiva para a interpretação do cronograma elaborado.

Este estudo, concentrado na reforma de edificações em Belo Horizonte utilizando o BIM, revela conhecimentos valiosos que transcendem o contexto local. As metodologias e soluções desenvolvidas aqui podem ser adaptadas e aplicadas em outras cidades enfrentando desafios urbanísticos similares. Por exemplo, as práticas de planejamento urbano eficientes e a integração de normas de acessibilidade e sustentabilidade são universais em sua aplicabilidade.

Além disso, a abordagem colaborativa e interdisciplinar facilitada pelo BIM pode ser um modelo para projetos de construção em outras metrópoles que buscam otimizar a eficiência e a precisão no desenvolvimento urbano.

A adaptabilidade do BIM a diferentes normativas e condições urbanas sugere um potencial significativo para sua implementação global. Cidades em rápida urbanização, especialmente em países em desenvolvimento, podem se beneficiar enormemente da adoção de tecnologias BIM para gerenciar de forma mais eficaz os desafios do crescimento urbano e da sustentabilidade. Esta pesquisa, portanto, não apenas contribui para o avanço do conhecimento na engenharia civil, mas também serve como um guia prático para políticas urbanas e práticas de construção em ambientes urbanos complexos ao redor do mundo.

Em resumo, este trabalho contribui substancialmente para a literatura em engenharia civil, oferecendo uma análise detalhada do potencial do BIM na otimização de processos construtivos e no cumprimento de normativas urbanas. As implicações deste estudo são vastas, indicando um caminho promissor para o avanço da construção civil em ambientes urbanos complexos, onde a precisão e eficiência são fundamentais.

REFERÊNCIAS

ANTÔNIO, John Lennon Souza; MAREGA, Ana Paula Nascimento. **Controle do cronograma na execução de obras de construção civil: um estudo de caso**. Tubarão, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BAIA, Denize Valéria Santos. **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil**. 2015.

BARBOSA, Arthur César Esteves Ottoni et al. **A coordenação de projetos de edificações em obras em reforma: um modelo baseado na ABNT NBR 16280: 2015**. 2016.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco *et al.* **Entendendo BIM**. Curitiba, PR, v. 1, 2015.

HOFFMANN, Rosa Cristina; DUTRA MIGUEL, Renato Abib; PEDROSO, Daiane Cristina. **A importância do planejamento urbano e da gestão ambiental para o crescimento ordenado das cidades**. *Revista de engenharia e tecnologia*, v. 3, n. 3, p. Páginas 70-81, 2011.

PINHEIRO, Otilie Macedo. **Plano diretor e gestão urbana**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, p. 1991-2005, 2010.

RUSCHEL, Andressa Carolina; ZIERHUT, Raquel Molinete. **ABORDAGEM DOS TEÓRICOS VIOLLET-LE-DUC, JOHN RUSKIN E CESARE BRANDI NA**

RESTAURAÇÃO EM PATRIMÔNIOS HISTÓRICOS: O CASO DA CASA IPIRANGA. Revista Thêma et Scientia, v. 11, n. 2E, p. 56-76, 2021.

SANTOS, Beatrice Paiva et al. **Indústria 4.0: desafios e oportunidades.** Revista Produção e Desenvolvimento, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

INOVAÇÃO EM RETROFIT: estratégias com modelagem BIM na Engenharia Civil.

Mírian Stefany dos Santos Pedra¹

João Pedro Lima Leão²

Lorrane Medeiros Antunes³

Flavia Campos Mendes⁴

Gabriel Fuscaldi Labarrere de Souza⁵

Dr. Felipe de Souza Abreu⁶

RESUMO

Este artigo explora a interseção entre o *retrofit* de edifícios e a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) na construção civil, concentrando-se no estudo de caso do Edifício Carmo Couri. O objetivo principal é analisar como o uso de ferramentas BIM influencia o processo de revitalização de estruturas existentes, destacando a crescente relevância do *retrofit* frente às demandas contemporâneas de eficiência e sustentabilidade. A introdução do BIM é considerada uma ferramenta transformadora, otimizando processos ao longo do ciclo de vida da edificação. A metodologia envolve a modelagem tridimensional do Edifício Carmo Couri no *software* REVIT, acompanhada de entrevistas com o engenheiro executor da obra, fornecendo *insights* valiosos sobre as especificações do não uso de BIM em projetos de *retrofit*.

Palavras-chave: metodologia BIM; *retrofit*; economia; construção; reforma.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil, por ser naturalmente complexa em sua organização e operações internas, demanda uma comunicação eficaz entre *designers*, construtores, fornecedores e clientes para assegurar o sucesso do projeto e a satisfação de todas as partes envolvidas. Contudo, métodos tradicionais de projeto muitas vezes fragmentam o processo produtivo, resultando no isolamento de profissionais de diferentes áreas e na falta de coordenação entre as equipes. Ineficiências, erros e atrasos representam, em média, 30% dos custos totais em construções nos Estados Unidos anualmente (*The Economist*, 2000, citado por Barreto *et al.*, 2016).

¹ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: mirian.pedra@sga.pucminas.br

² Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: joao.leao.1271988@sga.pucminas.br

³ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: lorrane.antunes@sga.pucminas.br

⁴ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: fcmendes@sga.pucminas.br

⁵ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: gabriel.fuscaldi@sga.pucminas.br

⁶ Professor Doutor Orientador de Projeto Integrador II do Curso de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: felipeabreu@sga.pucminas.br

Nesse contexto, o *Building Information Modeling* (BIM) surge como uma filosofia de trabalho capaz de promover a integração entre as áreas de arquitetura, engenharia e construção (AEC) ao longo de todo o ciclo de vida do projeto (Miranda, 2019). A origem da sigla BIM envolve teorias atribuídas a Charles M. Eastman e Phil Bernstein, destacando-se como uma ferramenta revolucionária que otimiza o planejamento e a execução de projetos multidisciplinares na Engenharia Civil.

O conceito de "*Retrofit*," derivado das palavras latinas "Retro" (movimentar-se para trás) e "Fit" (adaptação, ajuste), surgiu nos Estados Unidos e Europa no final da década de 90. Esse termo refere-se à readequação e modernização de edificações anteriormente destinadas a diferentes propósitos, buscando ajustá-las aos padrões contemporâneos. O objetivo não se limita apenas à adaptação, mas também à incorporação de ambientes inexistentes, promovendo o prolongamento do conforto, da funcionalidade e da vida útil das construções (Rocha *apud* Qualharini, 2001). A efetiva execução do *retrofit* resulta na constante atualização da construção, alinhando-a aos padrões contemporâneos e prolongando sua vida útil, o que, por sua vez, reduz os custos de manutenção e amplia as possibilidades de uso.

A modelagem tridimensional, não se limita à criação de desenhos, mas abrange a integração de informações detalhadas sobre todos os aspectos de um projeto, desde a geometria até dados temporais e de custos. O BIM possibilita a criação de um modelo digital preciso da construção, oferecendo uma visão abrangente e colaborativa do projeto. Este modelo funciona como uma base centralizada acessível e atualizável por todos os envolvidos, facilitando a colaboração entre arquitetos, engenheiros e construtores. Além de facilitar a visualização, a modelagem BIM permite a detecção precoce de interferências, análises de desempenho e simulações de cenários diversos (Sacks, 2021).

Destaca-se, assim, a relevância de explorar profundamente essa combinação entre *retrofit* e BIM, não apenas como uma resposta realista às limitações da construção em ambientes urbanos consolidados, mas como uma expressão concreta do compromisso com a eficiência, a inovação e a preservação do legado arquitetônico em constante diálogo com as necessidades contemporâneas. A escolha desse estudo de caso específico se insere nesse contexto mais amplo de transformação e renovação, representando uma oportunidade de compreender e analisar as implicações práticas e as vantagens palpáveis dessa estratégia integrada.

METODOLOGIA

Para realização deste trabalho, foi considerado uso de estudo de caso, para melhor visualização dos conceitos, foi utilizado também o Software REVIT da Autodesk como programa BIM, onde foi modelado a planta do edifício Carmo Couri, para melhor entendimento dos assuntos abordados, também foi realizada, uma entrevista com o engenheiro executor da obra em questão. Ao longo das pesquisas, foram apresentadas as definições, vantagens e desvantagens envolvidas ao uso de ferramenta 3D na construção civil.

ESTUDO DE CASO

O edifício Carmo Couri, estrategicamente situado em uma área nobre de Belo Horizonte, nas proximidades do *Diamond Mall* e do Hospital Mater Dei, originalmente concluído na década de 1980, destaca-se por sua arquitetura inovadora, caracterizada pelo uso pioneiro de esquadrias do tipo 'pele de vidro'. Após quatro décadas, a necessidade de uma atualização abrangente tornou-se imperativa, visando tornar o edifício mais eficiente e alinhado aos padrões contemporâneos. A escolha desse edifício como estudo de caso é respaldada por sua localização privilegiada e arquitetura original notável, tornando-o um marco em Belo Horizonte. A renovação planejada representa um caso exemplar de projeto de *retrofit* com implicações ambientais e funcionais significativas.

Ao caracterizar o edifício Carmo Couri, observamos que, além de sua área locável substancial de 4.658 metros quadrados, oferece uma variedade de lojas, proporcionando flexibilidade para diferentes ocupantes, o edifício destaca-se pela eficiência energética e resiliência.

Essas características representam a base para a análise das reformas de *retrofit* e das possíveis alternativas de uso que serão exploradas em nosso estudo. A seguir, apresentam-se imagens que retratam a fachada do edifício Carmo Couri, evidenciando sua arquitetura singular. Inicialmente, exibiremos uma imagem obtida no *Google Maps* antes e durante o processo de reforma de *retrofit* (Figura 1).

Figura 1 - Fachada do Edifício Carmo Couri antes do retrofit (outubro 2018) e durante a reforma (outubro 2023)



Fonte: (Google Maps, 2023)

Na figura 2 são apresentadas fotos autorais, registrando a fachada depois da revitalização, destacando as mudanças realizadas para adequação aos padrões contemporâneos de eficiência e estética.

Figura 2 - Fachada do Ed. Carmo Couri



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

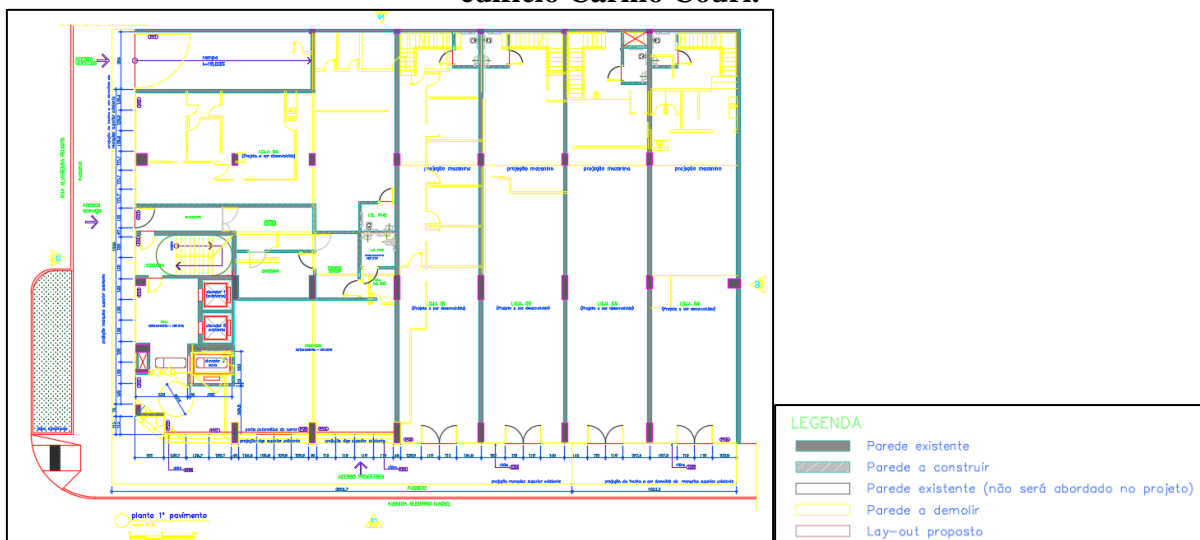
O processo de *retrofit* do edifício Carmo Couri foi uma resposta à necessidade de modernização e atualização de suas instalações. O destaque recai sobre a modelagem paramétrica no *software* REVIT, uma etapa crucial na transformação do edifício. O REVIT, reconhecido por sua natureza paramétrica, permitiu alterações automáticas, assegurando consistência e evitando erros na criação de um modelo digital tridimensional detalhado.

O REVIT é um *software* com inúmeras aplicações na área da construção civil, uma de suas funcionalidades é a caracterização de fases. Quando trabalhamos com fases, o *software* entende uma cronologia temporal das etapas onde cada elemento construtivo foi concebido ou demolido. Auxiliando principalmente processos de reforma para que, de maneira gráfica, exemplifique as ações a serem tomadas.

Explorando o passo a passo da modelagem no REVIT. A convergência entre a perspectiva ambiental, os desafios técnicos e a modelagem detalhada são cruciais para direcionar o edifício Carmo Couri rumo a um paradigma de sustentabilidade e eficiência na região central de Belo Horizonte. Para a elaboração da modelagem do edifício Carmo Couri, iniciamos com a análise detalhada da planta arquitetônica fornecida no *software* AutoCAD. Sendo essa a única documentação de execução do projeto fornecida pela construtora responsável.

Tais documentos se norteavam na disseminação de informações cruciais à execução da reforma. Como se trata de um *retrofit*, a principal mudança ocorreu na disposição dos espaços, atualização das normas técnicas e repaginação da fachada. Nesta redistribuição dos espaços, visando uma maior integração de ambientes, houve a demolição de algumas alvenarias, lajes e a criação de mezaninos. Todas estas alterações foram representadas na mesma planta: alvenarias existentes a serem mantidas, alvenarias existentes a serem demolidas, alvenarias a serem construídas, lajes a serem demolidas conforme figura 3.

Figura 3 – Planta baixa (DWG) e legenda das layers do pavimento térreo do edifício Carmo Couri.



Fonte: (Acervo do edifício, 2023)

A implementação do REVIT para a modelagem do *retrofit* do edifício Carmo Couri, apesar de ser essencial, inicialmente necessita da configuração das fases parametrizada pelos seus filtros. A incorporação das plantas 2D do AutoCAD e o alinhamento de níveis, utilizando o poço do elevador como referência, foram os passos iniciais. Contudo, informações imprecisas nas plantas resultaram em erros de execução conforme abordado pelo engenheiro Rodrigo, responsável pela execução do projeto:

“Durante a execução das obras, os projetos apresentaram incompatibilidades; desde o arquitetônico até os complementares, essa falta de compatibilização de projetos, falta de modelagem 3D para parametrizar as etapas, resultou em retrabalhos, atrasos de serviços, e de etapas que não conseguiam ser iniciadas pois estávamos resolvendo outros problemas de execução” (Engenheiro Rodrigo, 2023).

A modelagem considerando existente, demolição, construção e final apesar de parecerem complexas se mostram importantes dada a necessidade de adaptação a imprevistos em projetos de *retrofit*, enfatizando a importância crucial da etapa de modelagem para o sucesso da reforma.

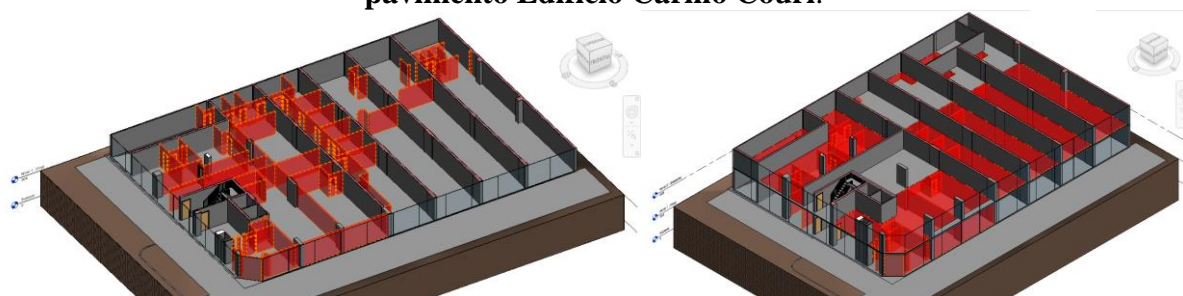
Incongruências nas plantas, como a disposição inconsistente de alvenarias e problemas de alinhamento de janelas, evidenciam a complexidade do processo, ressaltando a importância de ajustes precisos para garantir a eficácia na execução do projeto.

“Etapas que não conseguiam ser iniciadas pois estávamos resolvendo outros problemas de execução, como por exemplo, tubulações em alvenarias que deveriam ser demolidas, vãos de janelas e portas em locais que o projeto não estava considerando, chegou a um ponto que paramos de usar o projeto, e começamos a nos guiar somente pela situação *in loco*” (Engenheiro Rodrigo, 2023).

No contexto da modelagem, a utilização da função de fases no REVIT foi vital para representar os diferentes estágios do projeto ao longo do tempo. Isso permitiu uma visualização abrangente das mudanças, categorizando as fases em existente e final. A padronização dos componentes por meio de filtros de fase, distinguindo entre existente, reforma - demolição, reforma - construção e final, proporcionou uma representação visual clara. A criação de pranchas para todos os pavimentos, com vistas específicas para existente, reforma - demolição, reforma - construção e final, detalhando componentes demolidos, construídos e o resultado final do projeto, foi fundamental. No entanto, a necessidade de revisão constante devido a incongruências nas plantas originais ressaltou a importância de garantir que a modelagem no REVIT refletisse com precisão o que seria executado no *retrofit* do edifício Carmo Couri. A apresentação de imagens 3D, evidência modificações como demolição de alvenarias, construção de novas estruturas e a visualização do resultado final, contribuindo para uma compreensão mais profunda do projeto.

Conforme mencionado, tal modelagem gera imagens 3D com informações importantes acerca do processo de *retrofit*, com ênfase nos dois primeiros pavimentos (térreo e 2º pavimento), visto que neles ocorreram um maior número de modificações, com demolição de alvenarias e lajes, construção de alvenarias e criação de mezaninos e um novo elevador. Na imagem 4 em vermelho destacam-se as alvenarias existentes no edifício e que serão demolidas no processo de reforma.

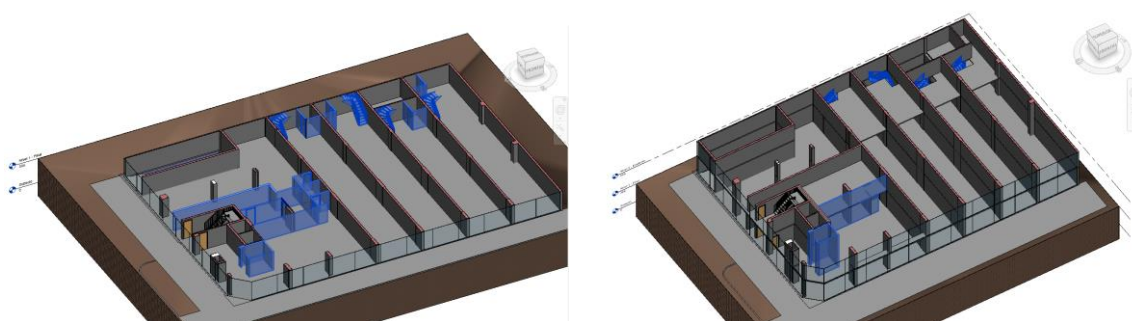
Figura 4 – Modelagem final de componentes demolidos (em vermelho) 1º e 2º pavimento Edifício Carmo Couri.



Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

Já a imagem 5 mostra de maneira gráfica, destaca em azul, as alvenarias e escadas que não existiam na estrutura original do edifício e foram construídas no processo de reforma. Vale ressaltar que essas cores são escolhidas na configuração de fases, onde optamos por vermelho para estruturas a serem demolidas e azul para estruturas a serem construídas.

Figura 5 e 5.1 – Modelagem final de componentes construídos (em azul) 1º e 2º pavimento Edifício Carmo Couri.



Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

A imagem 6 mostra a perspectiva da modelagem finalizada, onde é possível observar os resultados do *retrofit*, enfatizando o fato de que, havendo esta parametrização prévia a execução em campo do projeto, vários problemas seriam identificados e corrigidos ainda na modelagem, diminuindo retrabalho e custos adicionais por imprevistos, como foi destacado pelo engenheiro Rodrigo, responsável pela execução:

“Sempre corrija situações erradas, assim que forem detectadas, caso contrário, elas podem ser mais difíceis de serem resolvidas, e principalmente nas fases iniciais da obra, utilize softwares de modelagem 3D, unido com visitas in loco, até completo levantamento do local. Desta forma a empresa irá usufruir de todas a inúmeras vantagens de obras de *retrofit*, sem grandes dificuldades”.

Figura 6 – Perspectiva 3D final da fachada do Edifício Carmo Couri



Fonte: (Elaborado pelos autores, 2023)

A análise crítica do projeto destaca a necessidade crucial da implementação de ferramentas BIM, como o programa REVIT, no processo de obras de *retrofit*. O estudo revela que o uso do BIM não é apenas relevante, mas essencial para garantir a efetividade do andamento da obra. Nos estágios iniciais, desafios surgem na definição da arquitetura, análise estrutural, compreensão de normas e ajustes nos projetos complementares. A realização de visitas *in loco* é vital para a parametrização precisa, destacando cada detalhe da edificação. No estudo de caso apresentado, a falta de visitas *in loco* resultou em erros persistentes, atrasos no cronograma e surpresas durante a execução. A entrevista com o engenheiro executor ressaltou que o uso do REVIT poderia ter mitigado desafios, especialmente na falta de vistorias cautelares e adequação do projeto arquitetônico, representando uma lacuna significativa que compromete a qualidade e eficácia do empreendimento.

A adoção de ferramentas BIM enfrenta desafios notáveis devido à resistência das empresas à mudança, aos custos de implantação e à necessidade de treinamento. No entanto, a crescente demanda por BIM na construção civil sugere uma superação gradual dessas barreiras. Durante à execução do projeto, o REVIT emerge como uma ferramenta indispensável para um gerenciamento abrangente da obra. A integração de todos os elementos em um modelo 3D não apenas reduz erros, mas também facilita decisões ágeis e seguras. A otimização das etapas

contribui para um cronograma mais preciso, essencial em projetos de *retrofit* com prazos limitados. As vantagens do REVIT não se limitam à fase de construção, destacando-se também na satisfação do cliente pós-entrega. A modelagem desempenha papel fundamental na criação do manual do proprietário e na integração contínua com o sistema de gestão da empresa, proporcionando benefícios duradouros.

Destacando a viabilidade de implementação da metodologia BIM, a figura 7 aborda um fluxograma que delinea as intervenções necessárias para a adaptação à nova ferramenta dentro do contexto corporativo. A fase inicial de um projeto, destacada nas primeiras reuniões, é crucial para antecipar dificuldades nas visitas in loco e nos projetos arquitetônicos, estruturais e complementares. O uso do REVIT nesse estágio oferece suporte integral, proporcionando uma visualização detalhada desde o início e permitindo correções parametrizadas. A geração de modelos paramétricos em qualquer fase promove uma representação visual clara, contribuindo para uma integração eficiente entre disciplinas. Além disso, o REVIT facilita a extração de estimativas de custo preliminares e à avaliação de parâmetros sustentáveis, otimizando o planejamento e contribuindo para uma execução mais suave do projeto.

Figura 7 - Fluxograma de processos para implantação do BIM nas empresas



Fonte: (Adaptado, Viabilidade da implantação de modelagem Bim UFMG, 2021)

Durante a execução do projeto, o uso do REVIT oferece um valioso auxílio para o abrangente gerenciamento da obra. Com todos os aspectos integrados em um modelo paramétrico, a equipe de gestão tem acesso a informações detalhadas, reduzindo erros e permitindo uma definição precisa da sequência de serviços. Tal fato contribui para a minimização de retrabalhos, evitando surpresas durante à execução. A otimização das etapas da obra resulta em cronogramas mais precisos, crucial para projetos de *retrofit* com prazos limitados, e favorece decisões rápidas e seguras ao longo da execução.

As vantagens das ferramentas BIM não se limitam as fases iniciais e de execução, estendendo-se além da entrega da obra, notadamente na fase em que a satisfação do cliente é mais evidente. A modelagem desempenha um papel crucial na criação do manual do proprietário, tornando compreensível o uso operacional da edificação para pessoas sem

conhecimento técnico. Além disso, facilita a integração ao sistema de gestão da empresa, permitindo sua aplicação em setores de qualidade após a entrega. A necessidade de profissionais familiarizados com ferramentas BIM, como o REVIT, está crescendo globalmente, destacando a importância de disseminar informações sobre suas vantagens. A formação de novos profissionais, como engenheiros e arquitetos, é crucial para atender às futuras demandas do setor, aumentando a eficiência dos projetos e fortalecendo a competitividade e inovação na construção civil.

CONCLUSÃO

Com base no estudo de caso realizado, que incorporou a análise do uso do BIM, em particular do *software* REVIT, fica evidente que a implementação de projetos parametrizados representa um avanço significativo e contribui para mitigar problemas executivos na indústria da construção civil. O caso do edifício Carmo Couri demonstra claramente os benefícios da modelagem BIM, desde a fase inicial de anteprojetos até a execução e pós-obra.

A eficácia do REVIT na detecção precoce de interferências, na análise de desempenho, na simulação de cenários e na otimização do processo de *retrofit* foi claramente evidenciada. Os desafios iniciais enfrentados, como a resistência à mudança e os custos associados à implantação e treinamento, foram superados pelos benefícios acumulados ao longo do ciclo de vida do projeto. Levando em consideração à adoção abrangente da metodologia BIM na construção civil, pode-se observar um aumento no tempo das análises prévias de levantamentos de informações para as fases de anteprojeto, porém reduzem de maneira significativa retrabalhos e ociosidades durante o período de execução da obra, reduzindo custos não previstos e atrasos. A disseminação do conhecimento sobre ferramentas BIM, em especial o REVIT, emerge como uma peça-chave para a evolução do setor da construção civil. A busca constante por profissionais familiarizados com as operações dessas ferramentas se alinha à necessidade de atender as demandas crescentes por projetos mais eficientes, integrados e adaptáveis.

Assim, a incorporação de projetos parametrizados não apenas oferece uma solução eficaz para os desafios da construção civil, mas também indica uma mudança essencial na maneira como os projetos são planejados, implementados e mantidos. O destino da indústria da construção está profundamente vinculado à adesão e à melhoria constante dessas tecnologias, culminando em vantagens palpáveis para profissionais, empresas e, em última análise, para a sociedade em geral.

REFERÊNCIAS

- ANA PAULA LAUDIEN *et al.* **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, v. 14, n. 1, p. 73–97, 2020. Disponível em: < <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/rica/article/view/17998>> Acesso em: 15 dez. 2023.
- CHAVES, Fernanda Justin. **Recomendações para o Uso de BIM 4D na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Retrofit**. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/148704>>. Acesso em: 29 set. 2023.
- COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 2013. Disponível em: < <https://repositorio.ufop.br/handle/123456789/3415> > Acesso em: 12 set. 2023.
- DE SOUZA, Luan Alves *et al.* **Metodologia BIM na construção civil**. Disponível em: < <https://ayaeditora.com.br/wp-content/uploads/Livros/L135C7.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2023.
- FIGUEREDO GOMES LIMA, Luciana; FIGUEIREDO, Karoline. **Análise da implementação da metodologia BIM em reformas de pequeno porte**. Boletim do Gerenciamento, [S.l.], v. 25, n. 25, p. 56-67, ago. 2021. ISSN 2595-6531. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdoGerenciamento/article/view/580>>. Acesso em: 05 set. 2023.
- KOELLN, F. P. **Tecnologia BIM na construção civil: composição de custo direto**. **Ufrgs.br**, 2015. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/127708>> Acesso em: 15 dez. 2023.
- MIRANDA, Rian das Dores de; SALVI, Levi. Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 7, n. 5, p. 79-98, 2019.
- MORAES, Virgínia Tambasco Freire; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. O Desenvolvimento da Metodologia e os Processos de um “Retrofit” Arquitetônico. **Sistemas & Gestão**, v. 7, n. 3, p. 448-461, 2012.
- NASCIMENTO, José Marcos do. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. **Revista Especialize On-line IPOG**, v. 1, n. 7, p. 1-11, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/55319/Downloads/A_importancia_da_compatibilizacao_de_pro.pdf>. Acesso em: 26 set. 2023.
- PEDRO, J.; CARDOSO, P. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Escola de Engenharia Curso de Especialização em Construção Civil. **VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE MODELAGEM BIM EM ESCRITÓRIOS DE PEQUENO PORTE**. [s.l: s.n.]. 2021.
- QUALHARINI, E. L. **RETROFIT DE CONSTRUÇÕES: METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Construção Sustentável, São Paulo: 2004.

RIAN, M. Análise da tecnologia BIM no contexto da indústria da construção civil brasileira. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 07, n. 05, p. 79–98, 8 jun. 2019.

SACKS, Rafael et al. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. Bookman Editora, 2021.

MELHORIAS NA AVENIDA RESSACA: PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Bárbara Zanela Soares¹

Fernanda Nogueira Alves²

Giselle Aparecida Resende de Paiva³

Leandra Lacerda Lopes⁴

Felipe de Souza Abreu⁵

RESUMO

Esse artigo científico tem como finalidade apresentar uma proposta de solução para o enorme problema de enchentes que acontece na Avenida Ressaca. Para isso, essa metodologia envolveu entrevistas com moradores a fim de explorar mais sobre o problema e sobre a área pesquisada. A fim de demonstrar a situação-problema que é os desastres naturais associados a inundações, alagamentos e enchentes e para a melhor solução para evitar os alagamentos seria a inserção em pontos estratégicos de poços de infiltração, gerando um local para ter a evasão das águas pluviais. Com o poço pôde-se apresentar uma solução mais eficiente para o problema que atinge toda a população do bairro Coração Eucarístico. Os poços de infiltração são estruturas específicas que oferecem capacidade de armazenamento para subseqüente coleta através de uma escavação no solo com dimensões em planta significativamente menores que sua profundidade. O objetivo é mitigar os impactos decorrentes da impermeabilização nesta região, simultaneamente a carga direcionada aos sistemas convencionais. Essa abordagem não apenas contribui para minimizar os efeitos adversos, mas também pode ampliar a vida útil dos componentes dos sistemas tradicionais. Nesse contexto, a pesquisa evidencia não apenas a complexidade da tomada de decisões em projetos dessa natureza, mas também a importância de adaptação e flexibilidade diante das limitações de dados disponíveis, não apenas proporcionando uma solução prática para a Avenida Ressaca, mas também destaca a importância da abordagem colaborativa e do aprendizado contínuo no enfrentamento de desafios complexos no âmbito da engenharia e gestão ambiental.

Palavras-Chave: drenagem; águas pluviais; avenida ressaca.

INTRODUÇÃO

A infraestrutura rodoviária desempenha um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico de um país, sendo a malha rodoviária a espinha dorsal que conecta regiões, promove a integração e facilita o fluxo de bens e pessoas. A pavimentação dessas vias, ao longo da história, tornou-se uma prática essencial para a adequação e preservação dos caminhos estratégicos, proporcionando melhorias operacionais cruciais para o tráfego. (Balbo, 2007)

¹ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: barbara.soares.1295981@sga.pucminas.br

² Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: fernanda.alves.1301627@sga.pucminas.br

³ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: garpaiva@sga.pucminas.br

⁴ Graduanda de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: leandra.lacerda@sga.pucminas.br

⁵ Professor Doutor Orientador de Projeto Integrador II do Curso de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: felipe.abreu@pucminas.br

No entanto, à medida que o tempo avança, as vias pavimentadas enfrentam desafios significativos, especialmente diante dos impactos da urbanização em grande escala. Este artigo aborda a complexidade dessa evolução, destacando como a exposição prolongada das vias de circulação a intempéries naturais e os efeitos da urbanização contribuem para a degradação do pavimento e para a intensificação de problemas ambientais. (Lourenço, 2014)

Particularmente, enfocou os impactos das águas pluviais, que, influenciadas pela urbanização, transformam ambientes naturais em áreas impermeáveis, desencadeando enchentes e inundações. Ao explorar as ramificações desse fenômeno, examinamos a deterioração do solo, a redução da função impermeabilizante e as alterações na drenagem natural das águas pluviais como consequências diretas da urbanização. Destacamos a diminuição na retenção e infiltração da água no solo, resultando no aumento do escoamento superficial, que, por sua vez, contribui para vazões de escoamento pluvial mais elevadas.

O presente estudo tem como objetivo elaborar uma proposta de diretrizes básicas de engenharia para o planejamento urbano envolvendo a drenagem de águas pluviais, visando solucionar o problema causado na pavimentação do entorno da bacia do Córrego Olhos d'Água, na Avenida Ressaca, bairro Coração Eucarístico, que está dentro do município de Belo Horizonte, a partir da análise retrospectiva e crítica da ocupação dessa área, tendo em vista os conhecimentos científicos e tecnológicos atuais.

Foi realizado um estudo da região ao entorno Avenida Ressaca, a fim de diagnosticar os efeitos da topografia no escoamento das chuvas, no tráfego, e consequentemente nos danos que esses fatores provocam na região, como mostra a figura.

Figura 1: Demonstrativo do relevo da Avenida Ressaca e sua região



Fonte: Incidência dos relevos no bairro Coração Eucarístico.

Como pode ser observado, a Av. Ressaca é a avenida de menor elevação entre as áreas que estão no contorno, sendo assim recebe um maior escoamento das chuvas da região estando sujeita a maiores danos devido as enxurradas que acontecem nos períodos chuvosos.

De acordo com a Secretaria Municipal de Gestão Compartilhada da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte o município se enquadra na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas que, por sua vez, integra a Bacia do Rio São Francisco. Dentro do município, duas sub-bacias (Ribeirão Arrudas e Ribeirão do Onça) drenam a maior parte do território. Uma pequena parcela tem drenagem direta para o curso do Rio das Velhas. Internamente a estas bacias mais abrangentes, encontra-se uma rede complexa de ribeirões e córregos. Segundo a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (SMOBI/DGAU/março/2022), analisando o mapa das grandes Bacias Hidrográficas de Belo Horizonte, a sub-bacia do córrego da Avenida Ressaca está localizado na Macrobacia Arrudas.

As enchentes em áreas urbanas, como o bairro Coração Eucarístico em Belo Horizonte, podem ocorrer devido a uma série de fatores que são evidenciados na tabela a seguir:

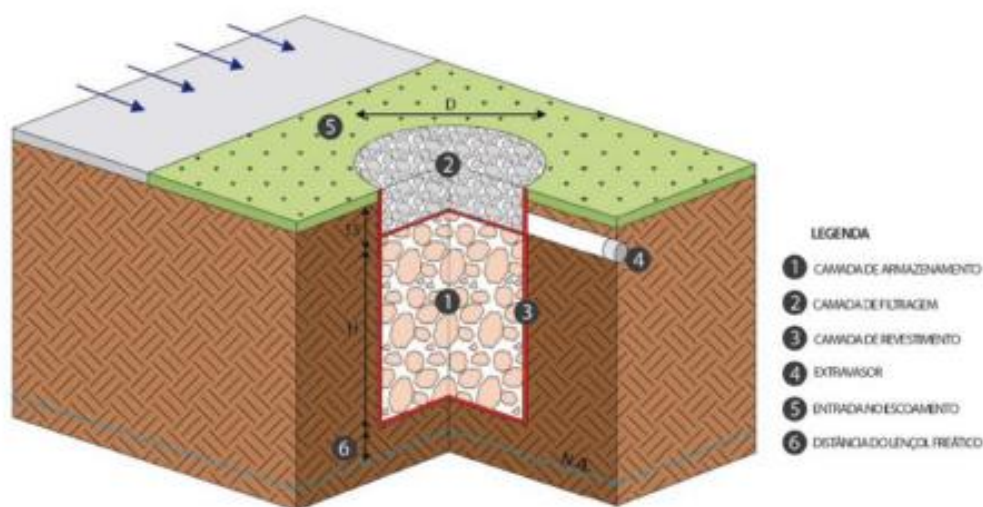
Tabela 1 – Fatores que propiciam enchentes na região de estudo

Fatores de Alagamento	
Topografia	O bairro C oração Eucarístico, de acordo com as curvas de nível retiradas do site da PRODABEL/PBH, está localizado em uma área mais baixa, tornando-o mais propenso a inundações.
Precipitação Intensa	Em Belo Horizonte, as chuvas de verão são particularmente conhecidas por serem intensas e concentradas.
Sistema de Drenagem Inadequado	A capacidade do sistema de drenagem urbana pode não ser suficiente para lidar com grandes volumes de água da chuva. Isso pode ser devido à falta de manutenção, ao rápido crescimento urbano ou ao dimensionamento inadequado do sistema de drenagem.
Falta de áreas verdes	A presença de áreas verdes, como parques e espaços abertos, ajuda a absorver a água da chuva e reduz o risco de enchentes. A falta de tais áreas pode agravar o problema.
Alterações Climáticas	Mudanças climáticas podem levar a padrões climáticos imprevisíveis, incluindo chuvas mais intensas e frequentes em certas áreas.

Fonte: (Monografia Júlia Oliveira Braga, 2016)

Os poços de infiltração são estruturas específicas que oferecem capacidade de armazenamento para subsequente coleta através de uma escavação no solo com dimensões em planta significativamente menores que sua profundidade. O esvaziamento ocorre por meio da absorção, resultando em uma vazão de saída nula. A principal vantagem da utilização desses poços é a capacidade de integrá-los bem ao traçado urbano, ocupando uma área superficial reduzida e podendo, inclusive, ser disfarçados no ambiente.

Figura 2 – Modelo de poço de infiltração



Fonte: Estudos e Projetos de drenagem – Prefeitura de Belo Horizonte

Tabela 2 – Poço de Infiltração

Configuração Típica de Poço de Infiltração	
Camada de Armazenamento	Camada de armazenamento compreende um reservatório destinado a armazenar a água de escoamento, permitindo sua infiltração no solo subjacente. Dada a baixa permeabilidade dos solos em Belo Horizonte, é recomendável a utilização de poços preenchidos, proporcionando maior superfície de contato com o solo e um volume de armazenamento relativamente reduzido.
Camada de Filtragem	Em poços preenchidos, é essencial adotar uma camada de separação física acima da camada de armazenamento. Esta camada, composta por geotêxtil e 15 cm do mesmo material de preenchimento, tem o propósito de reter sedimentos, facilitando a manutenção.
Camada de Revestimento	Quando os poços são construídos sem o preenchimento de pedras, é necessário aplicar um revestimento, podendo ser de concreto poroso, alvenaria com aberturas ou outro material que permita o escoamento da água do reservatório para o solo.
Extravasador	O extravasador de emergência deve possuir um diâmetro maior que o diâmetro de entrada, caso seja circular, ou outra geometria adequada, sendo dimensionado como um vertedor.

Fonte: (Dissertação de Mestrado, Reis, R.PA, 2005)

METODOLOGIA

Este artigo adota os desastres naturais associados a inundações, alagamentos e enchentes. Como medida para mitigar os impactos gerados pela impermeabilização das superfícies, que resultam na redução da recarga do lençol freático e no aumento do escoamento superficial. Destacamos as técnicas destinadas à infiltração da água no solo, como os poços de infiltração, que são estratégias de controle de volume na origem, proporcionando benefícios ao reduzir a pressão no sistema urbano de drenagem convencional e favorecendo a recarga do lençol freático.

Os poços de infiltração são estruturas específicas que oferecem capacidade de armazenamento para subsequente coleta através de uma escavação no solo com dimensões em planta significativamente menores que sua profundidade. O esvaziamento ocorre por meio da absorção, resultando em uma vazão de saída nula. A principal vantagem da utilização desses poços é a capacidade de integrá-los bem ao traçado urbano, ocupando uma área superficial reduzida e podendo, inclusive, ser disfarçados no ambiente.

ESTUDO DE CASO

A primeira pesquisa realizada foi a elaboração de um questionário para entender a visão que as pessoas que frequentam a Avenida Ressaca têm da situação que ocorre durante os períodos de chuva. Após o questionário, observou-se que a maior parte dos respondentes não residem na região, mas são frequentadores da mesma. Dessa forma, o estudo conseguiu gerar bons resultados. Além disso, os respondentes também informaram que não houve nenhuma atitude advinda do poder público para melhorar de alguma forma os danos causados por enchentes ou soluções para evitar os alagamentos que acontecem na Avenida de estudo.

Por fim, foi sugerido que os participantes mostrassem algumas intervenções que considerassem importantes e onde a prefeitura poderia atuar para assim melhorar a região nos períodos chuvosos. Os principais pontos abordados pelos respondentes foram:

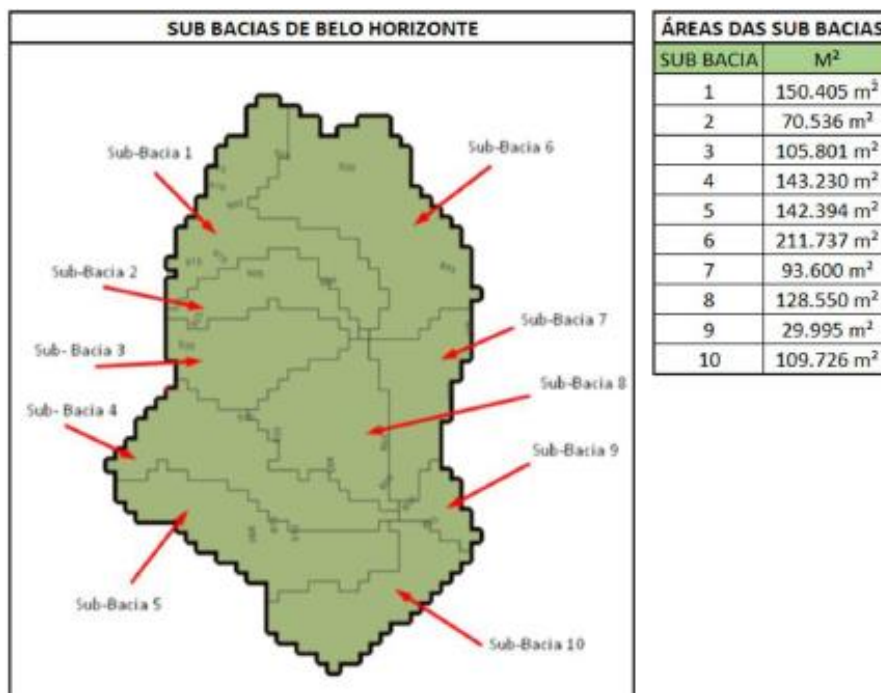
- Melhorar a evasão das águas das chuvas.
- Melhorar a limpeza urbana, propor ações de conscientização sobre o lixo na rua.
- Aumentar a quantidade de bueiros.
- Aumentar as ações preventivas, como por exemplo implantando zonas verdes; ou na aplicação de pavimentos que permitem a passagem de água nas calçadas.

- Modificar o revestimento da via de asfalto para bloquetes com o objetivo de ampliar a absorção de águas da chuva no solo. Além de, ao remover o asfalto, diminuiria a temperatura média da rua, prevenindo a formação de ilhas de calor e aprimorando a qualidade de vida dos residentes.

Após a pesquisa, conclui-se que a melhor solução para evitar os alagamentos seria a inserção em pontos estratégicos de poços de infiltração, gerando um local para ter a evasão das águas pluviais. Com isso, foi realizado os cálculos necessários para a aplicação dos poços de infiltração e também a análise de viabilidade de implantação na Avenida Ressaca.

Com a ajuda do software QGIS, determinou a sub-bacia que cobre a área da Avenida Ressaca e as duas sub-bacias que ficam diretamente ligadas a avenida de estudo. Dessa forma, conseguiu o valor da área de cada sub-bacia para a de realização dos cálculos. Abaixo, é mostrado as sub-bacias e suas respectivas áreas em metros quadrados.

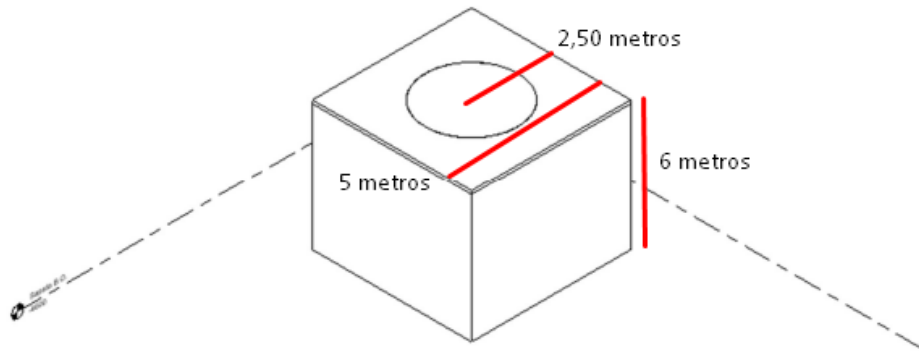
Figura 3 – Sub-Bacias da região de estudo



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Para realização da verificação do dimensionamento dos poços, foi determinado a princípio os valores das dimensões do poço, sendo elas: altura igual a 6 metros, diâmetro igual a 5 metros e raio igual a 2,50 metros. A altura de 6 metros foi determinada uma vez que não foi encontrado valores do nível do lençol freático para a região.

Figura 4: Dimensões do poço de infiltração.



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Após determinado as dimensões dos poços, foram realizados os cálculos a partir das equações a seguir:

A intensidade pluviométrica foi determinada a partir dos dados apresentados no site da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

$$I, td = 0,7642 \times D^{-0,7059} \times P^{0,5360} \times \mu t, d \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

- I, td é a intensidade pluviométrica, em mm/h 51
- D é a duração da chuva (em horas). Nessa situação estamos adotando a duração da chuva de 10 minutos, ou 0,167 horas.
- P é a precipitação média anual no local (mm). Como foi determinado pela prefeitura de BH, o valor é de 1.500mm.
- $\mu t, d$ é o quantil adimensional de frequência regional associado ao período de retorno de T e a duração d . Nessa situação considerou o período de retorno de 10 anos e a duração de 10 minutos. Encontrou um valor de 0,691 para $\mu t, d$.

A vazão de projeto foi calculada de acordo com a NBR 10844: 1989 (ABNT, 1989):

$$Q = \frac{I \times A}{60} \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

- Q é a vazão de projeto, em L/min
- I é a intensidade pluviométrica, em mm/h
- A é a área de contribuição, em m^2 . Nessa situação foi multiplicado a área total pelo coeficiente de escoamento superficial da área.

O volume do poço, foi calculado através da fórmula abaixo:

$$V_o = \frac{(Q-Q_1)}{1000} \times t \text{ (Equação 3)}$$

Onde:

- V_o é o volume do reservatório, em m^3
- Q é a vazão do projeto, em L/min

- Q1 é a vazão absorvida pela rede urbana de drenagem.
- t é o tempo de precipitação. Nessa situação foi determinado o tempo de precipitação de 1,05.

Para o cálculo da vazão absorvida pela rede urbana de drenagem, foi considerado que a rede urbana absorve apenas 50% do valor total da vazão de projeto. Dessa forma, realizou-se um estudo a respeito das localizações de cada boca de lobo que está inserido na Avenida de estudo. Essa localização é mostrada na imagem abaixo:

Figura 5 – Localização das bocas de lobo



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Para a definição do coeficiente de permeabilidade, foi-se retirado o valor assertivo do portal da Prodabel – PBH, onde terminou que o coeficiente de escoamento superficial referente a Avenida Ressaca era igual a 0,75.

Para calcular a área útil do poço, é necessário levar em conta as paredes e o fundo do dispositivo, pois é por meio deles que a água efetivamente se infiltrará no solo. Portanto, uma vez certo o volume do poço (V_o) e o coeficiente de infiltração no solo (K), torna-se possível calcular a área útil por meio da equação abaixo:

$$A_{min} = \frac{V_o}{Kt} \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde:

- V_0 é volume do poço (m^3)
- K é o coeficiente de infiltração
- T é o tempo para toda a água infiltrar

Após estabelecer essas definições, utiliza-se a proposta a seguir para calcular as dimensões internas, levando em consideração a área útil de infiltração necessária para acomodação do volume:

$$A_{\text{útil}} = \text{área lateral} + \text{área do fundo do poço} \geq A_{\text{min}}$$

$$A_{\text{útil}} = 2 \times \pi \times R \times H + \pi R^2 \geq A_{\text{min}} \quad \text{(Equação 5)}$$

Onde:

- r é raio do poço;
- H é a altura útil do poço
-

Após a determinação das incógnitas, conseguiu determinar os cálculos para dimensionamentos dos poços e foi detectado que os poços foram aprovados conforme tabela abaixo:

Tabela 2 – Dados de cálculos para dimensionamento dos poços.

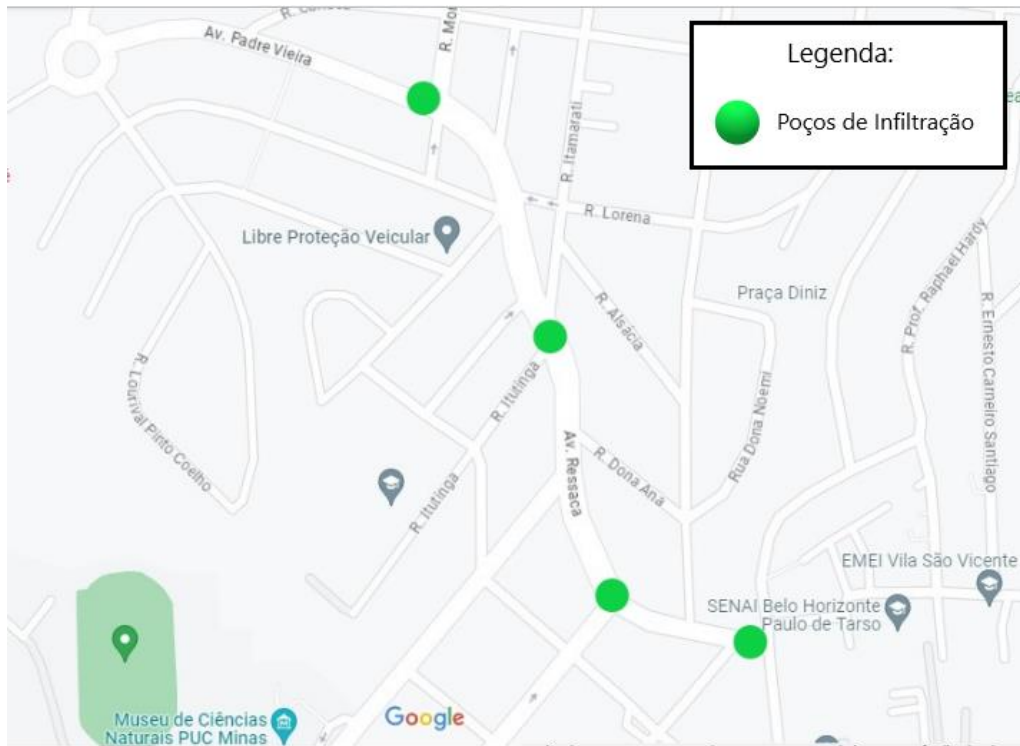
	Sub-Bacia 9	Sub-Bacia 7
Intensidade Pluviométrica (mm/h)	94,14	94,14
Coeficiente de Escoamento Superficial	0,75	0,75
Vazão de Projeto (Q) L/min	35.296,62	110.143,8
Volume do Reservatório (V_0)	18,53	57,83
Taxa de Infiltração (Kadot)	0,09	0,09
Área Mínima (m^2)	102,95	321,25
Área Útil (m^2)	113,83	113,83

Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Na Sub-Bacia 9, o valor da área útil foi maior que o valor da área mínima, dessa forma, seria necessário a implantação de apenas 1 poço de infiltração. Já na Sub-Bacia 7, como o valor da área útil foi menor que o valor da área mínima, seria necessário a implantação de 3 poços

de infiltração para que os poços fossem aprovados. Abaixo, mostra-se a localização de cada poço de infiltração ao logo da Avenida.

Figura 6 – Localização dos poços de infiltração



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

O tubo utilizado no poço de infiltração é de concreto pré-moldados com furos, que facilitam a entrada de água no tubo, permitindo a infiltração no solo. Essa característica é vantajosa em projetos de águas pluviais e controle de enchentes, o tubo de concreto pré-moldado com furos possui 06 metros de altura e 05 metros de diâmetro.

A brita utilizada no poço de infiltração é composta por fragmentos de rocha de tamanho uniforme, proporcionando uma estrutura porosa que permite a infiltração eficiente da água. Foi adotado o mínimo de 30 cm no fundo no poço, colocando-se uma camada de 30 cm de brita nº 3 e 10 cm nas laterais do poço para facilitar a infiltração. A brita foi lavada antes de sua instalação.

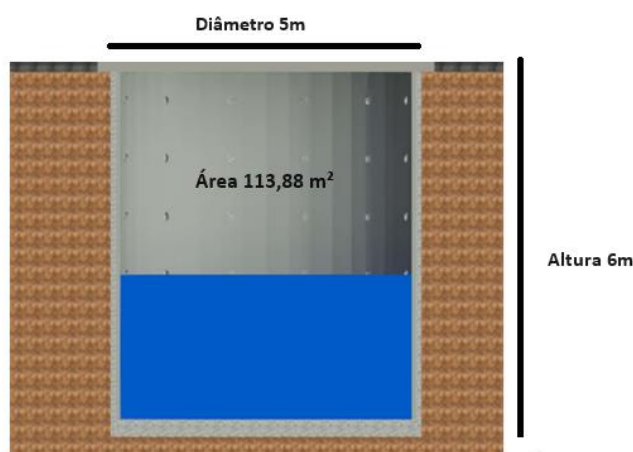
A manta geotêxtil a ser utilizada possui 1x100metros e ela ficará envolvendo as laterais do tubo de concreto pré-moldado e a camada de brita do fundo do poço de infiltração, sendo então, realizado o levantamento da quantidade de manta que será utilizada. Abaixo na tabela 3 segue dados dos resultados que chegamos do poço de infiltração e na figura 07 a representação do poço no REVIT e suas dimensões.

Tabela 3 – Dados do poço de infiltração

Poço de Infiltração		
Tubo de Concreto	Diâmetro	5m
	Altura	6m
	Área do tubo	113,88 m ²
Brita	Volume laterais	0,188m ³
	Volume fundo	6,37m ³
	Volume Total	6,56m ³
Manta Geotêxtil	Área total	113,88 m ²
	Qtd. manta	02 rolos de 100m

Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Figura 7: Representação do poço no REVIT e dimensões.



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A proposta de solução para enchentes na Avenida Ressaca é a implantação de 04 poços de infiltração na avenida e afim de demonstrar o estudo de viabilidade de um poço de infiltração foi verificado as características do solo, clima, levantamento de bocas de lobo, dimensionamento do poço, questionário população. Dentre as vantagens na utilização do poço de infiltração, cita-se a redução de pressão no sistema de drenagem convencional por diminuir os volumes drenados pelo sistema de drenagem convencional, ganho financeiro com a diminuição do sistema de drenagem convencional, baixo valor para concepção e implantação, recarga de lençol freático. O tubo utilizado no poço de infiltração é de concreto pré-moldados com furos, que facilitam a entrada de água no tubo, permitindo a infiltração no solo. Essa

característica é vantajosa em projetos de águas pluviais e controle de enchentes, o tubo de concreto pré-moldado com furos possui 06 metros de altura e 05 metros de diâmetro. Adotando 07m³ de brita 03 que será utilizado nas laterais e fundo do poço para facilitar a infiltração. Considerando que a área total onde vai a manta geotêxtil é 113,88m² e o rolo de manta possui 1mx100m, será utilizado apenas 02 rolos de manta geotêxtil para o Poço de infiltração. Sendo então realizado o orçamento conforme valor do mercado atual, na figura 4:

Figura 8: Planilha orçamentaria do poço de infiltração

Planilha Orçamentária						
Obra: Fornecimento e instalação de 04 poços de Infiltração.						
ORÇAMENTO: 1013122023 VÁLIDO POR 30 DIAS					DATA BASE: 12/12/2023	
ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTID.	CUSTO	TOTAL ESTIMADO	
					MATERIAL(R\$)	
1.0	MATERIAIS POÇO DE INFILTRAÇÃO				R\$	9.482,48
1	TAMPA DE CONCRETO	UND	4	R\$ 220,00	R\$	880,00
2	TUBO DE CONCRETO	UND	4	R\$ 800,00	R\$	3.200,00
3	BRITA	M3	28	R\$ 120,00	R\$	3.360,00
4	MANTA GEOTÊXTEL	M	8	R\$ 365,31	R\$	2.922,48
2.0	MÃO DE OBRA				R\$	4.000,00
1	MÃO DE OBRA	Colab.	2	R\$ 2.000,00	R\$	4.000,00
CUSTO TOTAL					R\$	13.482,48

Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Com base no orçamento, valor do poço de infiltração é considerado baixo o custo comparado ao grande número de bocas de lobos na avenida, sendo necessário manutenção e não é tão eficiente quanto o poço em período de chuvas. Os poços de infiltração são adequados ao contexto urbano uma vez que ocupam pouco espaço e, apesar de apresentarem pouca capacidade de armazenamento, uma de suas vantagens é a possibilidade de associar-se facilmente a outros dispositivos, tais como as trincheiras, os pavimentos permeáveis e a valas. Além disso, essa medida auxilia na recarga do lençol freático, possui baixo custo de implantação e é de fácil execução.

CONCLUSÃO

Diante dos desafios enfrentados ao longo desta pesquisa, surgiram diversas incertezas e questionamentos acerca da abordagem mais adequada para solucionar a problemática envolvendo a Avenida Ressaca. No entanto, com a valiosa orientação de professores e especialistas do campo, chegamos à conclusão de que a implementação de um poço de infiltração se destacava como a melhor alternativa.

A definição da profundidade do poço, contudo, revelou-se um ponto sensível, dado o limitado acesso a informações precisas sobre a profundidade do lençol freático. Infelizmente, a plena certeza de que o poço de infiltração seria bem-sucedido não pôde ser assegurada. Em face dessa incerteza, optou-se por uma profundidade conservadora de apenas 6 metros, visando evitar qualquer contato indesejado com o lençol freático e mantendo uma distância mínima de 1 metro do mesmo.

Nesse contexto, a pesquisa evidencia não apenas a complexidade da tomada de decisões em projetos dessa natureza, mas também a importância de adaptação e flexibilidade diante das limitações de dados disponíveis. A escolha do poço de infiltração, embora embasada em análises criteriosas, ressalta a necessidade contínua de monitoramento e ajustes conforme novas informações se tornam disponíveis. Este trabalho não apenas proporcionou uma solução prática para a Avenida Ressaca, mas também destaca a importância da abordagem colaborativa e do aprendizado contínuo no enfrentamento de desafios complexos no âmbito da engenharia e gestão ambiental.

REFERÊNCIAS

ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE SANTA MARIA – DF. Universidade de Brasília; Instituto de Ciências Humanas; Departamento de Geografia. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/19267/1/2016_JuliaOliveiraBraga.pdf>. Acesso em: 25/09/2023

ALMEIDA, C. da. S. **Patologia em vias urbanas: estudo de caso na cidade de Maceió.** – AL. 2019. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário CESMAC, Maceió, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13969:1997 - **Tanques séptico – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10844:1989. **Instalações prediais de água pluviais.** Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

BERNUCCI, L. B. *et al*, **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros.** 1^a ed. Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2008.

BRASIL, Departamento Nacional de infraestrutura de transportes. Diretoria de planejamento e pesquisa. Coordenação geral de estudos e pesquisa. Instituto de pesquisas rodoviárias. **Manual de pavimentação.** Rio de Janeiro, 2006

BRASIL, Departamento Nacional de infraestrutura de transportes. Diretoria de planejamento e pesquisa. Coordenação geral de estudos e pesquisa. Instituto de pesquisas rodoviárias.

Norma DNIT 178/2018. **Pavimentação Asfáltica – Preparação de corpos de prova para ensaios mecânicos usando o compactador giratório Superpave ou o Marshall.** Rio de Janeiro. 2018

BIFANO, Renata Pessoa; OLIVEIRA, Dione da Costa; OLIVEIRA, Renata de Abreu e Silva; SOUZA, Rafael Eler; TOLEDO, Carlos Eduardo. Identificação de manifestações patológicas em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Margarida – MG. **Revista Pensar Acadêmico**, Manhuaçu, v. 17, n. 1, p. 33-42, janeiro-abril, 2019.

DESSUY, T. Y.; ECHEVERRIA, J. A. S.; OLIVEIRA, J. P.; PEDROTTI, T. F.; WAYHS, C. A. S. P. **Estudo da influência da umidade excessiva e possíveis soluções em pavimentos flexíveis.** In: CRICTE – XXVIII CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, 2017, Ijuí, Anais. Ijuí: UNIJUÍ – Universidade Regional, 2017.

ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE UMIDADE COMO MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS DE ALAGAMENTO EM ÁREAS URBANAS.

Disponível em <<https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/22836/14222>>. Acesso em: 18/09/2023

LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/documents/801160/801815>> Acesso em: 18/09/2023

PROCEDIMENTOS DE PROJETOS SUDECAP, **Capítulo 5 – Topografia.** Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-einfraestrutura/2022.pdf>>. Acesso em: 18/09/2023

REIS, R.P.A. (2005). **Proposição de Parâmetros de Dimensionamento e Avaliação de Desempenho de Poços de Infiltração de água Pluvial.** 2005. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, CEMEC- UFG).

REIS, R. P. A; OLIVEIRA, L. H.; SALES, M. M. **Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais.** Porto Alegre, v.8, n. 2, p99-117, 2008 JORDÃO, E. P.; PESOA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

PROJETO BIM PARA IMPLANTAÇÃO DE INTERSEÇÃO EM DESNÍVEL NO ANEL RODOVIÁRIO DE BELO HORIZONTE NO ACESSO AO BAIRRO BURITIS

Bruno Antônio Inácio de Freitas¹

Edmar Antônio Mageste Júnior²

Jhansen Luiz Pinheiro de Araújo³

Paulo Alberto Cecílio Martins⁴

Valdecir Júnior Fernandes⁵

Felipe de Souza Abreu⁶

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido para análise de uma solução viária para o trecho do anel rodoviário que possibilita o acesso ao bairro Buritis. A pesquisa contribui para o debate sobre mobilidade urbana ao oferecer uma visão abrangente dos problemas e soluções existentes. Esperamos que as informações e insights apresentados neste estudo possam ser utilizados por acadêmicos, formuladores de políticas e o público em geral para promover a melhoria da mobilidade nas cidades e, conseqüentemente, a qualidade de vida urbana. Foram identificados desafios significativos, possibilitando o estudo de alternativas que proporcionem melhor versatilidade e segurança aos cidadãos belo-horizontinos que necessitam utilizar o Anel Rodoviário diariamente. Surgiram oportunidades para melhorias, como a proposição de uma obra de intervenção a ser realizada no trecho para mitigar ou mesmo eliminar os riscos levantados, fornecendo uma base valiosa para o desenvolvimento de estratégias eficazes, visando aprimorar a mobilidade na região e garantir uma intervenção viária que atenda às necessidades da comunidade e otimize a eficiência do acesso ao bairro Buritis, este trabalho fez uso de ferramentas BIM para a elaboração do projeto e apresentação da solução mais apropriada para o trecho em questão.

Palavras-Chave: mobilidade; Belo Horizonte; tráfego urbano.

INTRODUÇÃO

A infraestrutura viária no Brasil, notadamente o sistema de transporte rodoviário, desempenha um papel vital na integração de diversos modais. Contudo, a qualidade das rodovias não corresponde ao seu nível crítico de importância para a cidade de Belo Horizonte, revelando uma condição preocupante, sobretudo nas suas interseções. Nesse cenário, o Anel Rodoviário destaca-se como uma via crucial, recebendo um expressivo fluxo diário de veículos. Entretanto, a interseção com a BR 356 confronta desafios significativos, agravados por congestionamentos decorrentes do processo de urbanização. Este contexto ressalta a urgência

¹ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: baifreitas@sga.pucminas.br

² Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: edmar.antonio@sga.pucminas.br

³ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: jhansen.araujo@sga.pucminas.br

⁴ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: pacmartins@sga.pucminas.br

⁵ Graduando de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: valdecir.junior@sga.pucminas.br

⁶ Professor Doutor Orientador de Projeto Integrador II do Curso de Engenharia Civil. PUC Minas. E-mail: felipe@sga.pucminas.br

de abordar e aprimorar essa interseção específica para atender às crescentes demandas de mobilidade da região.

O presente estudo visa à introdução de uma interseção estratégica no Anel Rodoviário de Belo Horizonte (ARBH), concentrando-se na integração com a Rua Moisés Kalil. O objetivo principal é aprimorar a conectividade, aliviar congestionamentos e encurtar as distâncias até o Bairro Buritis. A eficácia dessas interseções desempenha um papel crucial na fluidez do tráfego, ressaltando a urgência de investimentos para revitalizar a infraestrutura rodoviária nesta região específica.

Este projeto, alinhado às normas técnicas do DNIT, não se limita apenas a aprimorar a mobilidade; ele busca, de maneira abrangente, fundamentar sua relevância por meio de análises criteriosas. Ao contemplar a análise do tráfego, o estudo de viabilidade técnica, a avaliação de impactos, a comparação de alternativas, a apresentação de argumentação embasada, a estimativa de custos e a análise de impactos socioeconômicos, o projeto visa contribuir significativamente para o debate sobre mobilidade urbana. Esse esforço conjunto tem como objetivo a implantação de uma interseção em desnível para facilitar o acesso ao Bairro Buritis.

A desapropriação é um processo em que o governo adquire propriedades privadas para fins de utilidade pública, necessidade pública ou interesse social, compensando os proprietários de forma justa. No contexto brasileiro, a eficácia desse processo é questionável devido a preocupações com a justiça e prévia indenização, relacionadas à condução do processo. A metodologia de implementação da desapropriação deve ser analisada para garantir a preservação constitucional de uma indenização justa e prévia (Modotte, 2021; Sarmiento, 2018).

O processo de desapropriação, segundo o DNIT (2022), envolve duas fases: Declaratória e Executória. Na fase Declaratória, uma portaria de utilidade pública é emitida, enquanto a fase Executória inicia efetivamente o processo, seja por procedimentos administrativos ou judiciais. No âmbito administrativo, é crucial seguir as diretrizes do DNIT, incluindo a criação de processos individuais, elaboração de escritura pública em casos de acordo e ação judicial em casos de falta de consenso (Modotte, 2021).

A classificação de rodovias no Brasil é baseada em critérios do DNIT (2010) e ANTT, considerando hierarquia, jurisdição, condições técnicas e posição geográfica. A hierarquia inclui vias locais, coletoras, arteriais e de trânsito rápido. A jurisdição categoriza rodovias federais, estaduais, municipais e vicinais. A classificação técnica, segundo o DNIT, considera volume de tráfego, nível de serviço, terreno, e custo de construção (DNIT, 2010; Lee, 2002).

As cinco classes de rodovias, conforme o DNIT, variam de Classe 0 (Via Expressa) a Classe IV-B (rodovias locais ou vicinais). O critério principal é o volume médio diário de

tráfego, relacionado ao nível de serviço, terreno e custo de construção. A classificação funcional, segundo o DNER (1999), destaca rodovias de alta capacidade (Classe 0 e I), média capacidade (Classe II e III), e baixa capacidade (Classe IV-A e IV-B) (DNIT, 1999; Pietrantonio, 2018).

A classificação das rodovias considera sua posição geográfica, sendo fundamental para o planejamento e gestão da infraestrutura rodoviária. As categorias incluem Rodovias Radiais, Longitudinais, Transversais, de Ligação, de Acesso e Locais ou Vicinais, cada uma desempenhando papéis específicos na conectividade regional e nacional (DNIT, 2010).

Interseções são áreas onde ocorre o cruzamento ou entroncamento de duas ou mais vias, sendo cruciais para a qualidade do fluxo e a segurança viária. Classificam-se em interseções em nível e em desnível, com subcategorias como cruzamento, entroncamento e rotatória. A engenharia de tráfego desenvolveu uma classificação para facilitar o estudo desses locais (Pimenta, 2002).

As interseções em nível, como cruzamentos de 3 e 4 Ramos, e rotatórias, são essenciais na infraestrutura viária. Suas geometrias e características específicas influenciam a complexidade e eficiência do fluxo de tráfego. Exemplos incluem interseções de múltiplos ramos e rotatórias, que desempenham papéis significativos na gestão do tráfego (DNIT, 2005).

As interseções em desnível, como diamante, trombeta, direcional e trevo completo, requerem obras de arte para segregar verticalmente as vias de aproximação. Isso melhora significativamente a segurança, capacidade e eficiência operacional. Cada tipo possui vantagens e desvantagens, com destaque para a eficácia da segregação vertical na prevenção de conflitos e melhoria da fluidez do tráfego (DNIT, 2005).

A excelência no projeto de interseções rodoviárias está relacionada a fatores como capacidade de tráfego, segurança, conforto e custos. A escolha do tipo de interseção é crucial para atingir eficiência e economia. O projeto deve considerar dados funcionais, físicos, de tráfego, acidentes e econômicos. A seleção do tipo de interseção depende de análises criteriosas desses dados, levando em conta a velocidade do tráfego e os volumes de veículos (DNIT, 2005; Millack, 2014).

A decisão é orientada por diretrizes do DNIT, considerando soluções seguras e eficazes, a familiaridade dos motoristas e a integração harmoniosa com outros elementos viários. Um gráfico específico relaciona tipos de interseções com volumes de tráfego, facilitando a escolha entre interseções em nível e em desnível (DNIT, 2005).

A elaboração do projeto geométrico de rodovias envolve várias etapas interdependentes. Antes do projeto geométrico, há um estudo de traçado que identifica os percursos mais

adequados. As fases do projeto geométrico incluem Reconhecimento, Exploração, Projeto da Exploração, Locação e Projeto de Implantação.

Essas fases visam garantir a viabilidade global do projeto, abrangendo aspectos técnico, econômico e social, e dependem do conhecimento em cartografia, agrimensura e métodos topográficos (Pereira, 2010; Vicentini *et al.*, 2019).

METODOLOGIA

Como metodologia utilizamos diversas etapas para a escolha da interseção em desnível no Anel Rodoviário de Belo Horizonte. Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para embasar o referencial teórico. Posteriormente, coletaram-se dados de tráfego, analisando o cenário atual e identificando pontos críticos. A viabilidade técnica foi avaliada considerando características geográficas e de tráfego. Foram empregadas técnicas empíricas para analisar os impactos esperados, e alternativas de interseções foram comparadas. Impactos socioeconômicos foram investigados, seguidos pela proposição de diretrizes para a implementação. Utilizando modelagem 3D, aspectos geométricos foram estudados, e medidas de segurança viária foram propostas. Essa abordagem integrada visa fornecer uma base sólida e abrangente para a implementação da interseção, considerando aspectos técnicos, econômicos, sociais e de segurança viária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da Mobilidade Urbana

Em realização do presente tema, foi realizada uma visita de campo, e revisão de literatura, onde pudemos verificar os desafios enfrentados por Belo Horizonte, especialmente no trecho da proposição deste trabalho no que diz respeito à mobilidade urbana.

Ficou evidenciado que o atual sistema viário do trecho objeto de estudo do presente trabalho, qual seja, Rua Moisés Kalil, esquina com o Anel Rodoviário (Figura 1) carece de melhorias de infraestrutura com o objetivo de desafogar o trânsito local e fornecer melhorias de acesso para quem mora no Bairro Buritis.

O Buritis é um bairro envolto por montanhas e serras, com uma área aproximada de 2,94 km² (Figura 2), e abriga um forte comércio, concentrado na Avenida Mário Werneck, com inúmeros bancos, galerias, clínicas, supermercados, panificadores, entre diversas outras modalidades comerciais, além de inúmeros prédios residenciais o que ocasionou um grande adensamento da região.

Figura 1 - trecho de implantação

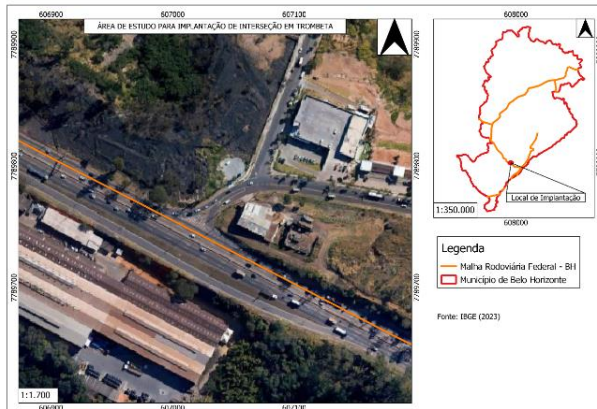


Figura 2 - delimitação do Bairro Buritis



Figura 3 - atual percurso de acesso



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Tal cenário, aliado ao antigo Plano Diretor do Município, o qual possuía para a região uma maior permissibilidade no que diz respeito as regras para parcelamento do solo, como por exemplo um elevado coeficiente construtivo, atraiu diversas construtoras que conceberam grandes empreendimentos residenciais sem, contudo, mitigar os seus impactos, em especial no se refere a mobilidade urbana.

Ao longo do desenvolvimento deste projeto, identificamos diversas áreas-chave que merecem atenção e discussão no contexto da mobilidade urbana e melhorias na qualidade de vida que a implantação da interseção trará para os moradores locais, e daqueles que trabalham e transitam no Bairro Buritis. Entre as principais conclusões de nossa pesquisa, destacamos o impacto positivo da redução do tempo de percurso. Aqueles que optam por utilizar o Anel Rodoviário no sentido Rio de Janeiro para acessar o Bairro Buritis enfrentam a necessidade de

percorrer todo o caminho até a rotatória do Bairro Olhos D'água, onde devem realizar um retorno para, então, acessar a Rua Moisés Kalil como rota de entrada.

A atual rota para acessar o Bairro Buritis, através do Anel Rodoviário no sentido Rio de Janeiro, compreende uma extensão de aproximadamente 7 km (Figura 3), demandando cerca de 10 minutos para realizar a manobra até acesso ao bairro. A proposta de implementação de uma interseção em desnível do tipo trombeta nesse trecho específico visa eliminar a necessidade desse desvio, oferecendo aos cidadãos um acesso direto ao Bairro Buritis. Além dos benefícios evidentes em termos de economia de tempo de trajeto, a medida também proporciona uma redução significativa na emissão de poluentes decorrentes da queima de combustíveis, promovendo impactos positivos tanto na mobilidade quanto no meio ambiente.

Modelagem e projeto paramétrico em BIM

Após definição do local de estudo da implantação da interseção e do tipo da mesma, a partir dos dados levantados em campo, google Earth entre outros meios, iniciou-se o processo de projeto/modelagem.

Inicialmente foi criado um modelo no software Autodesk Infracad, utilizando a ferramenta gerador de modelo. A partir disso, esse modelo foi exportado para o software Civil3D para correção do modelo digital do terreno (MDT) e do traçado vertical da via existente, pois o modelo gerado no Infracad apresenta imprecisão quanto as elevações do terreno e da estrada.

Figura 4: modelo da rodovia existente gerado no infraworks



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Figura 5: perfil longitudinal da rodovia gerado no infraworks



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Figura 6: rodovia existente importada no Infraworks após correção



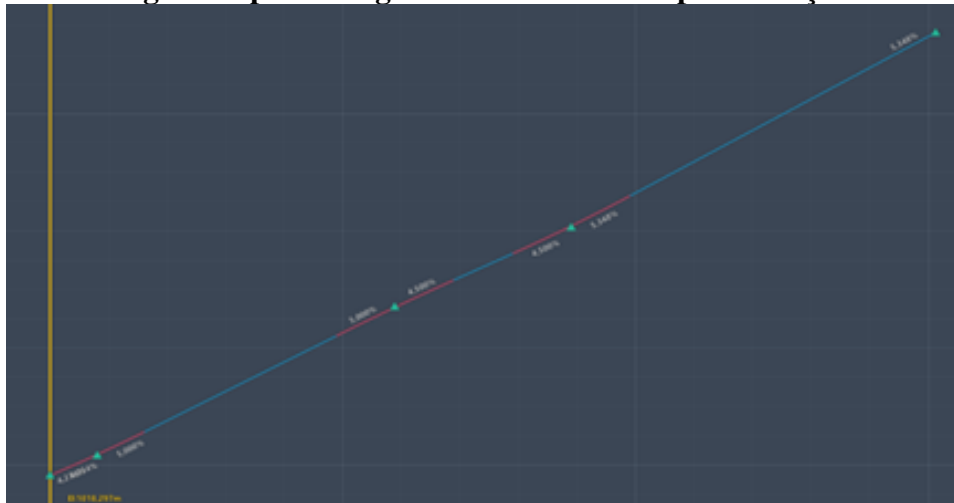
Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Figura 7: rodovia existente modelada



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Figura 8: perfil longitudinal da rodovia após correção



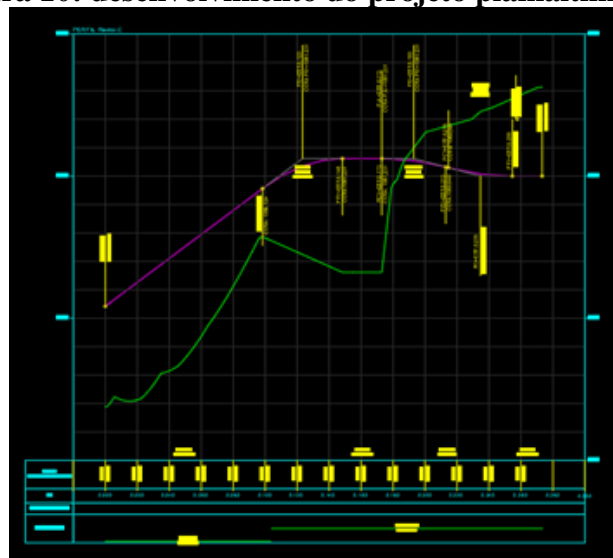
Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Figura 9: desenvolvimento do projeto planimétrico



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Figura 10: desenvolvimento do projeto planialtimétrico



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Figura 11: interseção importada no Infraworks



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Figura 12: interseção após conclusão da modelagem



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

Figura 13: interseção após conclusão da modelagem



Fonte: (Autoria Própria, 2023)

A partir disso foram ajustados os traçados horizontal e vertical da rodovia existente com a inclinação das rampas corretas e importados novamente no infraworks. Após importar os objetos do Autodesk Civil3D, no infraworks, é necessário ajustar a modelagem, com o tipo de seção correta, materiais e objetos que a constituem, pois, o software gera o modelo com um tipo de seção qualquer, conforme imagem acima.

Concluída a modelagem da rodovia existente, foi feito a elaboração do projeto da interseção no Autodesk Civil 3D. A concepção da interseção foi desenvolvida em conformidade com o MANUAL DE PROJETO DE INTERSEÇÕES do DNIT (2005). Tanto o projeto planimétrico (traçado horizontal), quanto o projeto planialtimétrico (traçado vertical) foram adotadas as diretrizes do manual.

No desenvolvimento do projeto planimétrico foram verificados os raios mínimos dos ramos da interseção, número de faixas a serem adotadas. Quanto ao projeto planialtimétrico foram verificados os valores mínimos do parâmetro “K” das curvas verticais côncavas e convexas como também as rampas máximas.

Durante a elaboração do projeto foi necessário realizar diversas alterações, seja no traçado horizontal, quanto no traçado vertical, pois em diversas situações não foi possível atender a rampa máxima para os ramos, devido a condição do relevo no local de implantação da interseção.

Ao concluir a etapa de projeto no Autodesk Civil3D, o alinhamento do projeto (horizontal) e o greide do projeto (vertical) foram importados no Infrakworks para realização da modelagem propriamente dita.

No processo modelagem foram criadas as seções tipo utilizadas nos ramos da interseção, modelagem dos taludes, modelagem do canteiro da rotatória. Foram inseridos acabamentos como pinturas de faixa, defesa (Guard Rail). Além disso, foi inserido obra de arte especial (viaduto) como também foi feito o encaixe dos ramos da interseção com a rodovia existente.

Dessa forma, ao longo do desenvolvimento do projeto/modelagem, foram encontradas diversas dificuldades, sendo necessário alterar ou refazer o processo mais de uma vez ou propor soluções alternativas.

Como exemplo, inicialmente seria proposto a solução de implantar obra de arte especial (estruturas) em toda a extensão do ramo que sai da marginal, mas verificou-se que esse tipo de solução encarece o preço da obra, fazendo com que a mesma não seja economicamente viável.

Ao finalizar a modelagem da interseção no infraworks, a mesma foi importada no autodesk civil 3D para elaboração da documentação do projeto (pranchas).

- Planta: contendo eixo de projeto e representação das estacas, informações de início e final de curvas (PC, PT), representação de taludes, faixa de domínio, malha de coordenadas, simbologia de norte de projeto, curvas de nível e cotas das mesmas;
- Perfil; Greide de projeto e pontos de curva vertical (PCV, PIV E PTV), terreno natural, parâmetros das curvas (Y, k, e), cotas de terreno e de projeto;
- Seção Tipo; seção transversal referente a cada ramo, com informação de largura das faixas, inclinação dos taludes e da pista.
- Imagens em perspectiva da modelagem: imagens da modelagem com intuito de propor um melhor entendimento e visualização dos detalhes.

VIABILIDADE

Em geral, o custo de implantação de uma interseção em desnível é de aproximadamente 10 a 20 vezes maior que o custo de implantação de uma interseção em nível. Porém, mesmo com a grande diferença, foi exposto neste projeto que a implantação de uma interseção em desnível seria o mais adequado para o perfil do trecho em estudo.

De forma mais analítica, deve se atender detalhadamente nos principais fatores que influenciam o custo de implantação de uma interseção em desnível são: tipo de obra de arte, volume de tráfego, características do terreno e outros fatores que podem influenciar o custo de implantação de uma interseção em desnível incluem o custo de desapropriação de áreas, o custo de serviços públicos, custo de gerenciamento da obra ou até mesmo contrapartidas ambientais.

Neste trabalho, será feita uma análise mais sintética para estimar o custo da mais especificamente no caso de Maringá, a BR-376 que é uma rodovia federal, será rebaixada no trecho urbano de Maringá, no Paraná. No local, serão construídas duas passagens superiores, que conectarão a BR-376 à PR-317 e à Avenida João Pereira. Essas passagens superiores funcionarão como uma rotatória, permitindo que os veículos que trafegam nas duas vias municipais tenham acesso a comércios locais e outras vias da região. Além disso, o projeto prevê a construção de vias marginais na BR-376. (DER/PR)

O projeto em estudo do Buritis também se trata de uma via federal de alto tráfego passando dentro de um trecho urbano e que será ligada à uma região com comércios locais e habitações. Porém se difere nas duas obras de arte. Em compensação o projeto deste trabalho prevê, além da obra de obra de arte única, a inclusão de uma rotatória na saída do viaduto. Podemos

O valor da proposta vencedora no processo de licitação realizado pelo DER/PR para

implantação da interseção de Maringá foi de R\$ 49 milhões, onde estão inclusos custos do projeto básico, projeto executivo de engenharia e execução dos serviços.

Com base no valor de custo apresentados, podemos afirmar que com o retorno positivo ao comércio local, o acesso facilitado dos residentes em uma área que ainda tem um grande potencial de expansão devido à introdução de novos empreendimentos residenciais e a economia proporcionada aos motoristas da rodovia federal que utilizarão o segmento para retornos, justificam e torna viável a implantação da interseção na região estudada.

Local	Custo total	Área	Valor m²
Maringá (PR)	R\$ 49.000.000,00	24587,35	R\$ 1.992,89
Belo Horizonte (MG)	R\$ 108.618.043,42	54.502,65	R\$ 1.992,89

PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Analisando as características da região de implantação da interseção, podemos listar os tipos que poderiam ser implantados e verificar qual a melhor opção dentre elas a ser adotada. Alguns pontos devem ser observados, como as características do tráfego da via e as características topográficas do local. Como a via é de tráfego intenso, por se tratar de uma BR com grande fluxo de caminhões escoando cargas, além de estar situada na região metropolitana de BH e absorvendo grande parte do tráfego da capital, as Interseções do tipo em Nível não seria uma alternativa viável, e deste modo, será descartada.

Desta maneira, deveremos adotar uma interseção em desnível, onde não ocorre a interrupção do tráfego por sinalização semaforica ou por outro método. Após realizarmos uma análise detalhada optou-se por uma interseções do tipo Trombeta, pois esse tipo de interseção é conhecido por atender as especificações de alta capacidade de tráfego, necessidade de apenas uma obra de arte, movimentos semi direcionais em alta velocidade e a não ter a existência de possíveis entrelaçamentos. Além disso, atende as especificidades do nosso caso, obedecendo as características de pouco espaço disponível.

Para o caso, será detalhado no projeto as adaptações que serão feitas nessa interseção para ser implantada no local, inclusive no aproveitamento da marginal da ArcelorMittal para início da alça da trombeta. Deste modo, em um quadro resumo foram expostos pontos importantes (quesitos) que devem estar presentes na interseção para atender o objetivo da proposta. Para estes pontos foram dados pesos de 1 a 5 a fim de distinguir a sua importância entre si. Para cada tipo de interseção foi dada uma nota de 1 a 5 na medida em que fosse atendido cada quesito.

Tabela 1: comparativo de interseções

QUESITOS	PESO	INTERSEÇÃO EM NÍVEL	DESNÍVEL DIAMANTE	DESNÍVEL TREVO COMPLETO	DESNÍVEL TROMBETA
		<i>0 (péssimo); 1 (ruim); 2 (tolerável); 3 (regular); 4 (bom); 5 (ótimo)</i>			
BAIXO NÍVEL DE GARGALOS CAUSADOS PELAS CANALIZAÇÕES OU SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA	3	0	3	5	5
EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO E SEGURANÇA	2,5	1	4	5	4
CONSUMO DE ESPAÇO PARA IMPLANTAÇÃO	2	5	2	1	2
CUSTO/BENEFÍCIO DE IMPLANTAÇÃO	2	3	2	1	4
ADAPTAÇÃO À TOPOGRAFIA E CONDIÇÕES EXISTENTES	1,5	4	1	1	3
BAIXO NÍVEL DE CONFLITOS DAS APROXIMAÇÕES	1,5	0	3	5	5
		24,5	33	40,5	49

Como resultado, a interseção do tipo trombeta se mostrou mais eficiente e será a escolhida para desenvolvimento do projeto.

CONCLUSÃO

A proposta do estudo é a implementação de uma intercessão trombeta no local que visa melhorar a fluidez do tráfego e a segurança viária no acesso ao Bairro Buritis, localizada no Anel Rodoviário de Belo Horizonte, especificamente em frente à Acelor Mital.

Atualmente, a localidade enfrenta desafios significativos, caracterizados pelo elevado risco para aqueles que buscam ingressar ou deixar o Anel Rodoviário, assim como para os motoristas que desejam acessar o bairro. A única alternativa disponível para estes últimos é realizar o retorno, implicando não apenas em limitações de direções, mas também em deslocamentos prolongados. Esta situação contribui para o aumento da poluição do trânsito na região, acarretando em gastos financeiros adicionais para os usuários, que se veem obrigados a percorrer trajetos mais extensos.

A implementação de uma nova interseção na rodovia pode acarretar uma série de benefícios substanciais para o Bairro Buritis, exercendo influência direta na dinâmica local e na qualidade de vida. Algumas das vantagens primordiais incluem: Acessibilidade, Economia, Segurança, Valorização e Investimentos na região

A presença de empresas de grande porte, como AcelorMittal e Supermercados BH, destaca a relevância econômica e social do local em questão. Essas empresas não apenas desempenham um papel crucial na movimentação de veículos na região, mas também influenciam significativamente a dinâmica do tráfego no Anel Rodoviário de Belo Horizonte.

A interseção trombeta proposta assume um papel ainda mais crucial diante da presença dessas empresas, pois visa aprimorar não apenas a fluidez do tráfego, mas também a eficiência das operações logísticas e o acesso dos consumidores aos estabelecimentos comerciais. O aumento da acessibilidade resultante da implementação da interseção não só beneficia os moradores do Bairro Buritis, mas também otimiza a conectividade para trabalhadores, clientes e fornecedores associados às empresas mencionadas.

Além disso, ao destacar a importância econômica dessas empresas, a proposta ganha apoio adicional, uma vez que a melhoria na infraestrutura de tráfego não apenas beneficia os residentes locais, mas também contribui para a eficiência operacional das empresas, potencialmente incentivando investimentos e fortalecendo a atividade econômica na região.

Portanto, ao abordar de maneira mais detalhada a influência dessas empresas na movimentação de veículos, você reforça a necessidade e a pertinência da implementação da interseção trombeta, ressaltando os impactos positivos para a comunidade, as empresas locais e a economia em geral.

REFERÊNCIAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials. **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. 6th Edition. Washington D.C., EUA, 912 p, 2001.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. **Dispõe sobre o Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1997.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Diretrizes Básicas para Desapropriação**. Brasil, 2022.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Implantação Básica de Rodovias**. Brasil, 2010.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Projeto de Interseções**. IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação 718, 2ª Edição, Rio de Janeiro, Brasil, 2005. 532 p.

MILLACK, Thaís Schütz et al. **Projeto Geométrico de uma Interseção em Desnível**. 2014.

MODOTTE, Rodrigo Pecher et al. **Desapropriações em obras de infraestrutura rodoviária: alternativas aos procedimentos atuais**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2021.

PIETRANTONIO, Hugo. **Organização do Sistema Viário, Notas de Aula** – Capítulo 2, Departamento de Engenharia de Transportes – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo,

Brasil, 21 p., s/d. Disponível em: [<http://sites.poli.usp.br/d/ptr2377/Capítulo2a.pdf>]. Acesso em: 05/02/2018.

PIMENTA, Carlos Reinaldo T.; OLIVEIRA, M. P. **Introdução ao projeto geométrico de interseções rodoviárias**. 2002.

SARMENTO, Eduardo Ribeiro Alves Moraes. **A procedimentalização da vida administrativa: um novo olhar sobre a desapropriação no Brasil**. Universidade de Coimbra, 2018.