

Amintas Nazareth Rossete
Ana Paula Klaus Locatelli
André Luiz Borges Milhomem
Cayttano Saul de Sá Zarpellon
Maiara Thaisa Oliveira Rabelo
Organizadores

CONSTRUÇÃO CIVIL

segurança, sustentabilidade e inovação



CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

C758

Construção civil: segurança, sustentabilidade e inovação / Amintas Nazareth Rossete *et al.* (Org). – Cáceres: Editora UNEMAT, 2026. 581p. il.

ISBN: 978-85-7911-325-3 (documento digital)

DOI: 10.30681/978-85-7911-325-3

1. Metodologia BIM. 2. Sustentabilidade. 3. Segurança do trabalho. 4. Lean construction. 5. Engenharia civil. I. Construção civil. II. Amintas Nazareth Rossete *et al.*

CDU 624.01

Amintas Nazareth Rossete
Ana Paula Klaus Locatelli
André Luiz Borges Milhomem
Cayttano Saul de Sá Zarpellon
Maiara Thaisa Oliveira Rabelo

Organizadores

CONSTRUÇÃO CIVIL

segurança, sustentabilidade e inovação



Cáceres – MT

2026

CONSELHO EDITORIAL

Portaria nº 1629/2023

PRESIDENTE

Maristela Cury Sarian

TITULARES

Josemir Almeida Barros

Universidade Federal de Rondônia - Unir

Lais Braga Caneppele

Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat

Fabício Schwanz da Silva

Universidade Federal do Paraná - UFPR

Gustavo Rodrigues Canale

Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Greciely Cristina da Costa

Universidade Estadual de Campinas - Unicamp

Edson Pereira Barbosa

Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Rodolfo Benedito Zattar da Silva

Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Cácia Régia de Paula

Universidade Federal de Jataí - UFJ

Nilce Vieira Campos Ferreira

Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Marcos Antonio de Menezes

Universidade Federal de Jataí - UFJ

Flávio Bezerra Barros

Universidade Federal do Pará - UFPA

Luanna Tomaz de Souza

Universidade Federal do Pará - UFPA

SUPLENTE

Judite de Azevedo do Carmo

Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat

Rose Kelly dos Santos Martinez Fernandes

Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat

Maria Aparecida Pereira Pierangeli

Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat

Célia Regina Araújo Soares

Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat

Nilce Maria da Silva

Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat

Rebeca Caitano Moreira

Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat

Jussara de Araújo Gonçalves

Universidade do Estado de Mato Grosso - Unemat

Patrícia Santos de Oliveira

Universidade Federal de Viçosa - UFV

PRODUÇÃO EDITORIAL
EDITORA UNEMAT 2026

Copyright © dos organizadores, representante dos autores, 2026.

A reprodução não autorizada desta publicação,
por qualquer meio, seja total ou parcial,
constitui violação da Lei nº 9.610/98.

Esta obra foi submetida à avaliação
e revisada por pares.

Reitora: Vera Lucia da Rocha Maquêa

Vice-Reitor: Alexandre Gonçalves Porto

Assessora de Gestão da Editora e das Bibliotecas: Maristela Cury Sarian

Imagens da capa: Freepik

Capa: Potira Manoela de Moraes

Diagramação: Potira Manoela de Moraes

Revisão: Fernanda Matos Moreira

*A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.*

Albert Einstein, (*Calaprice*, 2010).

Dedicamos esta obra a todos os profissionais da construção civil, que diariamente transformam sonhos em realidade com seu trabalho árduo e dedicação. Às futuras gerações de engenheiros, arquitetos e técnicos, que continuarão a trilhar o caminho da inovação e da sustentabilidade.

Aos nossos familiares e amigos, pelo apoio incondicional e pela compreensão durante as longas horas de pesquisa e escrita.

E, especialmente, aos alunos e professores da Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), cuja paixão pelo conhecimento e pela excelência acadêmica foram a força motriz deste projeto.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a todos que contribuíram para a realização desta obra. A Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat) tem sido um pilar fundamental, proporcionando o ambiente acadêmico e os recursos necessários para o desenvolvimento dos estudos aqui apresentados.

Agradecemos aos nossos ex-alunos, cujas pesquisas e dedicação foram essenciais para a elaboração dos capítulos que compõem este livro. Suas contribuições são inestimáveis e refletem o compromisso com a excelência acadêmica e profissional.

Nossa sincera gratidão também se estende aos colaboradores que, de diversas maneiras, apoiaram e enriqueceram este trabalho com suas experiências, conhecimentos e sugestões valiosas. O envolvimento de cada um foi crucial para o aprofundamento e a diversidade das temáticas abordadas.

Por fim, um agradecimento especial aos nossos colegas, que compartilharam ideias, ofereceu críticas construtivas e contribuíram para o crescimento intelectual deste projeto. Seu apoio contínuo e camaradagem foram fundamentais para a concretização deste livro.

A todos vocês, nosso muito obrigado.

SUMÁRIO

Apresentação..... 14

Capítulo 1

Metodologia BIM no desenvolvimento de projetos de Construção Civil21

Gabriel Roberto Rodrigues Aragão

Vítor Franco Rodrigues

Cayttano Saul de Sá Zarpellon

Capítulo 2

Comparação entre o planejamento convencional de uma obra de pequeno porte no município de Nova Xavantina – MT e o *Autodesk Navisworks* utilizando tecnologia BIM61

Franciana Sokoloski De Oliveira

Lucas Gabriel Ramalho da Silva

Capítulo 3

A Importância da acessibilidade no ambiente escolar: estudo de caso na Escola Municipal de 1º Grau Monteiro Lobato 100

Arthur Afonso Bitencourt Loureiro

Fernanda Ana Maria Dos Santos Neta

João Augusto Dunck Dalosto

Luiz Fernando Hencke

Capítulo 4

Proposta de melhorias de conforto térmico para o auditório da Unemat em Nova Xavantina – MT 133

Sarah Schweig de Melo

Walkíria Pederiva Ferreira

Gabriel Silva Prudencio

Capítulo 5

Proposta de adaptação acústica – Sala de Eventos CCAA Nova Xavantina – MT..... 167

Franciana Sokoloski De Oliveira

Walkíria Pederiva Ferreira

Gabriel Silva Prudencio

Capítulo 6

Reciclagem de RCD e seus impactos na sociedade e no meio ambiente: um estudo de caso para a implantação de uma usina de RCD na cidade de Barra do Garças – MT 193

Hellen Rezende Dantas

Luiz Fernando Hencke

João Augusto Dunck Dalosto

Arthur Afonso Bitencourt Loureiro

Capítulo 7

Estudo de resistência da adição de borracha de pneus inservíveis em misturas betuminosas no município de Nova Xavantina – MT 225

Franciana Sokoloski De Oliveira

Ana Paula Klaus Locatelli

Capítulo 8

Análise de viabilidade técnica e econômica do tipo de fundação a ser empregada em base de reservatório metálico na cidade de Ribeirãozinho – MT.....260

Arthur Afonso Bitencourt Loureiro

Hellen Rezende Dantas

Isadora Nogueira de Figueiredo

Luiz Fernando Hencke

Capítulo 9

Comparação entre métodos de previsão de capacidade de carga para o dimensionamento de fundações profundas, aplicados à base de concreto de silo plano.....296

Brenda Thatielly da Silva Vital

Rogério Alves de Oliveira

Cayttano Saul de Sá Zarpellon

Capítulo 10

Análise comparativa entre a adoção de fundações superficiais e profundas para a viga anel de um silo metálico construído na cidade de Piranhas – GO327

Rafael Araújo Alves

Rogério Alves de Oliveira

Cayttano Saul de Sá Zarpellon

Capítulo 11

**Resistência mecânica de concretos
com adição de fibras de coco..... 360**

Ana Paula Klaus Locatelli

Felipe Morato Lima

Wallas Alves Pires Dos Santos

Capítulo 12

**Análise comparativa da temperatura média
em coberturas com diferentes telhas em Nova Xavantina – MT 399**

Ana Paula Klaus Locatelli

Gregory Gomes Rodrigues Cardoso

Wallas Alves Pires Dos Santos

Capítulo 13

**Segurança do trabalho na construção civil: programas de
segurança e a importância dos equipamentos de proteção..... 431**

Ana Paula Klaus Locatelli

Henrique Bispo Benevides

Wallas Alves Pires Dos Santos

Capítulo 14

**Análise dos riscos ambientais e de acidentes em canteiros
de obras de pequeno porte em Nova Xavantina – MT 465**

Ana Paula Klaus Locatelli

Tatiane Segalla Zappani

Wallas Alves Pires dos Santos

Capítulo 15

Verificação de irregularidades em processos construtivos e análise de consequências na integridade estrutural em uma obra de pequeno porte no Município de Nova Xavantina – MT498

Cayttano Saul de Sá Zarpellon

Fabiana Lôndero Tirloni

Matheus Vieira Menegat

Rogério Alves de Oliveira

Vitor Franco Rodrigues

Maiara Thaisa Oliveira Rabelo

Capítulo 16

Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras no município de Nova Xavantina – MT532

Maiara Thaisa Oliveira Rabelo

Dyonathan Junior Souza Alves

Jhonatan Silva Santana

Ana Paula Klaus Locatelli

Cayttano Saul de Sá Zarpellon

Luana Ramalho Vieira

Sobre os organizadores e autores567

APRESENTAÇÃO

Esta obra reúne uma série de estudos desenvolvidos na Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat) e abrange dezesseis capítulos, cada um focado em uma área relevante da construção civil e áreas correlatas. Através desses capítulos, são exploradas diversas temáticas, problemas de estudo, objetivos, aportes teóricos e metodológicos. O livro *Construção Civil: Segurança, Sustentabilidade e Inovação* oferece uma visão abrangente e detalhada dos desafios e avanços no setor da construção civil. A seguir, uma breve explanação sobre a estrutura da obra e os principais pontos abordados em cada capítulo.

O Capítulo 1 – *Estudo da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos de Construção Civil*, desenvolvido por Gabriel Roberto Rodrigues Aragão, Vitor Franco Rodrigues e Cayttano Saul de Sá Zarpellon, apresenta a metodologia Building Information Modeling (BIM), enfatizando sua importância para o desenvolvimento de projetos na construção civil. Os autores destacam que a aplicação do BIM possibilita a integração das informações de forma mais eficiente, proporcionando maior precisão nos processos construtivos e favorecendo a coordenação entre as diversas etapas e agentes envolvidos na execução de obras.

O Capítulo 2 – *Comparação entre o planejamento convencional de uma obra de pequeno porte no município de Nova Xavantina – MT e o Autodesk Navisworks utilizando tecnologia BIM*, desenvolvido por Franciana Sokolowski de Oliveira e Lucas Gabriel Ramalho da Silva, apresenta uma análise comparativa entre o planejamento convencional e a utilização da tecnologia BIM por meio do *software Autodesk Navisworks* em uma obra de pequeno porte. Os autores evidenciam as vantagens e desvantagens de cada método, ressaltando os benefícios da adoção do BIM, como maior precisão, integração de informações e eficiência no gerenciamento de projetos.

O Capítulo 3 – *A Importância da acessibilidade no ambiente escolar: estudo de caso na Escola Municipal de 1º Grau Monteiro Lobato*, elaborado por Arthur Afonso Bitencourt Loureiro, Fernanda Ana Maria dos Santos Neta, João Augusto Dunck Dalosto e Luiz Fernando Hencke, discute a relevância da acessibilidade nos espaços escolares. O estudo de caso realizado na Escola Municipal de 1º Grau Monteiro Lobato demonstra como adaptações físicas e a incorporação de recursos adequados podem favorecer a inclusão e proporcionar igualdade de oportunidades, transformando a vivência educacional de alunos com necessidades especiais.

O Capítulo 4 – *Proposta de melhorias de conforto térmico para o auditório da Unemat em Nova Xavantina*, desenvolvido por Sarah Schweig de Melo, Walkíria Pederiva Ferreira e Gabriel Silva Prudencio, apresenta soluções voltadas ao aprimoramento do conforto térmico no auditório

da Unemat. O estudo aborda aspectos como ventilação, isolamento térmico e materiais de construção, com o objetivo de oferecer um ambiente mais agradável, funcional e adequado para atividades acadêmicas e eventos.

O Capítulo 5 – *Proposta de adaptação acústica – Sala de Eventos CCAA Nova Xavantina – MT*, elaborado por Franciana Sokoloski de Oliveira, Walkíria Pederiva Ferreira e Gabriel Silva Prudencio, sugere alternativas para adequação acústica de uma sala de eventos do CCAA. A análise envolve técnicas de isolamento e tratamento acústico, como materiais absorventes e a disposição estratégica de elementos, visando aprimorar a qualidade sonora e garantir uma experiência mais satisfatória durante atividades realizadas no espaço.

O Capítulo 6 – *Reciclagem de RCD e seus impactos na sociedade e no meio ambiente: um estudo de caso para a implantação de uma usina de RCD na cidade de Barra do Garças – MT*, escrito por Hellen Rezende Dantas, Luiz Fernando Hencke, João Augusto Dunck Dalosto e Arthur Afonso Bitencourt Loureiro, analisa a viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição. O estudo destaca impactos positivos, como a redução do volume de resíduos em aterros, a geração de empregos e o incentivo a práticas sustentáveis na construção civil.

O Capítulo 7 – *Estudo de resistência da adição de borracha de pneus inservíveis em misturas betuminosas no*

município de Nova Xavantina – MT, desenvolvido por Franciana Sokoloski de Oliveira e Ana Paula Klaus Locatelli, examina o comportamento mecânico de misturas betuminosas com adição de borracha de pneus inservíveis. Os autores discutem propriedades como durabilidade e elasticidade, além de ressaltar os benefícios ambientais relacionados à redução de resíduos e à promoção da sustentabilidade na pavimentação.

O Capítulo 8 – *Análise de viabilidade técnica e econômica do tipo de fundação a ser empregada em base de reservatório metálico na cidade de Ribeirãozinho – MT*, produzido por Arthur Afonso Bitencourt Loureiro, Hellen Rezende Dantas, Isadora Nogueira de Figueiredo e Luiz Fernando Hencke, realiza uma avaliação comparativa de soluções de fundação, como sapatas, estacas e radiers. O estudo considera custos, condições do solo e durabilidade, a fim de identificar a alternativa mais eficiente para o projeto.

O Capítulo 9 – *Comparação entre métodos de previsão de capacidade de carga para o dimensionamento de fundações profundas, aplicados à base de concreto de silo plano*, desenvolvido por Brenda Thatielly da Silva Vital, Rogério Alves de Oliveira e Cayttano Saul de Sá Zarpellon, analisa métodos de previsão de capacidade de carga, incluindo abordagens analíticas, ensaios de campo e simulações numéricas. O estudo busca identificar a técnica mais adequada em termos de eficiência, segurança e confiabilidade.

O Capítulo 10 – *Análise comparativa entre a adoção de fundações superficiais e profundas para a viga anel de um silo metálico construído na cidade de Piranhas – GO*, escrito por Rafael Araújo Alves, Rogério Alves de Oliveira e Cayttano Saul de Sá Zarpellon, apresenta uma comparação detalhada entre fundações superficiais e profundas aplicadas à viga anel de um silo metálico. A análise avalia custos, tempo de execução, complexidade e adequação às condições do solo, destacando vantagens e limitações de cada solução.

O Capítulo 11 – *Resistência mecânica de concretos com adição de fibras de coco*, elaborado por Ana Paula Klaus Locatelli, Felipe Morato Lima e Wallas Alves Pires dos Santos, avalia a resistência mecânica de concretos reforçados com fibras de coco. O estudo evidencia ganhos de resistência à tração, redução de fissuras e possíveis aplicações sustentáveis para o desenvolvimento de materiais inovadores na construção civil.

O Capítulo 12 – *Análise comparativa da temperatura média em coberturas com diferentes telhas em Nova Xavantina – MT*, produzido por Ana Paula Klaus Locatelli, Gregory Gomes Rodrigues Cardoso e Wallas Alves Pires dos Santos, investiga a variação da temperatura média em coberturas compostas por diferentes tipos de telhas. O estudo considera aspectos de eficiência energética e conforto térmico, contribuindo para escolhas mais conscientes e sustentáveis em projetos construtivos locais.

O Capítulo 13 – *Segurança do trabalho na construção civil: programas de segurança e a importância dos equipamentos de proteção*, escrito por Ana Paula Klaus Locatelli, Henrique Bispo Benevides e Wallas Alves Pires dos Santos, discute a relevância da segurança do trabalho, destacando programas de prevenção e a utilização adequada de EPIs e EPCs. Os autores ressaltam a necessidade de treinamentos, inspeções e cumprimento das normas regulamentadoras para reduzir acidentes e preservar a saúde dos trabalhadores.

O Capítulo 14 – *Análise dos riscos ambientais e de acidentes em canteiros de obras de pequeno porte em Nova Xavantina – MT*, elaborado por Ana Paula Klaus Locatelli, Tatiane Segalla Zappani e Wallas Alves Pires dos Santos, investiga os principais riscos presentes em obras de pequeno porte. A análise identifica falhas como o manuseio inadequado de materiais, ausência de proteção e impactos ambientais, propondo medidas preventivas e mitigadoras.

O Capítulo 15 – *Verificação de irregularidades em processos construtivos e análise de consequências na integridade estrutural em uma obra de pequeno porte no Município de Nova Xavantina – MT*, desenvolvido por Cayttano Saul de Sá Zarpellon, Fabiana Lôndero Tirloni, Maiara Thaisa Oliveira Rabelo, Matheus Vieira Menegat, Rogério Alves de Oliveira e Vítor Franco Rodrigues, analisa falhas em processos construtivos, como desvios de projeto e uso inadequado de materiais, bem como seus impactos na integridade estrutural.

O estudo apresenta recomendações para corrigir práticas inadequadas e assegurar qualidade, durabilidade e segurança nas obras.

O Capítulo 16 – *Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras no município de Nova Xavantina – MT*, elaborado por Maiara Thaisa Oliveira Rabelo, Dyonanthan Junior Souza Alves, Jhonatan Silva Santana, Ana Paula Klaus Locatelli, Cayttano Saul de Sá Zarpellon e Luana Ramalho Vieira, propõe a aplicação dos princípios da *Lean Construction* em um canteiro de obras. O trabalho discute desafios e avanços no setor, enfatizando práticas que buscam qualidade, eficiência e sustentabilidade.

Nova Xavantina – MG, janeiro de 2026

Amintas Nazareth Rossete

Ana Paula Klaus Locatelli

André Luiz Borges Milhomem

Cayttano Saul De Sá Zarpellon

Maiara Thaisa Oliveira Rabelo

METODOLOGIA BIM NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Gabriel Roberto Rodrigues Aragão

Vítor Franco Rodrigues

Cayttano Saul de Sá Zarpellon

INTRODUÇÃO

A proliferação da informatização avançada em toda a indústria revolucionou a maneira de como as edificações são arquitetadas, construídas, operadas e mantidas (Eastman *et al.*, 2011). Os projetos de construção estão se tornando muito mais complexos e difíceis de gerenciar e, como resposta desde a década de 2000, surgiram grandes mudanças nas tecnologias para a indústria da construção, uma delas foi a proliferação do *Building Information Modeling* (BIM) nos meios industriais e acadêmicos como o novo paradigma do *Computer Aided Design* (CAD) (Succar, 2009).

Segundo Volk, Stengel e Schultmann (2014), o BIM é uma metodologia que traz uma nova perspectiva para gerenciar dados de projeto em formato digital para uso durante todo o ciclo de vida de um empreendimento. O BIM orquestrou uma mudança de paradigma na forma como as informações são gerenciadas, trocadas e transformadas para estimular uma maior colaboração entre as partes interessadas por meio de um protótipo integrado durante as fases de projeto e construção (Eastman *et al.*, 2011).

O BIM como ferramenta permite a colaboração de múltiplos interessados profissionais do ramo da construção a desenvolverem modelagens em projetos integrados em 3D, adicionando informações relevantes desde a fase de concepção de projeto à execução, monitorando e evitando assim demais interferências geométricas entre os elementos presentes na edificação ao decorrer do tempo e vida útil, trazendo assim grandes benefícios ao ser empregado (Rosa; Rezende; Souza, 2021).

Building Information Modeling (BIM) refere-se a um conjunto de processos e ferramentas interligadas e independentes, que estão baseadas na disponibilidade dos modelos digitais do produto da construção, integráveis e capazes de conversar entre si (Brasil, 2019), ou seja, cada modificação feita no modelo deverá ser replicada de forma automática em ambas as áreas da obra, garantindo total redução de tempo gasto no projeto por arquitetos, engenheiros e construtores.

No Brasil, o Decreto federal da presidência da república nº 9.983 dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil – Estratégia BIM BR, cujas metas abrangem reduzir custos de produção das empresas em 9,7%, aumentar em 10 vezes a adoção do BIM, indo de um percentual empresarial correspondente a 5% do PIB da Construção Civil para 50%, acrescentando 28,9% ao PIB da Construção Civil entre 2018 e 2028 (Brasil, 2019). No objetivo de alcançar tais metas, a Estratégia BIM BR propõe a utilização do BIM de modo gradual. Tendo início a primeira fase em 1º de janeiro de 2021, no qual ele é exigido na aplicação em projetos de arquitetura e engenharia.

O Decreto Federal nº 10.306, de 2 de abril de 2020, estabelece a utilização gradual da metodologia BIM na execução de obras públicas no Brasil. O BIM é uma metodologia que integra informações geométricas, físicas e funcionais de uma construção em um modelo digital, permitindo maior precisão no planejamento, orçamento, execução e manutenção das edificações. Com esse decreto, o governo federal visa promover maior transparência, eficiência, redução de desperdícios e melhor gestão dos recursos públicos nas contratações de obras e serviços de engenharia. A implementação do BIM será realizada em etapas, com prazos definidos para a adoção obrigatória em diferentes fases do ciclo de vida das obras públicas (Brasil, 2020).

O presente estudo tem como objetivo elencar os atributos e capacidades da metodologia BIM, por meio da utilização do *software Autodesk Revit*, ferramenta que atende aos princípios do BIM na modelagem de edificações. A pesquisa foi desenvolvida com foco na criação de um modelo arquitetônico de uma residência, permitindo a demonstração prática da compatibilidade entre os diferentes projetos complementares (estrutural, elétrico, hidrossanitário), essencial para a identificação e correção de interferências ainda na fase de planejamento. A aplicação do BIM possibilita uma definição mais clara das responsabilidades de cada etapa do projeto, otimizando a execução da obra e promovendo ganhos expressivos em eficiência, organização e economia. Ressalta-se que o *Revit* é um *software* proprietário da empresa *Autodesk*, cuja utilização está sujeita aos direitos autorais e termos de licenciamento estabelecidos pela desenvolvedora. Assim, o conhecimento e aplicação da metodologia BIM tornam-se fundamentais para a modernização e a qualificação dos processos construtivos.

DESENVOLVIMENTO

BIM: conceito e vantagens

De acordo com Eastman (2008), *Building Information Modeling* (BIM) é uma ferramenta de modelagem e um conjunto

de processos relacionados a criação, comunicação e análise de modelos construtivos.

O uso de práticas baseadas em BIM pode desempenhar um papel fundamental na melhoria das fases do projeto, criando propostas que atendam aos requisitos do cliente, integrando os projetos entre si e com a construção, reduzindo o tempo e os custos de construção (Andrade; Ruschel, 2009).

A tecnologia BIM se consiste em várias ferramentas que possibilitam gerar informações e documentações coordenadas para que se possa prever o desempenho, aparência e custos de construção. BIM inclui geometria, relações espaciais, indicadores geográficos, quantidades e propriedades de componentes e produtos utilizados em obra, como por exemplo o peso específico de cada material empregado no projeto (Ferreira, 2007).

Segundo Castelhana (2013), o uso do BIM não se limita ao projeto. Por ser uma ferramenta colaborativa, permite que especialistas com diferentes capacidades trabalhem em diferentes etapas de um mesmo projeto. Reduz significativamente o tempo necessário para cada projeto e aumenta o nível de detalhe e realismo.

O uso do modelo virtual baseado em BIM como único repositório de informações do projeto, em que diversas entradas são automaticamente traduzidas em múltiplas saídas como documentos de planilhas, desenhos técnicos e dados

para a construção digital, proporciona o que se denomina “modelo único” (Oliveira, 2011, p. 46).

Protázio e Rêgo (2010) afirmam que o uso das ferramentas BIM também facilita as fases de especificação e orçamento. Reduz o peso da fase correspondente à interpretação dos memoriais descritivos. Isso porque suas descrições fazem parte do projeto como elementos construtivos facilmente identificáveis em camadas de informações.

Em um modelo de edifício baseado em BIM, além das informações sobre a geometria dos componentes da construção, parâmetros como a densidade de uma viga de aço, se necessário, seu peso e volume podem ser especificados (Protázio; Rego, 2010).

De acordo com Faria (2007), os desenhos gerados nos *softwares* BIM são “inteligentes”, uma vez que ao desenhar uma parede, o projetista deve atribuir-lhe propriedades tais como tipos de blocos, dimensões, tipos de revestimento, que são salvas em bancos de dados chamados bibliotecas.

BIM: aplicações de pesquisa no Brasil

Kassem e Amorim (2015) apontam que o mercado brasileiro apresenta particularidades e questões culturais que não são encontradas em outros países que estão adotando o BIM. Particularidades essas que visam a capacitação de

profissionais para o aprendizado a nível superior relacionado a essa metodologia.

Por essa razão, o Brasil está tomando medidas para disseminar e estimular a adoção do BIM em todo o país. Essas medidas incluem a elaboração de protocolos e especificações para novos profissionais e o desenvolvimento de programas de capacitação. Os programas de capacitação têm como objetivo orientar o aprendizado do BIM em nível federal, além de oferecer treinamento profissional (Villaschi, 2019).

Em 2010, a Comissão dos Estudos Especiais com a finalidade de estruturar legal e normativamente, na academia, no corpo técnico e na área pública e privada, a implementação do BIM no Brasil.

Essa comissão busca desenvolver diretrizes e padrões para o uso do BIM, além de promover a disseminação do conhecimento sobre a tecnologia em todo o país. Dessa forma, busca-se aumentar a eficiência, a qualidade e a segurança dos projetos de construção civil no Brasil, contribuindo para a modernização do setor e para o aumento da competitividade da indústria brasileira (Villaschi, 2019, p. 25).

Em 2014, o estado de Santa Catarina se destacou ao elaborar o Caderno de apresentação de projetos em BIM, com o objetivo de orientar os prestadores de serviço na entrega de projetos ao Comitê de Obras e Serviços. Essa iniciativa marcou um avanço significativo na adoção da metodologia BIM no setor público, sendo pioneira no Brasil ao estabelecer

a exigência de que os projetos públicos fossem desenvolvidos nesse formato (Brasil, 2014).

Além disso, outras iniciativas foram tomadas, como a criação do Guia ASBEA (GTBIM, 2013) de boas práticas em BIM, a *Coletânea de implementação do BIM para construtores e incorporadoras* elaborada pela CBIC e a elaboração de três normas da ABNT sobre o sistema de classificação, que foram desenvolvidas por uma comissão especial de estudo voltada ao BIM. Sendo elas:

- A ABNT/CEE-134 – Modelagem de Informação da Construção (BIM): é referente ao BIM e seus sistemas de classificação de elementos e componentes da construção (ABNT, 2009).
- A NBR ISO 12006-2:2010 – Construção de Edificação – Organização de Informação da Construção: é uma norma voltada à construção de edificação e à sua organização de informação, criada no ano de 2010. Sua parte dois trata de “Estrutura para classificação de informação” define diretrizes e uma estruturação para a concepção de sistemas de classificação das informações da Construção, permitindo o desenvolvimento de sistemas de classificação compatíveis internacionalmente.
- A ABNT NBR 15965-1:2011 – Sistema de classificação da informação da construção: foi criada no ano de 2011 e diz respeito ao sistema de classificação da informação da construção. Este é um sistema de classificação das

informações que oferece à indústria da construção a possibilidade de padronização para o todo país da nomenclatura utilizada nos seus processos.

Todas essas ações buscam promover a adoção do BIM no Brasil e estabelecer diretrizes para sua implementação, visando aprimorar a eficiência e a qualidade dos projetos de construção civil no país.

Segundo Villaschi (2019), a Universidade Federal Fluminense (UFF) começou a tratar do assunto BIM em 1996, quando apresentou dissertações relacionadas ao tema. Em 2000, em colaboração com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a UFF desenvolveu o projeto Classificação e terminologia para a construção (CDCON), que ajudou a estimular a discussão sobre BIM no Brasil. Essas iniciativas demonstram o interesse e o envolvimento da academia brasileira na pesquisa e no desenvolvimento do BIM, fornecendo contribuições valiosas para a evolução do setor da construção civil no país.

No corpo técnico, a primeira publicação de artigos sobre o assunto BIM em revistas brasileiras é datada do ano de 2006, apresentando crescimento significativo a partir do ano de 2008 (Villaschi, 2019).

Trabalhos de pesquisas em paralelo ao desenvolvimento dessas terminologias e aos esforços concentrados da comunidade acadêmica, implantações comerciais do BIM

também foram desenvolvidas ao longo do tempo, tais como, teses e dissertações que relacionaram o mesmo a AEC no Brasil.

Autodesk Revit: software usado no desenvolvimento dos projetos

O *software* facilita a elaboração de projetos de engenharia, *design* e arquitetura. Isso, porque permite uma observação atenta do projeto, desde a fase conceitual até a construção propriamente dita. Em comparação com outras aplicações, é consideravelmente mais completo. Devido à sua base tecnológica em BIM, o *Autodesk Revit* permite o desenvolvimento de modelos de construção que são projetados em 3D. Isso torna o *software* altamente preciso, eficiente e confiável para arquitetos e engenheiros, pois a tecnologia BIM possibilita uma visão holística e integrada de todo o projeto, abrangendo aspectos como estrutura, instalações e arquitetura em um único modelo (Westwing, 2011).

Segundo Westwing (2011), os principais benefícios do *software* são: agilidade no trabalho em equipe; praticidade no desenvolvimento de projetos; melhora na tomada de decisões; economia de custos; Resultados mais precisos.

MATERIAL E MÉTODO

O desenvolvimento deste trabalho é baseado na revisão teórica do assunto, através da consulta bibliográfica a trabalhos científicos (artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso e dissertações) disponíveis no acervo de plataformas digitais.

As buscas foram conduzidas durante os meses de março e maio de 2023, com o critério de palavras-chave “BIM” como método de pesquisa. Em seguida, essas buscas foram filtradas para áreas de interesse, como arquitetura, engenharia e construção civil, com o objetivo de refinar os resultados e encontrar trabalhos mais relevantes para o projeto em questão.

Com o intuito de exemplificar como a metodologia foi aplicada, adotou-se um modelo já desenvolvido no *software Autodesk AutoCAD*, no qual o mesmo adota um método convencional, ou seja, em meio eletrônico bidimensional. Assim, quanto à natureza da modelagem no *software Autodesk Revit 2023* (licença educacional de um ano), utilizando o conceito de interpolaridade, através do BIM, modelos de projeto, tais como, arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico foram adaptados do projeto original de Zaccari (2023), logo mais, agrupados e remodelados em um único modelo, de forma a obter uma representação virtual da edificação com seus complementares, englobando ambos os projetos, verificando suas demais interferências, vantagens e desvantagens neste processo de compatibilidade.

Por meio de uma abordagem de pesquisa bem estruturada, que utiliza métodos de realidade virtual, buscamos aplicar conceitos e soluções tecnológicas para encontrar possibilidades de melhorias no dia a dia. Como o objetivo principal é coletar dados, o foco é aprimorar as ideias com base em uma revisão de estudos recentes e relevantes, além de analisar exemplos e resultados de desempenho. Assim, conseguimos juntar informações atualizadas e de fácil compreensão para desenvolver soluções mais eficazes.

Processo

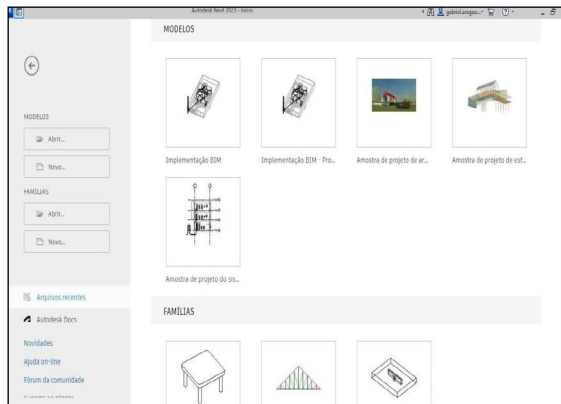
Foi implementado como vínculo dentro do *Autodesk Revit*, um modelo de planta baixa desenvolvida em CAD, com visão bidimensional, este projeto arquitetônico é o projeto base para o desenvolvimento dos projetos complementares. O intuito da vinculação do projeto 2D dentro do *software* que abrange a metodologia BIM é usar a planta modelo como um guia de desenvolvimento na elaboração de perspectivas reais da edificação.

No *Autodesk Revit*, a partir do modelo vinculado, foram atribuídas características reais de uma edificação, como: espessura de parede, patamares, características das esquadrias, materiais, níveis dos pavimentos, tipo e declividade de cobertura, fachada, entre outras informações que permitiram a modelagem em 3D do projeto, atribuindo detalhes que remetessem à construção o mais próximo da realidade.

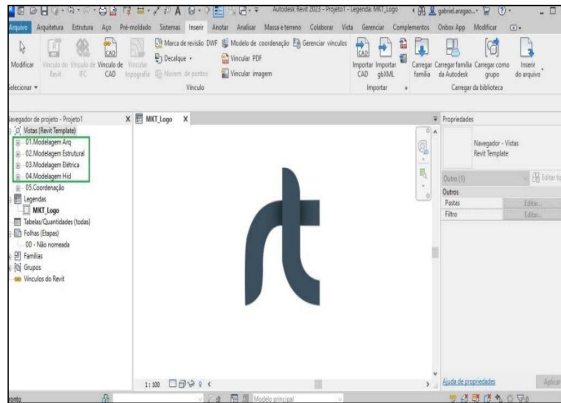
Deste modo, com a efetivação do projeto em 3D, foram desenvolvidos os complementares: estrutural, hidrossanitário e elétrico, com uma visualização dinâmica que permitiu fluidez/agilidade no desenvolvimento deles. Na integração desses projetos em um só arquivo modelo foi possível visualizar as incompatibilidades e troca de informações que ambos colidiram entre si.

O edifício modelo é composto por uma sala de estar, cozinha, área de serviço, dois quartos e um banheiro social. Totalizando uma área construída de 60,2 m², em um terreno de 10x20 m², com o *software Autodesk Revit* aberto (Figura 1) é possível observar que ele conta com uma interface inicial onde se tem acesso a projetos recentemente abertos e exemplares de famílias (blocos personalizados que simulam elementos reais).

Figura 1 – Interface *Autodesk Revit*



Fonte: Adaptada de *Autodesk Revit* (2023).

Figura 2 – Interface do *Template*

Fonte: Adaptada de Rafael Zaccari (2023).

Para dar início ao desenvolvimento da maquete digital, foi necessário que a disciplina de início seria a de arquitetura, pois a partir dela consegue-se ter um caminho e uma base para que as demais disciplinas sejam modeladas.

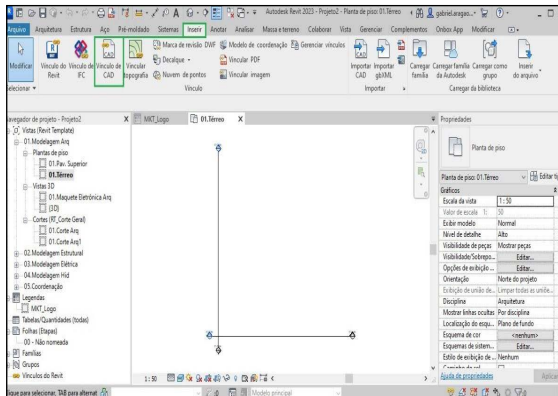
Com a opção da aba térreo em aberto, é possível adicionar o vínculo, o modelo de projeto desenvolvido em CAD conforme a Figura 3 e 4 mostram.

Conforme a Figura 4, ao selecionar a opção “vínculo de CAD”, uma janela de busca de arquivos é automaticamente exibida, em que é possível manter as propriedades do arquivo de leitura DWG, preservando suas cores, camadas/níveis, unidades de medidas, além do posicionamento do eixo central.

A partir do modelo piloto já introduzido como vínculo dentro do *Autodesk Revit*, ele apresenta uma combinação de

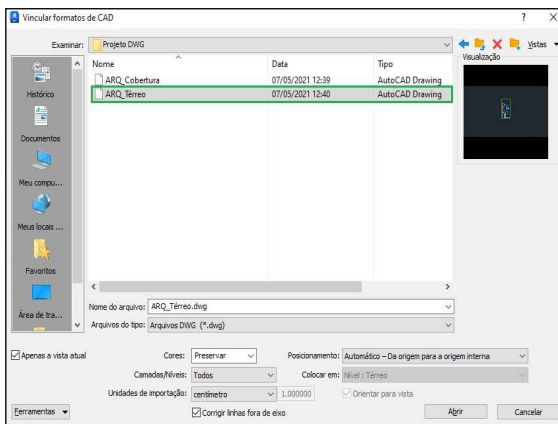
linhas horizontais e verticais (Figura 3), dando forma aos demais componentes da edificação, como, paredes, divisórias, cotas e dimensão das áreas de cada ambiente, as quais facilitam a visualização dele, servindo de esboço para a modelagem em 3D.

Figura 3 – Inserção do Vínculo CAD



Fonte: Adaptada de Rafael Zaccari (2023).

Figura 4 – Arquivo CAD

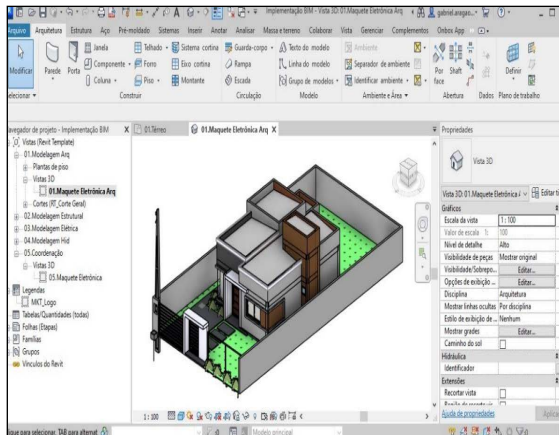


Fonte: Adaptada de Rafael Zaccari (2023).

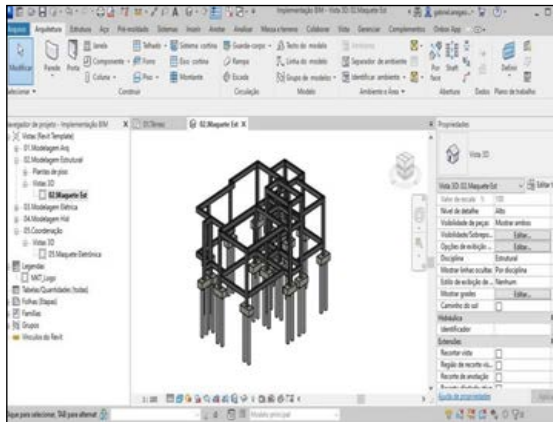
A partir disso, foram criadas as seguintes modelagens, tais como, a arquitetônica, estrutural, hidrossanitária e elétrica, conforme as Figuras 5, 6, 7 e 8.

O projeto arquitetônico é composto por um conjunto de informações e desenhos técnicos que buscam representar a construção, reforma ou ampliação de uma edificação, com foco em aspectos estéticos, funcionais, conforto e segurança.

Figura 5 – Modelagem Arquitetônica em *Autodesk Revit*



Fonte: Adaptada de Rafael Zaccari (2023).

Figura 6 – Modelagem Estrutural em *Autodesk Revit*

Fonte: Adaptada de Rafael Zaccari (2023).

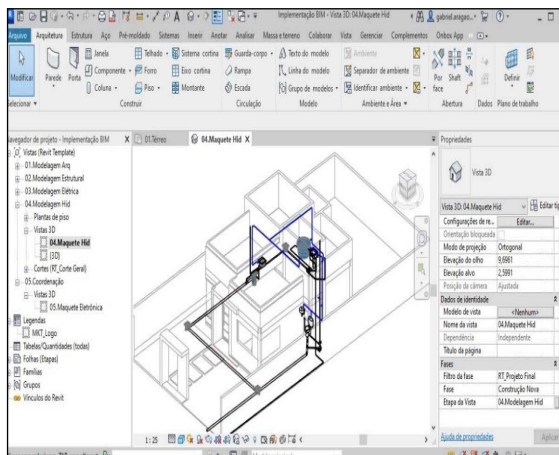
Algumas das informações contidas em um projeto arquitetônico são:

- Planta baixa: Representação gráfica em duas dimensões do pavimento da edificação, com indicações das paredes, portas, janelas, escadas e outros elementos.
- Cortes e elevações: Representação gráfica em duas dimensões do corte ou da fachada da edificação, com indicações das alturas, desníveis, dimensões e detalhes construtivos.
- Detalhamentos construtivos: Representações gráficas em duas ou três dimensões de detalhes construtivos específicos, como lajes, vigas, pilares, fundações, esquadrias, entre outros.

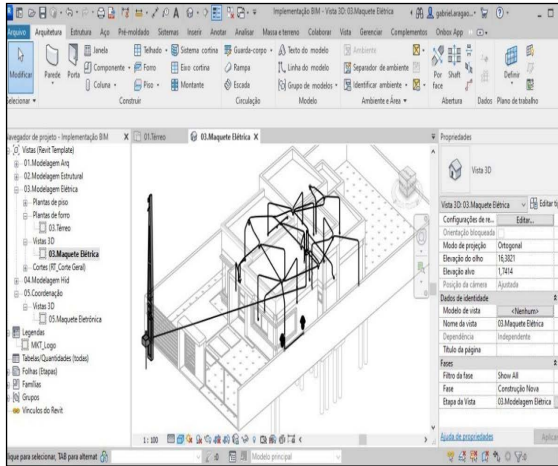
- Projeto de instalações: Informações sobre as instalações hidrossanitárias, elétricas, sanitárias, de ar condicionado e outras, com indicação dos pontos de conexão, tubulações, equipamentos e outros elementos.
- Memorial descritivo: Documento que descreve as principais características do projeto arquitetônico, como conceito, funcionalidade, materiais e especificações técnicas.

O projeto estrutural é a etapa que se concentra no dimensionamento e especificação dos elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes e fundações, com o objetivo de garantir a segurança e estabilidade do edifício.

Figura 7 – Modelagem Hidrossanitária em *Autodesk Revit*



Fonte: Adaptada de Rafael Zaccari (2023).

Figura 8 – Modelagem Elétrica em *Autodesk Revit*

Fonte: Adaptada de Rafael Zaccari (2023).

Durante o processo de projeto, são definidas as dimensões, materiais e detalhes construtivos de cada elemento estrutural, considerando as cargas atuantes, as características mecânicas dos materiais e os fatores de segurança exigidos. O resultado final é um conjunto de desenhos técnicos e cálculos estruturais que devem ser seguidos pelos responsáveis pela execução da obra para garantir a segurança e estabilidade da construção. Em relação ao *Autodesk Revit*, apresenta as seguintes informações para o projeto:

- Desenho e modelagem tridimensional das estruturas, como pilares, vigas, lajes e fundações;

- Visualização da estrutura em diferentes fases de construção, permitindo o planejamento adequado da obra;
- Verificação de interferências entre elementos estruturais e outras instalações do projeto, como tubulações e dutos;
- Geração automática de listas de materiais e quantitativos de materiais, facilitando o orçamento e o controle de custos da obra;
- Criação de vistas e seções detalhadas, permitindo uma análise mais precisa da estrutura;
- Colaboração e coordenação com outras disciplinas do projeto, como arquitetura e instalações, através do compartilhamento de informações e do uso de tecnologias BIM.

O projeto hidráulico é responsável por representar, por meio de desenhos técnicos e informações, as instalações hidrossanitárias da edificação, tais como abastecimento de água, esgoto e drenagem pluvial. Com isso, o *Autodesk Revit* apresenta as seguintes informações para o projeto:

- Quantitativos: o *Autodesk Revit* pode gerar quantitativos automáticos dos elementos hidráulicos, como a quantidade de conexões, tubos, válvulas, etc. Isso é importante para o planejamento da obra e para a compra de materiais.

- **Anotações:** o *Autodesk Revit* permite adicionar anotações e observações sobre os elementos hidráulicos, como observações de projeto, especificações técnicas, notas de revisão, etc.
- **Dimensionamento:** o *Autodesk Revit* pode realizar o dimensionamento automático dos elementos hidráulicos, levando em consideração as normas técnicas e as condições de uso da edificação.
- **Simulação:** o *Autodesk Revit* pode simular o funcionamento das instalações hidrossanitárias, permitindo que sejam avaliadas questões como a vazão, a pressão, o tempo de escoamento, etc.
- **Compatibilização:** o *Autodesk Revit* permite a compatibilização do projeto hidráulico com os demais projetos da edificação, como o projeto estrutural, o projeto elétrico e o projeto arquitetônico, para garantir a integração e eficiência das instalações.

O projeto elétrico, por sua vez, é composto por desenhos técnicos e informações que buscam representar as instalações elétricas da edificação, tais como circuitos elétricos, iluminação, sistemas de proteção contra descargas elétricas e outros aspectos que garantam a segurança e eficiência energética do edifício, de acordo com as normas e regulamentações do setor elétrico. Em relação ao *Autodesk Revit*, o *software* é capaz de apresentar diversas informações relevantes no projeto elétrico, como por exemplo:

- Diagrama unifilar elétrico, que é uma representação gráfica que mostra a disposição dos circuitos elétricos e seus componentes;
- *Layout* da distribuição elétrica, que mostra a localização dos quadros elétricos, disjuntores, chaves e interruptores de luz;
- Especificações técnicas dos equipamentos elétricos, como potência, tensão e corrente;
- Quantitativos de materiais, como quantidade de cabos, disjuntores e lâmpadas, auxiliando no planejamento e orçamento da obra;
- Cálculo de carga elétrica, permitindo dimensionar a capacidade do sistema elétrico e prever sobrecargas;
- Análise de iluminação, que permite simular a distribuição de luz natural e artificial em cada ambiente, escolhendo as melhores luminárias e fontes de luz para garantir eficiência e conforto visual.

Como o projeto arquitetônico é uma modelagem primária, que a partir dela os complementares ganham forma, percebe-se que nas demais disciplinas (exceto na de estrutura, em que a referência foi ocultada para se ter uma visualização mais nítida da parte estrutural) a modelagem arquitetônica apresenta-se de forma um tanto translúcida, poucos realces, entre outras coisas. Isso se dá por motivos de que ela siga apenas como um ponto de referência de cada disciplina.

Compatibilização de projetos

A compatibilização é uma atividade que consiste em gerenciar e integrar projetos relacionados a fim de garantir que eles se ajustem perfeitamente e atendam aos padrões de controle de qualidade da obra em questão. Seu objetivo é minimizar conflitos entre os projetos envolvidos na obra, simplificar a execução, otimizar a utilização de materiais, tempo e mão de obra, e facilitar as manutenções futuras (Callegari, 2007).

A utilização do BIM na compatibilização de projetos oferece diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais de coordenação de projetos em 2D. Ao criar um modelo BIM, é possível detectar automaticamente incompatibilidades entre os elementos geométricos do projeto, combinando-os com regras semânticas para análise das incompatibilidades (Eastman *et al.*, 2011).

É importante destacar que o *Autodesk Revit* e outros programas que utilizam a modelagem BIM são *softwares* de alto desempenho e com amplas funcionalidades, mas que infelizmente possuem um alto valor de aquisição. Esse fator acaba limitando a sua utilização por uma parcela significativa da sociedade, especialmente em países em desenvolvimento ou em regiões com menor poder aquisitivo. Isso pode restringir o acesso de pequenas empresas e profissionais autônomos a essas ferramentas, dificultando sua inserção em projetos mais complexos e competitivos no mercado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *Autodesk Revit* em si tem a capacidade de gerar uma lista de materiais e insumos utilizados no projeto, conhecida como “quantitativos”. Esses quantitativos são criados a partir do modelo BIM, onde as informações de cada elemento são inseridas no *software*. A lista de materiais pode ser detalhada por diversos critérios, como por exemplo, por área, por tipo de elemento, por etapa da obra, por andar, por ambiente, entre outros. Além disso, é possível adicionar informações adicionais aos itens da lista, como fabricante, modelo, especificações técnicas, entre outras.

Dentro do projeto, com todos os complementares concluídos, é possível visualizar a integração de ambos em um único modelo visual. Isso permite com que o projetista possa enxergar possíveis interpolaridades muito comuns, que geralmente são só percebidas quando o projeto já está em fase de execução. A Figura 9 apresenta a integração dos complementares em um único modelo de vista.

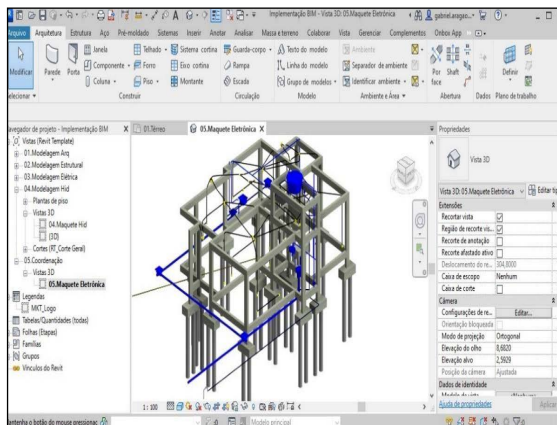
A partir de uma configuração de visualização única do modelo, de modo a se ter visibilidade apenas de partes que possam gerar conflitos, como as complementares, é possível anotar e avaliar o desempenho do projeto, junto a possíveis interpolaridades que podem surgir, tais como, a intersecção de tubulações de água fria e esgoto, água fria e conduítes de energia e demais que possam comprometer uma à outra e toda a edificação. Inicialmente, a identificação de possíveis

conflitos entre os projetos complementares era feita de forma visual. No entanto, à medida que os projetos se tornavam mais complexos, a ferramenta de verificação de interferência incorporada ao *software* foi utilizada para realizar uma análise completa e evitar retrabalhos futuros.

Com a aplicação da verificação de interferência, houve alguns conflitos entre elementos estruturais e hidráulicos, conforme a Figura 10.

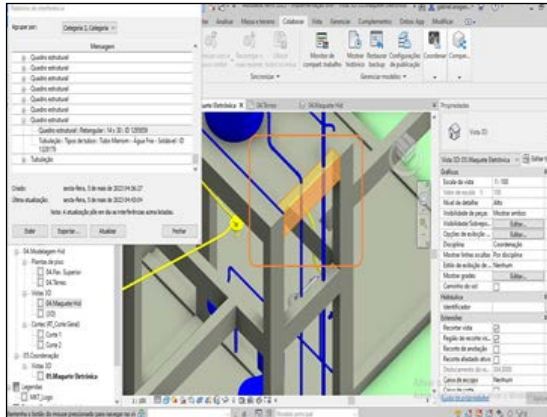
A tabela de resultados no canto superior esquerdo (Figura 10), gerada de forma automática pelo próprio *software* aponta os principais conflitos no projeto, sendo a maioria deles originários de intersecções entre os complementares estruturais e elétricos.

Figura 9 – Integração dos Complementares



Fonte: Adaptada de Rafael Zaccari (2023).

Figura 10 – Intepolaridade entre Estrutura e Tubos Hidráulicos



Fonte: Adaptada de Rafael Zaccari (2023).

Essas informações são muito úteis para o controle de custos e planejamento da obra, já que permitem uma análise detalhada dos materiais e insumos utilizados em cada fase do projeto. Dessa forma, é possível identificar possíveis desvios e tomar decisões para otimizar o uso dos recursos, reduzir desperdícios e garantir a qualidade da construção.

O *Autodesk Revit* também é capaz de exportar seus projetos para diversas extensões, tais como DWG, DXF, DGN, IFC, PDF, entre outras. Essa variedade de formatos permite que os projetos possam ser compartilhados e abertos em outros *softwares* de CAD e BIM, além de possibilitar a impressão em formatos 3d diversos para apresentação e documentação do projeto. Algumas das extensões nas quais o *Autodesk Revit* é capaz de exportar seus projetos são: DWG; IFC; DGN; SAT e STL.

Essas extensões são importantes porque permitem a interoperabilidade entre diferentes *softwares* e disciplinas, facilitando a troca de informações e garantindo a continuidade do projeto em diferentes fases do ciclo de vida da edificação. Além disso, elas permitem a visualização e apresentação dos modelos em diferentes formatos, de acordo com as necessidades do projeto.

O *software* também com a possibilidade de exportar seus projetos para diversos programas, incluindo: *Autodesk AutoCAD*; *Autodesk Navisworks*; *Trimble SketchUp*; *Autodesk 3ds Max*; *Act-3D BV Lumion*; *Epic Games Unreal Engine*, etc.

Essa capacidade de exportação é uma das vantagens do uso do *Revit* em projetos de arquitetura, engenharia e construção, pois permite que os arquivos sejam compartilhados com outros profissionais ou utilizados em diferentes etapas do projeto de forma integrada.

Além disso, a utilização desses programas exige um conhecimento técnico especializado, o que também pode ser uma barreira para muitos profissionais e estudantes que ainda não tiveram acesso a cursos específicos ou que não têm condições financeiras para investir em treinamentos. Isso pode gerar um desequilíbrio entre aqueles que têm acesso a essas tecnologias e aqueles que não têm, criando uma desigualdade no mercado de trabalho e uma dificuldade para as empresas que buscam profissionais qualificados nessa área.

Portanto, é fundamental que as universidades, empresas e os governos incentivem a utilização desses programas e a formação de profissionais capacitados para lidar com essa tecnologia, seja através de políticas públicas, subsídios para aquisição de licenças ou investimentos em programas de treinamento e capacitação profissional. Dessa forma, é possível garantir um maior acesso a essas ferramentas e um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável no mercado da construção civil.

A introdução do *Autodesk Revit* como uma nova metodologia de projeto tem enfrentado certa resistência por parte dos projetistas profissionais já atuantes no mercado. Muitos desses profissionais ainda estão acostumados com as plataformas 2D e têm dificuldades em aderir a novas metodologias, principalmente no que se refere à modelagem tridimensional e à coordenação de projetos integrados.

Além do que, a falta de padronização e compatibilidade entre diferentes *softwares* de projeto pode gerar retrabalhos, perda de tempo e dinheiro, e é um dos principais obstáculos para a implementação do BIM. Os projetistas que ainda utilizam plataformas 2D, muitas vezes, não consideram as incompatibilidades entre as diferentes disciplinas do projeto, o que pode gerar conflitos e a necessidade de retrabalhos, impactando negativamente a eficiência do processo de projeto e construção.

No entanto, é importante ressaltar que a transição para o *Autodesk Revit* e outras plataformas BIM traz inúmeras vantagens, como a possibilidade de trabalhar em equipe em tempo real, o aumento da precisão e qualidade do projeto, a redução de erros e a melhoria na comunicação e colaboração entre as disciplinas envolvidas no projeto.

Sendo assim, é necessário que os projetistas profissionais se atualizem e busquem conhecimento e capacitação em plataformas BIM, a fim de acompanhar as tendências do mercado, aumentar a eficiência e a qualidade dos projetos. É importante que haja um esforço conjunto de empresas, instituições e profissionais para promover a disseminação do BIM e suas metodologias, visando uma maior aceitação e adoção dessa nova forma de trabalho no mercado da construção civil.

O *software* facilita bastante na elaboração de projetos relacionados a AEC, pois permite uma observação atenta do projeto, desde a fase conceitual até a construção propriamente dita. Isso se dá por ter um nível de precisão e agilidade bastante preciso.

De certa forma, produz automaticamente o modelo 3D enquanto se trabalha no 2D, o que reduz bastante tempo, sem contar na facilidade de realizar modificações quando necessário, apresentando uma visualização mais clara nessas alterações.

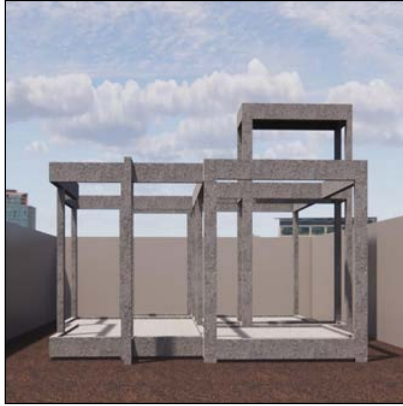
Na modelagem dos complementares, com a metodologia do BIM implementada dentro do *software*, permite-se caracterizar e incluir dados significativos aos materiais da construção, facilitado o nível no detalhamento a tornando mais próximo à realidade. A simultaneidade de se trabalhar com ambos os modelos, disciplinas/complementares promove o retrabalho, caso precise adequar alguma modelagem incoerente com as demais.

É possível, por meio de uma configuração de visualização específica, focar apenas em partes do modelo que possam gerar conflitos, como elementos complementares. Essa abordagem permite a anotação e avaliação do desempenho do projeto, identificando possíveis interações problemáticas, como a interseção de tubulações de água fria com esgoto ou conduítes de energia, que podem comprometer a edificação como um todo.

Figura 11 – Modelagem Arquitetônica em *Autodesk Revit Render*



Fonte: Rafael Zaccari (2023).

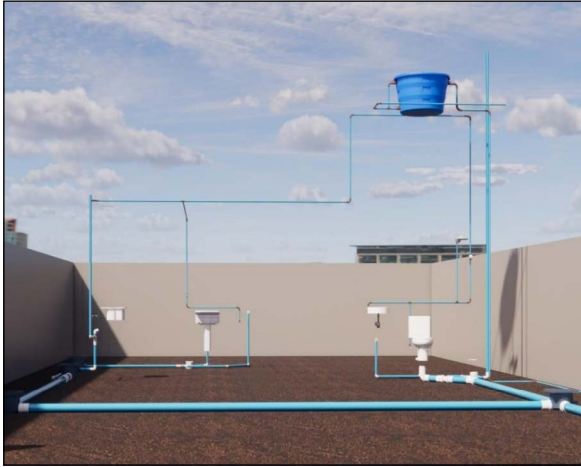
Figura 12 – Modelagem Estrutural em *Autodesk Revit* Render

Fonte: Rafael Zaccari (2023).

Outra vantagem é a própria renderização (adicionar textura e realismo) dentro do *Autodesk Revit*, que é característico de *softwares* que possuem o selo BIM. As Figuras 11, 12, 13, 14, e 15 mostram essa atribuição.

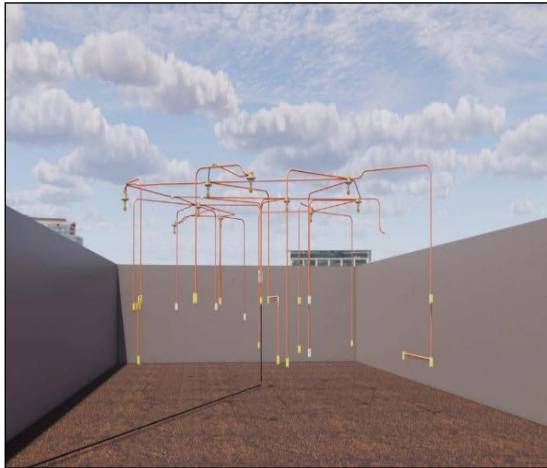
A renderização da modelagem de certa forma prioriza a visualização imersiva a detalhes chamativos. Devido a se atentar a detalhes e texturas, a renderização dos elementos é algo que capta a atenção dos apreciadores e clientes em relação a percepção visual.

Figura 13 – Modelagem Hidrossanitária em *Autodesk Revit Rende*



Fonte: Rafael Zaccari (2023).

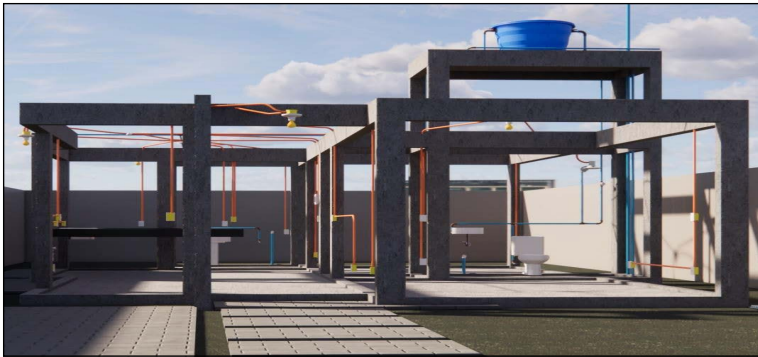
Figura 14 – Modelagem Elétrica em *Autodesk Revit Rende*



Fonte: Rafael Zaccari (2023).

Assim, a renderização capta a nitidez e torna a modelagem de certa forma mais realista e fluida. Deste modo, a intenção do *render*, busca se atentar a mesclagem do real e do virtual para uma melhor percepção da obra executada.

Figura 15 – Integração dos Complementares Render



Fonte: Rafael Zaccari (2023).

Em certa medida, o *Autodesk Revit* permite que qualquer coisa seja feita dentro dele, mesmo que não seja a melhor escolha e isso poderá ocasionar em falhas que só serão perceptíveis adiante. Em resumo, os erros geralmente ocorrem antes que se faça a escolha correta. A tomada de decisão sensata, portanto, tende a ser o resultado prático de um estudo de caso ou do conhecimento adquirido por meio de tentativas anteriores que falharam.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste estudo foi analisar um projeto de construção e destacar as vantagens do uso do *Autodesk Revit*, em busca de avaliar a metodologia BIM.

Como o processo de criação de um projeto não envolve necessariamente outras partes técnicas ou profissionais, é comum que inconsistências e incompatibilidades ocorram, o que torna essencial a integração do projeto com seus complementos. Para evitar esses problemas e possíveis patologias futuras na construção, é necessário que o desenvolvimento da edificação inclua a compatibilidade dos projetos. O presente estudo utilizou a metodologia BIM para demonstrar a compatibilização de um projeto por meio de um estudo de caso.

Conforme mencionado na literatura, o BIM é capaz de integrar todos os dados e componentes de uma construção, justificando sua utilização como a ferramenta de modelagem do projeto.

Com base no conteúdo apresentado, fica evidente que a compatibilização de projetos é um passo crucial para otimizar as atividades de produção e garantir a integração dos projetos complementares. O presente trabalho enfatiza a importância dessa prática, mostrando que a compatibilização de projetos pode ser uma excelente estratégia para melhorar todos os processos de construção de uma edificação.

Após as verificações realizadas, foram identificadas algumas incompatibilidades, em sua maioria relacionadas à associação entre a estrutura e as instalações hidrossanitárias. Apesar de terem apresentado um número moderado de conflitos, foi possível identificar soluções para cada um dos erros expostos, mesmo quando as tubulações se sobrepunham à estrutura.

Ao utilizar um processo manual e visual na verificação de projetos, pode haver o risco de inconsistências. No entanto, é possível realizar verificações mais detalhadas para minimizar esses riscos. Mesmo assim, é importante salientar que a falta de planejamento pode gerar impactos negativos relacionados a essas inconsistências.

O estudo também abre possibilidades para novos temas de pesquisa, como o redimensionamento da estrutura e a necessidade de perfuração da mesma, bem como o uso do *Autodesk Navisworks* na compatibilização de projetos, cronogramas e simulação de obras e orçamento.

A pesquisa destaca a importância da metodologia BIM na realização de obras, ressaltando que apesar de demandar mais tempo e dedicação na etapa de planejamento, os benefícios durante a construção são significativos, como a prevenção de retrabalho, solução rápida de incompatibilidades, evitando atrasos e aumento dos custos da obra. Assim, o investimento na metodologia BIM possui custo/benefício.

As desvantagens da implementação do BIM estão correlacionadas com as dificuldades, pois ambos os termos estão relacionados a questões culturais e ao alto custo envolvido. Por exemplo, aspectos culturais podem influenciar na resistência à adoção da metodologia BIM devido à necessidade de aprender um novo *software* com o qual ainda não estão familiarizados.

Além disso, o custo das licenças desses novos *softwares* e dos cursos profissionalizantes necessários para dominá-los também é uma preocupação. Os recém-formados no mercado de trabalho podem não ter recursos financeiros para adquirir esses programas e computadores compatíveis no quesito de *hardware* para lidar com a complexidade dos modelos 3D e as demandas de processamento de dados que eles exigem, junto a isso, destaca-se também a aquisição de especialização que os capacitariam para o uso do BIM, dificultando sua entrada na indústria da construção.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Max Luiz Vianna Xavier de; RUSCHEL, Regina Coeli. BIM: conceitos, cenários das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO, 2009, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: RiMa, 2009. p. 1 – 12.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **CEE-134**: Modelagem de Informação da Construção (BIM). Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12006-2**: Coletânea de Normas Modelagem de Informação da Construção (BIM). Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-1**: Sistema de classificação da informação da construção. Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. Grupo Técnico BIM. **Guia AsBEA**: boas práticas em BIM. São Paulo: AsBEA, 2013. v. 1.

BRASIL. Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a estratégia nacional de disseminação do Building Information Modelling e institui o comitê gestor da estratégia do Building Information Modelling. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 ago. 2019.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – BIM. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, n. 65, p. 3, 03 abr. 2020.

BRASIL. Secretaria de Estado do Planejamento. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM**. Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina, 2014. Disponível em: <https://www.seplag.sc.gov.br/index.php/caderno-bim>. Acesso em: 02 maio 2023.

CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. 2007. 145 f. Dissertação

(Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CASTELHANO, Paulo J. **Aplicação do conceito BIM em projetos de arquitetura em madeira**. 2013. 45 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

EASTMAN, Chuck; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen; TEICHOLZ, Paul. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

EASTMAN, Chuck; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen; TEICHOLZ, Paul. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

EASTMAN, Chuck; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen; TEICHOLZ, Paul. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2014.

FARIA, Rodrigo. Construção integrada. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 127, p. 44 – 49, out. 2007.

FERREIRA, Sergio Leal. Da engenharia simultânea ao Modelo de Informações de Construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa. *In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DE PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS*, 7., 2007, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: UFPR, 2007.

KASSEM, Mohamad; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. **Estratégia para a difusão do BIM no Brasil**. 2015. Disponível

em: <https://www.makebim.com/2016/09/03/mohamad-kassem-estrategia-para-a-difusao-do-bim-no-brasil/>. Acesso em: 02 maio 2023.

OLIVEIRA, Márcio Rodrigo. **Modelagem virtual e prototipagem rápida aplicadas em projeto de arquitetura**. 2011. 146 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

PROTÁZIO, João Victor B.; RÉGO, Ricardo M. **Estudo e Avaliação de Tecnologias BIM para Projeto em Arquitetura, Engenharia e Construção**. Recife: Instituto Federal de Pernambuco, 2010.

ROSA, Guilherme Vinícius de Castro; REZENDE, Leônidas Alves; SOUZA, R. M. Tecnologia BIM na análise de compatibilidade de projetos em edificações de estrutura de wood frame para utilização no ensino. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 12, p. 114344 – 114358, 2021.

SUCCAR, Bilal. Building Information Modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357 – 375, 2009.

VILLASCHI, Flávio S. **Explorando as potencialidades do BIM na arquitetura de interiores**: estudo de caso. 2019. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

VOLK, Rebekka; STENGEL, Julian; SCHULTMANN, Frank. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings: literature review and future needs. **Automation in Construction**, v. 38, p. 109 – 127, 2014.

WESTWING. **Revit**. 2011. Disponível em: <http://www.westwing.com.br/guiar/revit>. Acesso em: 02 maio 2023.

ZACCARI, Ricardo de Almeida. **Projeto arquitetônico utilizado no curso de pós-graduação em BIM**. Ozare Educação, 2023. Disponível em: <https://ozare.com.br/posgraduacao-em-bim>. Acesso em: 23 jun. 2025.

COMPARAÇÃO ENTRE O PLANEJAMENTO CONVENCIONAL DE UMA OBRA DE PEQUENO PORTE NO MUNICÍPIO DE NOVA XAVANTINA – MT E O *AUTODESK NAVISWORKS* UTILIZANDO TECNOLOGIA BIM

Franciana Sokoloski De Oliveira

Lucas Gabriel Ramalho da Silva

INTRODUÇÃO

A essência do gerenciamento de obras surge para facilitar a concepção de uma ideia de construção de um novo empreendimento, ou seja, estruturar de maneira lógica os métodos detalhados para planejar e controlar, alcançando resultados positivos na execução da obra.

Historicamente, o gerenciamento ganha mais atenção com a descoberta de temas importantes como o prazo, qualidade e custo, assim como, a gestão de pessoas e a

segurança no trabalho (Arcanjo; Lino, 2018). Neste momento, o engenheiro civil adquire mais conhecimento e organização das etapas de uma obra, sendo assim, sua observação passa a ser de maneira geral, aumentando a sua área de atuação e tornando o ritmo do trabalho em campo mais complexo (Malewschik, 2016).

Portanto, surge a necessidade de auxílio de ferramentas e *softwares* mais sofisticados, como o *Microsoft Excel*, *Microsoft MS Project*, *Autodesk Naviswork*, que auxiliam o engenheiro a estruturar detalhadamente suas ideias, pois, em uma situação real de campo, ao surgir uma interferência, tomar uma decisão para resolver o problema precisa ser de maneira rápida e correta. A demora ou o equívoco na interpretação do problema, afeta diretamente o tempo e custo, exigindo de o gestor redefinir o prazo dos serviços.

Como método tradicional no gerenciamento de obras, o *Microsoft MS Project* foi criado para auxiliar o engenheiro civil no controle de prazos e custos no decorrer da concepção de uma edificação, metodologia essa que também ajuda na fase de planejamento, mas essa ferramenta sozinha já não consegue entregar a qualidade e produtividade necessária, que o mercado da construção civil exige atualmente (Ribeiro, 2022).

Neste cenário, faz-se necessário a imersão da metodologia *Building Information Modeling* (BIM), no gerenciamento de obra, sua inclusão moderniza a maneira

de gerenciar e executar, pois, se tem mais eficiência, redução nos desperdícios de matéria prima, além de, também enxugar as etapas de produção, agregando de forma inteligente a sustentabilidade no canteiro de obras. BIM é um modelo digital único que possibilita o compartilhamento em tempo real de todas as etapas de projeto (Pais *et al.*, 2021).

Um gerenciamento mal executado é advindo de incompatibilidades, que no que lhe concerne, ocasionam o desperdício de material, aumento do custo, atraso na entrega da obra e divergências entre atividades de campo e escritório. A falta de ligação das etapas construtivas, gera uma série de dúvidas na execução, assim como, na leitura de um projeto, que dificulta o engenheiro delegar os serviços e explicar aos colaboradores como executar tal tarefa (Arcanjo; Lino, 2018).

Por causa das inúmeras divergências nas etapas de construção de um empreendimento, esse trabalho tem o intuito de explicar a metodologia BIM aplicada ao gerenciamento de obra, cuja relevância é otimizar o fluxo de informações para os profissionais envolvidos, como também, elevar a melhoria na qualidade da gestão da produção no canteiro de obras através do novo conceito planejamento 4D. Sendo uma técnica que unifica os modelos BIM com o planejamento, pois, o 4D apresenta a variável de tempo adicionada com as variáveis x , y , e z .

DESENVOLVIMENTO

Planejamento

Segundo Mattos (2019), o processo de planejamento e controle passa a ter um papel fundamental nas empresas, pois tem grande impacto no desempenho da produção. Pesquisas realizadas no Brasil através dos órgãos como, CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia), CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) e CONFEA (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia), comprovam esse fato, mostrando que as deficiências de planejamento e controle são uma das principais razões da baixa produtividade, das altas perdas e da baixa qualidade dos produtos do setor.

A arte de planejar uma obra possui a capacidade de organizar as etapas construtivas possibilitando estabelecer objetivos concretos que precisam ser alcançados no decorrer do processo, para adequar os serviços através de planos executivos para poder otimizar tempo e auxiliar da melhor forma os envolvidos na execução do empreendimento (Kerzner, 2015).

Primeiramente, o produto de um projeto define o resultado de uma obra que contam com conjunto de componentes para atender as definições de serviço de um empreendimento, isso é conhecido como Escopo, assim como, etapa que funciona para identificar atividades de trabalho para decompor em unidades mais simples,

relacionando um manuseio dos objetivos mais facilmente (Larson; Gray, 2016).

Por fim, a estrutura analítica de projeto segue um roteiro que serve para integrar a duração de cada atividade determinada no cronograma do projeto. A essência é simples, cada novo nível da EAP é “recuado” do nível anterior, ou seja, as atividades são mais consistentes internamente. Tarefa de pares têm o mesmo alinhamento, quanto mais recuada a atividade, menor será o nível a que pertencem (Mattos, 2019).

Cronograma

O cronograma, que costuma ser feito no *Microsoft MS Project 2016* contempla, as informações de duração de uma tarefa avaliando um processo construtivo a ser executado, utilizando um calendário com informações específicas da semana de trabalho, duração do expediente e feriados. Para controlar o avanço de diferentes etapas do projeto através de exibição de forma gráfica, usa-se o gráfico de Gantt, que conta com a função de gerenciar por uma escala de tempo todo o projeto (Prado; Marques, 2017).

Conforme Larson e Gray (2016), a exposição gráfica das atividades é exibida por meio de um diagrama de rede, conduzindo em obrigação com dependências. Através de uma malha de flechas ou blocos, o diagrama absorve-se a transformação das informações de duração e sequência, com ajuda lógica da dependência e caminho crítico. O intuito dessa

trabalhabilidade é permitir conhecer as datas mais cedo e mais tarde em que cada atividade deva ser iniciada.

Outrossim, a predecessora é uma definição da rede de precedência de uma atividade tem da outra, uma tarefa não é possível ter começado sem terminar a atividade em execução, pode-se destacar o exemplo do assentamento de tijolo para a parede de vedação ser realizado após terminar a fundação (Prado; Marques, 2017).

Assim como, latência é uma função dentro do *Microsoft MS Project* que consegue adiantar ou atrasar duas tarefas que estão vinculadas ou dependentes, ou seja, uma atividade paralela ocorrendo simultaneamente. É solicitada quando precisamos iniciar uma tarefa antes da outra tarefa seguinte começar surgindo um ganho de tempo no cronograma (Mattos, 2019).

Segundo Kerzner (2015), o caminho crítico é a representação das tarefas que apresenta a maior cadeia de eventos de um projeto, por isso, o evento não tem flexibilidade temporal, pois tem o valor nulo, por isso, precisa ser atingido naquele momento para se concluir a obra, sendo assim, a sequência continua de atividades define o prazo total da obra. Já as folgas são as atividades que não possui caminhos críticos.

Por fim, é necessário definir uma equipe básica para executar as tarefas de serviços, essa equipe é composta por pedreiros e serventes com funções de aplicar técnicas

construtivas de obras de maneira ordenada, além de ser fundamental para a geração do prazo de tarefas (Larson; Gray, 2016).

Tecnologia BIM

O surgimento da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) foi em meados de 1970. Anos depois, destacou-se com propostas de soluções inovadoras, transformando o modo de desenvolver os projetos (Marques, 2019). Segundo Kensek (2018), em 1980 a modelagem 3D se torna possível para o projeto de edifícios, como também, a representação 2D, o profissional visualiza o modelo da construção em sua mente, à medida que o modelo 4D é inserido, a observação se torna mais precisa. Possui o objetivo de melhorar a visualização de projetos e as etapas construtivas das obras, assimilar informações técnicas e facilitar a troca de informações.

Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. O BIM também incorpora muitas das funções necessárias para modelar o ciclo de vida de uma edificação, proporcionando a base para novas capacidades da construção e modificações nos papéis e relacionamentos de equipe envolvida no empreendimento. Quando implementado de maneira apropriada, o BIM facilita um processo de projeto e construção mais integrados que resulta em construção de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzidos (Eastman *et al.*, 2014).

Em seguida, o método BIM é o processo de criação de um modelo virtual utilizando as informações técnicas de uma edificação. Permite a gestão colaborativa de diferentes profissionais na viabilização, projeto, planejamento, execução e operação da obra. Como também, o conceito BIM é uma forma de adicionar e gerenciar informações em um projeto, desde o início do projeto até o encerramento (Marques, 2019).

Dessa forma, permite relatar além da finalidade de representação em 3D, o uso do BIM também pode coordenar informações, como informações de construção por meio de bancos de dados, representações gráficas, cronogramas e quantificação de mão de obra. Possui um método automatizado para reduzir falhas, analisar alternativas e estudar o comportamento gerado pela amostra (Carvalho, 2021).

Aplicabilidade do BIM

Exigido por diversas partes interessadas na construção civil, o Building Information Modeling (BIM) cria modelos de informação detalhados durante as fases de projeto e execução. Esses modelos servem a uma variedade de propósitos, otimizando processos e aprimorando a comunicação em toda a cadeia construtiva.

A aplicabilidade do BIM reside na sua capacidade de interligar as funcionalidades dos softwares BIM com as etapas construtivas de uma obra. Isso permite uma gestão mais

eficiente, precisa e integrada de todas as informações do projeto.

Vale ressaltar que a utilização do BIM é impulsionada por legislação federal específica. Existem tanto recomendações quanto obrigadoriedades, como o Decreto Federal nº 10.306, de 2 de abril de 2020, que torna o BIM compulsório para obras públicas. Essa legislação demonstra o reconhecimento oficial da importância e dos benefícios do BIM para o setor.

Construtores trabalhando em colaboração estreita, com equipes do empreendimento durante a fase de projeto, encontrarão poucas barreiras para adoção do BIM, em comparação com construtores trabalhando num ambiente projeto-licitação-construção. No último caso, o processo de colaboração não começa até o trabalhador ter sido designado para o construtor vencedor da licitação; no primeiro, o construtor é envolvido em decisões de projeto e pode contribuir com seus conhecimentos de construção para o projeto. Isso também se aplica aos subempreiteiros que participam no empreendimento. Em ambos os casos, o construtor precisa entender como o uso da metodologia BIM, e técnica 3D, em vez de desenhos 2D, pode ser usado para dar suporte à coordenação, orçamentação, programação e administração do empreendimento. Um bom plano de implementação envolve a certeza de que a gerência (e outros membros-chave da equipe) adquiriu o completo entendimento de como o BIM pode dar suporte a processos de trabalho específicos (Eastman *et al.*, 2014).

Comparado ao projeto tradicional, auxiliado por computador, o BIM não é simplesmente uma representação virtual de um projeto real nem um encapsulamento estático de informações de projeto. Mas sim, evoluir o setor de informações e *design* 2D em sistemas de informações baseados em objetos 3D, 4D, 5D e ND. Além disso, ao longo do ciclo de vida do projeto, o BIM fornece informações dinâmicas para a tomada de decisões (Leusin, 2018).

A interoperabilidade é a capacidade de trocar informações entre aplicativos, fluxos de trabalho, às vezes, ajuda automatizá-los. Cada aplicativo tem o próprio idioma, mas a troca de informações sobre produtos deve ser livre, independente do fabricante. Outrossim, elimina a necessidade de replicar dados manualmente em outro aplicativo (Eastman *et al.*, 2014).

Conforme Leusin (2018), a interoperabilidade é o caminho para o setor da construção civil alcançar patamares com rentabilidade alta, devido ao sistema integrado de concepção, produção e uso na construção com auxílio do BIM, a adoção de novas tecnologias direciona para novas oportunidades.

Programas com tecnologia BIM

Conforme Prado e Marques (2017), o *Microsoft MS Project* é um *software* da *Microsoft®*, que atua em diferentes etapas do gerenciamento de projetos e atua diretamente nas

funções de “planejamento” e “controle”. Nesta plataforma, é possível planejar atividades, gerenciar prazos, definir custos, alocar recursos e descrever o nível de importância do projeto.

Bem como, o *Microsoft MS Project* é um poderoso aplicativo de gerenciamento de projetos que pode ser usado para planejar, agendar e representar graficamente informações sobre os mais diferentes tipos de projetos. Com uma interface semelhante ao *Microsoft Excel*, rapidamente se tornou o *software* de planejamento de obras mais utilizado pelas construtoras em todo o país (Resende, 2015).

Segundo Gaspar e Lorenzo (2015), o *Autodesk Revit* é um *software* que conta com metodologia BIM nos seus recursos, bem como, dá amparo para a indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), pois apresenta o poder de modelagem 3D paramétrica, interoperabilidade, pois permite a importação e exportar arquivos em formato IFC padrão (extensão de arquivos que permite a integração de *softwares* diferentes), além disso, conta com colaboração ao suporte de trabalho, pois vários profissionais podem trabalhar simultaneamente em um único modelo (Kensek, 2018).

O *Autodesk® Navisworks* é definido como um *software* que apresenta diversas atividades que auxilia na aplicação da metodologia BIM, como revisão, análise, simulação, visualização, quantificação do modelo e coordenação. Outrossim, levantamento de quantitativos, detecção de interferências, permite a integração de todos os projetos de

forma unificada do modelo, são umas das funcionalidades apresentada pelo programa (Oliveira; Netto, 2017).

Segundo Matsui (2017), a utilização do *Autodesk Navisworks* faz-se necessária na dimensão 4D, pois envolve os trabalhadores para poder visualizar melhor os detalhes de projeto juntamente com cronograma, bem como, visualizar as tarefas em andamento das etapas da obra. Nessa fase, o *software* atua como revisador de projetos trazidos do *Autodesk Revit* tem função de converter o arquivo maior para modelos menor de 3D, além de, também pode ser utilizado em dispositivos móveis.

Planejamento 4D

As dimensões da tecnologia BIM são um processo de introdução e partilha de informações entre modelos de projetos, buscando melhorar o modo de desenvolvimento das diversas fases de um projeto (Eastman *et al.*, 2014).

Um modelo BIM apresenta diversas dimensões, tem início no 2D até 7D do BIM, ainda mais quando as informações extraídas dele acontecem de maneira precisa e detalhada. Além disso, quanto mais completo de informações for o modelo, as tomadas de decisões tornam-se mais rápidas, podendo proporcionar a integração de qualidade na etapa de serviço desejada (Marques, 2019).

De acordo com Eastman *et al.* (2014), a função principal do planejamento 4D é interligar melhor o acesso às informações para todos os envolvidos, proporcionando, assim, uma otimização na resolução dos problemas.

Os modelos 4D e suas respectivas ferramentas foram desenvolvidas no final dos anos de 1980 por grandes organizações envolvidas na construção de empreendimentos para infraestrutura complexas, de energia e processos, para os quais atrasos na programação ou erros traziam impactos nos custos. À medida que a indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) adotou ferramentas 3D, as organizações de construção construíram modelos 4D manualmente e combinaram instantâneos de cada fase ou período de tempo no empreendimento. As ferramentas comerciais e personalizadas evoluíram a partir de meados dos anos 1990, facilitando todo o processo por meio da criação manual de modelos 4D com conexões automáticas como a geometria 3D, entidades ou grupo de entidades para atividades da construção.

Segundo Matsui (2017), BIM 4D é a adição da variável “tempo” às três dimensões espaciais que compõem o modelo 3D, possibilitando a incorporação de informações de cronograma ao modelo, outrossim, a atividade pode equipar automaticamente as equipes de projeto, facilitando a tomada de decisões sobre as intervenções necessários, gerando impacto mínimo nos cronogramas durante a execução da obra.

Ainda na visão de Marques (2019), o modelo 4D apresenta outra vantagem que é, durante a execução de trabalhos em obra, permitir simular diferentes cenários, incluindo máquinas e equipamentos temporários, como sistemas antivibração, guindastes, *racks*, entre outros. Dessa forma, é possível identificar obstáculos e problemas antes da construção propriamente dita, ajustar projetos, planejar material financeiro e logísticas de obras. Como também, evitar perda de tempo, materiais, equipamentos, mão de obra, dinheiro e acidentes (Kensek, 2018).

Conforme Miranda (2021), o modelo 4D na sua forma mais simples, só pode ser formado pela agregação dos componentes de um modelo 3D (estruturado em CAD entre outros) e um cronograma de construção ou demolição. Junte-os com base no progresso da construção e visualize-os à medida que são ativados ou desativados usando o filtro que ilustra o progresso da construção.

Por fim, Eastman *et al.* (2014) reforçam a ideia que com a utilização do BIM na simulação 4D, possibilita aos projetistas da construção criar, rever e editar os seus modelos quadridimensionais com mais frequência e com menos mão-de-obra, permitindo assim, elaborar planos com maior qualidade e fiabilidade.

Na opinião de Leusin (2018), as dimensões BIM são a comunicação de informações dos agentes envolvidos com a construção. Vantagens das dimensões BIM, proporcionar um

fluxo de trabalho aberto e transparente entre os membros de projetos, outrossim, informações de projetos com desenhos inteligentes de maneira simultânea e automática, além de mais assertividade na execução possibilitando distribuir os requisitos de sequenciamento e espaço. Entretanto, apresenta algumas desvantagens as dimensões BIM pelo fato de ser uma inovação tecnológica que requer um senso intuitivo de informações das etapas construtivas das obras.

Tem pouco profissionais qualificados no mercado de trabalho para desenvolver os serviços de interoperabilidade, como também, custos elevados para aquisição dos *softwares* BIM para empresas e autônomos, sendo a incapacidade de lidar com os conflitos (Kensek, 2018).

A escolha pela utilização da dimensão 4D, em vez da dimensão 7D, no monitoramento da obra, deve-se às funcionalidades distintas de cada uma. A escolha da dimensão 4D são pelos pontos de envolver visualização virtual incorporada ao cronograma da obra, sequência e processos de implantação, tornando possível simular execução de etapa particular como a concretagem, bem como, ser uma etapa de serviço da construção em que surge mais incompatibilidade de informações (Eastman *et al.*, 2014). Na fase de planejamento 4D, é onde você busca atrair o cliente para realização da obra, através de simulações do empreendimento em cada data programada e suas porcentagens concluídas, pode também prevenir essas possíveis ações negativas, por meio

da simulação que permite explorar métodos e sistemas construtivos mais adequados (Kensek, 2018).

MATERIAL E MÉTODO

O levantamento de dados foi elaborado de uma residência de pequeno porte, a empresa responsável pela execução por uma construtora, no município de Nova Xavantina – MT. A empresa disponibilizou o projeto arquitetônico que auxilia na concepção do desenvolvimento do modelo 3D da obra para fazer o estudo do trabalho. A edificação em análise conta com uma área a construir de 177,55 m².

A partir de visitas ao empreendimento para absorver informações, pode-se realizar a tabulação dos dados obtidos, com a ajuda de *softwares* com *Microsoft MS Project 2016*, *Microsoft Excel 2016*, *Microsoft Word 2016*, essas ferramentas foram essenciais para elaboração dos quantitativos de serviços para tornar possível a geração dos dados para auxiliar na interpretação e apresentação dos resultados ao leitor.

Por meio da interpretação dos resultados, torna-se realidade a verificação das diferenças de aplicação da metodologia BIM, auxiliando no desenvolvimento do cronograma de uma obra.

O método de latência foi aplicado no planejamento inicial, considerando os intervalos necessários entre as atividades para garantir a execução sequencial e minimizar interferências entre as frentes de trabalho.

Definição dos serviços

As definições dos serviços fazem se necessária para entender como será executada as fases de serviços da obra. Os métodos aderidos para o sequenciamento das etapas desta obra se baseia na Estrutura Analítica de Projeto (EAP), com um processo de decomposição por partes físicas, se inicia com desmembramento dos pacotes de serviços como, infraestrutura e superestrutura, no formato analítico (Sienge, 2025).

Em seguida, com as durações de atividades coletadas por meio de acompanhamento presencial e por análise em registros fotográficos, assim como, definida a quantidade de colaboradores envolvidos nas fases de serviços. Pode-se começar a desenvolver o cronograma das atividades em estudos para obra executada.

Modelagem 3D

Nesta etapa foi desenvolvida uma modelagem 3D da obra, por meio, do *software Autodesk Revit* programa que conta com a metodologia BIM, com base no projeto

arquitetônico e acompanhamento da obra, pode-se realizar a criação do projeto em 3D com foco nas partes arquitetônicas e estruturais da edificação.

Eventualmente, a importância desse processo basicamente funciona para ajudar o fornecimento de informações da criação do planejamento 4D, pois, isso é a automatização da informação de construção destacada na metodologia BIM. Assim como, com o projeto concluído no *Autodesk Revit* é possível organizar as tabelas de quantitativos de matérias geradas automaticamente, para auxiliar no abastecimento de informações no decorrer do processo.

Levantamento de quantitativos de materiais no *Autodesk Revit*

Nessa etapa, o projeto é modelado no *Autodesk Revit*, que utiliza o sistema BIM e informações parametrizadas, permitindo a geração de tabelas de quantitativos. Conforme destacado por Eastman *et al.* (2014), a modelagem de objetos paramétricos oferece uma ferramenta eficaz para a criação e edição de geometria. Essas considerações serão necessárias para buscar informações de duração de tarefas na tabela da SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

Duração de serviços com base na tabela da SINAPI

De acordo com a Caixa Econômica Federal (2022), as tabelas SINAPI são documentos que apresentam composições, insumos, preços de referência e outros dados coletados pela instituição em cada estado. Para desenvolver a análise de duração do serviço, utiliza-se como base a tabela SINAPI com data de referência técnica de 10 de agosto de 2022, sua última atualização. A partir dessa tabela, é possível determinar uma composição de serviço, como a execução de um pilar, detalhando atividades como montagem e desmontagem de formas, concretagem e armação.

O coeficiente de duração dessa atividade pode ser facilmente identificado na tabela SINAPI. Como observado por Mattos (2010), o parâmetro de insumo de pedreiro é fundamental, pois determina o ritmo de produção da atividade. Adicionalmente, considera-se uma equipe básica com jornada de trabalho de 8 horas diárias, de segunda a sexta-feira.

Com o auxílio do *Microsoft Excel* 2016 foi possível encontrar a tempo do serviço total gasto para realizar cada etapa da obra. Segundo Mattos (2010), a partir do índice de duração de cada atividade, calcula-se a duração em função da equipe. Essa duração total de serviço será usada posteriormente no desenvolvimento do cronograma da obra planejada.

Criação do cronograma de atividades

Nesta etapa teve-se como objetivo a criação do cronograma das atividades para atender a obra executada, a coleta de duração das atividades foi feita com levantamentos em campo, por meio de visita semanais e através de fotografias. Outrossim, também auxilia para montar o cronograma da obra planejada, sendo possível ser feito o comparativo de visualização do progresso da edificação em determinado tempo de execução.

Em seguida, com auxílio do *Microsoft MS Project 2016*, foi configurado o calendário padrão para atividades em estudo, abordando os dias de serviços de segunda a sexta com 40 horas semanais trabalhadas. Na sequência foi inserido as tarefas conforme organizadas pela EAP, sendo assim pode alimentar a coluna de duração, bem como, a coluna de início e término do serviço.

Preparando o *Autodesk Navisworks* para executar o cronograma

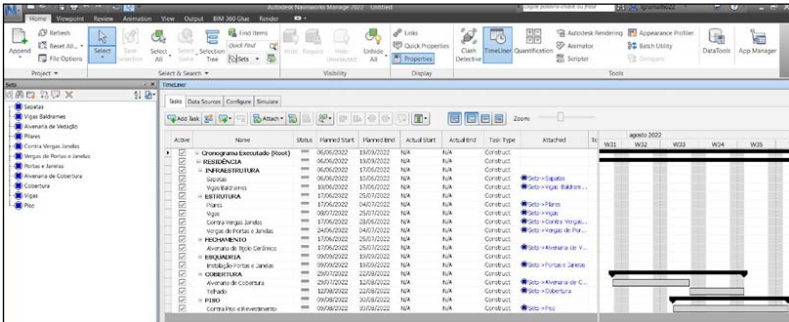
Essa fase teve com foco principal apresentar a união das fases de serviços de uma obra criada a partir do *Autodesk Revit* como uma modelagem 3D do empreendimento, com o parâmetro tempo desenvolvido no *Microsoft MS Project* criando-se um cronograma das tarefas decompostas, conseqüentemente dando origem ao planejamento 4D no *Autodesk Navisworks*.

Ocasionalmente, o *software* utilizado tem a capacidade de compatibilizar projetos arquitetônicos, estruturais, elétricos, hidráulicos entre outros, pois, possui a metodologia BIM inserida na base de sua estrutura de suas informações.

Para poder realizar o processo de compatibilização de informações, de início foi verificado as configurações de dois comandos *Selection Sets* e *Data Sources*. O *Selectio Sets* exibe uma visão hierárquica da estrutura da cena, basicamente funciona para informar a sequência lógica de construção da simulação do projeto modelado 3D com o cronograma criado no *Microsoft MS Project*.

Ainda mais, o comando *Data sources* serve para adicionar no *Autodesk Navisworks* (Figura 1) o cronograma criado no *Microsoft MS Project*, em seguida, é necessário validar o cronograma através das etapas de serviços do cronograma com a estrutura hierárquica de cena do projeto, para que a simulação tenha uma interoperabilidade das informações precisas.

Figura 1 – Interface do Navisworks pronto para iniciar a simulação 4D



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com todas as informações inseridas e os comandos verificados e aprovados, o teste de simulação 4D pode ser executado. Essa simulação oferece uma riqueza de detalhes visuais do empreendimento e permite verificar a coerência do sequenciamento descrito no cronograma, conforme ilustrado na interface do programa (Figura 1).

Modelagem 3D da edificação

A modelagem 3D da edificação foi realizada utilizando o *Autodesk Revit*, uma ferramenta robusta para projetos tridimensionais. Essa abordagem oferece vantagens significativas em relação às plantas bidimensionais e descrições textuais, proporcionando uma visualização muito mais clara e abrangente do plano arquitetônico. O resultado é uma representação detalhada da modelagem 3D da edificação.

Cronograma obra real no MS Project

No cronograma, as atividades são divididas em subatividades sem confusão, e o programa usa setas para relacionar atividades e subatividades entre si, sendo fácil saber quando começa e terminam, atividades predecessoras e sucessoras, ou seja, dependências entre atividades.

Visualização 4D no Autodesk Navisworks teste do cronograma real

Para a simulação 4D foram utilizados os programas *Autodesk Navisworks*, *Autodesk Revit* e *Microsoft MS Project*. O primeiro é interoperável com os outros, em seguida, ambos são exportados para o *software Autodesk Navisworks 2022*, com cada elemento 3D vinculado a tarefa correspondente, simulando a sequência de atividades em cada momento do projeto. Em princípio, a infraestrutura, essa etapa de serviços da residência é fundamental para possibilitar uma sustentação de toda a superestrutura contido no empreendimento.

Outro benefício encontrado, é que a ferramenta auxilia os pedreiros, ajudantes, engenheiro e todos os envolvidos na execução do serviço, com informações mais precisas de como posicionar as sapatas e dimensões corretas. Outra vantagem é controlar as etapas de serviços com mais precisão, apresentar com visualização como está o andamento da obra, ao passo que para o sistema tradicional de cronograma no *Microsoft*

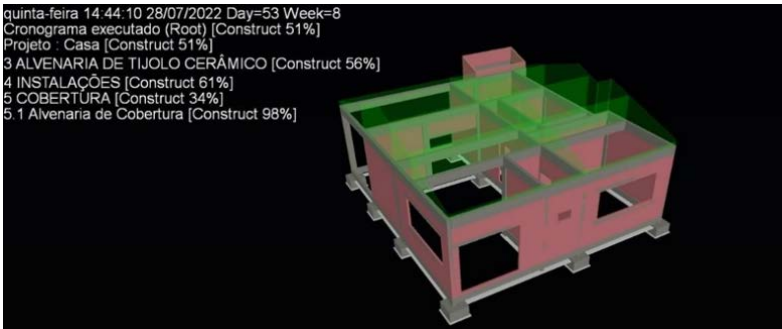
MS Project exige um esforço mental para compreender os processos.

Como visto, o potencial visual do modelo 4D detecta-se com mais visibilidade o progresso construtivo e suas estratégias adotadas (Matsui, 2017). Outro benefício, antecipar imprevistos ainda na fase inicial do planejamento da obra. Outrossim, na parte de cronograma, o controle de serviço é mais efetivo, pois o acesso da informação é instantâneo.

Nessa fase de associação da alvenaria de vedação por exemplo, apresentada na Figura 2, que possui a função de separar cômodos da edificação, assim como, vedar as paredes, suportar cargas de janelas e portas. Outras vantagens do planejamento 4D pelo *Autodesk Navisworks*, apresentam a porcentagem da tarefa em execução, e as atividades que já foram finalizadas, apresentando um fluxo de processo criativo de informações da obra, ao passo que no cronograma tradicional é representado por barras e setas no diagrama de Gantt.

Outro privilégio é que o objeto apresenta um nível de confiança da informação com geometria, parâmetros, assim como, um fluxo de trabalho aberto e transparente, informando com mais facilidade onde precisa otimizar tempo de execução (Leusin, 2018). Outro proveito está na visualização do progresso da obra, verifica em todas uma visão imediata da construção real comparando com as durações de atividades planejadas.

Figura 2 – Alvenaria de vedação 100% finalizada



Fonte: Elaboração própria (2022).

Como visto, uma avaliação do planejamento com foco na coordenação de simulações com precisão de detalhes dos elementos construtivos, sendo possível testar diversos cenários de obra (Matsui, 2017). Outro benefício, permite ao planejador detectar se tem alguma falha de sequenciamento da EAP, assim de imediato aplica-se a correção.

Como observado, os elementos espaciais relacionados com as atividades, facilmente sincroniza os profissionais envolvidos com as informações de impacto nos serviços da execução real e o planejado. Segundo Eastman *et al.* (2014), adequadamente os métodos tradicionais têm uma conexão direta para construir o cronograma, mas nessa nova situação de cenário, os planejadores trabalham com alta qualidade visual para alocação de tarefas e recursos, com eficiência na produção do cronograma.

Cronograma da obra real

O planejamento no cronograma, maximiza estrategicamente os resultados operacionais e minimiza o risco nas decisões de curto e longo prazo para garantir o cumprimento da obra, visto que no planejamento 4D ocorre automaticamente, otimizando trabalho manual.

O roteiro de cronograma da obra desenvolvido no *Microsoft MS Project 2016* atende a sequência de atividades que comporá a execução da obra, além de, contempla as sub etapas de tarefas do cronograma como, nome da tarefa, duração das atividades, precedências, entre outras variáveis. Outro benefício, a criação do cronograma conta com a definição das atividades respeitando a EAP estabelecida, apresenta um controle de evolução das tarefas ao longo do tempo. Conforme Prado e Marques (2017), as tarefas foram interligas por relações término-início e término-término, baseando-se na obra executada.

Como observado, a definição das durações foi coletada por seguimento em obra para ser atribuídas ao cronograma, a definição da precedência cria o vínculo das tarefas, outrossim, a identificação do caminho crítico, conseqüentemente surge as folgas. Por fim, a duração da obra total apresenta 74 dias.

Cronograma planejado com apoio do BIM

Para geração de um cronograma de obra, é importante definir durações estimadas que sejam mais próximas do real, visto que na etapa de modelagem tridimensional do edifício utiliza-se o programa *Autodesk Revit*, através dele pode-se gerar as tabelas de quantitativos das famílias, coletam-se os quantitativos de matérias mais precisos com o que é feito no canteiro de obra.

Ademais, por meio do cronograma é possível obter maior agilidade na tomada de decisões e na alocação eficiente de recursos. Um dos principais benefícios é a utilização do Gráfico de Gantt, que proporciona uma visualização gráfica clara e objetiva do andamento das tarefas programadas. Esse gráfico permite acompanhar, de forma sequencial e temporal, o progresso de cada etapa da obra, além de contemplar a duração total do projeto, que neste caso é de 84 dias.

O Gráfico de Gantt é uma ferramenta de gestão visual que representa as atividades ao longo do tempo, por meio de barras horizontais. Cada barra indica o início, a duração e o término previsto de uma tarefa, possibilitando o controle do cronograma e a identificação de eventuais atrasos ou sobreposições de atividades. Essa ferramenta é amplamente utilizada na construção civil para o planejamento e controle de obras, devido à sua simplicidade e eficácia na comunicação com a equipe técnica e demais envolvidos (Leão, 2025).

Outrossim, uma desvantagem observada ao comparar o cronograma previsto com o executado no canteiro de obras refere-se à tarefa de execução das vigas baldrames. No cronograma inicial, essa etapa foi planejada para durar 6 dias, porém, na prática, foi concluída em apenas 3 dias, indicando a necessidade de ajustes e reavaliação da estimativa de tempo para melhor aderência à realidade do canteiro.

Ajustar cronograma planejado aplicando latência

Para tentar aproximar o cronograma planejado do executado realizou-se alguns testes de sequenciamento de atividades por meio de análise da visualização gráfica e virtual. Imediatamente, pode-se imaginar alguns métodos estratégicos para reduzir a duração de atividades, nas tarefas mais duradouras aplica-se a função de latência em algumas atividades, para reduzir a duração e conseqüentemente diminuir o prazo total.

A latência no cronograma de obra é feita quando pretende-se reduzir prazos em atividades que apresentam folgas (Mattos, 2019). Ademais, como analisado no cronograma executado, a tarefa de viga baldrame apresenta uma duração de 3 dias executado em obra, como resultado, no planejamento com tecnologia BIM teve uma duração de 6 dias, como consta na Figura 3.

Figura 3 – Primeiro ajuste do cronograma planejado

Nome da Tarefa	Início	Duração	Término	Predecessoras	03/Jul/22	10/Jul/22	17/Jul/22	24
Projeto : Casa	Seg 06/06/22	80 dias	Ter 27/09/22		D	S	T	Q
1 FUNDAÇÃO	Seg 06/06/22	12 dias	Qua 22/06/22		Q	S	D	S
1.1 Escavação	Seg 06/06/22	1 dia	Seg 06/06/22		Q	S	D	S
1.2 Sapatas	Ter 07/06/22	5 dias	Seg 12/06/22		Q	S	D	S
1.3 Vigas Baldrames	Ter 14/06/22	6 dias	Qua 20/06/22		Q	S	D	S
2 ESTRUTURA	Qui 23/06/22	30 dias	Qua 03/08/22		Q	S	D	S
2.1 Pilares	Seg 04/07/22	11 dias	Seg 18/07/22		Q	S	D	S
2.2 Vigas	Seg 18/07/22	13 dias	Qua 03/08/22	12T1-1 dia; 7T1-1 dia	Q	S	D	S
2.3 Contra Vergas Janelas	Qui 23/06/22	1 dia	Qui 23/06/22		Q	S	D	S
2.4 Vergas de Portas e Janelas	Sex 24/06/22	2 dias	Seg 27/06/22		Q	S	D	S
3 ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO	Ter 21/06/22	59 dias	Seg 12/09/22		Q	S	D	S
3.1 Alvenaria de Tijolo Cerâmico	Ter 21/06/22	20 dias	Seg 18/07/22	5T1-2 dias	Q	S	D	S
3.2 Reboco Interno	Qui 25/08/22	5 dias	Qua 31/08/22		Q	S	D	S
3.3 Reboco Externo	Qui 25/08/22	8 dias	Seg 05/09/22		Q	S	D	S
3.4 Pintura	Seg 12/09/22	1 dia	Seg 12/09/22		Q	S	D	S
4 INSTALAÇÕES	Qui 23/06/22	54 dias	Ter 06/09/22		Q	S	D	S

Fonte: Elaboração própria (2022).

Como observado, a tarefa de alvenaria de tijolo cerâmico pode começar 2 dias antes, além disso, essa obra apresenta-se duas equipes básicas envolvidas nas etapas de serviço, sendo assim, é possível fazer essa movimentação de recursos no cronograma, sem provocar atrasos em outras etapas de serviços. Posteriormente, a duração total foi otimizada para 80 dias.

Ajustar cronograma planejado adicionando equipe básica

Certamente, a duração desejada de cada tarefa é geralmente estimada anteriormente a realização da montagem do cronograma, com base em experiência prévia de outros

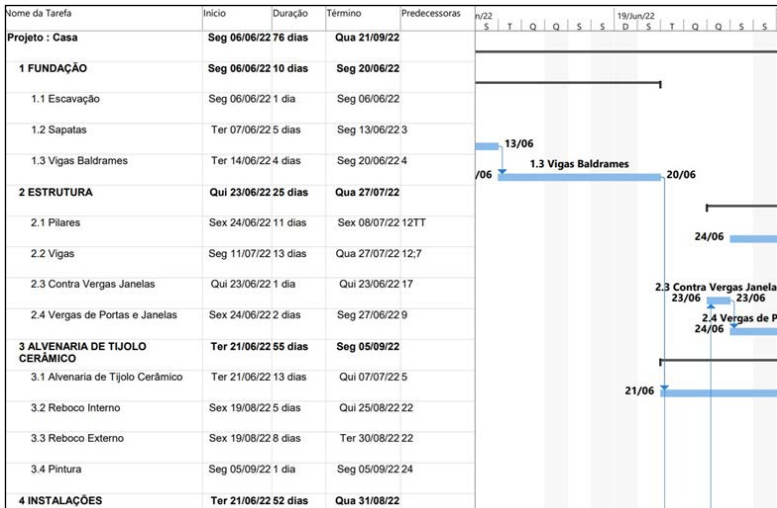
projetos semelhantes, ao passo que para levantar a duração das atividades com apoio da metodologia BIM é instantâneo e mais objetivo. Nessa parte do estudo, a redução de duração de algumas tarefas foi realizada aumentando a mão de obra envolvida naquela frente de serviço.

Na Figura 4, para otimizar o cronograma e reduzir a duração total da obra, conseguimos atingir 76 dias. Essa redução foi possível principalmente pelo aumento da mão de obra na fase de alvenaria. Anteriormente, contávamos com dois pedreiros fixos; para essa avaliação, passamos a ter três pedreiros dedicados à atividade.

De acordo com Larson e Gray (2016), a adição de mais trabalhadores é uma das opções mais comuns e eficazes para acelerar o tempo de um projeto. A decisão de focar no aumento de pedreiros para a alvenaria levou em consideração o coeficiente de produtividade desses profissionais, que são os principais responsáveis pela execução dessa etapa crucial.

Devido ao aumento da equipe básica, houve redução na duração das tarefas. A execução da alvenaria de tijolo cerâmico passou de 20 para 13 dias, e a execução da viga baldrame foi reduzida de 6 para 4 dias, otimizando o cronograma em relação ao planejamento anterior.

Figura 4 – Segundo ajuste do cronograma planejado



Fonte: Elaboração própria (2022).

COMPARATIVO DOS CRONOGRAMAS

Por certo pode observar com esse comparativo de cronogramas as diversas possibilidades para avaliar e testar um cronograma de obra, buscando alcançar o empreendimento mais viável financeiramente e sustentavelmente, outrossim, mais parecido com o real em questão de duração de tempo, contando com a metodologia BIM para auxiliar nas tomadas de decisões.

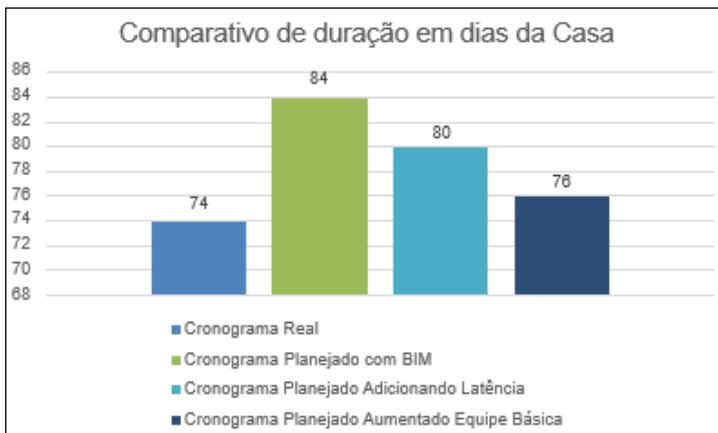
Bem como, controlar serviços por meio da aplicação utilizando a tecnologia BIM. Inquestionavelmente melhora

o desempenho da equipe de trabalho através de planos de ações e técnicas construtivas mais eficientes.

O Gráfico 1, com o intuito de analisar visualmente os resultados alcançados com o estudo comparativo dos cronogramas,

foi criado um gráfico em barras para examinar a duração da obra total, com os devidos ajustes, coerente com o real executado em canteiro de obra.

Gráfico 1– Comparativos de duração total dos cronogramas



Fonte: Elaboração própria (2022).

No cronograma executado, as coletas dos dados de cada tarefa foram adicionadas para gerar uma duração de 74 dias uteis, este planejamento apresenta-se vantagem em relação ao planejamento de cronograma com BIM onde expõe-se uma duração total de 84 dias. Tendo uma folga de 10 dias executado.

Além do mais, o cronograma com o apoio da metodologia BIM, como visto alcançou uma duração de 84 dias no prazo total. Focado em detalhes de informações para a engenharia de planejamento, a coleta de dados da duração das atividades foi feita por meio de tabelas de quantitativos geradas no modelo 3D do projeto, visto que a duração das tarefas no cronograma executado foi levantada por acompanhamento real.

Bem como, esse estudo comparativo possibilitou-se também a avaliar outras maneiras de utilizar a simulação 4D para ajustar o cronograma de obra sem afetar no sequenciamento coerente das atividades no canteiro de obras, para poder permitir tais alocações no cronograma.

O planejamento do cronograma da obra expõe uma duração total de 80 dias, por meio de aplicação de latência em atividades específicas como vigas de coberturas e alvenaria de vedação de tijolo cerâmico, visto que demonstra uma redução de 4 dias na duração total da obra em relação ao cronograma planejado com apoio da tecnologia BIM que contempla 84 dias.

Atualizar o cronograma com o passar das semanas é uma forma coerente e recomendada para ter se um controle de execução eficiente. Para otimizar o cronograma para 76 dias de prazo total deste empreendimento, aplicou-se o método de aumentar a equipe básica de duas para três, nas tarefas que segundo o cronograma apresentava uma duração mais longa,

visto que o cronograma planejado com aplicação de latência exibe-se uma duração de 80 dias.

Por fim, verificar os cronogramas no *Microsoft MS Project 2016* e no *Autodesk Navisworks 2022* com uma animação visual do edifício, encontra-se proveito em relação ao método de análise gráfica, nas fases de tomadas de decisões, a previsibilidade de caminhos críticos e sua otimização, melhorando a produtividade da equipe de trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultado, o roteiro de uma obra por meio de cronograma precisa seguir uma decomposição de etapas bem elaborado, onde automaticamente uma fase vai pertencer a anterior, evitando que um erro lógico aconteça e provoque na etapa seguinte possíveis transtornos. A vantagem deste sistema é o seguimento preciso das obras e, em circunstância de imprevistos, é mais fácil lidar com o planejamento e ajustar sem afetar o prazo e o orçamento das obras.

Em consequência, com a utilização do BIM 4D apresenta-se uma otimização de informações que pode ajudar os gestores a organizar o tempo de uma determinada atividade para elaboração dos cronogramas físicos de forma mais assertiva, além é claro de permitir uma análise criteriosa dos antecessores e sucessoras de cada etapa do cronograma apresentado no *Microsoft MS Project*.

O planejamento 4D proporciona avanços significativos nas etapas de planejamento, projeto, execução e monitoramento da obra. Essa abordagem permite a realização de simulações virtuais, possibilitando testar diferentes cenários e sequências construtivas. Como resultado, a equipe consegue ajustar rapidamente os modelos e os cronogramas, buscando a combinação mais eficiente entre prazo e qualidade na execução.

Entretanto, este projeto não acatou a expectativa de mostrar que a adaptação da dimensão 4D tem uma vantagem significativa em termos de duração total do trabalho em relação ao método tradicional utilizado na execução do empreendimento. Para a execução, as armações dos pilares e de vigas de coberturas são pré-fabricadas. Para o planejamento com BIM, foram consideradas fabricadas no local.

Em suma, os ajustes realizados nos cronogramas planejados com apoio da tecnologia BIM, um aplicando latência e outro adicionando a equipe básica nas tarefas específicas de viga baldrame e alvenaria de vedação, busca reduzir o prazo final de ambos os cronogramas, para deixá-los mais próximo do cronograma executado.

Por fim, a tecnologia BIM provou facilitar o planejamento do cronograma ao fornecer conhecimentos para abordar e usar no instante exato de cada fase de serviço.

REFERÊNCIAS

- ARCANJO LINO, José Airton. **Gerenciamento de portfólio de obras industriais**: uma abordagem multicritério. 2018. 104 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2018.
- BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – BIM. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, n. 65, p. 3, 03 abr. 2020.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil**: relatório de insumos e composições. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx>. Acesso em: 10 set. 2022.
- CARVALHO, Estevan Luiz. **Gestão de tempo e custos em projetos de construção civil com aplicação de ferramentas BIM**. 2021. 35 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.
- EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- GASPAR, João; LORENZO, Nelson Takeo. **Revit passo a passo**. São Paulo: ProBooks, 2015.
- KENSEK, Karen. **BIM**: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

KERZNER, Harold. **Gerenciamento de projetos**: uma abordagem sistêmica para planejamento, programação e controle. 11. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

LARSON, Erik Warren; GRAY, Clifford Franklin. **Gerenciamento de projetos**: o processo gerencial. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

LEÃO, Thiago. **Gráfico de Gantt**: o que é, como funciona e como montar o seu. Rio de Janeiro: Nomus, 2025. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/grafico-de-gantt/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

LEUSIN, Sérgio Roberto de Almeida. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM**: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MALEWSCHIK, Frederico Henrique. **BIM e DFMA visando a redução da quantidade de partes da construção**. 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MARQUES, Ana Cláudia Afonso. **Planejamento e controle de obra integrado ao BIM, com foco no processo de conhecimento**. 2019. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2019.

MATSUI, Akira Gabriel. **Aplicação do BIM 4D para a otimização do cronograma físico de uma obra**. 2017. 71 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MIRANDA, Caíque Rocha. **Planejamento de obras de pequeno porte por meio da metodologia BIM 4D**: estudo de caso em edificação na cidade de Tucano (BA). 2021. 71 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário AGES, Paripiranga, 2021.

NETTO, José Martiniano Azevedo; FERNÁNDEZ, Miguel Fernández. **Manual de hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

OLIVEIRA, Adriano de; NETTO, Cláudio César. **Autodesk Navisworks 2017**: conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2017.

PAIS, José Daniel; OLIVEIRA, Rafael Calheiros; MOREIRA, Roberto; FERNANDES NETO, Manoel. Estudo dos benefícios alcançados na utilização da plataforma BIM no planejamento e execução de projetos de construções de obras. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 8, n. 6, p. 65 – 81, jun. 2021.

PRADO, Darci; MARQUES, Mário. **Usando o MS Project 2016 em gerenciamento de projetos**. 3. ed. Nova Lima: Falconi, 2017.

RESENDE, Victor Hugo Martins de. **Planejamento e controle de cronograma físico de obras por meio da corrente crítica no MS Project**. 2015. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

RIBEIRO, Rafael de Araújo. **Apostila de Gerenciamento de Projetos utilizando o MS Project**. Curitiba: Academia PlaOrc, 2022. Disponível em: <https://www.academiaplaorc.com.br/wp-content/uploads/2024/07/QUA-FML-033-Apostila-gerenciamento-de-projetos-utilizando-ms-project.pdf>. Acesso em: 10 set. 2022.

SIENGE. **Estrutura analítica do projeto de construção civil:**

por onde começar? Florianópolis: Sienge Blog, 2025. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/estrutura-analitica-do-projeto-de-construcao-civil/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

A IMPORTÂNCIA DA ACESSIBILIDADE NO AMBIENTE ESCOLAR: ESTUDO DE CASO NA ESCOLA MUNICIPAL DE 1º GRAU MONTEIRO LOBATO

Arthur Afonso Bitencourt Loureiro

Fernanda Ana Maria Dos Santos Neta

João Augusto Dunck Dalosto

Luiz Fernando Hencke

INTRODUÇÃO

Cerca de 45 milhões de brasileiros, aproximadamente 24% da população do país, relataram possuir algum tipo de deficiência, sendo 56,6% mulheres e 43,4% homens (IBGE, 2010). Em Nova Xavantina – MT, cerca de 1.816 pessoas declaram ter alguma deficiência, incluindo adultos e crianças. Esses números demonstram a significativa proporção de brasileiros nessas condições, evidenciando a necessidade de garantir uma vida digna e com qualidade para esses cidadãos.

A Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinada em Nova York em 30 de março de 2007 (Brasil, 2009), destaca que as pessoas com deficiência têm sua participação plena e efetiva na sociedade prejudicada devido a algum tipo de impedimento (seja ele mental, intelectual, sensorial ou físico), resultando em desigualdade em relação aos demais. Assim, é fundamental que o cidadão com deficiência desfrute de direitos civis e políticos que garantam sua participação na sociedade, incluindo o direito de ir e vir e circular em locais que deseja frequentar (ONU, 1948).

A acessibilidade nas instituições de ensino é essencial para garantir o acesso à educação para pessoas com deficiência. É preciso considerar o deslocamento desses alunos até as escolas, a fim de garantir sua participação plena no ambiente educacional.

Apesar de o Brasil possuir uma legislação abrangente para atender às necessidades das Pessoas com Necessidades Especiais (PNE), muitas vezes ela não é efetivamente praticada nem fiscalizada para garantir seu cumprimento (De Araújo; Cândido; Leite, 2009). Profissionais da engenharia e da arquitetura têm desenvolvido métodos para equilibrar os direitos básicos em relação à universalização dos direitos das pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida ao longo dos anos (Loureiro, 2018).

É fundamental avaliar se os dispositivos e a estrutura física das instituições de ensino possuem as condições necessárias de acessibilidade para os alunos, a fim de identificar necessidades e propor melhorias que atendam às necessidades dos usuários, garantindo conforto e segurança.

Com base nos objetivos propostos, este estudo visa avaliar as condições de acessibilidade da Escola Municipal Monteiro Lobato, localizada em Nova Xavantina – MT. Para tanto, o trabalho busca identificar as barreiras arquitetônicas existentes na instituição, analisando a conformidade dos dispositivos de acessibilidade de acordo com as diretrizes estabelecidas pela NBR 9050 (ABNT, 2020). Serão propostas melhorias e soluções que visem garantir a acessibilidade plena e segura para todos os usuários, assegurando que a escola atenda às necessidades de alunos com deficiência ou mobilidade reduzida.

DESENVOLVIMENTO

Acessibilidade

Pessoas com deficiência são aquelas que têm um impedimento físico, mental, intelectual ou sensorial de longo prazo, o que pode resultar em barreiras que impedem sua participação plena na sociedade em igualdade de condições

com as demais pessoas (Brasil, 2015). A NBR 9050 (ABNT, 2020) estabelece termos, definições, critérios básicos e normas gerais para promover a acessibilidade de pessoas com mobilidade reduzida ou portadoras de deficiências, definindo acessibilidade como a possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, entre outros.

A acessibilidade visa garantir o acesso, a aproximação e o manuseio de objetos em qualquer ambiente. Isso está relacionado ao deslocamento e à aproximação de objetos ou locais desejados por pessoas com deficiências (Carvalho, 2011). A acessibilidade indica a condição mais confortável e favorável para um determinado indivíduo alcançar o destino ou o objeto desejado dentro de suas próprias competências de mobilidade e locomoção (Brasil, 2006).

Histórico da acessibilidade no Brasil

O movimento em prol da acessibilidade teve suas primeiras batalhas e conquistas fundamentais focadas no espaço físico, visando a usabilidade e a satisfação dos usuários com produtos e projetos livres de barreiras. Atualmente, a acessibilidade é vista como um modelo de inclusão, reconhecendo que as barreiras são mais abstratas e vão

além da questão da mobilidade (Torres; Mazzoni; Alves, 2002; Wagner *et al.*, 2010).

Nas cidades brasileiras, no período de seu surgimento, pouco se preocupava com a inclusão de pessoas com deficiências físicas ou com dificuldades motoras na sociedade. As construções históricas erguidas nos séculos XVIII e XIX apresentavam um padrão arquitetônico versátil, mas que não promovia a inclusão. As casas eram construídas com porões altos e escadas, o que ainda hoje dificulta o acesso de pessoas com mobilidade reduzida ou deficiência física (Andrade; Ely, 2012 *apud* Rodrigues, 2018).

A acessibilidade começou a ganhar destaque no Brasil apenas nas últimas décadas, especialmente no âmbito das políticas públicas. Embora a Constituição Federal de 1988 já mencionasse a importância da acessibilidade em espaços públicos e edificações, até então as construções raramente eram projetadas levando em consideração as necessidades de pessoas com mobilidade reduzida (Brasil, 1988).

Legislação para acessibilidade

A Constituição Federal de 1988 estabeleceu um projeto de inclusão social com o objetivo de garantir uma educação ampla e gratuita a todos. No entanto, apenas essa medida não foi suficiente para atender às necessidades das pessoas com deficiência, o que motivou a criação de legislações específicas para oferecer maior amparo a esse público.

Entre as principais normas estão: a Lei nº 7.853/1989, posteriormente regulamentada pelo Decreto nº 3.298/1999, que trata da proteção das pessoas com deficiência; a Lei nº 10.098/2000, que estabelece normas gerais para a promoção da acessibilidade de pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida; a Lei nº 10.048/2000, que dispõe sobre a prioridade no atendimento a pessoas com deficiência, idosos e gestantes; o Decreto nº 5.296/2004, conhecido como Decreto da Acessibilidade; e o Decreto nº 6.949/2009, que dispõe sobre os direitos das pessoas com deficiência.

A criação dessas legislações é resultado da luta pela inclusão social de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Elas servem para determinar as especificidades das necessidades, detalhando como devem ser feitas as adequações para garantir o conforto da pessoa que depende da acessibilidade (Cunha, 2019).

Souza (2018) ressalta que confundir o termo acessibilidade apenas com acesso, colocando-o na condição da pessoa, é um equívoco. Nesse contexto, a acessibilidade deve abranger e estar inserida nos espaços, mobiliários, transporte, comunicação e equipamentos urbanos.

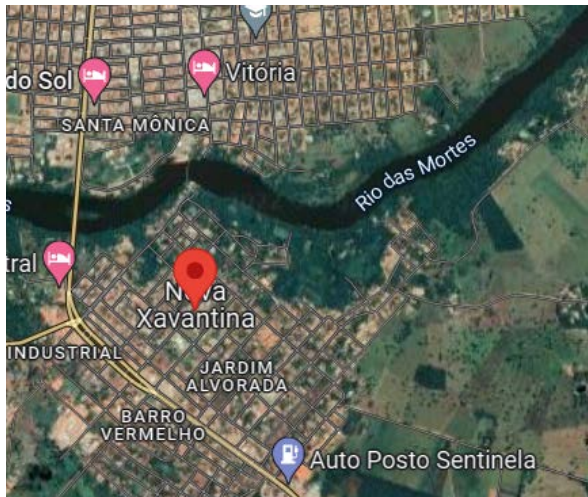
Segundo o Programa Brasileiro de Acessibilidade Urbana (Brasil, 2006), o processo de constituição da acessibilidade é um desafio diário para reduzir as dificuldades enfrentadas por parte da população para subir rampas, ter acesso a ônibus e atravessar ruas, entre outras atividades que

seriam simples para uma pessoa sem limitações. Portanto, é importante considerar a acessibilidade arquitetônica para o desenvolvimento da inclusão educacional, uma vez que isso pode favorecer ou prejudicar a mobilidade dos alunos, especialmente aqueles com algum tipo de limitação física, tornando a falta de acessibilidade um agente de exclusão.

MATERIAL E MÉTODO

O estudo de caso foi realizado *in loco* no município de Nova Xavantina – MT (Figura 1), que conta com uma população estimada de 19.643 pessoas (IBGE, 2010). O município encontra-se a uma latitude 14°40'24" sul e a uma longitude 52°21'11" oeste, estando a uma altitude de 275 metros. Situado no médio Araguaia, leste de Mato Grosso, às margens do Rio das Mortes, dentro dos limites do bioma Cerrado. Suas cidades limitantes são: ao norte município Água Boa, ao sul Barra do Garças, ao leste Cocalinho e Oeste de Campinápolis e Novo São Joaquim.

Figura 1 – Imagem de satélite do município de Nova Xavantina – MT, Brasil



Fonte: Google Earth (2022).

Para avaliação das condições de acessibilidade arquitetônica, foi realizada uma vistoria técnica com aplicação de um *checklist* baseado na NBR 9050 (ABNT, 2015; 2020), conforme apresentado na Tabela 1 no Anexo A. O *checklist* foi elaborado a partir do modelo proposto por Loureiro (2018), contendo itens essenciais relacionados à circulação, acesso, rampas, portas, janelas e sanitários.

Durante a aplicação, cada item foi verificado *in loco* por meio de inspeção visual, medições com trena e verificação dos elementos construtivos existentes, considerando os parâmetros estabelecidos na norma técnica. As respostas foram registradas nas categorias “Sim”, “Não” e “Não Aplicável (N/A)”, permitindo identificar os pontos de conformidade e de

não conformidade em relação aos critérios de acessibilidade estabelecidos pela NBR 9050.

Essa metodologia de vistoria por *checklist* tem como objetivo facilitar a análise comparativa entre as condições reais encontradas no edifício e os requisitos normativos, evidenciando as principais barreiras arquitetônicas a serem corrigidas.

Foi escolhida a Escola Municipal Monteiro Lobato (EMML) de ensino infantil e ensino fundamental (Figura 2), localizada na Rua Constantina, N° 113, Bairro Novo Horizonte em Nova Xavantina – MT. A estrutura da EMML é dividida em quadra poliesportiva e mais três blocos: os dois primeiros são para alocar as 14 salas de aula, coordenação, secretaria e banheiros, e o terceiro para alocar a biblioteca, sala de música e sala de leitura.

Figura 2 – Frente da Escola Municipal Monteiro Lobato em Nova Xavantina – MT



Fonte: Acervo pessoal (2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta análise de campo avaliou a acessibilidade arquitetônica em relação às especificações estabelecidas na NBR 9050 (ABNT, 2020) de acordo com as informações que foram coletadas nos dias 19 de julho de 2022 e 13 e 14 de outubro de 2022.

Circulação e acesso

Observa-se no Gráfico 1, 50% dos itens analisados encontram-se em situação irregular, e apenas 33% encontram-

se dentro dos quesitos analisados no *checklist*, sendo esses: Entrada de pessoas voltada para via de menor fluxo de veículos; Existe pelo menos uma rota acessível que interligue o acesso de alunos às áreas administrativas, de prática esportiva, de recreação, de alimentação, salas de aula, laboratórios, bibliotecas, centros de leitura e demais ambientes pedagógicos; Corredores de uso público possuem 1,50 metros de extensão; Calçada com faixa de serviço de 0,70 metros. Enquanto 17% dos itens não se aplicaram por não existirem no local analisado.

Gráfico 1 – Resultados relacionados a circulação e acesso



Fonte: Elaboração própria (2022).

A Figura 3 mostra o acesso principal da escola que é feito basicamente pelos funcionários e professores. O qual está localizado na rua Constantino que fica próximo à rodoviária, e que liga diretamente a BR 158 acarretando assim um tráfego considerável de pessoas e veículos.

Figura 3 – Entrada da Escola principal



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

A entrada dos alunos se dá através do acesso localizado na rua Sertãozinho com um fluxo menor de trânsito conforme pode ser observado na Figura 4. Esta entrada ainda conta com um banco de concreto, com cobertura para abrigar os alunos da chuva e do sol.

Figura 4 – Entrada da escola para alunos



Fonte: Acervo pessoal (2022).

As calçadas apesar de possuírem uma inclinação em conformidade com a norma, encontram-se em deterioração, com rachaduras e buracos que impedem a locomoção. A quadra poliesportiva possui uma rota construída que se encontra com não conformidades e danos no seu percurso, como buracos e rachaduras, que podem dificultar a mobilidade de alunos que possuam algum tipo de limitação conforme a Figura 5.

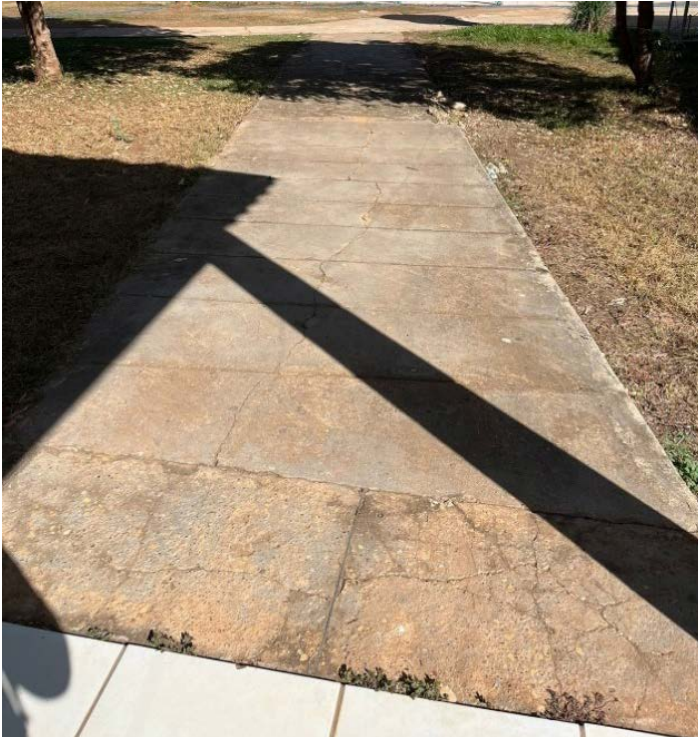
Figura 5 – Acesso a quadra



Fonte: Acervo pessoal (2022).

O caminho de acesso à área recreativa, composta pela biblioteca e pela sala de música, possui uma rota acessível com trechos que necessitam de reparos devido as patologias apresentadas pelo uso (fissuras) e pela falta de manutenção de acordo com a Figura 6.

Figura 6 – Acesso a biblioteca e a sala de música



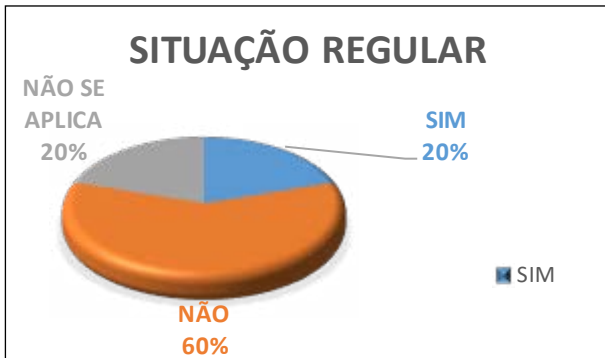
Fonte: Acervo pessoal (2022).

Rampas

De acordo com a NBR 9050 (ABNT, 2020) por se tratar de elementos que podem estar presentes nas rotas acessíveis às rampas e as escadas seriam as duas formas de locomoção vertical. A edificação analisada possui apenas um desses elementos, as rampas, dos quais podemos observar no Gráfico 2 o percentual de quesitos de não conformidades

é o maior com 60%, seguido da classificação não se aplica com 20%. Portanto, o item que se encontra em situação regular corresponde a 20% dos itens analisado: rampas possuem superfície regular, firme, estável, não trepidante para dispositivos com rodas e antiderrapante.

Gráfico 2 – Resultados relacionados as rampas



Fonte: Elaboração própria (2022).

O acesso ao refeitório possui uma rampa por toda sua extensão conforme pode ser observada na Figura 7. Essa mesma entrada também conduz a coordenação, secretária, cozinha e parte das salas de aula.

Figura 7 – Rampa de acesso ao refeitório



Fonte: Acervo pessoal (2022).

As salas de aula localizadas no bloco lateral ao refeitório, possuem três rampas de acesso ao longo do seu percurso, porém muito próximas uma da outra, deixando o final do bloco sem nenhuma rampa de acesso. As três rampas de acesso possuem as mesmas dimensões, onde aplicando a Equação 1 obteve-se uma inclinação de 10,83%, o que segundo a norma para rampas de reformas está dentro do padrão de inclinação, o que impede essas rampas de estarem dentro da norma são

o início dela que existe um desnível de 2 cm conforme mostra a Figura 8.

$$i = h \times 100/c \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

i é a inclinação (expressa em porcentagem)

h é a altura do desnível

c é o comprimento da projeção horizontal

$$i = \frac{0,13 \times 100}{1,20} = 10,83\%$$

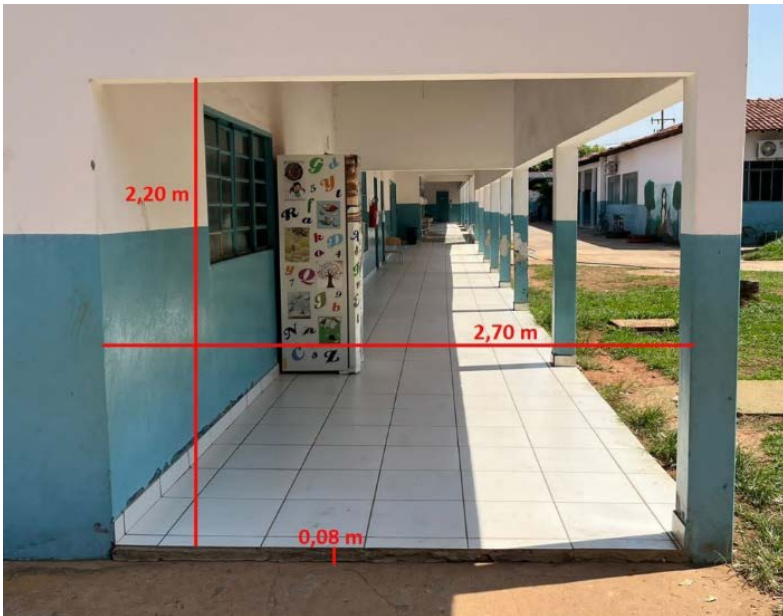
Figura 8 – Rampa de acesso às salas do bloco



Fonte: Acervo pessoal (2022).

O acesso dos alunos ao bloco de salas de aula, ao refeitório e às demais dependências ocorre por meio de um corredor que possui largura de 2,70 m em sua parte mais ampla e 1,90 m no trecho mais estreito, com altura de 2,20 m. Observa-se também a presença de um desnível de 8 cm, que ultrapassa o limite máximo recomendado pela norma vigente, que é de 5 cm, conforme ilustrado na Figura 9. Analisando assim a altura, largura no trecho mais amplo e a largura do trecho mais estreito, estão condizentes com a norma que nos diz que a altura mínima deveria ser de 2,10m e a largura mínima é de 1,50 m para corredores com extensão superiores 10 m.

Figura 9 – Rampa de acesso às salas do bloco



Fonte: Acervo pessoal (2022).

Constatou-se que apenas uma porcentagem das salas de aula possui rampas, porém as rampas não estão de acordo com a norma e fora de padrão. Cada rampa possui uma inclinação distinta. Utilizando a equação da inclinação dada pela NBR 9050 (ABNT, 2020), podemos calcular as respectivas inclinações das salas que possuem rampas através da Equação 1.

Sala 01 e 03:

$$i = \frac{0,09 \times 100}{0,88} = 10,23\%$$

Sala 07:

$$i = \frac{0,08 \times 100}{1,42} = 5,63\%$$

Sala de Leitura

$$i = \frac{0,08 \times 100}{0,90} = 11,23\%$$

Laboratório de informática

$$i = \frac{0,08 \times 100}{0,90} = 8,8\%$$

As rampas existentes na sua maioria, não possuem a inclinação indicada, por se tratar de rampas para situações excepcionais conforme a Tabela 3, onde foi adaptada posteriormente a construção, a inclinação poderia variar entre 8,33% a 10% onde a altura (h) das rampas não possuíssem desníveis acima de 0,20 m e 10 a 12,5% onde os desníveis

(h) não superasse 0,075 m de altura. Conforme mostra os cálculos, apenas a sala 07 e o Laboratório de Informática possuem as inclinações normativas.

Na Figura 10, pode-se observar muito bem o contraste entre as salas de aulas que possuem rampas e as que não possuem. A inclinação da rampa da sala de aula 01 está fora do estabelecido em norma que deveria ser abaixo de 10% para rampas da Tabela 3.

Figura 10 – Porta das salas de aula



Fonte: Acervo pessoal (2022).

Os sanitários possuem rampas acessíveis com inclinação de 11,11% as quais não estão em conformidade com as normas para rampas excepcionais conforme observado da Figura 11, pois apenas as rampas com desnível até 7,5 cm podem possuir uma inclinação até 12,5%, às rampas com desnível de 10 cm como é o caso dessas dos sanitários devem obrigatoriamente ter uma inclinação entre 8,33% e 10%.

Figura 11 – Rampa da porta de entrada do banheiro sanitário



Fonte: Acervo pessoal (2022).

Portas e Janelas

As portas e janelas estão entre os itens que possuem condições que interferem diretamente na locomoção das

peças com deficiência ou mobilidade reduzida. Foram analisadas todas as portas e janelas da escola observada.

Analisando os itens do *checklist* (anexo) que falavam sobre as portas, foi observado que elas estão divididas entre atender as especificações da norma e irregulares com 50% respectivamente (Gráfico 3). Os itens irregulares são: As portas possuem condições de serem abertas com um único movimento e suas maçanetas são do tipo alavanca instaladas a uma altura entre 0,80 m e 1,10 m; Maçanetas instaladas de 0,80 m a 1,10 m do piso acabado. Ao todo foram analisadas 20 portas.

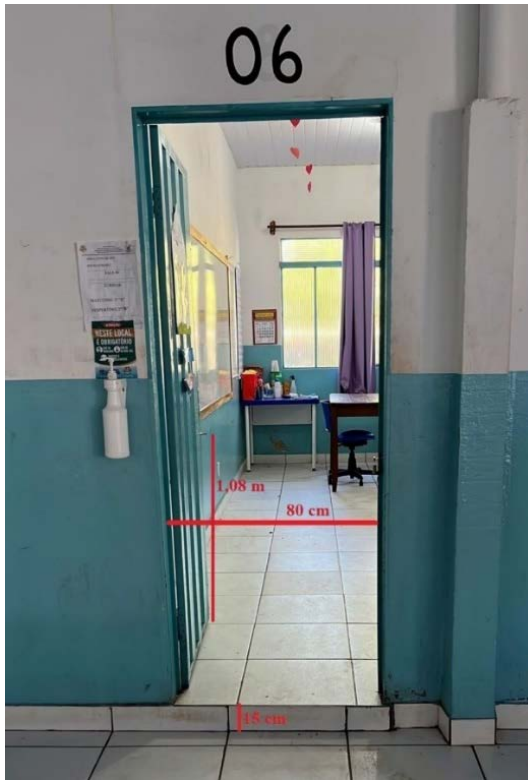
Gráfico 3 – Resultados relacionados as portas



Fonte: Elaboração própria (2022).

As portas das salas de aulas são padronizadas com aberturas de 0,80 m, que é a largura mínima recomendada pela norma. Algumas portas contêm um desnível de 0,15 m com relação a soleira da porta e o piso, conforme observado na Figura 12, de acordo com a NBR 9050 (ABNT, 2020).

Figura 12 – Porta da Sala 06



Fonte: Acervo pessoal (2022).

No quesito janelas, analisadas com o auxílio do *checklist*, em sua grande maioria atendem ao menos parcialmente os requisitos da norma. Observa-se no Gráfico 4 que 67% dos itens analisados estão em conformidade com a norma, em contrapartida, 33% dos itens possuem algum tipo de irregularidade, correspondendo a apenas 1 item: Os comandos para janelas têm altura entre $0,60\text{ m} \leq h \leq 1,20\text{ m}$ do piso.

As janelas em sua maioria são padronizadas, o que facilitou a avaliação das 31 janelas que foram analisadas.

Gráfico 4 – Resultados relacionados as janelas



Fonte: Elaboração própria (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos aspectos analisados é possível identificar os pontos onde a norma não está sendo atendida na edificação da escola, o levantamento por meio de imagens, coleta de dados e o comparativo com a norma deixam claro que é preciso que sejam feitas adequações para que a escola seja realmente acessível. É possível constatar que já foram feitas modificações que aproximam a escola de um ambiente acessível, mas que, no entanto, as adaptações são insuficientes, este aspecto é evidente, pois existem salas com rampas e outras não.

Por fim, conclui-se que, somente a existência de leis não é garantia de que a acessibilidade esteja presente. É de suma

importância que esse tema continue sendo trabalhado, para que os órgãos responsáveis fiscalizem com mais veemência e se empenhem em garantir o cumprimento da norma nestes ambientes. Para que as pessoas que possuam algum tipo de limitação tenham seus direitos assegurados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. Disponível em: http://acessibilidade.unb.br/images/PDF/NORMA_NBR-9050.pdf. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. Câmara Municipal de Nova Xavantina – MT. **História**. Nova Xavantina, [2022]. Disponível em: <https://www.novaxavantina.mt.leg.br/institucional/historia>. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. São Paulo: Saraiva, 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999. Regulamenta a Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989, e dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, 21 dez. 1999.

BRASIL. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nº 10.048, de 8 de novembro de 2000, e nº

10.098, de 19 de dezembro de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, 3 dez. 2004.

BRASIL. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. Promulga a convenção internacional sobre os direitos das pessoas com deficiência e seu protocolo facultativo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 ago. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989. Dispõe sobre o apoio às pessoas portadoras de deficiência. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, 25 out. 1989.

BRASIL. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, 20 dez. 2000.

BRASIL. Lei nº 10.048, de 8 de novembro de 2000. Dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, 9 nov. 2000.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015. Inclusão da pessoa com deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 jul. 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 22 ago. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Brasil acessível**: construindo a cidade acessível, 2. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <https://www.caumg.gov.br/wp-content/uploads/2016/06/Construindo-a-Cidade-Acessivel.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Brasil acessível**: implementação de sistemas de transporte acessível, 5. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOb/Biblioteca/BrasilAcessivelCaderno05.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2022.

CARVALHO, Fernanda Cristina A. de. **A inclusão do aluno com deficiência visual no ensino regular e o uso das ferramentas pedagógicas na aprendizagem especiais**: perspectivas. 2011. Monografia (Especialização em Desenvolvimento Humano, Educação e Inclusão Escolar) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

CUNHA, Poliana Mara. **Acessibilidade em edificações de uso público**: estudo de caso em Mariana, Minas Gerais. 2019. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

DE ARAÚJO, Cláudia D.; CÂNDIDO, Dárcio R. C.; LEITE, Maria F. Espaços públicos de lazer: um olhar sobre a acessibilidade para portadores de necessidades especiais. **Licere**, Belo Horizonte, v. 12, n. 4, 2009.

ESCOLA MUNICIPAL MONTEIRO LOBATO. **Censo escolar**. Nova Xavantina: QEDu, 2022. Disponível em: <https://novo.qedu.org.br/escola/51023091-escola-municipal-monteiro-lobato/censo-escolar>. Acesso em: 10 ago. 2022.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 11 maio 2022.

LOUREIRO, Amanda Aparecida B. **Análise de condições de acessibilidade na escola estadual de ensino médio e fundamental Francisco Dourado**. 2018. Monografia (Graduação

em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Mato Grosso, Barra do Garças, 2018.

RODRIGUES, Danieli T. **Acessibilidade urbana:** levantamento e análise dos passeios públicos na área urbana central de Panambi – RS. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2018.

SOUZA, Carla J. A inclusão e a acessibilidade no IFG – câmpus Inhumas: caminhos e agruras. **Perspectivas em Diálogo:** Revista de Educação e Sociedade, v. 5, p. 75 – 89, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração Universal dos Direitos Humanos.** Paris: ONU, 1948. Disponível em: <http://www.pge.sp.gov.br/centrodeestudos/bibliotecavirtual/instrumentos/2decla.htm>. Acesso em: 11 maio 2022.

TORRES, Elisabeth Fátima; MAZZONI, Alberto Angel; ALVES, João Bosco da Mota. Acessibilidade à informação no espaço. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 83 – 91, set./dez. 2002.

WAGNER, Luciane C.; LINDEMAYER, Cláudia K.; PACHECO, Andréa; DA SILVA, Lislaine D. A. Acessibilidade de pessoas com deficiência: o olhar de uma comunidade da periferia de Porto Alegre. **Ciência em Movimento**, v. 12, n. 23, p. 55 – 67, jun. 2010.

APÊNDICE A

<i>Checklist</i>					
Circulação e acesso					
Legislação		Itens a conferir	Respostas		
Lei/Norma	Item/ Artigo		Sim	Não	N/A
9050/2020	10.15.1	Entrada de pessoas voltada para via de menor fluxo de veículos			
9050/2020	10.15.2	Existe pelo menos uma rota acessível que interligue o acesso de alunos às áreas administrativas, de prática esportiva, de recreação, de alimentação, salas de aula, laboratórios, bibliotecas, centros de leitura e demais ambientes pedagógicos?			
9050/2020	6.2.1	Todas as entradas e rotas de interligação às funções do edifício são acessíveis?			
9050/2020	6.2.3	Acesso livres de quaisquer obstáculos?			
9050/2020	6.3	Existir duas formas de deslocamento vertical (elevador, rampa e escada)			
9050/2015	6.3.6	Caixas de inspeção fora do fluxo principal			
9050/2015	6.3.7	Capachos, forrações, carpetes, tapetes e similares em rotas acessíveis			
9050/2015	5.4.6.3	Possui sinalização tátil ou visual no piso?			

9050/2015	6.11.1	Corredores de uso público possuem 1,50 metros de extensão?			
9050/2015	6.12.3	Calçada com faixa de serviço de 0,70 metros?			
9050/2015	6.12.3	Calçada com faixa de passeio livre de qualquer obstáculo, inclinação transversal até 3%, 1,20 metros de largura e 2,10 metros de altura livre			
9050/2015	6.3.8	A sinalização visual e tátil no piso indica situações de risco e direção?			
Rampas					
Legislação		Itens a conferir	Respostas		
Lei/Norma	Item/ Artigo		Sim	Não	N/A
9050/2015	6.3.2	Rampas possuem superfície regular, firme, estável, não trepidante para dispositivos com rodas e antiderrapante?			
9050/2015	6.6.2.1	As rampas devem ter inclinação de acordo com os limites estabelecidos, entre 5% e 8,33% e			
9050/2015	6.6.2.2	Em reformas podem ser utilizadas inclinações superiores a 8,33 % até 12,5 %			
9050/2015	6.9.2.1	Os corrimãos devem ser instalados em rampas e escadas, em ambos os lados, a 0,92 m e a 0,70 m do piso, medidos da face superior até o ponto central do piso do degrau (no caso de escadas) ou do patamar (no caso de rampas).			
9050/2015	6.8.4	Piso de escadas e rampas possuem sinalização tátil e visual?			

Portas e janelas					
Legislação		Itens a conferir	Respostas		
Lei/Norma	Item/ Artigo		Sim	Não	N/A
9050/2015	6.11.2.1	A utilização das portas é necessária um espaço de transposição com um círculo de 1,50 m de diâmetro, somado às dimensões da largura das portas, além dos 0,60 m ao lado da maçaneta de cada porta, para permitir a aproximação de uma pessoa em cadeira de rodas.			
9050/2015	6.11.2.4	Portas possuem um vão livre de no mínimo 0,80 m de largura e 2,10 m de altura?			
9050/2015	6.11.2.6	As portas possuem condições de serem abertas com um único movimento e suas maçanetas são do tipo alavanca instaladas a uma altura entre 0,80 m e 1,10 m?			
9050/2015	6.11.2.12	A altura das janelas considera os limites de alcance visual, exceto em locais onde devam prevalecer a segurança e a privacidade?			
9050/2015	4.6.6.2	Maçanetas instaladas de 0,80 m a 1,10 m do piso acabado?			
9050/2015	4.6.9	A altura do peitoril das janelas é de até $1,10\text{ m} \leq h \leq 1,20\text{ m}$?			
9050/2015	4.6.9	Os comandos para janelas têm altura entre $0,60\text{ m} \leq h \leq 1,20\text{ m}$ do piso?			

Sanitários					
Legislação		Itens a conferir	Respostas		
Lei/Norma	Item/ Artigo		Sim	Não	N/A
9050/2015	7.4.3	Existem sanitários em condições de acessibilidade?			
9050/2015	7.3.1	Os sanitários, banheiros e vestiários acessíveis estão localizados em rotas acessíveis, próximas à circulação principal, próximas ou integradas às demais instalações sanitárias?			
9050/2015	7.4.3.2	Existe um sanitário no mínimo para cada sexo?			
9050/2015	7.4.2.2	Possui sinalização de emergência em sanitários, banheiros e vestiários acessíveis?			
9050/2015	7.4.2	Os sanitários, banheiros e vestiários acessíveis possuem entrada independente que possibilite que a pessoa com deficiência possa utilizar a instalação sanitária acompanhada de uma pessoa do sexo oposto?			
9050/2015	7.4.4	Possui ao menos uma bacia infantil?			
9050/2015	4.3.4	Tem circulação com o giro de 360°?			
9050/2015	6.11.2.4	A porta possui 0,80 m no mínimo de vão livre?			
9050/2015	7.7.2.2.1	Possui barras de apoio junto a bacias sanitárias?			

Fonte: Loureiro (2018).

PROPOSTA DE MELHORIAS DE CONFORTO TÉRMICO PARA O AUDITÓRIO DA UNEMAT EM NOVA XAVANTINA – MT

Sarah Schweig de Melo
Walkiria Pederiva Ferreira
Gabriel Silva Prudencio

INTRODUÇÃO

Durante o século XX no Brasil, os centros urbanos tiveram crescimento exponencial, ocasionado principalmente pelo êxodo rural. Entretanto, este avanço ocorreu de modo descontrolado, onde a relação do homem com o meio ambiente tornou-se complicada, uma vez que a ação humana passou a produzir maiores impactos na natureza, e gerando também mudanças climáticas no país (Sanchez *et al.*, 2020; Pieper; Pinheiro, 2020).

Um dos aspectos ambientais importantes é a informação do clima de uma determinada região, sendo utilizado para

estabelecer estratégias bioclimáticas adequadas para um edifício, visando o conforto térmico dos usuários (Pinheiro; Crivelaro, 2020). Para a adoção de estratégias bioclimáticas, é fundamental informar e incentivar a população a implementar soluções nas edificações que favoreçam o conforto térmico. A NBR 15575, que trata do desempenho de edificações, que também estabelece critérios que devem ser atendidos para garantir o conforto térmico, especialmente em edifícios com até cinco pavimentos (ABNT, 2021).

Já a NBR 15220 (ABNT, 2022), define que a avaliação térmica de um imóvel pode ser realizada ainda na fase projetual, onde são feitos cálculos utilizando fatores como a transmitância térmica, capacidade de atraso térmico, entre outros, dos materiais a serem utilizados na execução da obra. Pode ser desenvolvido também com a utilização de programas computacionais, ou quando a obra já foi construída, fazendo a análise de dados catalogados.

A NBR 15220 (ABNT, 2022), estabelece parâmetros apenas de resfriamento passivo. De acordo com Kibert (2020), esse tipo de resfriamento é definido como a refrigeração de um edifício com o uso apenas de recursos naturais disponíveis, sendo o projeto do imóvel baseado na utilização do vento, vegetação e luz solar, diminuindo dessa forma o consumo de energia na edificação. O autor afirma também que uma construção que utiliza estratégias passivas pode se desconectar de suas estratégias ativas (resfriamento de forma

mecanizada como aparelhos de ar-condicionado), que mesmo assim manterá uma temperatura interna do local agradável.

Neste contexto, a presente pesquisa visa averiguar se é possível melhorar o conforto térmico de um imóvel realizando modificações em sua concepção e/ou fazendo uso de estratégias bioclimáticas adequadas para a região em que está localizado. Seu objetivo consiste em elaborar um projeto para tornar o anfiteatro da Unemat termicamente confortável com a utilização de estratégias bioclimáticas passivas. O estudo consiste em referencial bibliográfico e em pesquisa aplicada, sendo realizado a análise dos dados do edifício, verificando se o mesmo está em conformidade com a NBR 15220 (ABNT, 2022).

DESENVOLVIMENTO

Conforto térmico

O conforto térmico pode ser definido como a satisfação plena do ser humano no ambiente em que está inserido. Essa sensação de bem-estar não depende apenas do clima local, mas também por processos fisiológicos, físicos e psicológicos do indivíduo (Ashrae, 2017).

Os processos fisiológicos correspondem a resposta do corpo humano, ocasionada pela condição térmica do ambiente

onde o indivíduo está exposto. Os fatores físicos estão relacionados com a obtenção da harmonia de temperatura do corpo com o meio. Já os psicológicos relacionam-se com a captação de informações pelo sistema sensorial, gerando a sensação térmica (Lamberts *et al.*, 2016).

A sensação de conforto térmico no ser humano ocorre quando o seu corpo mantém temperaturas dentro dos parâmetros ideais, com isso torna a umidade da pele baixa, como também reduz o esforço da termorregulação. Além disso, para reduzir o efeito do desconforto é necessário obter sensação térmica de umidade, sendo essa realizada através de comportamentos inconsciente ou consciente do indivíduo (Ashrae, 2017).

O organismo humano quando em atividade realiza a liberação de calor, sendo esse eliminado por meio de trocas térmicas entre o ambiente e o corpo. Existem dois tipos de trocas térmicas, sendo as secas a qual ocorre por meio da condução, convecção e radiação e as úmidas realizadas por meio da evaporação (Lamberts *et al.*, 2016).

Variáveis do conforto térmico

As trocas de calor entre o corpo e o ambiente em que está inserido depende de alguns fatores, gerando influência no conforto térmico de cada indivíduo. As variáveis podem ser humanas e ambientais. As variáveis humanas são: o metabolismo, que é a produção de energia interna em 20%

transforma-se em trabalho e 80% em calor para manter a temperatura interna do corpo entre 36,1°C e 37,2°C; e a vestimenta, que funciona como uma barreira diminuindo as trocas de calor por convecção, sendo considerada como um isolante térmico pelo fato de manter o corpo menos ou mais aquecido, dependendo do material da vestimenta (Lamberts *et al.*, 2016).

As variáveis ambientais são: temperatura radiante média, que é a temperatura média de um determinado local; temperatura do ar, é a principal entre todas as variáveis, onde a sensação de conforto térmico é atingida através da perda de calor do corpo pela diferença de temperatura existente entre a pele e o ar; velocidade do ar, o ar em um ambiente movimentasse por meio das diferenças de temperatura no local, fazendo o ar quente subir e o ar frio descer, essa movimentação do ar no edifício proporciona melhor sensação térmica, pois provoca uma melhora na evaporação da água presente na pele; umidade relativa do ar, realizada por meio da evaporação da água, onde o líquido muda para o estado gasoso (Lamberts *et al.*, 2016).

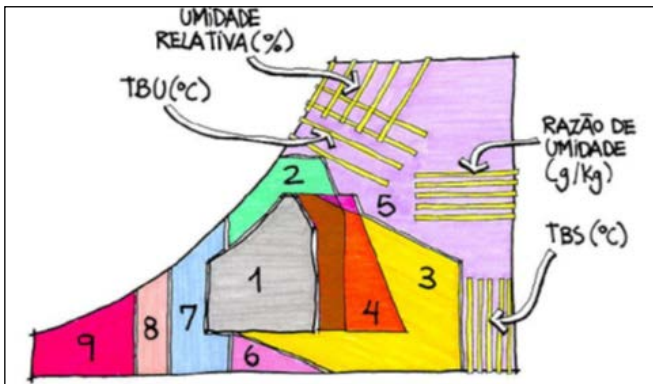
Carta bioclimática

O Brasil apresenta diferentes climas em toda a sua extensão e isso dificulta na elaboração de edifícios termicamente agradáveis, pois para cada clima deve-se adotar uma estratégia diferente. Com isso, Olgyay desenvolveu na década de 1960

a Carta Bioclimática, possibilitando uma melhor interação entre as diferenças climatológicas e a arquitetura. A carta bioclimática é dividida em várias zonas, sendo seu principal objetivo de mostrar a interação entre corpo humano e o clima. Além disso, possibilita realizar medidas nas edificações que garantam desempenho térmico, mesmo estando localizadas fora da zona de conforto (Lamberts *et al.*, 2016).

De acordo com Lamberts *et al.* (2016), no Brasil é utilizado a carta bioclimática de Givoni, conforme a Figura 1, criada em meados de 1990, é baseada em temperaturas interna, sendo elaborada por meio de diagrama psicrométrico.

Figura 1 – Carta bioclimática de Givoni



Fonte: Lamberts *et al.* (2016, p. 46).

A carta de Givoni, possui nove áreas climáticas, onde a estratégia bioclimática de uma edificação deve ser adotada de acordo com a sua área na carta climática, com a finalidade de melhorar o conforto térmico do edifício. Segundo Lamberts

et al. (2016) e Lamberts, Dutra e Pereira (2014), cada zona é definida da seguinte maneira:

- Zona 1 – conforto: nesta área o ambiente apresenta temperatura entre 18 e 29°C e umidade relativa por volta de 20 a 80%;
- Zona 2 – ventilação: consiste em uma estratégia natural de realizar o resfriamento de um edifício por meio de ventilação, onde o ar interno quente é substituído pelo ar externo frio;
- Zona 3 – resfriamento evaporativo: o processo natural de evaporação da água tem como benefício o resfriamento do ambiente, além de melhorar a umidade do ar. Essa estratégia bioclimática pode ser realizada de forma direta (com evaporação de água no ambiente) ou indireta (usando a água como elemento nas superfícies);
- Zona 4 – inércia térmica de resfriamento: consiste na aplicação de materiais com alta inércia térmica, com o intuito de armazenar maior quantidade de calor, principalmente quanto mais espessos, diminuindo dessa forma a transmitância de temperatura do meio externo para o interno;
- Zona 5 – resfriamento artificial: é realizada através de equipamentos como o ar-condicionado, sendo aplicado em locais com temperatura elevada e umidade relativa do ar baixa;

- Zona 6 – umidificação: um ambiente com ar seco pode ser desagradável, mas realizando medidas simples é possível melhorar sua qualidade;
- Zona 7 – inércia térmica e aquecimento solar: é uma estratégia utilizada principalmente em regiões com temperaturas entre 14 a 20°C;
- Zona 8 – aquecimento solar passivo: é uma estratégia utilizada em regiões com temperaturas baixas;
- Zona 9 – aquecimento artificial: esta estratégia é utilizada em regiões extremamente frias, onde o aquecimento solar passivo não é eficaz.

No Brasil, a NBR 15220-3 (ABNT, 2022) estipula a carta bioclimática das cidades do país. Entretanto, a norma não traz o zoneamento de todos os municípios brasileiros, mas afirma que para casos onde não se encontra a carta de localidades em estudo, deve-se utilizar a da cidade mais próxima. A norma traz a classificação da zona da cidade de Aragarças – GO, estando a 151,8 Km de distância de Nova Xavantina – MT, onde encontra-se na zona bioclimática 6.

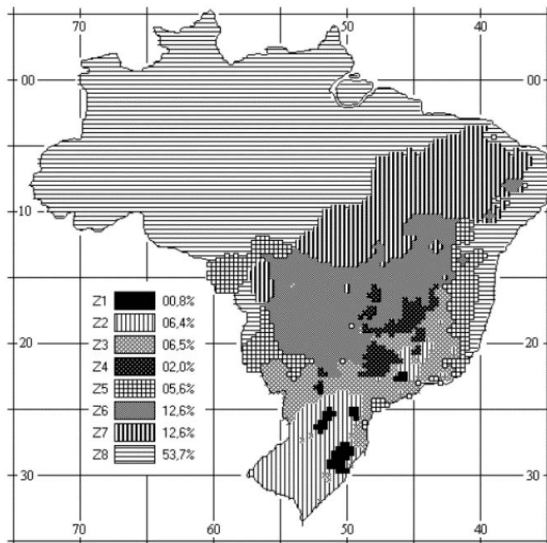
Zoneamento bioclimático brasileiro

A NBR 15220-3 (ABNT, 2022) divide toda a extensão territorial do país em oito zonas bioclimáticas, cada divisão possui características de clima diferentes. Esta norma também orienta a respeito do desempenho térmico em edificações

ainda na fase projetual. Além disso, apresenta critérios construtivos, bem como procedimentos para a realização do condicionamento térmico passivo do edifício, ou seja, sem a utilização de equipamentos elétricos para o resfriamento do ambiente, seguindo os parâmetros estipulados.

A norma define quatro parâmetros para cada uma das zonas bioclimáticas, envolvendo apenas técnicas de condicionamento térmico passivo, sendo elas: dimensão das aberturas de ventilação, relacionadas com a porcentagem da área de piso; vedações das paredes externas; cobertura; sombreamento das aberturas. A Figura 2 apresenta o mapa do Brasil com as divisões das oito zonas climáticas.

Figura 2 – Zoneamento bioclimático brasileiro

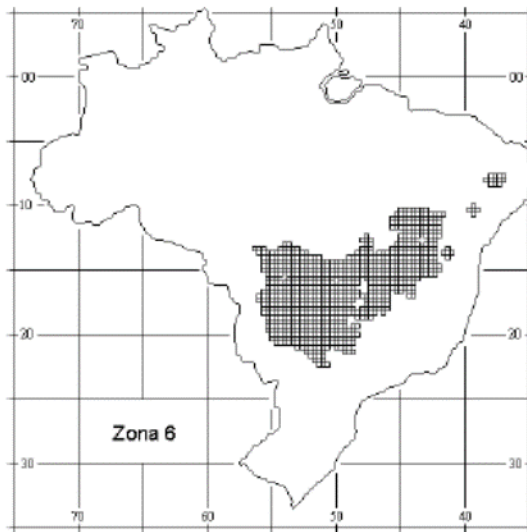


Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2022).

O município de Nova Xavantina – MT, local do estudo, está situada na zona bioclimática 6, conforme mostrado na Figura 3.

A norma define que para a zona bioclimática 6 deve ser adotada as técnicas construtivas como aberturas de ventilação de tamanho médio, com seu respectivo sombreamento. As paredes externas devem ser pesadas e a cobertura de material leve e isolada. Já os métodos de condicionamento passivo, na época do verão, podem ser por meio de massa térmica e resfriamento evaporativo, como também a ventilação seletiva. Na estação do inverno deve-se optar por paredes internas com grande inercia térmica.

Figura 3 – Zona bioclimática brasileira 6



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2022).

ABNT NBR 15575:2021 – Desempenho térmico

A NBR 15575 (ABNT, 2021), trata-se a respeito do conforto térmico em edificações de até cinco pavimentos, estabelecendo requisitos de desempenho térmico em edifícios. Deve ser seguida, de maneira a projetar um imóvel que proporcione conforto aos usuários, garantindo uma temperatura interna sempre menor que externa do ambiente.

A norma estipula três maneiras de avaliar o desempenho térmico em edificações, levando em conta as características das zonas bioclimática. Os processos de avaliação são o procedimento simplificado, de medição e o de simulação computacional, os quais tem por objetivo verificar se um imóvel é termicamente confortável.

O procedimento simplificado determina que a cobertura e a vedação do edifício devem atender os critérios mínimos da NBR 15575. O processo de medição consiste em realizar a medida de temperatura em imóveis, verificando se atende aos parâmetros definidos por norma. Já a simulação computacional consiste em utilizar programas de simulação, de forma a determinar o desempenho térmico de uma edificação (ABNT, 2021).

A norma também trata a respeito de conforto térmico em residências, definindo que no verão, a temperatura em seu interior deve ser equivalente ou superior, quando em sombra, ao ambiente externo. A norma ainda define que para locais

de maior permanência na residência como quartos e salas, livres de fontes de calor internas, a temperatura no seu interior tem de ser igual ou inferior a temperatura máxima do ambiente externo.

No período do inverno a temperatura interna da edificação deve ser melhor do que a externa, para edifícios localizados nas zonas bioclimática de 1 a 5, nas demais zonas não são necessárias. A temperatura interna na época de frio, tem de ser superior ou equivalente a mínima da parte de fora, somando-se 3°C, sendo calculado de acordo com a Equação 1:

$$T_{i,min} \geq T_{e,min} + 3 \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

$T_{i,min}$ é a temperatura mínima diária na parte interna da edificação, em graus Celsius;

$T_{e,min}$ é a temperatura mínima diária na parte externa da edificação, em graus Celsius.

É definido também pela norma que edifícios em fase de projeto deve-se realizar estudos para um dia típico de inverno e verão. É importante realizar a orientação do imóvel a ser construído, ainda na fase projetual, em direção ao ponto mais crítico termicamente, para avaliar de forma adequada o posicionamento ideal das esquadrias.

MATERIAL E MÉTODO

O local da pesquisa é em Nova Xavantina – MT, cidade localizada no interior do estado de Mato Grosso, conforme Figura 4, na região do Vale do Araguaia, sendo sua latitude sul $14^{\circ}40'24''$ e a longitude oeste $52^{\circ}21'11''$. Sua população estimada, de acordo com o IBGE (2021) é de 21.695 habitantes.

Figura 4 – Localização de Nova Xavantina no Estado de Mato Grosso



Fonte: Abreu (2006, p. 4).

De acordo com a Câmara Municipal de Nova Xavantina (2015), a cidade apresenta clima semiúmido tropical com temperatura média anual de aproximadamente 24°C . No período de novembro a março ocorre a incidência de chuva, nos demais meses predomina o clima seco. Sua vegetação predominante é o Cerrado.

A pesquisa está delimitada no auditório da Unemat do câmpus de Nova Xavantina, espaço destinado para palestras, reuniões e demais atividades acadêmicas, onde foram apresentadas melhorias a serem realizadas em sua concepção para torná-lo termicamente mais agradável.

Edificação analisada

A edificação analisada foi o bloco do auditório (Figura 5) no câmpus da Unemat em Nova Xavantina – MT. O edifício possui uma área total de 426,29 m², sendo dividida em dois banheiros (feminino com 5,19 m² e o masculino com 5,10 m²), uma sala com 20,48 m², um laboratório com 50,02 m² um camarim de 9,42 m², o anfiteatro de 169,47 m², *hall* de entrada de 11,53 m² e corredores com total de 135,63 m². O apêndice A apresenta a divisão dos ambientes do imóvel.

Figura 5 – Bloco do auditório



Fonte: Acervo pessoal (2021).

Itens analisados na coleta de dados

Os itens que foram analisados na coleta de dados são:

- Paredes de vedação;
- Cobertura;
- Forro;
- Exaustor;
- Aberturas;
- Sombreamento da edificação;
- Ar-condicionado.

Posterior análise de dados coletados e dos materiais especificados no projeto, utilizados na execução do auditório, foram realizados a classificação das vedações, fazendo um comparativo entre os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar.

O primeiro cálculo foi o do fator solar, sendo esse determinado pela Equação 2:

$$F_s = 4 \times U \times \alpha \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

U é a transmitância térmica.

α é a absorvância a radiação solar, se $\alpha = 0,40$ para paredes de cor verde clara (foi escolhida essa pois a edificação possui esta

coloração); Se $\alpha = 0,40$ para cobertura de zinco (a edificação contém esse tipo de telha).

Foi verificado também as dimensões da ventilação do ático, verificando se o mesmo está dentro dos parâmetros da NBR 15520 (ABNT, 2005), sendo as estipuladas da seguinte forma, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Condições de ventilação do ático

Posição da Câmara de ar	Câmara de ar	
	Pouco ventilada	Muito ventilada
Vertical (paredes)	$S/L < 500$	$S/L \geq 500$

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15220-3:2022.

Onde:

S é a área total da abertura de ventilação, em cm^2 ;

L é o comprimento da parede, em metros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nova Xavantina está localizada na zona bioclimática 6 e para esta região, seguindo a NBR 15220 (ABNT, 2022), as paredes de vedação devem ser pesadas e sua cobertura leve e isolada. A Tabela 2 mostra os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar aceitáveis para as vedações nesta região.

O anfiteatro foi construído utilizando blocos cerâmicos de 6 furos com espessura de 15 cm. A cobertura foi realizada com telhas metálicas com 0,05 cm de espessura e forro PVC de espessura 0,8 cm. As Tabelas 3 e 4 representam os valores das transmitâncias térmicas, atraso térmico e fator de calor para esses materiais.

Realizando um comparativo entre as Tabelas 2 e 3 e as Tabelas 2 e 4 é possível concluir que as paredes externas do anfiteatro não são do tipo pesada, como também a cobertura não é do tipo leve e isolada. Logo as vedações da parte exterior da edificação não atendem aos requisitos estipulados pela norma, relacionados a zona bioclimática 6.

Tabela 2 – Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar

Vedação	Transmitância térmica – U (W/m ² .K)	Atraso térmico – φ (h)	Fator solar – FS _s (%)
Parede pesada	$U \leq 2,20$	$\varphi \leq 6,50$	$FS_s \leq 3,50$
Cobertura leve e isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,30$	$FS_s \leq 6,50$

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15220-3:2022.

Tabela 3 – Transmitância térmica e atraso térmico de calor da parede

Vedação externa	Transmitância térmica – U (W/m ² .K)	Atraso térmico – φ (h)	Fator solar – FS _s (%)
Parede	2,28	3,7	3,6

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15220-3:2022.

Tabela 4 – Transmitância térmica e atraso térmico de calor da cobertura

Vedação externa	Transmitância térmica – U (W/m ² .K)	Atraso térmico – φ (h)	Fator solar – FS _s (%)
Cobertura	2,8	0,4	3,9

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15220-3:2022.

Entretanto o edifício apresenta exaustores em sua cobertura, sendo a finalidade desses de realizar o resfriamento mecanizado da câmara de ar, espaço este entre o telhado e o forro. De acordo com informações coletadas, todos os exaustores do anfiteatro funcionam. Para o funcionamento desses aparelhos é necessário a utilização de energia elétrica, sendo considerado como uma estratégia bioclimática ativa.

As aberturas da zona climática 6 devem ser de tamanho médio, conforme estipulado pela norma. Além disso, as áreas dessas aberturas devem estar dentro dos parâmetros da Tabela 5.

Tabela 5 – Abertura para ventilação

Aberturas para ventilação	A – área (em % da área de piso)
Médias	15% < A < 25%

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15220-3:2022.

Utilizando a área interna do bloco do anfiteatro, ou seja, sem a área dos corredores, chegou-se um total de 259,68 m². A área das aberturas da parte interna é de 43,15 m², como mostrado na Tabela 6, equivalente a 16,62% em relação a área de piso. Comparando este resultado com os valores da Tabela 6 é possível observar que neste requisito o edifício encontra-se dentro dos parâmetros estipulados pela norma.

Tabela 6 – Área das aberturas do auditório

Esquadria	Quantidade	Dimensão (m)	Área (m ²)
Porta camarão	1	2,90 × 2,10	6,09
Porta simples de abrir	5	0,80 × 2,10	8,4
Porta dupla de abrir	1	1,0 × 2,10	2,10
Porta dupla de abrir	1	1,06 × 2,10	2,23
Porta dupla de abrir	1	1,30 × 2,10	2,73
Janela de correr duas folhas	6	1,0 × 1,80	10,8
Janela basculante	4	1,0 × 1,20	4,8
Janela de correr quatro folhas	3	2,0 × 1,0	6,0
Área Total	–	–	43,15

Fonte: Elaboração própria (2021).

A edificação possui ventilação cruzada, pois suas aberturas estão distribuídas em faces adjacentes. De acordo com Possebom *et al.* (2016), a ventilação cruzada consiste na movimentação natural do ar no interior do edifício, realizada sem o uso de equipamentos mecânicos, proporcionando

melhor qualidade do ar, conforto ambiental e condições mais salubres ao imóvel.

A norma NBR 15220 (ABNT, 2022), estipula também que para a zona bioclimática 6 as edificações devem apresentar sombreamento em suas aberturas. Neste critério o bloco do auditório atende as condições, pois o mesmo apresenta corredores cobertos em todo o seu perímetro, exceto nas janelas dos banheiros, conforme mostrado anteriormente na Figura 5.

A Tabela 7 a seguir apresenta um resumo dos requisitos analisados da edificação, mostrando os quais estão em conformidade e os que não estão dentro dos parâmetros da norma. O bloco do auditório apresenta aparelhos de ar-condicionado o qual possui a função de resfriar o ar quente no ambiente e devolvendo o mesmo com uma temperatura menor, proporcionando um clima agradável no local onde está inserido. Entretanto para seu funcionamento é necessário um grande consumo de energia elétrica, tornando-se uma estratégia de conforto térmico boa, porém com um custo de utilização elevado.

Tabela 7 – Resumo dos requisitos analisados

Requisitos	Atende	Não atende
Vedação externa		×
Cobertura		×
Ventilação	×	
Sombreamento	×	

Fonte: Elaboração própria (2021).

De acordo com Lamberts *et al.* (2016), existem pré-requisitos para a classificação do ar-condicionado seguindo parâmetros de eficiência, devendo este ser de nível A de eficiência energética, desde que atendam critérios mínimos de espessura do isolamento térmico dos tubos de aquecimento e de refrigeração. Os aparelhos devem estar regulamentados pelo INMETRO.

Durante a coleta de dados não foi possível verificar os tubos de aquecimento e de refrigeração dos ar-condicionado, nem mesmo o seu nível de eficiência. Também não se obteve informações a respeito se os aparelhos estão devidamente regulamentados pelo INMETRO.

Projeto de conforto térmico proposto

Os desenhos arquitetônicos do projeto estão no apêndice B. Durante a fase projetual, manteve-se as áreas internas da edificação.

Soluções bioclimáticas adotadas

O bloco do auditório não atende as recomendações da NBR 15220 (ABNT, 2022) nos quesitos cobertura e vedação externas, onde os valores de transmitância térmica não estão dentro do estipulado pela norma, para a zona bioclimática que o edifício se encontra.

Pensando nisso, foram adotadas medidas para as vedações externas, aumentou-se a espessura das paredes para 20 cm, sendo tijolos cerâmicos de seis furos circulares, assentados na posição de maior dimensão (alvenaria uma vez). Tal solução adotada se enquadra nos parâmetros estipulados pela norma NBR 15220 (ABNT, 2022), estando a transmitância térmica, atraso térmico e fator solar dentro do ideal, conforme demonstrado na Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetros da alvenaria externa adotada

Vedação externa	Transmitância térmica – U ($W/m^2.K$)	Atraso térmico – φ (h)	Fator solar – FS° (%)
Parede	1,92	4,8	3,0

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15220-3:2022.

Para o cálculo do fator solar manteve-se o valor de $\alpha = 0,40$, pois não houve alterações na cor da edificação, conservando a coloração verde claro. A estratégia bioclimática de realizar o aumento da espessura da parede externa teve o objetivo aumentar a inércia térmica da vedação. De acordo com Lamberts *et al.* (2016) melhorar a inércia térmica das

paredes exteriores do edifício torna a temperatura do ambiente interno menor do que a do externo, onde variações de temperaturas externamente não são sentidas no interior do imóvel, tornando-o termicamente mais agradável.

A norma estipula para a zona bioclimática 6 que as coberturas devem ser do tipo leve e isolada. Neste quesito o anfiteatro também não está dentro dos parâmetros, sendo sua transmitância térmica maior do que o ideal, conforme mostrado na Tabela 4.

A estratégia bioclimática adotada para a cobertura foi a troca da telha de zinco pela a de fibrocimento, como também a mudança do forro de PVC para o de madeira com lâmina de alumínio polido. Com estas alterações, chegou-se aos valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar dentro dos parâmetros estipulados pela NBR 15220 (ABNT, 2022), conforme demonstrado na Tabela 9.

Para o cálculo do fator solar foi adotado o valor de $\alpha = 0,80$, pois houve mudança no material do telhado, sendo este o estipulado para a telha de fibrocimento. A estratégia bioclimática de mudar a cobertura teve o objetivo de reduzir a transmitância térmica do telhado e do forro. Lamberts *et al.* (2016) afirmam que a aplicação de telhado de fibrocimento com forro de madeira e lâmina de alumínio resulta em uma barreira radiante, diminuindo as trocas de calor do meio externo para o interno.

Além disso, este foi o único tipo de telhado que os parâmetros estavam dentro do estipulado pela NBR 15220 (ABNT, 2022), onde os demais tipos de telhas como a cerâmica e a termoacústica ultrapassavam os valores de transmitância térmica, não se enquadrando nos critérios da norma.

Tabela 2 – Parâmetros da cobertura adotada

Vedação externa	Transmitância térmica – U (W/m².K)	Atraso térmico – φ (h)	Fator solar – FS_s (%)
Cobertura	1,16	2,0	3,71

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15220-3:2022.

Além dessas estratégias foi aderido também a ventilação do ático. Esta solução consiste em realizar a ventilação da câmara de ar, ou seja, do espaço entre o telhado e o forro. O bloco do auditório já possui esse tipo de ventilação, mas ocorre de forma mecanizada, sendo optado por trocar pela ventilação natural. No presente projeto foi adotado a ventilação vertical. A NBR 15220 (ABNT, 2022) estipula parâmetros mínimos caracterizando a ventilação do ático como pouca ou muita ventilada, conforme a Tabela 1.

Com o objetivo de realizar a ventilação do ático do bloco do anfiteatro foi adotado seis aberturas, dispostas três em cada lado do edifício, adjacentes entre si, sendo sua largura de 200 cm e sua altura de 50 cm, como mostrado no apêndice B. Para a verificação da câmara de ar, foi utilizado o comprimento de 22,06 m, sendo essa a largura da construção interna, sem contabilizar os corredores, pois os mesmos são abertos.

Logo, realizando os cálculos chegou-se a um valor de 4079,78 cm^2/m , contabilizando as seis aberturas, estando este dentro dos parâmetros estipulados pela norma, sendo classificado como muito ventilada. Além disso, nas aberturas da câmara de ar foram colocadas telas de proteção do lado externo e interno para evitar a entrada de animais como pássaros, morcegos, mosquitos entre outros.

De acordo com Iffa e Tariku (2015), a ventilação do ático auxilia no resfriamento da cobertura, como também melhora o seu desempenho térmico. Ou seja, a carga térmica será reduzida por meio das trocas de ar no espaço entre o telhado e o forro, onde o ar frio entra fazendo a retirada do ar quente. No apêndice B é mostrado um detalhamento com todas as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto.

A edificação em estudo apresenta aparelhos de ar condicionado e exaustores em sua cobertura. Entretanto, não foram obtidas informações a respeito do consumo de energia elétrica, como também a classificação de acordo com o seu nível de eficiência energética. Portanto, o projeto de melhorias do auditório foi todo baseado em estratégias bioclimáticas passivas, desconsiderando o resfriamento por meio artificial, pois entraria no tema de eficiência energética, não sendo este a delimitação da presente pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conforto térmico pode ser definido como medidas adotadas que visam melhorar a sensação térmica em uma edificação. É importante elaborar um projeto de um edifício pensando neste quesito, uma vez que a arquitetura bioclimática, quando empregada adequadamente, proporciona bem-estar aos usuários, como também diminui a utilização de energia elétrica do imóvel.

Para elaborar um projeto de edifício termicamente agradável é importante obter conhecimentos técnicos sobre o assunto, entender como ocorre as trocas de calor de um meio para outro e entendimento das propriedades dos materiais. Outro ponto importante é as zonas bioclimáticas, onde cada uma possui estratégias diferentes, sendo necessário o estudo e a análise do local da construção para implementar a estratégia climática mais adequada.

A pesquisa demonstrou que o bloco do auditório em alguns pontos não atende aos requisitos analisados da NBR 15220 (ABNT, 2022). Esta norma estabelece parâmetros que uma edificação deve conter para ser termicamente confortável. Além disso, descreve procedimentos para verificar se o edifício possui conforto térmico, sendo este realizado na fase de projeto ou com o imóvel já construído, podendo estas verificações serem feitas por meio de análise dos materiais da propriedade imobiliária, verificando se estão dentro das recomendações da norma, ou por meio de programas computacionais.

A verificação do bloco do auditório consistiu da análise de toda a obra juntamente com seus materiais empregados e posterior observação se o mesmo estava dentro dos parâmetros normativos. Foi verificado que as paredes externas e a cobertura não atendem os requisitos da NBR 15220 (ABNT, 2022), onde os materiais empregados não foram os ideais para a zona bioclimática que a edificação está inserida.

Nos quesitos sombreamento e tamanho das aberturas o bloco do auditório atende as recomendações. Além disso, o mesmo também possui ventilação cruzada, proporcionando a renovação do ar constantemente, garantindo condições de umidade e temperatura adequadas.

Após toda a análise foi elaborado um projeto de melhorias do bloco do auditório, onde foram empregados materiais e estratégias bioclimáticas adequados para a zona em que Nova Xavantina – MT se encontra. A concepção seguiu os parâmetros da norma, onde o mesmo ficou de acordo com os requisitos estipulados, garantindo conforto térmico aos usuários.

As estratégias adotadas no projeto foram o aumento da espessura das paredes externas, ampliando a inércia térmica de forma a diminuir as trocas de calor do meio externo para o interno. Foi implementado também a troca das telhas de zinco pelas de fibrocimento, a mudança do forro de PVC para o de madeira com lâmina de alumínio, servindo como uma barreira, diminuindo a transmitância térmica, além da ventilação do ático, melhorando o resfriamento da cobertura.

Todas as estratégias adotadas foram de meios passivos, não sendo utilizado nenhuma forma de resfriamento mecanizado. O principal foco foi em aproveitar o máximo a ventilação natural, como também a inércia térmica dos materiais. Os meios ativos não foram adotados, pois na norma não apresenta parâmetros para esse tipo de estratégia, como também entraria no tema de eficiência energética, não sendo este o foco da pesquisa.

Entretanto é necessário aliar os meios passivos com os ativos devido a variação da velocidade do vento e da umidade durante o ano. Dependendo do período, os meios passivos não são suficientes em um edifício. Porém, a NBR 15220 (ABNT, 2022), não apresenta meios ativos, onde nesse caso é de importância que esta norma passe por um processo de atualização de forma a alinhar as estratégias bioclimáticas passivas com as ativas, com a finalidade de melhorar o condicionamento térmico de uma edificação.

REFERÊNCIAS

ABREU, Roberto Luiz de. **Localizador de mapas da cidade de Nova Xavantina, Mato Grosso**. 30 nov. 2006. Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/MatoGrosso_Municip_NovaXavantina.svg. Acesso em: 20 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASHRAE. **Fundamentals volume index**. New York: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2017.

CÂMARA MUNICIPAL DE NOVA XAVANTINA. **Dados históricos de Nova Xavantina – MT**. 2015. Disponível em: <https://www.novaxavantina.mt.leg.br/institucional/historia/dados-historicos-de-nova-xavantina-mt>. Acesso em: 06 out. 2021.

IFFA, E.; TARIKU, Fitsum. Attic baffle size and vent configuration impacts on attic ventilation. **Elsevier**, v. 89, p. 28 – 37, 2015.

IBGE. **Censo Demográfico 2017**. Brasília, DF: IBGE, 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/nova-xavantina/panorama>. Acesso em: 17 set. 2021.

KIBERT, Charles J. **Edificações sustentáveis**: projeto, construção e operação. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2014.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Eneidir; ABREU, Alicia L. P.; CARLO, Joyce C.; BATISTA, Julian O.; MARINOSKI, Deivis L.; NARANJO, Alberto; DUARTE, Vinícius C. P. **Apostila de desempenho térmico em edificações**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

PIEPER, Valeria Elaine Pereira; PINHEIRO, Juliano de Rezende. Análise dos elementos climáticos e suas influências em área agrícola

na região norte de Mato Grosso. **Revista Mato-Grossense de Geografia**, Cuiabá, v. 18, n. 1, p. 69 – 82, jul./dez. 2020.

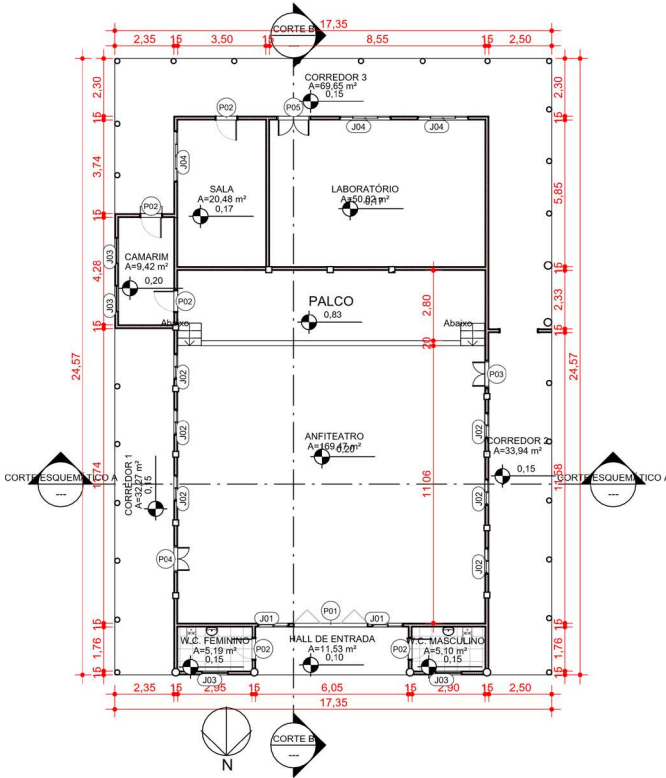
PINHEIRO, Antônio Carlos da Fonseca Bragança; CRIVELARO, Marcos. **Edificações inteligentes**: smart buildings para smart cities. São Paulo: Érica, 2020.

POSSEBOM, Aline; PINHEIRO, Adriel Douglas; MÜLLER, Geraldo; PRAI, Jean Sergio Dos; CONTERARO, Lucas Carlos. Ventilação cruzada. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 5., 2016, Passo Fundo. **Anais [...]**. Passo Fundo: IMED, 2016. v. 1, p. 1 – 4.

SANCHES, Juliana Camila Martins; DOMINGOS, Raoni Macedo Alvim; RIBEIRO, Ana Carolina Vasques Bitencourt; CARIGNANI, Giselly. Mapa de análise climática de cidades de pequeno e médio portes no contexto do pantanal mato-grossense. **Revista de Geografia**, Recife, v. 37, n. 1, p. 166 – 171, mar. 2020.

APÊNDICE A – PROJETO ARQUITETÔNICO

ANFITEATRO



1 PLANTA BAIXA TÉRREO
1 : 150

TABELA DE JANELAS				
CÓDIGO	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	QTDE
J01	1,200	0,700	1,600	2
J02	1,000	1,800	0,500	6
J03	1,000	1,200	1,100	4
J04	2,000	1,000	1,270	3
Total geral: 15				

TABELA DE PORTAS			
CÓDIGO	LARGURA	ALTURA	QTDE
P01	2,900	2,100	1
P02	0,860	2,100	5
P03	1,060	2,100	1
P04	1,000	2,100	1
P05	1,300	2,100	1
Total geral: 9			

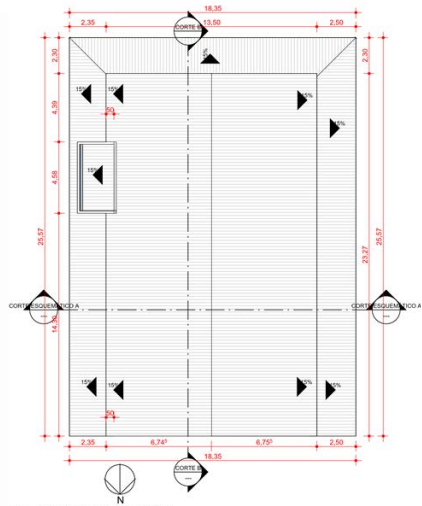
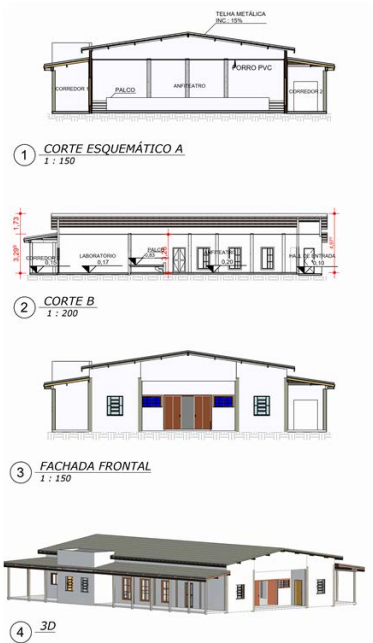
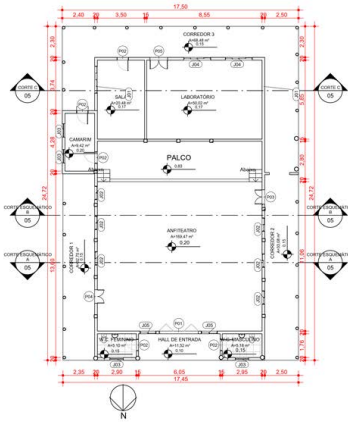


TABELA DE AMBIENTES		
NÍVEL	NOME	ÁREA
TÉRREO	EX.C. FELMINDO	5.192 m ²
TÉRREO	P.V.C. MAGALHÃES	5.538 m ²
TÉRREO	ANFITEATRO	188.472 m ²
TÉRREO	SALA	228.278 m ²
TÉRREO	LABORATORIO	92.218 m ²
TÉRREO	CASARIM	8.416 m ²
TÉRREO	CORREDOR J	338.943 m ²
TÉRREO	CORREDOR F	12.278 m ²
TÉRREO	HALL DE ENTRADA	11.533 m ²
TÉRREO	CORREDOR I	89.688 m ²

Fonte: Elaboração própria (2021).

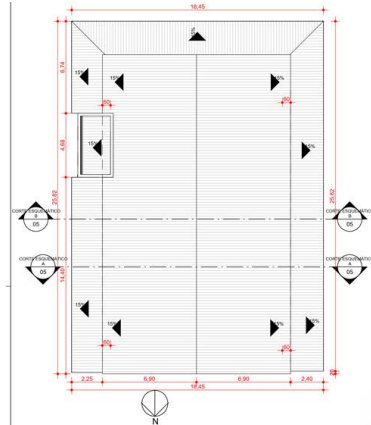
APÊNDICE B – PROJETO ARQUITETÔNICO

ANFITEATRO – PARTE 2



1 PLANTA BAIXA - PROJETO PROPOSTO
1 : 150

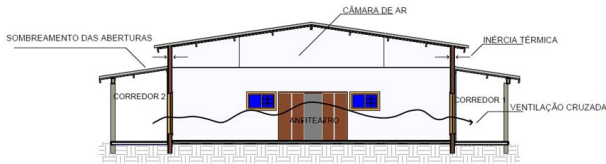
TABELA DE JANELAS				
CÓDIGO	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	QTDE
J01	2,500	2,500	0,500	15
J02	1,500	1,500	0,500	04
J03	2,500	1,500	0,500	15
J04	1,500	1,500	0,500	04
Total panel. 28				



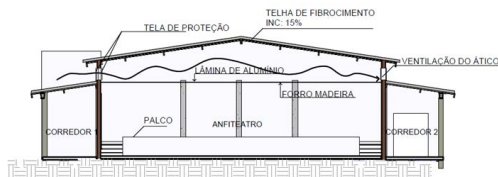
1 PLANTA DE COBERTURA
1 : 150

TABELA DE PORTAS				
CÓDIGO	LARGURA	ALTURA	QTDE	
P01	2,000	2,100	1	
P02	1,500	2,100	1	
P03	1,500	2,100	1	
P04	1,500	2,100	1	
P05	2,000	2,100	1	
Total panel. 5				

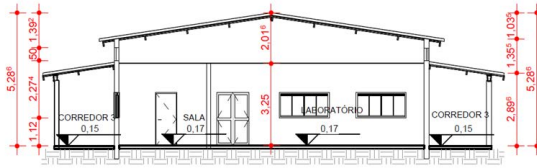
TABELA DE AMBIENTES		
NÍVEL	NOME	ÁREA
TERRAÇO	INIC. FERRUGEM	86,108 m ²
TERRAÇO	INIC. INOX/ALUMINIO	30,374 m ²
TERRAÇO	ANFITEATRO	104,485 m ²
TERRAÇO	JARDIM/TERRAÇO	202,473 m ²
TERRAÇO	LABORATORIO	80,114 m ²
TERRAÇO	PALCO	84,816 m ²
TERRAÇO	COZINHA	34,816 m ²
TERRAÇO	CORREDOR	102,888 m ²
TERRAÇO	PALCO DE ENTRADA	111,618 m ²
TERRAÇO	CORREDOR 2	88,488 m ²



1 CORTE ESQUEMÁTICO A
1 : 150



2 CORTE ESQUEMÁTICO B
1 : 150



3 CORTE C
1 : 150



1 DETALHAMENTO DAS ABERTURAS DO ÁTICO
1 : 150



2 DETALHAMENTO DAS ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS ADOTADAS

Fonte: Elaboração própria (2021).

PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO ACÚSTICA – SALA DE EVENTOS CCAA NOVA XAVANTINA – MT

Franciana Sokoloski De Oliveira

Walkíria Pederiva Ferreira

Gabriel Silva Prudencio

INTRODUÇÃO

É evidente que os ruídos estão presentes no cotidiano, seja no ambiente de trabalho, ambiente escolar ou até mesmo em residências. Conforme Carvalho (2006), ruído é pode ser caracterizado como um som insatisfatório a audição, mas é uma consideração subjetiva, pois depende da opinião própria de cada indivíduo.

Segundo a NBR 10152 (ABNT, 2017) – Níveis de ruído para conforto acústico, o nível seguro em decibéis audíveis varia de 30 a 40 dB (A) e as curvas de critério de ruído ou curva de avaliação do ruído que indicam o nível de pressão sonora em dB para cada faixa de frequência é de 35 a 45 dB.

De acordo com G1 – São Carlos e Araraquara (2014), após executar testes em Escolas, constataram que nível de ruído está acima do recomendado pela OMS – Organização Mundial de Saúde e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, elevadas taxas de ruídos prejudicam os alunos podendo ocasionar patologias auditivas.

De acordo com o Jornal G1 – São Carlos e Araraquara (2014), o barulho pode impactar negativamente o aprendizado em até 80%. Entre os sintomas associados estão irritabilidade, insônia e dificuldade de concentração.

Em um ambiente escolar que desenvolve e ensina um segundo idioma, em que se utiliza uma abordagem linguística voltada para o *listening* e *speaking*, todo o conteúdo e métodos são apresentados primeiramente na forma oral, havendo assim uma elevada necessidade de se ter uma eficiência acústica ideal, excluindo ruídos de fundo e elevando a inteligibilidade da palavra.

Conforme o Associação Brasileira de Franchising, o CCAA – Centro de Cultura Anglo Americana, foi fundado em 1961 no Rio de Janeiro – RJ por Waldyr Lima, que criou um método de ensino interativo exclusivo (cujo a audição e a fala são utilizadas como principais artifícios), mas teve o ápice em 1969 quando outras instituições de ensino solicitavam permissão para usar o material. Com isso passou a fazer parte do sistema de *franchising* que a tornou uma das maiores redes de ensino de idiomas do país.

Uma ferramenta que auxilia e prende a atenção dos alunos são os filmes, portanto uma sala de cinema estimula o conhecimento, facilitar o convívio entre colegas de classe, desenvolvendo um raciocínio ágil, além de oferecer conforto ao grupo.

Diante deste contexto e com o objetivo de proporcionar maior conforto acústico aos alunos e corpo docente da Escola CCAA de Nova Xavantina e em contrapartida reduzir a quantidade de som transmitida a edificação superior, a adaptação da Sala de Eventos melhorará a inteligibilidade da palavra e atenção dos alunos perante a aula ministrada e conseqüentemente o desenvolvimento da segunda língua.

DESENVOLVIMENTO

Ruído

A NBR 12179 (ABNT, 1992) trás que o ruído é caracterizado pelo som ou mistura de sons cujas frequências não seguem nenhum regulamento ou lei precisa, e que diferem entre si por valores imperceptíveis ao ouvido humano. Também pode ser definido por todo som indesejável.

Tempo de reverberação

A NBR 12179 (ABNT, 1992) define o tempo de reverberação como o intervalo, expresso em segundos, necessário para que o nível sonoro decaia em 60 decibéis após a interrupção da fonte sonora. Em outras palavras, trata-se do tempo que o som leva para se dissipar até se tornar inaudível em um determinado ambiente.

A reverberação é produzida pelas reflexões de sons em superfícies, que dispersam ou absorvem o som, e que se aumenta pela sobreposição de suas reflexões. A quantidade e qualidade da reverberação que ocorre em um ambiente natural é influenciada por vários fatores, o volume e dimensões do espaço; o tipo, forma e número de superfícies com que o som se encontra Lazzarini (1998).

Para Falcão (2019) a definição de tempo de reverberação, ou também conhecida como T60, é o tempo em segundos necessário para que um som caia 60 dB após a fonte sonora ter sido interrompida. Mas devido ao ruído de fundo presente nos locais de medição que inviabilizam a detecção do ponto de -60dB, esse conceito se torna impraticável, devendo ser calculado de acordo com o local.

A NBR 12179 (ABNT, 1992) afirma que o tempo de reverberação pode ser obtido através do volume da sala e da área de absorção sonora equivalente a cada um dos materiais dispostos na sala – cada um com seu coeficiente específico

de absorção. A *World Health Organization* (2000) estabelece recomendações específicas quanto ao tempo de reverberação (TR) em salas de aula. O valor ideal sugerido é de 0,6 segundo, visando garantir um ambiente propício à aprendizagem.

Absorção sonora

De acordo com a Associação Brasileira para a Qualidade Acústica (2019) a absorção sonora é a propriedade dos elementos construtivos e materiais absorventes presentes no ambiente de dissipar em maior ou menor grau o som incidente sobre eles. Em um ambiente a absorção é utilizada para minimizar o som gerado nele próprio ou a ele transmitido. Porém a absorção deve ser calculada pois ela deve ser na medida correta para não interferir na inteligibilidade da fala bem como no aprendizado do aluno.

Acústica nas escolas

A acústica eficiente nas salas de aula de um ambiente escolar é essencial para melhorar a aprendizagem dos alunos, a inteligibilidade da palavra, bem como reduzir os níveis de estresse dos professores quando estão desempenhando o exercício de incentivar o aprendizado.

Em conformidade com a Associação Brasileira para a Qualidade Acústica (2019) o elemento básico para se ter uma boa acústica começa com o controle do ruído nas áreas

externas da sala como o fechamento do entorno da sala com alternativas e soluções que proporcionem níveis de isolamento acústico satisfatórios.

MATERIAL E MÉTODO

Nova Xavantina é um município localizado no interior de Mato Grosso a cerca de 665 km da capital Cuiabá. A Figura 1 mostra a localização do município no estado de Mato grosso. De acordo com o IBGE (2010) possui aproximadamente 19.700 habitantes com renda de 2,6 salários mínimos e 0,704 de IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.

Figura 1 – Mapa de Nova Xavantina – MT



Fonte: Blog conheça Nova Xavantina (2013)¹.

1 Disponível em: <http://conhecenovaxavantinaturmt.blogspot.com.br/2013/09/normal-0-21-false-false-false-pt-br-x.html>. Acesso em: 18 set. 2018.

Segundo Ferreira (2017) a Cidade foi idealizada como “a nova capital” com início na Expedição Roncador Xingu, comandada pelo Coronel Flaviano de Mattos Vanique, a cidadela começou a se expandir as margens do Rio das Mortes, mas apenas em 1975, por ordem do Governo Federal, com o intuito de povoar a região e ampliar a agricultura no Estado e País, visto que o solo da região é propício para o cultivo de soja, milho e afins, ocorreu um crescimento populacional significativo para o distrito.

A cidade é dividida em dois setores: Nova Brasília e Xavantina. Atualmente possui duas Escolas de idiomas: FISK e CCAA, e ambas se localizam no Setor Nova Brasília.

CCAA – Nova Xavantina

A Escola de idiomas foi inaugurada em 27 de novembro de 2018, mas era conhecida como ALL (*Alternative Language Learning*), um curso de idiomas instalado em cidades do interior, cuja população é pequena. A unidade escolar, teve a mudança de bandeira no segundo semestre de 2017 e passou a ser conhecida como CCAA – Centro de Cultura Anglo-Americana, que está localizada na Travessa Campo novo, número 57 no centro comercial do Setor Nova Brasília no município de Nova Xavantina.

A Escola possui a equipe de funcionários é constituída por cinco professores, uma recepcionista e uma diretora que também desempenha o papel de professora. É integrada por

aproximadamente 140 alunos com idades variadas, desde a pré-escola (3 anos) até a fase adulta (65 anos).

Sua infraestrutura é de 1 (uma) recepção, 1 (uma) diretoria, 1 (uma) sala para professores, 1 (uma) copa, 2 (duas) salas de estudos, 4 (quatro) banheiros, 4 (quatro) salas de aula, 1 (uma) sala de eventos e 1 (uma) garagem.

As atividades extras são realizadas na Sala de Eventos, são voltadas para o desenvolvimento, estímulo e prática do novo idioma, para isso são utilizados recursos de áudio, vídeo e oratória.

Diagnóstico

A fim de compreender o desempenho acústico da sala, a influência da transmissão do som para outros cômodos e absorção do som do meio externo, foram executadas pesquisas técnicas ao local no período que ocorriam os eventos e aplicado um questionário com a diretora do curso CCAA no dia 19 de setembro de 2018. A metodologia utilizada nas questões foi qualitativa, deixando livre a resposta do entrevistado, dessa forma o pesquisador é capaz de entender qual é a percepção pessoal da diretoria quanto a situação da Escola. O modelo do questionário aplicado se encontra no Anexo A.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sala de eventos

A Sala de eventos possui dimensões de 7,0 metros de comprimento por 5,55 metros de largura, possui duas portas sendo uma de 5,2 metros de comprimento, gradeada e com quatro folhas de vidro comum na fachada que permite o acesso direto da área externa (Travessa Campo Novo) para área interna da sala e a outra de 0,80 x 2,10m de *drywall*. Neste cômodo há ainda uma parede de *drywall* 1,96 metros de comprimento (incluso a porta). De acordo com AECWeb (2017), as paredes de *drywall* ofertam um ótimo isolamento acústico por apresentar o sistema massa-mola-massa. Mas por ser utilizada apenas em uma parte da alvenaria, não consegue desempenhar acusticamente seu papel.

Com base em visitas técnicas realizadas ao local e questionário aplicado com a diretora do CCAA, é possível identificar diversos fatores devem ser levados em consideração para adaptação no projeto acústico, como:

- A sala possui pequenas dimensões;
- É conjugada com salas de aula, o que dificulta a inteligibilidade da palavra;
- Acima possui uma edificação unifamiliar, causando ruídos de impacto no ambiente escolar;

- Por estar situada ao Centro Comercial do Município, o Curso de idiomas CCAA ainda sofre devido aos ruídos externos provocados pela descarga de mercadorias dos estabelecimentos próximos e pelo tráfego de veículos.

Ficha técnica da sala

A Tabela 1 mostra a planilha de identificação da sala de eventos considerando um volume de 116,55 m³.

Tabela 1 – Planilha de identificação da sala de eventos para volume de 116,55 m³

Item	Identificação	Medidas (m²)
01	Piso cerâmico	38,85
02	Paredes de alvenaria convencional com reboco liso	53,85
03	Teto de concreto/ Reboco liso	38,85
04	Porta de <i>drywall</i>	1,68
05	Porta gradeada com vidro comum com 4 folhas	1,92
06	Quadro Branco	1,5

Fonte: Elaboração própria (2018).

Cálculo de tempo de reverberação e tempo de reverberação ótimo

Segundo Simões (2011), o tempo de reverberação de um cômodo pode ser feito com as aberturas (portas e janelas) abertas ou fechadas. Ele indica a excelência do seu

comportamento acústico e é determinado pelos coeficientes de absorção sonora dos materiais de revestimento e dos equipamentos instalados no interior (α_i).

A Tabela 2 mostra a planilha de identificação da sala de eventos considerando um volume de 116,55 m³ e frequência de 500 Hz.

Tabela 2 – Cálculo de tempo de reverberação para volume de 116,55 m³ e frequência de 500 Hz

Item	Identificação	Si (m ²)	Ai	Si × α_i
01	Piso cerâmico	38,85	0,01	0,3885
02	Paredes de alvenaria convencional com reboco liso	53,85	0,02	1,077
03	Teto de concreto/ Reboco liso	38,85	0,02	0,777
04	Porta de <i>drywall</i>	1,68	0,03	0,0504
05	Porta gradeada com vidro comum com 4 folhas	1,92	0,03	0,0576
06	Quadro Branco	1,5	0,03	0,045
Total				2,3955

Fonte: Elaboração própria (2018).

Utilizando a fórmula para o tempo de reverberação descrita na NBR 12.179 (ABNT, 1992), Equação 1:

$$tr = \frac{0,161 \times V}{S_1 \chi \alpha_1 + \dots + S_n \chi \alpha_n} \quad (\text{Equação 1})$$

Logo temos:

$$tr = \frac{0,161 \times 116,55}{2,3955}$$

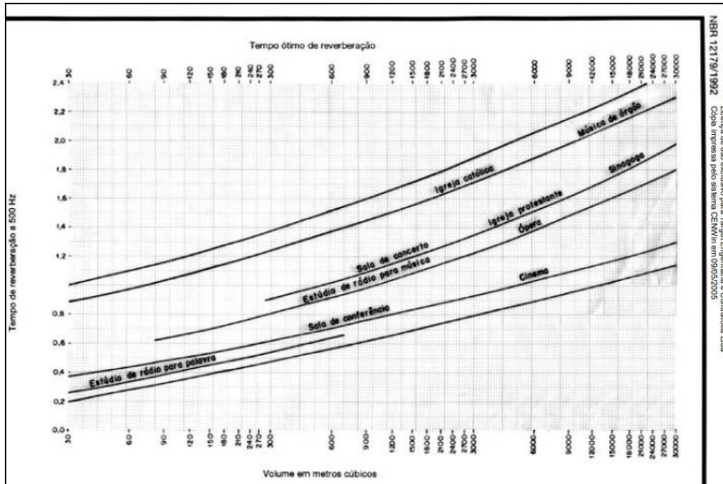
$$tr = 7,83 \text{ segundos}$$

E o Tempo de Reverberação ótimo é analisado de acordo com o gráfico mostrado na Figura 2 e disponível na NBR 12.179 (ABNT, 1992).

Diante dos resultados do gráfico acima, entende-se que o tempo de reverberação ótimo para uma sala de cinema ou sala de conferência está dentre 0,7 a 1,0 segundos. E comparando com o tempo de reverberação de projeto, a sala não possui um tempo de reverberação adequado para a atividade que exerce, isso deve-se ao fato de não possuir materiais com boa absorção na sala.

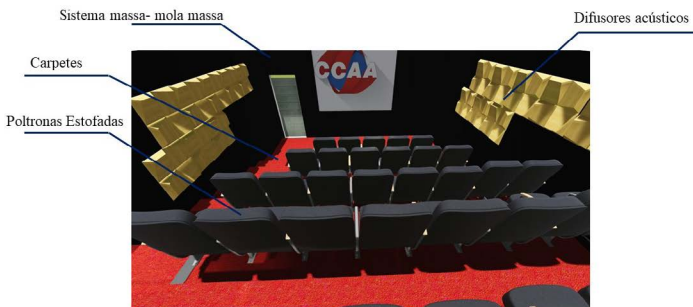
Após avaliar as necessidades da sala e entender as condições a qual está exposta, o projeto visa tornar o seu uso apenas para uma sala de reproduções de vídeo e áudio, as características geométricas do local com a implantação de fileiras inclinadas de poltronas estofadas, ampliar o isolamento da sala com a implantação de difusores, eliminação da porta de vidro e vedação da parede com alvenaria convencional, implantação de placas de madeira em todas as alvenarias existentes na sala efetuando o sistema de massa-mola-massa, utilizar painéis elásticos para minimizar os ruídos de impacto da edificação. A sala acústica proposta está disponível na Figura 3, com todos os materiais descritos.

Figura 2 – Gráfico de tempo de reverberação ótimo



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 12179:1992.

Figura 3 – Sala acústica proposta



Fonte: Acervo pessoal (2018).

Normas

As Normas utilizadas para a realização do projeto foram:

- ABNT NBR 9050:2020 – Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos;
- ABNT NBR 10152:2017 – Níveis de ruído para conforto acústico;
- ABNT NBR 12.179:1992 – Tratamento acústico em recintos fechados;
- ISO 9568:1993, *Cinematography – Background acoustic noise levels in theatres, review rooms and dubbing rooms*;
- ABNT NBR 15.878:2011 – Móveis – assentos para espectadores.

Projeto arquitetônico

Para iniciar o projeto de adaptação de uma sala de cinema, é fundamental considerar as dimensões da tela de projeção. Conforme especificado na NBR 9050 (ABNT, 2020), a largura da tela deve ser equivalente ou, preferencialmente, superior à metade da distância entre a tela e o encosto da poltrona localizada na última fileira. Alternativamente, é permitido que essa largura corresponda à distância dividida por 2,9.

A tela selecionada para a Sala será plana e com dimensões de 2,43 x 1,82 (120”) e será instalada a uma distância de 1,46

metros da primeira fileira. De acordo com a NBR 9050 (ABNT, 2020) o ângulo máximo de visão do espectador sentado na primeira fileira e na primeira poltrona deve ser igual ou menor que 30° em relação ao plano horizontal do centro da tela e 40° em relação ao plano horizontal que passe pela borda superior da tela.

As poltronas serão estofadas, com assento retrátil e com encosto fixo. Terão dimensões de $0,60 \times 0,60 \times 0,96$ m e terão 1,10 de distância entre o encosto de uma poltrona ao encosto da outra. Serão distribuídas em 05 fileiras. Todas as poltronas devem estar em área de 106° das bordas da tela de projeção.

Por ser de material estofado ele tem uma capacidade maior de absorver o som, auxiliando assim em uma diminuição no tempo de reverberação do som e inteligibilidade da palavra.

A sala de eventos não terá uma cabine de projeção, o retroprojetor será instalado a 2,50 metros de altura e ficará fixo e suspenso por uma armação metálica adequada. Em toda a extensão da sala será instalado carpetes.

Projeto acústico

A parte acústica foi projetada para otimizar o desempenho acústico da sala utilizando o menor espaço possível, desde a parte geométrica, difusores sonoros, poltronas e carpetes. Todos os itens planejados para absorver, transmitir e refletir o som de uma maneira equilibrada, gerando um tempo de

reverberação próximo do ótimo e melhorando a inteligibilidade da palavra, resultando em um maior conforto acústico aos alunos da escola.

Materiais acústicos

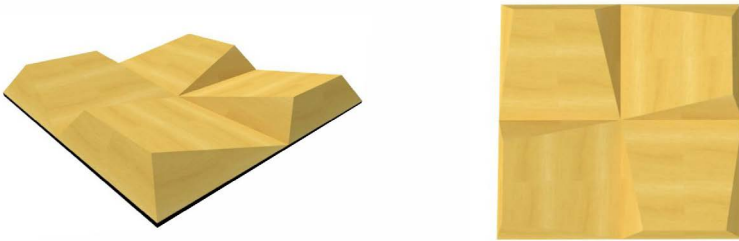
Difusores sonoros DA3113

De acordo com os princípios de som e acústica, os difusores sonoros têm a função de espalhar as ondas sonoras de maneira uniforme por todo o ambiente. Por apresentarem diferentes formas, volumes e profundidades, eles redirecionam o som em várias direções, o que ajuda a manter a qualidade acústica do local e a evitar a formação de ecos. São amplamente utilizados em espaços que necessitam de controle do tempo de reverberação, como ambientes com dimensões reduzidas ou locais onde se busca melhorar a distribuição sonora, garantindo clareza e eficiência acústica em toda a sala.

No mercado há várias formas de difusores, mas na sala adaptada serão utilizados difusores DA3113, como mostrados na Figura 4, fabricados com espuma de poliuretano e revestido com laminado melamínico marfim com dimensões de 0,32 x 0,32 metros e serão instalados nas paredes laterais da sala e sua disposição em relação à altura pode se alterar devido a geometria, disposição dos assentos e espaço para acesso como corredores e escadas.

O Difusor DA3113 desenvolvido pela Vibrasom permite um excelente espalhamento hemisférico das ondas sonoras, resultando em um ganho substancial na acústica do ambiente, melhorando a percepção dos sons agudos. [...] proporcionando um excelente acabamento e durabilidade superior (Vibrasom, 2014, p. 1).

Figura 4 – Modelo de difusores sonoros DA3113



Fonte: Vibrasom (s.d)².

Poltronas estofadas e carpetes

Para se ter uma acústica completa e eficaz se faz necessário o uso em conjunto de materiais refletores e absorventes de forma equilibrada.

Todos os materiais absorvem uma certa quantidade de energia sonora, tendo uns com maior absorção que outros. Os de maior absorção são os materiais porosos ou fibrosos (mais eficazes para altas frequências 1600 Hz a 6400 Hz), membranas (mais eficaz nas baixas frequências 100 Hz a 400

2 Disponível em: <https://www.vibrasom.ind.br/produtos-acusticos/difusor-acustico.html>. Acesso em: 15 set. 2018.

Hz) e os ressoadores (mais eficaz nas médias frequências) (Rodrigues, 2010, p. 21 – 22).

Por possuírem estofamento poroso, macio e flexível (características dos materiais absorventes). No projeto acústico estão previstas 36 poltronas, elas terão encosto fixo, com assento retrátil, com estrutura em aço e toda revestida com espuma injetável e seu revestimento será com polipropileno texturizado. Os carpetes serão instalados por toda extensão da sala e serão fabricados em placas de *nylon* de 0,50 × 0,50 metros e possuirão coloração vermelha.

Massa-mola-massa

Com o objetivo de encontrar uma solução que eleve o isolamento acústico abrindo mão de demolições e reformas, a criação de uma nova parede com um material diferente é uma técnica de isolamento viável.

O sistema massa-mola-massa consiste em duas partes maciças e uma vazia entremeio as mesmas, o som que será absorvido pela primeira porção rígida será conduzido ao espaço livre no qual a maior parte se dissipará e pouca parte do som será absorvido pela segunda proporção maciça, auxiliando dessa forma a controlar a quantidade de energia transmitida no ambiente.

Conforme Simões (2011), em sistemas com paredes duplas, a presença de um espaço de ar entre 15 e 200 mm pode aumentar a perda de transmissão em cerca de 6 dB,

além da soma aritmética das perdas de transmissão de cada parede individualmente.

Para a realização desse sistema na sala serão utilizadas placas de MDF em todas as paredes da sala, deixando um espaço livre de 0,5 metros entre a parede de MDF e a parede de alvenaria já existente, com isso o condicionamento acústico da sala será otimizado.

Painéis elásticos

De acordo com a Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15), o ruído de impacto é caracterizado por picos de energia acústica com duração inferior a um segundo, ocorrendo em intervalos superiores a um segundo (Brasil, 2019). No caso da sala de eventos analisada, o problema identificado refere-se aos ruídos de impacto provenientes da residência unifamiliar localizada acima do espaço, além da transmissão de barulho da sala para a edificação superior. Como medida de controle, está prevista a instalação de painéis elásticos na parte inferior da laje, com o objetivo de reduzir a propagação desses ruídos.

Para minimizar o ruído de impacto, é recomendável o uso de painéis elásticos e de baixa densidade, que convertem a energia da percussão em deformação física do material, em vez de energia sonora, como ocorre com revestimentos rígidos de pisos. Para o controle de vibrações, também são empregados materiais flexíveis que evitam a transmissão do

movimento recebido, como pisos flutuantes, amortecedores de vibração e apoios de borracha (Simões, 2011).

Cálculos de tempo de reverberação e tempo de reverberação ótimo

Após a análise das opções selecionadas, o tempo de reverberação foi calculado novamente com os materiais descritos no projeto. A Tabela 3 mostra a planilha de identificação da sala de eventos considerando um volume de $116,55 \text{ m}^3$ e frequência de 500 Hz, porém com os materiais já calculados, cada um com sua absorção sonora.

Tabela 3 – Cálculo de tempo de reverberação para volume de $116,55 \text{ m}^3$ e frequência de 500 Hz- Projeto cinema

Item	Identificação	Si (m ²)	α_i	Si x α_i
01	Tapete com 5mm de espessura	38,85	0,15	5,7
02	Poltrona estofada	12,4	0,28	3,4
03	Madeira compensada de 3 mm, com 50 mm da parede , espaço vazio	75	0,23	17,2
04	Porta de madeira fechada	1,68	0,06	0,1
05	Tapete de borracha	38,85	0,08	3,1
Total				29,5

Fonte: Elaboração própria (2018).

Utilizando a fórmula para o tempo de reverberação descrita na NBR 12.179 (ABNT, 1992) (Equação 1):

Logo tem-se:

$$tr = \frac{0,161 \times 116,55}{29,5}$$

$$tr = 0,65 \text{ segundos} \cong 0,7 \text{ segundos}$$

Com base na NBR 12179 (ABNT, 1992), que recomenda um tempo de reverberação (TR) entre 0,7 e 1,0 segundo para salas de cinema, a Sala de Eventos, após as adequações realizadas, apresenta desempenho acústico satisfatório, enquadrando-se dentro dos limites estabelecidos pela norma. A medição realizada indicou um TR de 0,65 segundo valor ligeiramente inferior ao mínimo recomendado pela norma brasileira para auditórios, mas que se aproxima do valor ideal proposto pela *World Health Organization* (2000) para ambientes educacionais, que é de 0,6 segundo.

Esse resultado representa uma melhoria significativa em relação às condições originais da sala, demonstrando a efetividade das intervenções acústicas aplicadas. Ainda que o valor esteja um pouco acima da recomendação da OMS, ele proporciona condições adequadas para a compreensão da fala e o conforto auditivo, especialmente considerando o uso esporádico do espaço. No entanto, há espaço para melhorias pontuais, com o objetivo de alinhar totalmente o ambiente às exigências de desempenho acústico para fins educacionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão e o planejamento acústico adequado de ambientes coletivos são fundamentais para promover o bem-estar, a qualidade de comunicação e o uso eficiente dos espaços institucionais. Através do estudo de caso da Sala de Eventos, constatou-se inicialmente um tempo de reverberação (TR) extremamente elevado, de 7,83 segundos, valor incompatível com qualquer uso funcional do espaço. Após a implementação de soluções acústicas direcionadas, como a aplicação de materiais absorventes nos pontos críticos da sala, o TR foi significativamente reduzido para 0,65 segundo, representando uma melhoria de mais de 90% em relação à condição original.

Esse resultado, além de atender à NBR 12179 (ABNT, 1992) para salas com características semelhantes a auditórios e cinemas, aproxima-se da recomendação da *World Health Organization* (2000), que estabelece 0,6 segundo como ideal para ambientes educacionais. Com isso, a sala passou a oferecer condições muito mais adequadas para a realização de eventos e atividades escolares, minimizando o impacto acústico em outras dependências da escola e contribuindo para a integração entre alunos, docentes, direção e comunidade.

REFERÊNCIAS

AECWEB. **Isolamento acústico do *drywall* depende da combinação com outros materiais**. 2017. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/conforto-acustico-do-drywall-depende-da-combinacao-com-outros-materiais/15469>. Acesso em: 28 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FRANCHISING. **Portal franchising-CCAA**. [2018]. Disponível em: <https://franquias.portaldofranchising.com.br/franquia-ccaa-escola-de-idiommas/>. Acesso em: 05 set. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15878**: Móveis – assentos para espectadores – requisitos e métodos de ensaios para a resistência e a durabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE ACÚSTICA. **Manual ProAcústica**: qualidade acústica nas escolas. São Paulo: ProAcústica, 2019. Disponível em: <https://pt.scribd.com/>

document/420278198/ProAcustica-Manual-Escolas-2019. Acesso em: 08 set. 2018.

BRASIL. Portaria SEPRT nº 1.359, de 9 de dezembro de 2019. Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 dez. 2019.

CARVALHO, Régis P. **Acústica arquitetônica**. Brasília: Thesaurus, 2006.

FALCÃO, Lineu C. L. **O que é tempo de reverberação?** 2019. Disponível em: <https://www.concepcaoacustica.com/post/o-que-e-tempo-de-reverberacao>. Acesso em: 28 maio 2019.

FERREIRA, João Carlos Vicente. **História de Nova Xavantina**. 2017. Disponível em: <http://portalmatogrosso.com.br/municipios/nova-xavantina/historia-de-nova-xavantina/505>. Acesso em: 08 set. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9568**: Cinematography: background acoustic noise levels in theatres, review rooms and dubbing rooms. Geneva: ISO, 1993.

JORNAL G1 SÃO CARLOS E ARARAQUARA. **Nível de ruído em escola está acima do recomendado em São Carlos, SP**. 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2014/01/nivel-de-ruido-em-escola-esta-acima-do-recomendado-em-sao-carlos-sp.html>. Acesso em: 22 set. 2018.

LAZZARINI, Victor E. P. **Elementos de acústica**. Maynooth: Music Department, National University of Ireland, 1998. Disponível em: https://hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/Lazzarini-Elementos_Acustica.pdf. Acesso em: 13 set. 2018.

RODRIGUES, Cristiane Mac Cormick. **Avaliação acústica de um estúdio de gravação implantado numa edificação comercial.**

Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: [Cristiane%20Mac%20Cormick%20Rodrigues.pdf](#). Acesso em: 15 set. 2018.

SIMÕES, Fernando M. **Acústica arquitetônica:** trabalho elaborado no âmbito do convênio ECV033/04 realizado entre ELETROBRAS PROCEL e a UFAL. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/8067996/ACUSTICA_ARQUITETONICA_PROCEL_EDIFICA. Acesso em: 14 set. 2018.

VIBRASOM. **Difusor acústico.** 2014. Disponível em: <https://www.vibrasom.ind.br/produtos-acusticos/difusor-acustico.html>. Acesso em: 14 set. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Noise and health.** London: WHO, 2000.

ANEXOS

ANEXO A – Questionário

- 1. Como surgiu o Curso CCAA em Nova Xavantina?**
A Escola foi inaugurada em 27 de novembro de 2018, mas não era CCAA ainda. A unidade escolar mudou a bandeira para CCAA no segundo semestre de 2017.
- 2. Qual o endereço da Escola?**
Travessa Campo novo, nº 57, Centro.
- 3. Qual o corpo docente?**
Cinco professores, 1 recepcionista e 1 diretora/ professora.
- 4. Quantos alunos a Escola possui atualmente?**
Aproximadamente 140 alunos.
- 5. Normalmente em qual local ocorrem os eventos da Escola? Com que frequência?**
As atividades ocorrem mensalmente na Sala de Eventos.
- 6. Quais atividades realizadas na sala de eventos?**
Atividades que desenvolvam a pratica da fala
Sessão de cinema, reuniões e bingos (todas as palavras utilizadas são em inglês).
- 7. Quando acontecem eventos na Escola é possível ministrar aula nas salas ao lado da Sala de Eventos?**
Não é possível.
- 8. O tráfego de veículos na via de acesso à Escola interfere na atenção dos alunos e no processo de desenvolvimento do novo idioma?**
Sim.
- 9. É possível escutar ruídos oriundos da residência localizada no segundo pavimento? Quais tipos de ruídos?**
Sim. Cachorro andando, crianças correndo e arraste de móveis.
- 10. A sala de eventos tem algum tratamento acústico?**
Não.

Fonte: Elaboração própria (2018).

RECICLAGEM DE RCD E SEUS IMPACTOS NA SOCIEDADE E NO MEIO AMBIENTE: UM ESTUDO DE CASO PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RCD NA CIDADE DE BARRA DO GARÇAS – MT

Hellen Rezende Dantas

Luiz Fernando Hencke

João Augusto Dunck Dalosto

Arthur Afonso Bitencourt Loureiro

INTRODUÇÃO

A construção civil se destaca como uma das maiores geradoras de resíduos sólidos entre os setores industriais. A quantidade de resíduos provenientes dessa atividade representa uma parcela significativa em comparação com outros segmentos da economia. Além disso, existe uma relação direta entre a geração de resíduos sólidos e a emissão

de gases de efeito estufa, que contribuem para a degradação da camada de ozônio. Essa conexão evidencia como o volume de resíduos produzidos pela humanidade está associado ao agravamento das mudanças climáticas e ao aumento da frequência de desastres naturais em diversas regiões do planeta.

Desde o surgimento do homem no planeta terra, até hoje, o ritmo de vida humana, somado às intervenções na natureza feitas pelo homem para sustentar esse estilo de vida, trouxeram consequências graves decorrentes de mudanças climáticas, como enchentes, tufões, furações, temperaturas extremas (calor ou frio) em várias regiões do planeta. Um dos fatores que contribuem para o agravamento desses acontecimentos é a construção civil e a sua participação para a carbonização do planeta (Brasil, 2024).

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são regulamentados pela Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que os define como aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de edificações, bem como da preparação e escavação de terrenos. Entre os materiais comuns, incluem-se: tijolos, blocos cerâmicos, concretos, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras, compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações e fiação elétrica (Brasil, 2002).

Além de conceituar os resíduos, a referida resolução os classifica em quatro categorias: Classes A, B, C e D, de acordo com suas possibilidades de reutilização, reciclagem ou necessidade de destinação especial. O foco deste estudo é o RCD Classe A, definido pelo CONAMA como resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como materiais de construção como tijolos, blocos, concreto e solos provenientes de escavações (Brasil, 2002).

I – Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Atualmente, um dos maiores problemas do RCD, além da contribuição para os gases do efeito estufa, é o esgotamento de áreas de aterros sanitários. Para exemplificar, podemos citar a pesquisa realizada em 2021 pela Abrelpe (Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais), na qual foram registrados dados de geração de 48 milhões toneladas de RCD e cerca de 81,8 milhões de toneladas de RS (Resíduos sólidos). Isso representa uma proporção de 58,7% de RCD em relação ao RS, já que os RCD são inclusos dentro dos RS.

Pensando nessas duas problemáticas, que são: o crescente aumento da emissão de gases do efeito estufa que conseqüentemente aumentam a frequência e intensidade dos desastres naturais, somadas à escassez de áreas disponíveis para aterros sanitários, pensa-se na criação de usinas de reciclagem de RCD, reaproveitando os resíduos já utilizados em obras anteriores, recolocando-os na cadeia produtiva como agregados e diminuindo o volume de resíduos a serem dispostos em aterros sanitários, conseqüentemente diminuindo a área necessária para aterros.

Com base nos objetivos propostos, este estudo visa dimensionar uma usina de RCD no município de Barra do Garças – MT. Para alcançar esse objetivo geral, o trabalho se propõe a levantar a quantidade de RCD gerado na região, classificar esses resíduos de acordo com suas características e, finalmente, projetar um layout adequado para a instalação de uma usina de reciclagem. Essa iniciativa busca contribuir para a redução do impacto ambiental causado pelo acúmulo de resíduos em aterros sanitários, promovendo uma solução mais sustentável para o destino desses materiais.

DESENVOLVIMENTO

Neste item serão apresentados alguns termos, legislações e breve conceito histórico que servirão de base para compreender a reciclagem de RCD, suas aplicações e benefícios para a sociedade e para o meio ambiente.

A construção civil e o desenvolvimento sustentável

A construção civil é responsável por transformar o ambiente ao nosso redor, adaptando-o às necessidades da sociedade e da sua evolução contínua, ou seja, a construção e sociedade são dois fatores que andam juntos, integrados. De acordo com Agopyan e John (2011), quando aborda-se a temática sustentabilidade, além de pensar no meio ambiente, devemos pensar também no fator econômico, de uma maneira que a evolução, transformação, o fator humano, social estejam entrelaçados e equilibrados.

Ainda segundo Agopyan e John (2011), pelo fato de a indústria da construção civil ser uma das maiores geradoras de resíduos, sendo esses classificados como resíduos da construção e demolição (RCD), a pressão por uma mudança na forma de construir e manejar os resíduos tem sido cada vez mais cobrada. Dessa forma, uma das formas para contribuir para isso seria prezando pela diminuição da extração de recursos direto da fonte e pela reinserção dos resíduos novamente na cadeia produtiva.

A construção civil está sujeita a diversas normas, códigos, legislações e diretrizes urbanísticas, como os planos diretores, o que evidencia que promover mudanças nesse setor não é uma tarefa simples. Nesse contexto, é importante compreender que não existe uma fórmula única ou um método universal capaz de resolver todos os desafios enfrentados ao longo da cadeia produtiva da construção civil. Essa complexidade também se reflete na gestão de resíduos, que varia significativamente conforme as condições socioeconômicas, culturais e regionais, tanto em diferentes partes do mundo quanto entre distintas localidades de um mesmo país. Dito isso, segundo Agopyan e John (2011), para que as mudanças sejam aplicáveis, serão forçadas e impostas mudanças culturais, tecnológicas e de comportamento para que se atenda a demanda da sociedade atual, com o objetivo de se ter, cada vez mais, uma sociedade mais esclarecida e que exija tais aplicações em relação à preservação do meio ambiente e dos recursos naturais.

Em uma construção, as etapas precedentes ao início da obra impactam diretamente na quantidade de resíduos gerados e no impacto causado ao meio ambiente. Por isso, podemos caminhar ao longo da cadeia produtiva da execução de uma obra residencial, temos nela fases que vão desde a tomada do partido arquitetônico, escolha de materiais da alvenaria, escolha de acabamentos e da tipificação da obra, todas essas escolhas impactam diretamente na quantidade de resíduos que serão gerados no final dessa construção.

Seguindo nessa linha, tem-se dados que registram o impacto na geração de resíduos da construção (RCD) apenas mudando o método construtivo de uma residência, trocando a alvenaria convencional para a alvenaria estrutural. Segundo Pedro *et al.* (2018), em uma análise de duas obras diferentes e de área construída equivalente, uma obra em alvenaria convencional e outra em alvenaria estrutural, obteve-se cerca de 70 m³, ou 89,6 toneladas a mais de resíduos na obra feita em alvenaria convencional. Dessa forma, é possível entender como a mudança em alguns hábitos construtivos podem mudar a nossa forma de construir, diminuindo o impacto no meio ambiente.

Construção verde, materiais e técnicas de construção sustentáveis

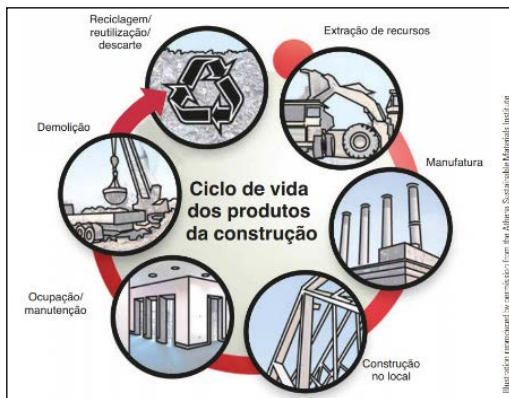
Existe um termo na engenharia e construção que se denomina “Construção Verde”, o qual, segundo Kruger e Seville (2016) caracteriza um conjunto de técnicas e métodos de elaboração e execução de construções, além de sua manutenção, que minimizam o impacto ambiental de toda uma edificação. Em outras palavras, exemplificamos esse termo na prática, falando sobre as decisões tomadas nas fases de planejamento, construção, reformas e manutenções de casas, essas que possuem um efeito a longo prazo no ambiente em que vivemos. Essas escolhas que fazemos possuem um impacto nos aspectos do nosso meio ambiente, tais como os fatores que podem contribuir para o aquecimento global.

Segundo Kruger e Seville (2016), os materiais que se seleciona para construir ou reformar, podem causar impacto no meio ambiente assim como a energia que escolhemos usar para alimentar casas e o método de alimentação de água que se possui nas residências.

Existe um termo que se refere à análise de toda a energia consumida para produzir, vender, instalar, usar e descartar qualquer tipo de produto durante a sua existência, esse termo é a Avaliação do ciclo de vida (ACV), conforme Kruger e Seville (2016). Pensando nisso, é importante atentar-se que a poluição do meio ambiente se inicia na cadeia produtiva e termina no descarte desse material ou benfeitoria.

Podemos definir o ciclo de vida dos produtos da construção civil, de maneira como majoritariamente são tratados atualmente como na Figura 1.

Figura 1 – Ciclo de vida de uma construção



Fonte: Kruger e Seville (2016, p. 14).

Ao observar a imagem, é possível ver o que o que geralmente acontece com os resíduos das construções é serem descartados logo após o seu uso, mas a criação de alternativas para o reaproveitamento desses materiais e sua inserção novamente na manufatura é o que se trabalha com a propagação da cultura da reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCD).

Concreto reciclado

O concreto de resíduo de construção civil tem alto potencial reciclador, pois se conhece seu comportamento físico e químico, como porosidade, entre outros fatores. Esses resíduos podem ser aplicados como agregados, reduzindo o custo de transporte e diminuindo a exploração de novos recursos naturais, além de diminuir os resíduos despejados no meio ambiente (Buttler, 2003).

Estudos realizados mostram que os resíduos de concreto não são inertes, ou seja, reagem com o solo podendo contaminá-lo e afetar a vida de animais e pessoas. Quando sofrem influência de chuvas ácidas, esse resíduo libera um íon capaz de alterar as condições naturais da água e do solo, provocando danos ao meio ambiente e à saúde pública (Oliveira; Assis, 2001 *apud* Buttler, 2003).

Em virtude disso, o reaproveitamento de materiais de concreto é importante para a situação atual do país, pois em locais como São Paulo, os recursos naturais têm um custo

alto devido ao deslocamento necessário da matéria-prima até a região. Além disso, há legislação que impede a abertura de novas pedreiras em locais de metrópole, dessa maneira, São Paulo conta com cada vez menos recursos naturais à disposição, precisando buscar cada vez mais longe, deixando o material mais caro (Buttler, 2003). Por conseguinte, o preço para o transporte do material custa cerca de 2/3 do preço final do agregado, ficando mais viável a produção do próprio agregado através da reciclagem (Valverde, 2000 *apud* Buttler, 2003).

Funcionamento de uma usina de reciclagem de RCD

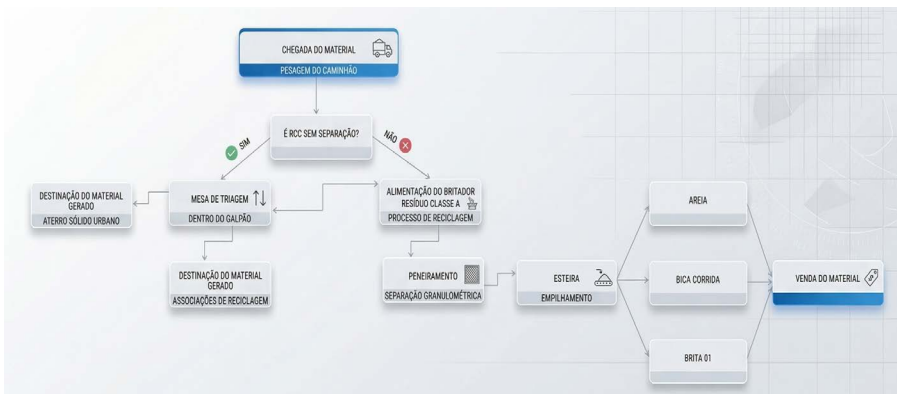
As usinas de reciclagem de RCD são instalações responsáveis por receber o material do entulho de construção e demolição e beneficiá-lo, de modo que ele se transforme em matéria-prima para ser reinserido no ciclo construtivo. Dito isso, podemos descrever dois tipos de usina de reciclagem de RCD mais comuns empregadas atualmente, sendo as usinas fixas e usinas móveis (Abrecon, 2020).

Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (Abrecon, 2020), as usinas fixas podem ser descritas como aquelas situadas em áreas definidas, em que o resíduo deve chegar até o local onde se encontra a usina para processamento. Sendo assim, esse tipo de usina possui etapas diversas, desde britadores, limpeza, dessa forma, possui capacidade de gerar produtos

diversos e de melhor qualidade que nas usinas móveis, a depender do modo de operação dessa usina.

Por outro lado, as usinas móveis são instalações mais compactas, possuem uma mobilidade maior e podem ser utilizadas no próprio canteiro de obras ou de demolição. Dito isso, é possível que os resíduos sejam manuseados no próprio canteiro, o que diminui custos e logísticas para transporte de resíduos até aterros sanitários, além da vantagem de se ter agregado produzido durante a obra (Abrecon, 2020). No geral, uma usina de reciclagem de RCD tem o funcionamento como exemplificado nas Figuras 2.

Figura 2 – Fluxograma do funcionamento de uma usina de RCD



Fonte: Oliveira (2020, 2001 *apud* Buttler, 2003, p. 21).

MATERIAL E MÉTODO

A metodologia adotada neste trabalho consiste em um estudo de caso com enfoque técnico-operacional, fundamentado em revisão bibliográfica, levantamento de dados regionais e aplicação prática de conceitos de gestão de resíduos sólidos. O objetivo é propor o dimensionamento e o *layout* funcional de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição (RCD), com foco na classe A, no município de Barra do Garças – MT.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com base em autores especializados e legislações vigentes, especialmente a Resolução CONAMA nº 307/2002, que trata da gestão de RCD, e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Essas normas fornecem os parâmetros legais para a classificação dos resíduos, diretrizes de manejo, reaproveitamento e destinação final.

Posteriormente, foram coletados dados secundários sobre a geração de RCD na região, com base em estimativas populacionais, expansão urbana, volume de obras públicas e privadas, e na média nacional de geração de resíduos por metro quadrado de área construída. Esses dados permitiram a estimativa da demanda semanal, mensal e anual de RCD a ser processada pela usina.

Com base nesses valores, foi possível prever a área necessária para o funcionamento da usina, dimensionando setores como:

- Área de recepção dos resíduos;
- Área de triagem manual e mecanizada;
- Britagem primária e secundária;
- Peneiramento e classificação granulométrica;
- Armazenamento de rejeitos;
- Armazenamento e expedição dos produtos reciclados;
- Apoio logístico (escritório, balança, sanitários, etc.).

Segundo Campagna, Neumann e Danilevicz (2012), uma etapa crítica para garantir a qualidade dos agregados reciclados é a triagem eficiente dos materiais recebidos. Esse processo consiste na separação dos resíduos reutilizáveis e recicláveis dos rejeitos e contaminantes, garantindo que apenas materiais compatíveis sigam para a britagem e posterior reaproveitamento. A triagem reduz riscos ambientais, melhora a qualidade dos agregados produzidos e diminui o volume de descarte em aterros.

Dessa forma, a proposta de usina contempla as seguintes etapas sequenciais:

1. Recebimento dos RCDs, com pesagem e inspeção inicial;
2. Triagem dos resíduos, realizada manual e/ou mecanicamente;

3. Britagem dos materiais (resíduos de concreto, cerâmica e argamassa);
4. Peneiramento, para separação conforme a granulometria desejada;
5. Armazenamento dos agregados reciclados (brita, bica corrida, pó de pedra);
6. Armazenamento e expedição dos rejeitos não aproveitáveis;
7. Expedição dos produtos finais, para reinserção na cadeia produtiva da construção.

Ainda de acordo com os autores, os materiais classificados como “cinzas”, compostos predominantemente por concreto, são mais indicados para a produção de agregados reciclados. Já os chamados “vermelhos”, formados por cerâmicos como tijolos e telhas, são geralmente destinados à fabricação de materiais como a “bica corrida”, que pode ser utilizada em base de pavimentação ou subleito de vias.

O *layout* da usina foi planejado de forma a otimizar o fluxo operacional, reduzir o retrabalho e garantir a segurança dos trabalhadores. A disposição dos setores foi elaborada considerando a lógica sequencial do processo, a acessibilidade de máquinas e caminhões e a minimização do transporte interno de resíduos.

Com isso, a metodologia adotada neste estudo permite não apenas propor uma usina tecnicamente viável para a realidade de Barra do Garças, mas também contribuir para a redução do impacto ambiental causado pelos RCDs, promovendo uma alternativa sustentável para o gerenciamento dos resíduos e estimulando a economia circular no setor da construção civil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimativa da quantidade de RCD gerado em Barra do Garças – MT

A quantidade de RCC gerada no ano de 2020 foi de 24.192t. A geração *per capita* foi de 0,4 t/habitante.ano.

$$\text{Geração per capita} = \frac{24.192}{61.135} = 0,4 \frac{\text{t}}{\text{hab. ano}}$$

Dessa forma, tem-se a geração por mês:

$$\text{RCD} = \frac{24.192}{12} = 2.016/\text{mês}$$

Foi calculada a projeção populacional para o ano de 2040, sendo assim, o dimensionamento do *layout* da usina de RCD tem um tempo de projeto de 20 anos. Com base na geração de RCD *per capita* encontrada anteriormente, pode

se ter uma estimativa da quantidade de RCD gerados para o ano de 2040.

$$\begin{aligned} \text{Estimativa de geração de RCD para 2024} &= \\ 0,4 \times 72.334,00 &= 28.933,6 \text{ t/ano} \end{aligned}$$

Sendo assim, para o ano de 2040, serão geradas 28.933,6 toneladas de resíduos sólidos, ou seja, a geração por mês, por dia e por hora serão as seguintes:

$$\text{Geração de RCD por mês} = \frac{28.933,6}{12} = 2.411,13 \text{ t/mês}$$

$$\text{Geração de RCD por dia} = \frac{2.411,13}{25} = 96,45 \text{ t/dia}$$

$$\text{Geração de RCD por hora} = \frac{96,45}{8} = 12 \text{ t/h}$$

Foram considerados 25 dias trabalhados por mês e 8 horas trabalhadas por dia. Desta maneira, a capacidade da Usina de Reciclagem de RCD dimensionada deve ser de 12 t/h. Como dito anteriormente, a quantidade de resíduos classe A considerada é de 65% do resíduo total que chega até a usina. Desta forma, a usina será dimensionada para uma capacidade de 12 t/h, mas pode ser que use apenas 65% dessa capacidade, 7,84 t/h.

Sendo assim, o *layout* da usina foi planejado dimensionado para 8 horas de funcionamento por dia, com 25 dias de funcionamento por mês.

Elaboração do *layout*

De acordo com Pinto e Gonzales (2005), as áreas mínimas necessárias para os espaços de Triagem do RCD e para a reciclagem de RCD classe A de acordo com a capacidade por dia é representada na Figura 3.

Figura 3 – Área básica demandada para o manejo de resíduos

Tabela 5 - Área básica demandada para o manejo dos resíduos

Fase do processo	Capacidade	Área demandada
Triagem geral de resíduos	70 m ³ /dia	1.100 m ²
Triagem geral de resíduos	135 m ³ /dia	1.400 m ²
Triagem geral de resíduos	270 m ³ /dia	2.300 m ²
Triagem geral de resíduos	540 m ³ /dia	4.800 m ²
Reciclagem de RCD classe A	40 m ³ /dia	3.000 m ²
Reciclagem de RCD classe A	80 m ³ /dia	3.500 m ²
Reciclagem de RCD classe A	160 m ³ /dia	7.500m ²
Reciclagem de RCD classe A	320 m ³ /dia	9.000m ²
Reciclagem de madeira	100 m ³ /dia	1.000m ²
Reciclagem de madeira	240 m ³ /dia	1.800m ²
Recuperação de solo (1)	240 m ³ /dia	2.250m ²

Fonte: Pinto; Gonzales (2005) *apud* Silva; Furigo (2015, p. 65).

Como a quantidade de RCD produzida pelo município em 2040 será de 96,45 m³/ dia, adotou-se a área mínima para uma Usina de Reciclagem de RCD, estimada em 8.900m². Ao comparar-se *layout* de outras usinas prontas com dados depois de 2005, analisando as dimensões de cada elemento, chegou-se a um valor maior ao mínimo de 9.394,53m² de área.

Tendo como base Campagna, Neumann e Danilevicz (2012), a usina proposta será dividida em duas etapas simples, sendo elas britagem e peneiragem. Os equipamentos necessários são: alimentador vibratório, correia transportadora,

imã fixo e peneira. Esses equipamentos são todos acoplados, formando um equipamento só, semelhante ao da Figura 4.

Figura 4 – Usina semimóvel



Fonte: ZL Equipamentos (2015).

Através dos dados obtidos pelas entrevistas às empresas coletoras de entulho, foi possível estabelecer uma média de 2.016 t/mês em 2020 e de 2.411,13 t/mês em 2040 de resíduo da construção e demolição. Usando o valor para o ano de 2040, a geração por dia seria de:

$$\text{Geração por dia} = \frac{2.411,13}{25} = 96,45 \text{ t/dia}$$

O *layout* da área de gerenciamento de resíduos foi dimensionado de acordo com os parâmetros estabelecidos pela NBR 15112 (ABNT, 2004), pela NBR 15114 (ABNT, 2004), bem como pelas diretrizes das Normas Regulamentadoras NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção (Brasil, 2020) e NR 24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho (Brasil, 2019). Além

dessas normativas, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em teses, dissertações e manuais, destacando-se o Manual para Implantação de Sistema de Gestão de Resíduos de Construção Civil em Consórcios Públicos (Brasil, 2010), bem como os trabalhos de Porto (2011) e Cunha (2007).

O *layout* conta com entrada e saída de veículos, portaria, lugar para descarga e triagem dos RCD, espaço para britagem e peneiragem, estoque para os materiais reciclados, estoque para o material classe A triado, estoque para os resíduos classe B, C, D e volumosos triados, para assim serem depositados em local correto. Conta também com refeitório para funcionários, banheiro feminino e masculino com vestiário, prédio de administração e prédio para a portaria.

A partir dos dados coletados e de pesquisa bibliográfica, foi projetada uma área adequada à quantidade de resíduos gerados, adequando o *layout* da usina de RCD da melhor maneira possível. De acordo com Campagna, Neumann e Danilevicz (2012), pode-se afirmar que para a obtenção de uma matéria-prima de melhor qualidade, deve-se investir na etapa de triagem do resíduo (RCD). A triagem é responsável pela separação dos resíduos dos rejeitos, dando o seu devido descarte aos rejeitos. Dessa forma, a usina conterà as fases seguintes: recebimento do RCD, triagem, britagem, peneiramento, expedição de rejeitos e expedição de produtos.

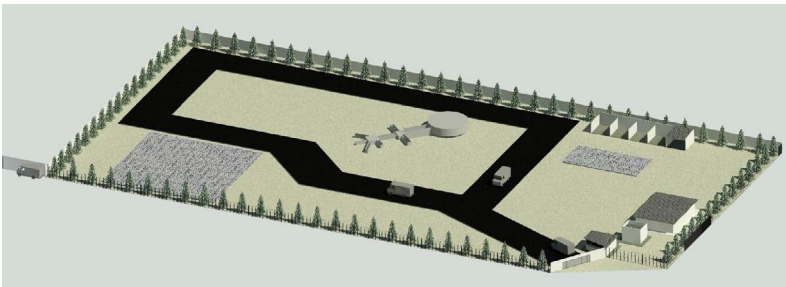
Ainda de acordo com Campagna, Neumann e Danilevicz (2012), tem-se conhecimento de que a partir dos denominados

“cinzas” dos RCD’s, são produzidos os agregados reciclados e a partir dos “vermelhos” são produzidas “bica corrida”.

Área sugerida e layout pronto

A área delimitada alcançou 9.394,53 m², sendo 6.727,85 m² construídos. A Figura 5 mostra o *layout* em uma vista 3D da usina dimensionada.

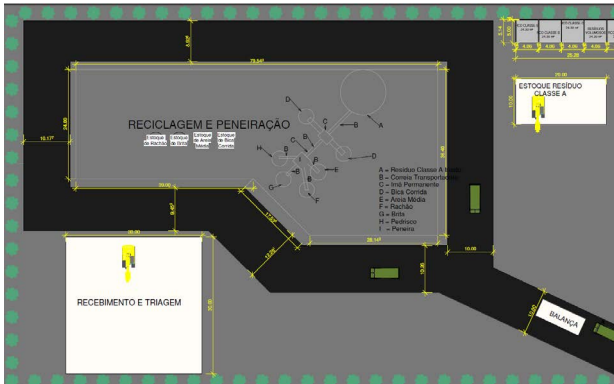
Figura 5 – *Layout* usina de reciclagem de RCD para o município de Barra do Garças – MT



Fonte: Elaboração própria (2019).

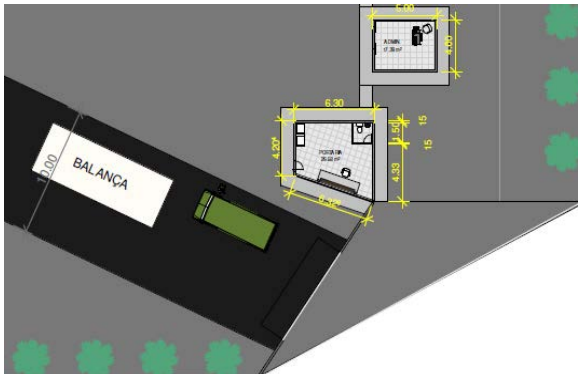
Na Figura 6 pode-se visualizar o espaço para recebimento e triagem do material recebido e a área de reciclagem com os equipamentos dispostos seguidos dos seus respectivos locais para estocagem.

Figura 6 – Usina de Reciclagem de RCD etapas de triagem e reciclagem



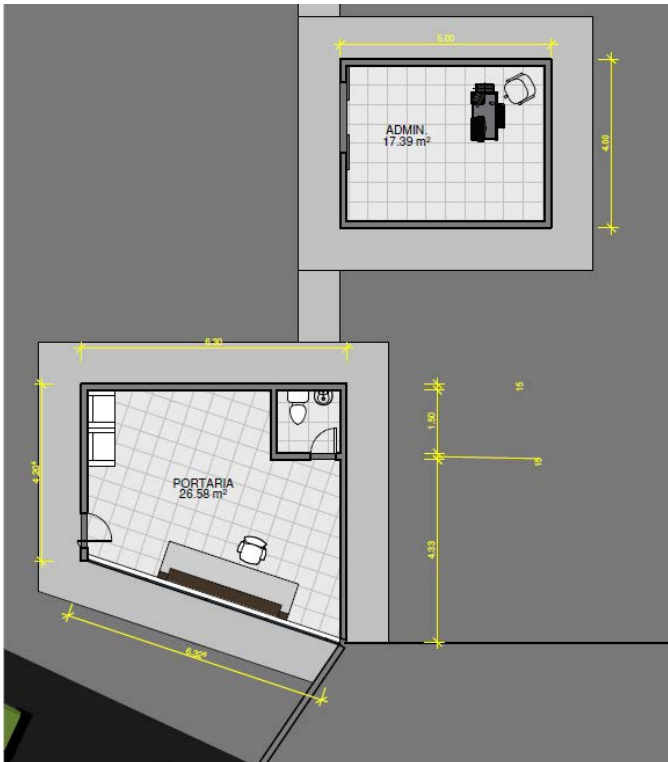
Fonte: Elaboração própria (2019).

Figura 7 – Layout usina de reciclagem



Fonte: Elaboração própria (2019).

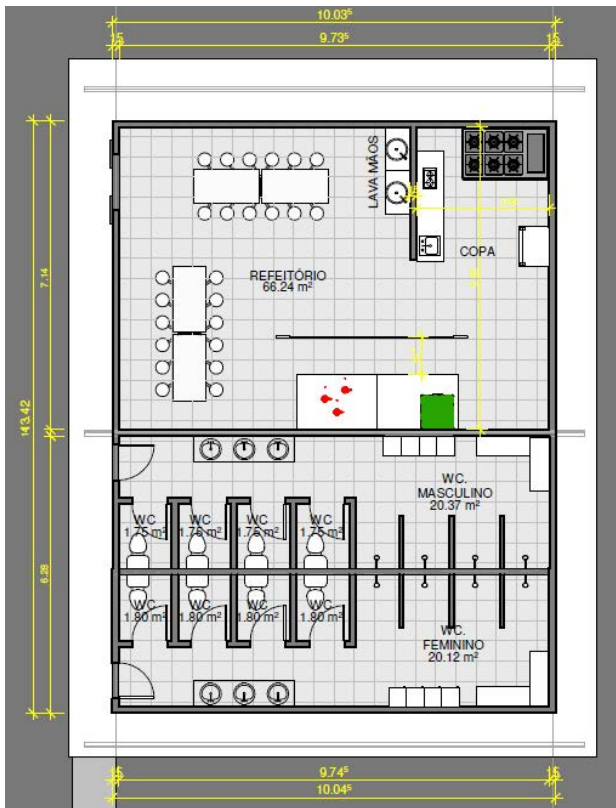
Na Figura 7 pode-se visualizar a entrada de caminhões com o espaço para a balança, o prédio da portaria, a administração, refeitório e banheiros.

Figura 8 – *Layout* usina Portaria e Administração

Fonte: Elaboração própria (2019).

Na Figura 8 pode-se visualizar melhor as dimensões dos prédios da portaria e administração.

Figura 9 – Layout Usina Refeitório e Banheiros

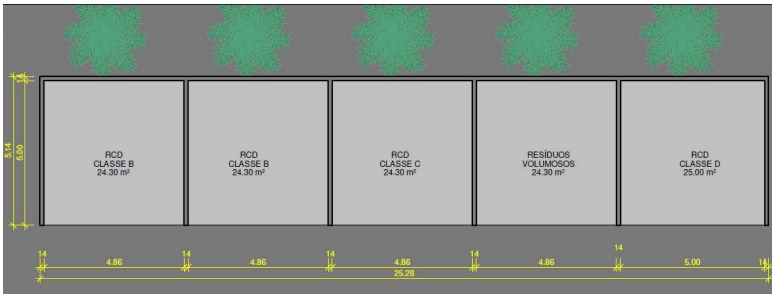


Fonte: Elaboração própria (2019).

Na Figura 9 é possível visualizar mais claramente o refeitório e os banheiros com vestiário. Todas as acomodações devem ser dimensionadas com a NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção e a NR 24 – condições de higiene e conforto nos locais de trabalho.

Quando triados, os resíduos são separados em baias específicas para sua posterior deposição correta (Figura 10). Na usina de reciclagem de RCD somente são aceitos resíduos Classe A.

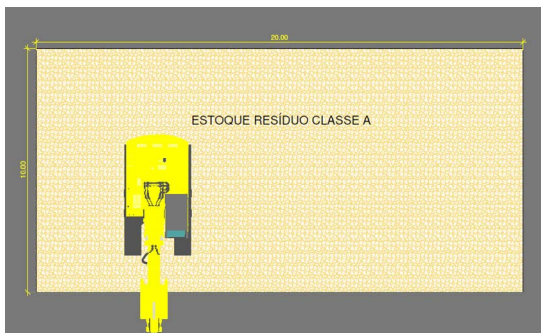
Figura 10 – Depósitos de resíduos não recicláveis na usina



Fonte: Elaboração própria (2019).

A Figura 11 mostra o espaço reservado para os resíduos Classe A após a triagem, prontos para serem levados para a área de reciclagem.

Figura 11 – *Layout* usina estoque de resíduo classe A triado



Fonte: Elaboração própria (2019).

Etapas de operação da Usina de Reciclagem de RCD

O funcionamento da usina funcionará da seguinte maneira:

1. Os veículos transportadores de RCD chegam pelo portão;
2. São parados pela portaria e estacionam para a conferência do CTR e uma inspeção visual;
3. Um funcionário confere o material. Caso ele seja aprovado, o RCD é levado até o pátio de triagem e segregação e logo em seguida uma pá carregadeira inicia o basculamento e umidificação do material. Essa etapa serve para separar o resíduo classe A do restante dos resíduos;
4. A triagem pode ser manual ou através de máquinas específicas para esse fim;
5. Caso o material do caminhão seja reprovado na inspeção, o motorista recebe orientação para um descarte adequado;
6. Após a triagem e segregação, o resíduo classe A está pronto e então é transportado pela pá carregadeira até o alimentador vibratório;
7. Os operários inspecionam as dimensões e verificam a necessidade ou não de umedecer o material novamente;

8. O alimentador transporta o material pela correia transportadora e seu primeiro produto é a bica corrida, também denominado pedra britada, pedrisco e pó-de-pedra, sem granulação definida e obtido direto do britador;
9. Após esse processo, o restante do material é transportado por correias transportadoras, compostas por imãs fixos responsáveis por tirarem o material metálico e transportado para a peneira vibratória. Essa peneira é responsável por produzir diferentes produtos como o rachão, bica corrida, areia média e brita;
10. Após isso o material é estocado e deve ser direcionado para os locais de utilização, não devendo ficar muito tempo estocados na usina.

A partir de estimativas realizadas com base em dados levantados sobre a geração de Resíduos da Construção Civil (RCD) no município de Barra do Garças, identificou-se um potencial significativo para a implantação de uma usina de reciclagem. Conforme já mencionado, a previsão para o ano de 2040 indica uma geração de aproximadamente 28.993,6 toneladas de RCD por mês. Considerando um cenário menos otimista, no qual apenas 65% desse volume seja convertido em agregado reciclado, ainda assim haveria um total de cerca de 18.806,84 toneladas mensais disponíveis para reciclagem.

Apesar de a coleta de dados ter sido desafiadora, foi possível obter resultados que indicam uma demanda cada vez

mais crescente por soluções para o gerenciamento desses resíduos. Dito isso, pensando em um melhor dimensionamento, e por consequência, uma proposta mais otimizada para o nosso cenário, é necessário que se obtenha dados atualizados e diversos das empresas coletoras de entulho da cidade, de forma que se esclareça todas as dúvidas sobre a geração, recolhimento e aproveitamento desses materiais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma usina de reciclagem de RCD tem grande importância em um município. A quantidade de resíduos que uma vez seria destinada para aterro sanitário, agora é levada para um local capaz de gerar matéria prima e poupar espaço. Os produtos da usina de reciclagem de RCD podem ser usados para pavimentação ou mesmo como agregados em concretos, argamassa etc.

Além desses produtos serem mais baratos, ajudam a preservar o meio ambiente. Diante das informações vistas sobre construção e desenvolvimento sustentável, é sabido que futuramente as preocupações e exigências com a gestão e o gerenciamento de resíduos serão cada vez mais cobradas.

A área escolhida para o dimensionamento da usina é uma área hipotética, um exemplo de como deve ser feito. Para se planejar o *layout*, levou-se em consideração uma área compatível com o fluxo de produção, com pátios suficientes

para a estocagem dos materiais sem o comprometimento do ritmo estabelecido para a produção. Sendo assim, o espaço físico da usina é um fato fundamental para o seu bom funcionamento.

Para que uma implantação de uma usina de reciclagem de RCD no município seja cogitada, é necessário a implementação de legislações municipais como a elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, além disso, os grandes geradores também devem elaborar projetos de Gerenciamento de Resíduos da construção Civil. Além desse plano, a prefeitura deve incentivar a cultura de reciclagem e disposição correta desses resíduos, como a coleta seletiva, criação de pontos de entrega voluntária de resíduos previamente separados e outras maneiras de incentivar a redução, reuso e reciclagem de resíduos.

Com essa proposta, a previsão para o ano de 2040 com geração de 28.933,6 toneladas de RCD por mês, sendo esse resíduo transformado em matéria prima para reinserção na cadeia produtiva. Mas devemos pensar por um lado menos otimista, supondo que apenas 65% desse RCD seria transformado em agregado reciclado. Ainda assim, cerca de 18.806,84 toneladas de RCD poderiam ser recicladas para a produção de agregado reciclado.

Essa proposta contribui para o problema da falta de espaço para a construção de aterros sanitários na cidade de Barra do Garças, pois sabe-se que um dos maiores volumes

de resíduos nos aterros é de resíduos da construção. Além disso, uma usina de reciclagem de RCD ajudaria o turismo, proporcionando uma cidade mais limpa e verde, com incentivo à sustentabilidade e a construção sustentável.

A dificuldade no acesso aos dados das empresas coletoras de entulho dificultou o dimensionamento e a previsão de geração de RCD na região de Barra do Garças – MT. Pensando em um melhor dimensionamento, e por consequência, uma proposta mais otimizada para o cenário, é necessário que se obtenha dados atualizados das empresas coletoras de entulho da cidade, de forma que se esclareça todas as dúvidas sobre a geração, recolhimento e aproveitamento desses materiais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO. **Pesquisa setorial ABRECON 2020**: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. São Paulo: EPUSP, 2022. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/BibliotecaDigital/BibDigitalLivros/TodosOsLivros/Pesquisa-setorial-ABRECON-2020.pdf. Acesso em: 05 maio 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022/1**. São Paulo: ABRELPE, 2022. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7758785/mod_resource/content/1/Panorama_Abrelpe_2022.pdf. Acesso em: 05 maio 2024.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley Moacyr. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 01 maio 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: áreas de transbordo e triagem de RCD. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil: área de reciclagem – diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, 17 jul. 2002.

BRASIL. Portaria SEPRT nº 3.733, de 10 de fevereiro de 2020. Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, 11 fev. 2020.

BRASIL. Portaria SEPRT nº 1.066, de 23 de setembro de 2019. Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 24 – Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, 24 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Gerenciamento e reciclagem de resíduos da construção civil – nível 2**. Belo Horizonte: ReCESA, 2008. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/recesa/gerenciamentoereciclagemderesiduosdaconstrucaocivil-nivel2.pdf. Acesso em: 25 abr. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de sistema de gestão de resíduos da construção civil em consórcios públicos**. Brasília, DF: MMA, 2010.

BUTTLER, Adriana Márcia. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. 2003. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

CAMPAGNA, Cátia Simone; NEUMANN, Cláudio de Souza Rocha; DANILEVICZ, Angela de Moura Ferreira. Desenvolvimento de um layout para uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012. p. 1 – 14.

CUNHA, Neuma. **Resíduos da construção civil análise de usinas de reciclagem**. 2007. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde: princípios e práticas em construção residencial**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016. *E-book*. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522120994/>. Acesso em: 02 maio 2024.

PEDRO, Queila Cristina de Lima; ALBERTIN, Ricardo Melantonio; VIOTTO, Hermes Gregório Facca; SANTOS, Jeane Aparecida dos Santos; TABONI JUNIOR, Luiz Roberto; SHOJI, Marcos. Geração de resíduos na construção civil: comparativo entre edificação de bloco estrutural e convencional. **Journal of Exact Sciences – JES**, v. 19, n. 1, p. 5 – 12, out./dez. 2018.

PINTO, Tarcísio de Paula; GONZÁLEZ, Juan Luis Rodrigo (coord.).

Manejo e gestão dos resíduos da construção civil: manual de orientação: como implementar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2005.

PORTO, Maria Emília Hermans de Carvalho. **Estudo de viabilidade de implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição no município de Campos dos Goytacazes – RJ.** 2011. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2011.

ESTUDO DE RESISTÊNCIA DA ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS EM MISTURAS BETUMINOSAS NO MUNICÍPIO DE NOVA XAVANTINA – MT

Franciana Sokolowski De Oliveira

Ana Paula Klaus Locatelli

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das técnicas de pavimentação está estritamente relacionado com a evolução do homem. Moura (2014) afirma que por mais que existam relatos que divulguem a pavimentação com um cunho religioso, os egípcios foram considerados os pioneiros nesse quesito, pois perceberam que o material rochoso era capaz de suportar as cargas dos insumos que precisavam em suas construções e orientar e locomover pessoas, conceito utilizado por décadas. Mas o ápice da concepção de pavimento ocorreu no Império Romano com a criação de um sistema viário que apresentavam estruturas mais leves e a mesma eficiência na capacidade de

suporte e durabilidade das rochas, metodologia que ainda é utilizada.

Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2017), vários fatores interferem na durabilidade do pavimento, uma delas é que a diversidade climática encontrada no Brasil ocasiona um efeito imediato na forma com que os materiais se comportam que influencia em sua capacidade de suporte como uma camada resistente do pavimento. Portanto, deve ser ponderada no dimensionamento do pavimento.

De acordo com Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), a ação do intemperismo como a incidência da chuva e a variabilidade da temperatura fazem com que a mistura asfáltica, parte constituinte do revestimento asfáltico torne-se progressivamente mais quebradiça e susceptível a patologias.

De acordo com Lis (2018), com base em pesquisas da CNT, cerca de 57% do modal rodoviário brasileiro foi avaliado como regular, ruim ou péssimo. No estado de Mato Grosso, apenas 25,30% das estradas são consideradas ótimas ou boas, enquanto 74,70% encontram-se em condições classificadas como regular, ruim ou péssima (Jornal Estado de Minas, 2017).

De acordo com MTPA – Ministério dos Transportes, Portos e Aviação civil (2017), Mato Grosso é uma das principais origens da produção de milho e farelo de soja no mercado interno e seus principais destinos são o próprio estado, São

Paulo, Pará e Ceará. O transporte desses produtos para as áreas de processamento é realizado exclusivamente pelo modal rodoviário, geralmente em distâncias inferiores a 200 km, utilizando rodovias estaduais e algumas federais dentro do estado (MTPA, 2017). De acordo com a Polifrete (2015) os caminhões que transportam grãos têm a capacidade de suportar até 75 toneladas, peso elevado para ser suportado por um pavimento.

É evidente que o agronegócio representa grande parte da economia do Brasil, Correa e Ramos (2018) afirmam que este ramo é responsável por 30% do PIB – Produto Interno Bruto por 35% da mão de obra empregada e por 40% das exportações nacionais. E em conformidade com CNT (2017), toda a carga de soja, milho ou farelo de soja, consumida no Brasil, no mercado interno ou exportada, é toda realizada pelo modal rodoviário. Que reflete diretamente na região centro-oeste, das quais as vias estão em estado precário de conservação, por consequência da falta de investimentos públicos em manutenção e restauração dos pavimentos.

O município de Nova Xavantina é uma das principais rotas intermunicipais entre o município de Querência aos municípios de Primavera do Leste, Lucas do Rio Verde e Sorriso, todos situados no Estado de Mato Grosso e se destacam pela produção de soja no país. Para o escoamento de soja são utilizadas as rodovias federais intituladas e enumeradas como BR's 127, 158, 163 e 264, que se encontram em uma situação inadequada para a

trafegabilidade de veículos. Segundo Vital e Fontes (2017), o escoamento da safra de soja e milho foi prejudicado pela gravidade da situação.

De acordo com Cruz (2017), a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) registrou um aumento de 8,6% nas vendas totais de pneus nacionais no terceiro trimestre de 2017, em comparação ao mesmo período de 2016. Esse dado integra o balanço setorial divulgado trimestralmente pela entidade. Em virtude do crescente número de vendas de pneus, os pneus inservíveis tornaram-se um fator a ser discutido na gestão de resíduos. De acordo com Silva e Martinelli (2014), a maioria dos países evitam ou proíbem o estoque ilegal de pneus inservíveis, estimulando a explorar estratégias de reciclagem.

Silva *et al.* (2007), há vários estudos que visam o uso da borracha com o intuito de melhorar a durabilidade e elasticidade no concreto, conferindo-lhe maior resistência a tração e compressão. Desta maneira a incorporação de fibras de borracha tem sido eficaz. Uma alternativa viável é o uso de fragmentos de pneus inservíveis – que segundo a Resolução CONAMA nº 416/09 é o pneu usado cujos danos são irreparáveis em sua estrutura, não se prestando mais à rodagem ou reformas.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2017), Mato Grosso ocupa a 4ª posição no *ranking* de Estado com maior quantidade de pneus inservíveis recolhido, totalizando 26.103,66 toneladas.

Durante uma visita à Secretaria Municipal de Nova Xavantina afirma que no ano da pesquisa 2019, são armazenadas cerca de 7 toneladas de pneus inservíveis mensalmente, após são coletadas e destinadas corretamente. Material este que pode ser empregado nas vias públicas do próprio município, para elevar sua resistência.

Diante do cenário de avanço na economia do Estado e visto que o Município é um percurso significativo para o escoamento de grãos e em conjunto a este fato há a ausência de aplicações públicas na infraestrutura de transportes, é preciso analisar e identificar alternativas que aumentem a resistência do revestimento asfáltico e prolonguem a vida útil do pavimento sem afetar drasticamente os cofres públicos.

O trabalho tem como objetivo principal avaliar o potencial da utilização de resíduos de borracha provenientes de pneus inservíveis na melhoria da resistência mecânica de misturas betuminosas aplicadas em pavimentação asfáltica no Município de Nova Xavantina – MT. Busca-se, com isso, proporcionar alternativas sustentáveis para o desenvolvimento urbano, aliando o progresso local à redução dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado desse tipo de resíduo.

DESENVOLVIMENTO

Pavimento

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (Bernucci *et al.*, 2010).

Agregados

Segundo Petrucci (1998), agregado é caracterizado por ser granular, geralmente não reagem e não participam efetivamente de uma reação química, considerado assim inerte, apresentam tamanhos e volumes variados e propriedades apropriadas para emprego na construção civil e obras de engenharia em geral. Os agregados são descritos como “materiais granulosos e inertes que fazem parte da composição das argamassas e concretos” (Bauer, 1979, *apud* Bastos, 2006, p. 24).

Em conformidade com Romano (2004), o emprego do agregado em composições na construção civil influencia positivamente nas combinações, tanto conferindo-as um aumento significativo na resistência aos esforços, reduz a

retração e aumento na resistência ao desgaste, quanto da perspectiva econômica.

Curva granulométrica

O Ensaio de Granulometria dos Agregados é regulamentado pela norma DNER. Pavimentação – Agregados – Determinação da composição granulométrica. DNER-ME 083/98. Esta norma recomenda o procedimento para a composição granulométrica dos agregados por peneiramento, além de sugerir a aparelhagem, amostragem, condições e cálculos para os resultados.

A norma a NBR 7181 (ABNT, 2016) afirma que este ensaio é utilizado para determinar a distribuição granulométrica de cada solo, ou seja, o peso dado em porcentagem de cada fração correspondente ao tamanho de grãos, obtendo como resultado a curva granulométrica de um solo. O seu resultado é a curva granulométrica. A curva granulométrica é o resultado da combinação entre os dados obtidos após a realização de ensaios para caracterização dos agregados tanto por peneiramento quanto por sedimentação, expressa em forma de gráfico.

Dias (2004) afirma que a análise granulométrica é imprescindível, pois permite ter a base imediata das características principais dessa distribuição, permitindo definir o percentual dos grãos graúdos e também determinar

o percentual dos finos, dessa maneira, facilitando na caracterização completa da amostra.

A granulometria do agregado, representada pela curva de distribuição granulométrica, é uma das características que asseguram estabilidade aos pavimentos, em consequência do maior atrito interno obtido pelo entrosamento das partículas, desde a mais graúda à mais fina (DNIT, 2006).

Forma dos agregados

A forma dos grãos é outro fator que deve ser levado em consideração, pois influencia diretamente nas propriedades da composição. Em conformidade com Almeida (2002), este índice afeta a aderência e trabalhabilidade do concreto, visto que grãos arredondados e lisos facilita o adensamento do concreto, mas por outro lado, agregados ásperos aumentam a resistência a tração.

De acordo com Marcondes (2009), a lamelaridade é um parâmetro na qual o agregado possui espessura muito inferior quando comparada às outras dimensões, ou seja, são achatados ou possuem formatos de lâminas. Ainda afirma que, britas lamelares tem a tendência de acumular bolhas de ar e água sob elas diminuindo a durabilidade e resistência do concreto.

Frazão e Paraguassu (1998) afirmam que após realizar estudos utilizando uma determinada trabalhabilidade, havia uma direta proporcionalidade entre a resistência a compressão

e o índice de forma, porque quanto mais cúbico o agregado graúdo, maior a resistência à compressão do concreto.

A forma das partículas dos agregados influi na trabalhabilidade e resistência ao cisalhamento das misturas asfálticas e muda a energia de compactação necessária para se alcançar certa densidade. Partículas irregulares ou de forma angular tais como pedra britada, cascalhos e algumas areias de brita tendem a apresentar melhor intertravamento entre os grãos compactados, tanto maior quanto mais cúbicas forem as partículas e mais afiladas forem suas arestas (Bernucci *et al.*, 2010).

O índice de forma dos agregados é determinado por meio do ensaio descrito na norma DNER-ME 086/94 (atualmente normatizado pelo DNIT) e também pela NBR 7809 (ABNT, 2006). De acordo com o DNIT (2006), para aplicações em revestimentos asfálticos do tipo tratamento superficial, recomenda-se a utilização de agregados predominantemente com forma cúbica. Já para os revestimentos executados por mistura, admite-se a presença de agregados com formas lamelares ou alongadas.

Ligante asfáltico

De acordo com Silva (2005), o asfalto ou ligante asfáltico é adquirido em sua generalidade pela destilação do petróleo natural. Este, em sua composição há diferentes hidrocarbonetos desde os leves aos mais pesados, que

variam de acordo com a sua obtenção e servem de base para a maioria de outros materiais asfálticos existentes no mercado.

Vasconcelos *et al.* (2008) declaram que o ligante asfáltico possui propriedades únicas quando relacionado com a pavimentação, como facilidade de adesão aos agregados, resistir aos esforços advindos do trânsito, conferir escoamento das águas superficiais, elevando também a trabalhabilidade e flexibilidade da estrutura.

Os asfaltos possuem uma variedade de usos e aplicações devido as suas propriedades e por serem empregados principalmente em obras viárias. Bernucci *et al.* (2010) afirmam que, atualmente há 5 tipos de ligantes asfálticos existentes no mercado brasileiro são denominados: cimentos asfálticos de petróleo – CAP; asfaltos diluídos – ADP; emulsões asfálticas – EAP; asfaltos oxidados ou soprados de uso industrial; agentes rejuvenescedores – AR e ARE e asfaltos modificados por polímero – AMP ou por borracha de pneus – AMB.

Asfalto diluído

Em conformidade com Pinto (2019), o asfalto diluído, também denominado de *cut-back*, é consequência da diluição do cimento asfáltico em destilados de petróleo com a intenção de torná-lo líquido. Eles são classificados de acordo com o tempo de cura e o tempo de evaporação do solvente que é adicionado na mistura, possibilitando ser:

- Asfalto diluído do tipo cura rápida (CR): resultado da mistura de Cimento asfáltico diluído no petróleo (CAP), adicionado à gasolina como solvente;
- Asfalto diluído do tipo cura média (CM): produto do Cimento asfáltico diluído no petróleo (CAP), adicionado à querosene como solvente;
- Asfalto diluído do tipo cura lenta (CL): resultado da mistura de Cimento asfáltico diluído no petróleo (CAP), adicionado ao óleo diesel como solvente.

Os diluentes utilizados funcionam apenas como “veículos”, resultando em produtos menos viscosos que podem ser utilizados a temperaturas mais baixas em relação às temperaturas de aplicação do CAP. Durante a aplicação, há um período de evaporação do diluente que chamamos “tempo de cura”. Após esse tempo, o produto final volta a ter consistência inicial de um CAP (Sousa, 2015).

Bernucci *et al.* (2010) afirmam que, atualmente no Brasil, são produzidos apenas dois diferentes tipos de asfalto diluído, os de cura rápida e os de cura média. A ANP (2007) na Resolução número 30 de 09 de outubro de 2007, define as especificações do asfalto diluído. A ANP (2007) afirma que, os asfaltos diluídos de Cura Rápida são classificados em CR-70 e CR-250 e os de Cura Média são classificados em CM-30 e CM-70. Bernucci *et al.* (2010) esclarecem que, essa denominação está relacionada ao início da faixa de viscosidade cinemática de aceitação em cada classe.

Segundo Lima *et al.* (2016) os ADPs são utilizados em larga escala na pavimentação, como por exemplo na imprimação de bases granulares com o intuito de conferir coesão entre as partículas e impermeabilizar a camada. Esta ação interfere diretamente no revestimento asfáltico, pois as bases fornecem suporte a camada de superfície.

Emulsões asfálticas

De um modo geral, pode-se analisar as emulsões asfálticas como um sistema que tende a satisfazer dois objetivos, dispersar uma porção asfáltica em uma líquida, ou o contrário. A *Asphalt Emulsion Manufacturers Association* (AEMA) define emulsão asfáltica como:

Combinação de três componentes básicos: cimento asfáltico, água e emulsificante. Na emulsificação, esses componentes são introduzidos em um mecanismo conhecido como moinho coloidal, que cisalha o asfalto em pequenos glóbulos. O emulsificante, que é um agente tensoativo, mantém os glóbulos em uma suspensão estável além de conferir estabilidade à ruptura. O resultado é um produto líquido de coloração marrom, com consistência variando entre a água e um creme, sendo usados em processos a frio de construção e manutenção de estradas (Abeda, 2010, p. 47).

Abeda (2001) declara que no mercado atual, há uma ampla variedade de emulsificantes e produtos emulsificados, que viabiliza que sejam usados na estabilização de solos, reciclagem de pavimentos, tratamentos superficiais, dentre outras opções, ou seja, em todas as camadas de um pavimento

flexível. Uma das vantagens das emulsões asfálticas é sua utilização a frio, isto é, o uso em temperatura ambiente sem sofrer aquecimento.

Silva (2011) explica que, as EAPs são de fácil armazenamento, distribuição e como não passa por aquecimento, economiza com o consumo de combustíveis e não gera gases poluentes, resultando em vários benefícios ambientais.

Existem duas classificações possíveis para as emulsões asfálticas normatizadas pela Resolução do Conselho Nacional do Petróleo – CNP 07/88 de 06/06/88 em conjunto com a NBR 14594 (ABNT, 2000), em relação a carga das partículas (catiônicas, aniônicas, neutras e anfotéricas) e tempo de ruptura (ruptura rápida (RR), ruptura média (RM), ruptura lenta (RL) e ruptura controlada (RC). De acordo com Abeda (2010), as classificações podem ser devido ao cimento asfáltico (1C e 2C), na qual a letra C refere-se a uma emulsão catiônica e os números 1 e 2 à menor e maior viscosidade e teor de asfalto, respectivamente.

No intuito de melhorar as propriedades da composição, também foram realizadas algumas modificações nas emulsões uma delas foi a adição do polímero na emulsão. A Abeda (2010) declara que, esta técnica surgiu em meados de 1970 na Europa e América do Norte e se expandiu para o Brasil apenas na década de 90, com a inclusão de elastoméricos SBS (copolímero de estireno butadieno) e o SBR (látex de estireno

butadieno), que conferiam benefícios a composição como melhor adesividade entre os agregados, elevada resistência ao envelhecimento, aumentando elasticidade do revestimento asfáltico e assim a durabilidade do pavimento.

A norma DNIT 128/2010 – ES, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), define as principais características das emulsões asfálticas catiônicas modificadas por polímeros elastoméricos. Segundo a Abeda (2010), os ligantes presentes nessas emulsões oferecem benefícios em relação às emulsões convencionais, destacando-se vantagens específicas decorrentes da modificação com polímeros elastoméricos. São eles:

- Menor susceptibilidade térmica tanto a alta quanto a baixa temperatura;
- Maior coesão interna que se transmite à mistura asfáltica ou a tratamentos de superfície;
- Maior elasticidade, praticamente inexistente nos resíduos asfálticos das emulsões convencionais;
- Maior adesividade aos agregados;
- Maior resistência ao envelhecimento em serviço.

MATERIAL E MÉTODO

Descrição dos materiais

Para a escolha dos materiais utilizados na pesquisa, foi levado em consideração a facilidade de obtenção, visto que as britas e a emulsão asfáltica é a mesma usada nas vias municipais, o custo, pois os mesmos materiais foram cedidos pela Prefeitura Municipal de Nova Xavantina, e pôr fim a sustentabilidade, com o uso do resíduo de borracha na composição.

Foram utilizados como agregados a brita 1 e 0, e sua granulometria foi descrita pelo ensaio de granulometria. Estes agregados foram cedidos para o estudo pela Prefeitura Municipal de Nova Xavantina e sua obtenção é de uma jazida localizada no município de Água Boa.

A areia utilizada na pesquisa, é lavada e foi cedida pela Cascalheira Santa Maria, localizada em Barra do Garças – MT. O pó de brita foi adquirido do Depósito de areia AZM, localizado em Nova Xavantina. O pó é obtido de uma jazida localizada no município de Água Boa.

O ligante utilizado para os ensaios é uma emulsão asfáltica RR2C caracterizado por ser uma emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida, e deve seguir parâmetros fixos como: possuir no mínimo 67% de ligante asfáltico, ter desemulsibilidade

igual ou superior a 50% e viscosidade Saybolt-Furol a 50°C entre 100 e 400 segundos. A emulsão é comercializada pela PETROBRÁS, possui alta consistência, e foi cedido para o estudo pela Prefeitura Municipal de Nova Xavantina – MT.

O resíduo de borracha utilizado na pesquisa é proveniente da recapagem de pneus de automóveis, foi cedido pela empresa Recapagens Carajás localizada em Barra do Garças – MT.

O molde utilizado para moldagem dos CPs foi o molde cilíndrico tipo Marshall com diâmetro de 100mm e composto por 3 partes: base, colar e corpo. O molde atende os parâmetros estabelecidos pela DNER-ME 043. A haste de socamento utilizada no ensaio foi adaptada. Utilizou-se como base uma tubulação de PVC que foi preenchida com concreto de traço 2:1 e foi adicionada uma barra de alumínio para auxiliar no socamento com 116 cm e base com 25 cm de altura.

Os ensaios foram realizados em duas localizações distintas. Os ensaios de granulometria e de índice de forma foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos, localizado na Universidade Federal de Mato Grosso. A dosagem e pesagem dos materiais foi realizado no Laboratório de solos na Universidade do Estado de Mato Grosso.

Ensaaios

Ensaio de granulometria

Para a realização do ensaio de granulometria utilizou-se os seguintes aparelhos:

- Agitador mecânico para peneiras;
- Peneiras normatizadas pela DNER-EM 035/95;
- Balança de 20 kg, com sensibilidade de 1g;
- Estufa com temperatura constante de 110 ± 5 °C;
- Tabuleiros metálicos.

A amostra de campo foi coletada na cidade de Nova Xavantina e transportada para Barra do Garças. Colocou-se a amostra para secar com temperatura uniforme de 105 ± 5 °C, após a amostra totalmente seca, foi retirado o material da estufa e esperou-se a temperatura ambiente para assim determinar sua massa total.

O material foi separado em tabuleiros, um com cada agregado: brita1, brita 0 e areia. A borracha passou pelo peneiramento sem passar pela estufa. Após sair da estufa os materiais foram pesados na balança já tarada, totalizando 2000g 1500g, 1000g e 500g para cada agregado na ordem citada acima.

Foram realizados quatro peneiramentos, um para cada agregado. O peneiramento da brita 1 foi dividido em duas partes devido a quantidade de material e altura do agitador. As peneiras $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", 4 e 10 foram limpas e encaixadas no agitador de peneiras em ordem crescente (da base ao topo) com um fundo apropriado. A peneira $\frac{1}{2}$ " não foi utilizada devida a falta deste item no laboratório.

Em seguida, iniciou-se o peneiramento pela agitação do equipamento. Posteriormente, pesou-se o material retido em cada peneira. O material retido no fundo do primeiro peneiramento foi colocado na parte superior da primeira peneira (40) e o mesmo procedimento acima foi realizado para peneiras posteriores: 40,80 e 200.

Ensaio de forma da partícula

O ensaio de índice de forma, também conhecido como ensaio de forma da partícula, pode ser realizado de duas maneiras: seguindo as recomendações da DNER-ME 086/94 (DNER, 1994) ou conforme a NBR 6954 (ABNT, 2011). Nesta pesquisa, o ensaio foi executado de acordo com as orientações da NBR 6954 (ABNT, 2011). Para sua realização, utilizou-se apenas um paquímetro, com o qual foram medidas as três principais dimensões das partículas: comprimento (a), largura (b) e espessura (c).

Como amostra utilizou-se 10 CPs de cada tipo de agregado (brita 1 e 0), totalizando 20 CPs. Para a classificação

segundo a forma foram determinadas e relacionadas b/a (K_a) e c/b (K_b). Em seguida eles foram classificados entre Cúbica, Lamelar, alongada e alongada-lamelar, de acordo com as especificações do Quadro 1, abaixo:

Quadro 1 – Classificação da Forma das Partículas
NBR 6954 (ABNT, 2011)

Média das Relações b/a e c/b	Classificação da Norma
$b/a > 0,5$ e $c/b > 0,5$	Cúbica
$b/a < 0,5$ e $c/b > 0,5$	Lamelar
$b/a > 0,5$ e $c/b < 0,5$	Alongada
$b/a < 0,5$ e $c/b < 0,5$	Alongada-Lamelar

Fonte: Modificada da NBR 6954 (ABNT, 2011).

Dosagem

Para realização da dosagem, foi realizada a seleção da faixa granulométrica a ser utilizada, de acordo com a faixa de mistura asfáltica regulamentada pela norma DNIT. Pavimentação – Concreto asfáltico usinado a quente – Especificação de serviço. DNIT 031/2006 – ES.

Posteriormente, os agregados foram eleitos para enquadrar na curva granulométrica selecionada. A porcentagem de material foi selecionada para estar entre os limites máximos e mínimos da faixa escolhida.

Subsequentemente, foi escolhido o teor de ligante utilizado na mistura. Em seguida, foi ajustado o percentual da massa do agregado para a adição do ligante na mistura.

Inicialmente foi determinada uma dosagem de agregados e emulsão asfáltica sem a adição da borracha, e foi confeccionado 3 CPs que foram utilizados como testemunhos e servirão como referência para os demais CPs. Em seguida serão confeccionados mais 3 CPs fixou-se o teor de ligante e foram adicionados 1%, 2% e 3% de teor de borracha.

Posteriormente, todos os CPs foram submetidos ao Ensaio de compressão diametral. Foram moldados e rompidos 3 corpos de prova para cada teor de borracha totalizando 12 corpos de prova.

Corpos de prova – Preparação e compactação

Os corpos de prova utilizados para ensaio de compressão diametral são os mesmos que os do ensaio de estabilidade e fluência Marshall, desta forma utiliza-se o mesmo processo de moldagem dos CPs. O método de ensaio DNER-ME 043/95 indica este processo.

A temperatura que o ligante foi aquecido para a mistura aos agregados foi de 160 °C. De acordo com Bertollo (2002), a temperatura de 160 °C para aquecimento do ligante é suficiente para atingir a viscosidade da mistura.

Realizou-se a confecção de três corpos-de-prova para cada dosagem de mistura betuminosa. Conhecidas as porcentagens, em massa, em que os agregados e o ligante betuminoso serão misturados, calcula-se a quantidade de cada um deles capaz de produzir um CP.

Os agregados foram secos até constância massa a 105°C e separados de acordo com o material. Os agregados de cada recipiente foram misturados, e em cada um deles acrescentado o ligante e então pesado. Após mistura com o ligante produziu-se CPs com 1200g.

A mistura foi executada rapidamente dentre 2 a 3 minutos, para não perder temperatura, até a completa cobertura dos agregados, para então ser colocada no molde de compactação. O molde de compactação e a base do soquete devem estar limpos. Colocou-se o molde em posição no suporte de compactação, lubrificou-se o interior do molde com parafina e introduziu uma folha de papel-filtro, cortado conforme a seção do molde.

A mistura foi colocada de uma só vez e acomodada ainda quente. Aplicou-se com o soquete 75 golpes. Após, removeu-se o anel superior e inverteu o anel inferior e aplicou o mesmo número de golpes. Após a compactação, o CP foi retirado do anel inferior e cuidadosamente colocado numa superfície lisa e plana e deixado em repouso durante 12h, à temperatura ambiente.

Ensaio de compressão diametral

O ensaio foi realizado seguindo o método descrito na norma DNIT. Pavimentação – Misturas asfálticas a quente – Determinação da faixa granulométrica da mistura – Método de ensaio. DNIT 136/2018 – ME, com algumas adaptações devido à falta de material disponível no laboratório.

Os equipamentos utilizados neste ensaio foram:

- Prensa elétrica;
- Paquímetro.

Antes de inserir o CP na prensa hidráulica foi medido a altura e diâmetro em quatro posições distintas e adotado a média aritmética em ambos os casos. Posteriormente o CP foi posicionado na prensa de forma a ficar o mais centralizado possível e adicionada uma leve compressão, para manter corpo de prova em posição. A carga foi aplicada e o valor foi registrado. Com o valor da carga de ruptura obtido deve ser calculada a resistência à tração indireta do corpo de prova rompido por compressão diametral, utilizando a Equação 1 do DNIT136/2018-ME:

$$\sigma_R = \frac{2.411,13}{25} = 96,45 \text{ t/dia} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

σ_R é a resistência à tração, à temperatura do ensaio, em MPa;

F é a carga de ruptura, em N;

D é o diâmetro de corpo de prova, em mm;

H é a altura do corpo de prova (espessura), em mm.

A resistência à tração por compressão diametral da mistura asfáltica de corpos de prova adotada, é a média aritmética dos valores obtidos de três corpos de prova.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa o ensaio de granulometria foi realizado com o intuito de analisar os agregados e comparar as curvas granulométricas, visando identificar qual agregados poderiam ser substituídos pela borracha sem que houvesse alteração na dosagem original. Ao realizar a comparação foi possível determinar a granulometria da borracha que mais se assemelha à dos agregados convencionais, permitindo uma substituição eficiente.

Senço (2008) afirma que, agregados com graduação uniforme, são ideais para a utilização na pavimentação asfáltica, principalmente no revestimento asfáltico – primeira camada do pavimento, devido a trabalharem de maneira independente e determinarem a espessura final da camada. A graduação adquirida pelo ensaio viabiliza de acordo com

as recomendações de Senço (2008) a sua utilização nesta pesquisa.

Bernucci *et al.* (2010) afirmam que, a forma dos grãos intervém diretamente na trabalhabilidade e na resistência ao cisalhamento da composição, além de alterar a compactação necessária para que se obtenha a densidade correta. E, quanto mais cúbica for a partícula há um melhor intertravamento entre os grãos.

Diante dos dados obtidos na pesquisa pelo ensaio da forma da partícula, pode-se dizer que os agregados utilizados para a realização do ensaio apresentam em sua maioria a forma cúbica, sendo assim caracterizado com uma boa forma, pois sua cubicidade dificulta que os grãos se soltem, resultando assim um bom intertravamento dos grãos e conseqüentemente elevando a resistência ao cisalhamento dos CPs.

De acordo com a Norma DNIT 031/2006 – ES (DNIT, 2006), a faixa granulométrica adequada para camada de rolamento é a Faixa C, a qual foi adotada nesta pesquisa. No início, os únicos agregados disponíveis eram a brita 1, brita 0 e o resíduo de borracha. Após a realização do ensaio de granulometria e a definição da Faixa C, observou-se uma baixa quantidade de finos na mistura. Diante disso, foi necessária a correção da granulometria, com a inclusão de areia e pó de brita, cujos ensaios de granulometria também foram previamente realizados.

Para a execução dos CPs deste estudo, fixou-se o teor de emulsão em 7,5% da massa total, resultando em 90 gramas de emulsão em cada CP. Os dados alterados foram o teor de borracha e areia. A areia foi o único agregado alterado na pesquisa devido sua granulometria ser próxima da borracha.

O processo de adição de borracha utilizado na composição foi o processo seco, pois a borracha foi caracterizada como agregado, sendo inserida diretamente na mistura. Percebe-se que as porcentagens escolhidas na curva tentativa-curva utilizada na pesquisa se enquadram entre os limites máximos e mínimos descritos na Faixa C da Norma DNIT 031/2006 – ES (DNIT, 2006). Assim, a utilização desta dosagem se torna viável nesta pesquisa.

O Ensaio de compressão diametral tem o objetivo de compreender a resistência do pavimento, pois de acordo com Bertollo (2002), ela é associada ao comportamento estrutural dos pavimentos quanto a fadiga, assim pode-se avaliar se a misturas asfáltica é ou não adequada para uso.

Como foram realizadas dosagens diferentes, os corpos de prova (CPs) apresentaram variação na altura, porém não houve alteração no diâmetro, sendo que todos os CPs obtiveram o diâmetro de 101,6 mm. As alturas foram medidas em quatro posições diferentes e, posteriormente, foi calculada a média. A Norma DNER-ME 043/95 (DNER, 1995) estabelece que a altura dos CPs deve variar em $(63,5 \pm 1,3)$ mm, sendo

que valores fora dessa faixa devem ser descartados. Todos os resultados foram expressos no Quadro 2.

Quadro 2– Altura dos CPs em milímetros (mm)

CP	Altura 1	Altura 2	Altura 3	Altura 4	Média
1	63,5	63,4	63,4	62,9	63,3
2	63,3	63,3	63,5	62,7	63,2
3	63,3	63,5	64,1	63,5	63,6
4	63,5	62,7	63,2	63,5	63,2

Fonte: Pesquisa Direta (2019).

Os dados do Quadro 3, foram atingidos pelo rompimento dos CPs. O valor obtido pela prensa hidráulica foi em tonelada força (tf) e para utilização na Equação 1, transformou-se para Newton (N).

Quadro 3 – Carga de ruptura

Teores	CP1	CP2	CP3	Média (tf)	Média (N)
0%	0,60	0,61	0,68	0,68	6178,19
1%	0,66	0,66	0,67	0,67	6505,08
2%	0,69	0,67	0,68	0,68	6668,52
3%	0,78	0,77	0,71	0,77	7583,81

Fonte: Pesquisa Direta (2019).

A Figura 1 mostra como ocorreu a ruptura do corpo de prova (CP) após a aplicação das forças indicadas no Quadro 3. Comparando-se com a linha de ruptura ideal, determinada

pela Norma DNIT 136/2018 – ME (DNIT, 2018) e representada na mesma figura, no canto esquerdo, verifica-se que o ensaio apresentou resultados satisfatórios.

Figura 1 – Plano de ruptura



Fonte: DNIT136/2018-ME.

Utilizou-se a Equação 1 para resistência a tração de cada CP em Mega Pascal (MPa) e os resultados estão expressos no Quadro 4.

Quadro 4 – Resistência a tração em MPa

Teor de borracha	Resistência em MPa
0%	0,61
1%	0,64
2%	0,66
3%	0,75

Fonte: Pesquisa Direta (2019).

Os dados do Quadro 4 mostram que, conforme aumentava-se o teor de borracha, aumentava a resistência

a tração. Os CPs com teor de 0% e 1% de borracha, não obtiveram a resistência mínima a tração em MPa determinada pelo DNIT 031/2006, e descrito no Quadro 5, logo, não são indicados para a utilização na camada de rolamento, assim inviabiliza-se seu uso para este fim.

Os teores de 2% e 3% alcançaram valores superiores ao da resistência mínima definida pelo Quadro 5, e valores superiores ao do testemunho, mas o teor de 3% mostrou-se mais resistente, suportando 0,75 MPa.

Quadro 5 – Resistência a tração mínima em MPa

Características	Método de ensaio	Camada de Rolamento	Camada de Ligação (Binder)
Porcentagem de vazios, %	DNER-ME 043	3 a 5	4 a 6
Relação betume/vazios	DNER-ME 043	75 – 82	65 – 72
Estabilidade, mínima, (Kgf) (75 golpes)	DNER-ME 043	500	500
Resistências à Tração por Compressão Diametal estática a 25°C, mínima, MPa	DNER-ME 138	0,65	0,65

Fonte: DNIT 031 (2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como embasamento os resultados dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral e caracterização dos agregados, observou-se que a adição

de borracha na mistura asfáltica obtida, contribuiu para o aumento da resistência do pavimento.

As resistências maiores foram obtidas das misturas que contém 2% e 3% de borracha. Foi possível compreender que a resistência à tração por compressão diametral das amostras com 3% de resíduo foi a mais resistente, mas com apenas 2% já houve a melhora nas propriedades da composição. Então visando economia é possível optar por uma quantidade menor de resíduo que o resultado esperado ainda será satisfatório.

Mesmo que nem todos os corpos de prova atingiram os valores de resistência à tração exigidos pelo DNIT 137/2018, a adição de resíduo a composição melhorou expressivamente a característica do mesmo.

Portanto, a utilização de pequenas quantidades de borracha é uma excelente maneira para o aproveitamento dos resíduos de borracha, e uma prática ecologicamente correta, auxiliando assim a preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. **Resolução número 19 de 11 de julho de 2005**. 2005. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/>. Acesso em: 12 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução número 30 de 13 de novembro de 2012**. 2012. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/>. Acesso em: 12 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução número 36 de 09 de outubro de 2007**. 2007. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/>. Acesso em: 12 jun. 2019.

ALMEIDA, Luiz Carlos de. **Concreto**. Campinas: UNICAMP, 2002. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTOS. **Manual básico de emulsões asfálticas**: soluções para pavimentar sua cidade. Rio de Janeiro: ABEDA, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14594**: Emulsões asfálticas catiônicas – especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6954**: Lastro-padrão: determinação da forma do material. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo: análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7809**: Agregado graúdo: determinação do índice de forma pelo método do paquímetro: método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**: apostila. Bauru: UNESP, 2006. Disponível em: <https://>

wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf. Acesso em: 14 dez. 2018.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: ABEDA, 2010.

BERTOLLO, Saulo Augusto Messias. **Avaliação laboratorial de misturas asfálticas densas modificadas com borracha reciclada de pneus**. 2002. 252 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 031/2006-ES**: pavimentos flexíveis: concreto asfáltico: especificação de serviço. Brasília, DF: DNIT, 2006.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. **Anuário estatístico de transportes 2010-2016**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://infraestrutura.gov.br/>. Acesso em: 11 jun. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte rodoviário**: por que os pavimentos das rodovias no Brasil não duram? Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://cms.cnt.org.br/>. Acesso em: 14 dez. 2018.

CONDIÇÕES das estradas brasileiras pioram em 2017, aponta pesquisa. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 8 nov. 2017. Disponível em: <https://www.em.com.br/>. Acesso em: 22 abr. 2018.

CORREA, Vania Helena Castro; RAMOS, Pedro. A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do centro-oeste: situação e perspectivas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 48, n. 2, 2010.

CRUZ, Elaine. **Venda de pneus cresce 8,6% no terceiro trimestre**. 2017. Disponível em: <http://www.anip.org.br/>. Acesso em: 03 mar. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 043/95**: Método de ensaio: misturas betuminosas a quente-ensaio Marshall. Rio de Janeiro: DNER, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 083/98**: Método de ensaio: agregados-análise granulométrica. Rio de Janeiro: DNER, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 086/94**: Método de ensaio: agregados-determinação do índice de forma. Rio de Janeiro: DNER, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 128/2010-EM**: Emulsões asfálticas catiônicas modificadas por polímeros elastoméricos – especificação de material. Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 136/2018-ME**: Pavimentação asfáltica – misturas asfálticas – determinação da resistência à tração por compressão diametral – método de ensaio. Rio de Janeiro: DNIT, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 137/2018-ME**: Misturas asfálticas a quente – determinação da resistência à tração por compressão diametral – método de ensaio. Rio de Janeiro: DNIT, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de restauração de pavimentos**

asfálticos. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/>. Acesso em: 14 dez. 2018.

DIAS, João Manuel Alveirinho. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos.** Faro: Universidade do Algarve, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/>. Acesso em: 05 mar. 2019.

FRAZÃO, Ennio Brandi; PARAGUASSU, Antenor Braga. **Materiais rochosos para construção:** geologia de engenharia. São Paulo: ABGE, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Relatório de pneumáticos:** resolução CONAMA nº 416/09: 2017. Brasília, DF: IBAMA, 2017.

LIMA, Ricardo Costa; VIEIRA, Vanderley Martins; COSTA, Carlos Alberto Nogueira; VIANA, Adriano Silva. Análise comparativa dos impactos ambientais gerados na utilização de dois diferentes ligantes asfálticos no processo de pavimentação de estradas. **Revista Eletrônica de Energia**, v. 6, n. 1, p. 4 – 17, jan./dez. 2016.

LIS, Lais. **Condição das rodovias brasileiras melhora, mas número de trechos com risco aumenta, diz CNT.** Brasília, DF: G1, 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2018/11/07/condicao-das-rodovias-brasileiras-melhora-mas-numero-de-trechos-com-risco-aumenta-diz-cnt.ghtml>. Acesso em: 17 dez. 2018.

MARCONDES, Carlos G. **Brita lamelar x qualidade do concreto.** 2009. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/>. Acesso em: 05 mar. 2019.

MOURA, Elwis. **Estudo de deformação permanente em trilha de roda de misturas asfálticas em pista e em laboratório.**

2014. 299 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PETRUCCI, Eládio G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13. ed. São Paulo: Globo, 1998.

PINTO, Salomão. **Pavimentação asfáltica**: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

POLIFRETE. **Os melhores caminhões para transportar grãos**. 2015. Disponível em: <https://blog.polifrete.com/>. Acesso em: 16 jun. 2019.

ROMANO, Cezar Augusto. **Apostila de tecnologia do concreto**. Curitiba: UTFPR, 2004. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/>. Acesso em: 17 dez. 2018.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de projetos rodoviários**. São Paulo: PINI, 2008.

SILVA JUNIOR, Francisco Adalberto da; MARTINELLI, Antonio Eduardo. **Análise das propriedades do agregado miúdo**: resíduo de borracha de pneu para compósitos cimentícios. Cuiabá, 2014. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/>. Acesso em: 17 dez. 2018.

SILVA, Adriana Helena Miranda. **Avaliação do comportamento de pavimentos com camada reciclada de revestimentos asfálticos a frio com emulsão modificada por polímero**. 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SILVA, Luciana Barbosa de Almeida; SILVA, José Marques; DIAS, Francisco Mauro. Adição de borracha de pneu em concreto. *In*:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 51., 2007, Salvador.
Anais [...]. Salvador: ABCERAM, 2007. Disponível em: <http://www.abceram.org.br/>. Acesso em: 17 dez. 2018.

SILVA, Luciano Soares da. **Contribuição ao estudo do envelhecimento de ligantes asfálticos**: influência da adição de polímeros e comportamento frente a radiação UV. 2005. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Péssimas condições das rodovias elevam custo do transporte em quase 25%**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.sna.agr.br/>. Acesso em: 10 maio 2018.

SOUSA, Almir Vinícius de. **Material asfáltico**. Teresina, 2015. Disponível em: <https://www.trabalhosfeitos.com/>. Acesso em: 08 maio 2018.

VASCONCELOS, Kamilla; BHASIN, Amit; LITTLE, Dallas; SOARES, Jorge Barbosa. Medidas de adesão entre agregado e ligante asfáltico. **Transportes**, v. 16, n. 1, p. 17 – 24, 2008.

VITAL, Edimar; FONTES, Bianca. **Secretário de infraestrutura acompanha situação crítica da BR-163 no Pará**. 2017. Disponível em: <http://radiosorriso.com.br/>. Acesso em: 25 abr. 2018.

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO TIPO DE FUNDAÇÃO A SER EMPREGADA EM BASE DE RESERVATÓRIO METÁLICO NA CIDADE DE RIBEIRÃOZINHO – MT

Arthur Afonso Bitencourt Loureiro

Hellen Rezende Dantas

Isadora Nogueira de Figueiredo

Luiz Fernando Hencke

INTRODUÇÃO

As fundações são elementos estruturais essenciais para transmitir as cargas ao solo, classificadas em diretas (rasas) e indiretas (profundas) (Azevedo, 1977). Para projetar fundações eficientes, é crucial compreender as propriedades do solo, sendo o ensaio mais comum no Brasil o SPT – *Standard Penetration Test* regido pela NBR 6484 (ABNT, 2001). A localização subterrânea das fundações dificulta sua inspeção

após a conclusão da obra, tornando fundamental a eficiência no projeto e execução (Alonso, 2019).

Segundo Pinto (2006), todas as obras usam o solo de apoio para depositar as suas cargas e sustentar sua construção, por este motivo é necessário que se tenha um conhecimento prévio do solo a ser considerado, como o comportamento do mesmo quando tensões são aplicadas, composição de suas camadas, resistências suportadas, nível d'água, entre outros dados, para que se possa projetar com maior eficiência e segurança.

Falconi (2019) considera uma estrutura segura quando a mesma consegue desenvolver as suas atribuições para as quais foi criada e além disso tragar ações que podem vir a surgir durante sua vida útil, podendo ser permanente ou não. É intitulado como estado-limite toda situação que impossibilite o desempenho da estrutura para a qual foi designada.

Nesse contexto, o presente estudo visa analisar a viabilidade técnica e econômica da fundação mais adequada para atender às demandas de um reservatório metálico no município de Ribeirãozinho – MT, com base no laudo de sondagem.

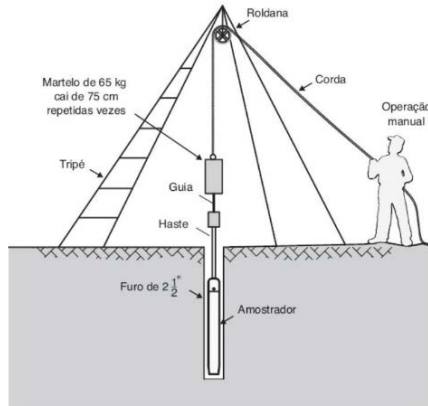
DESENVOLVIMENTO

Importância da Sondagem

Na construção civil, o ensaio de sondagem a percussão, conhecido como SPT (*Standard Penetration Test*), é crucial para serviços de engenharia civil, fornecendo dados como resistência do solo, coloração, nível de água e identificação das amostras (Lopes; Mendes, 2020). No Brasil, métodos comuns de investigação do solo incluem SPT, cone, piezocone, pressiômetro, palheta e dilatômetro, devendo a escolha ser feita por um profissional habilitado considerando custos e características da obra (Schnaid; Odebrecht, 2014).

O SPT é amplamente utilizado no Brasil devido à sua simplicidade e eficiência, conforme Belincanta e Ferraz (2000). Os métodos de execução do SPT, manual ou mecânico, seguem características semelhantes e são executados metro a metro conforme a NBR 6484 (ABNT, 2020), como descrito por Velloso e Lopes (2015). Na Figura 1 podemos observar uma imagem ilustrativa de um ensaio de sondagem SPT.

Figura 1 – Imagem ilustrativa do equipamento de sondagem SPT



Fonte: Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Itatiba (2025)³.

O resultado do ensaio de sondagem é essencial para determinar as propriedades físicas do solo, fundamental para o projeto de fundação e até mesmo para viabilidade financeira da obra (Vilas Boas, 2020). Com base nessa investigação, é possível escolher o melhor tipo de fundação para suportar as cargas da edificação (Baia, 2015).

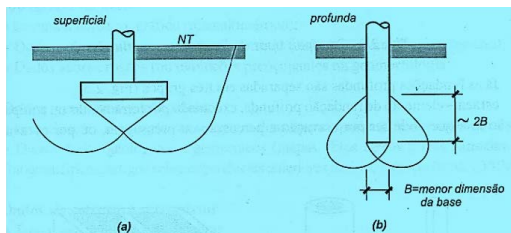
A sondagem do solo é indispensável para compreender o terreno antes de receber as cargas, evitando colapsos, e para escolher o tipo de fundação adequado (Bruneli, 2018). Ela fornece informações cruciais, como espessura das camadas do solo, nível de água, presença de material impenetrável ou rochas, e propriedades do solo, como permeabilidade e resistência (Yazigi, 2021).

3 Disponível em: <https://aeai.com.br/a-necessidade-e-importancia-da-sondagem-de-terrenos/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

Fundações

As fundações podem ser divididas em dois tipos principais (Figura 2): fundações diretas e fundações indiretas. As fundações diretas incluem as superficiais ou rasas, enquanto as fundações indiretas são conhecidas como fundações profundas. A norma NBR 6122 (ABNT, 2010) é responsável por estabelecer os critérios básicos que devem ser considerados no projeto de uma edificação para determinar se serão utilizadas fundações profundas ou superficiais (Falconi *et al.*, 1998).

Figura 2 – Fundação superficial e fundação profunda



Fonte: Velloso e Lopes (2015).

De acordo com Nunes (2017), um dos fatores determinantes para a escolha do tipo de fundação em um empreendimento é a capacidade de resistência do solo. Quando os estudos geotécnicos indicam baixas resistências em cotas próximas à superfície, o uso de fundações profundas, como estacas pré-moldadas, metálicas ou concretadas in situ, torna-se a solução mais viável. A utilização de fundações profundas requer a construção de um elemento estrutural

conhecido como bloco de coroamento ou bloco sobre estacas (Sousa, 2019).

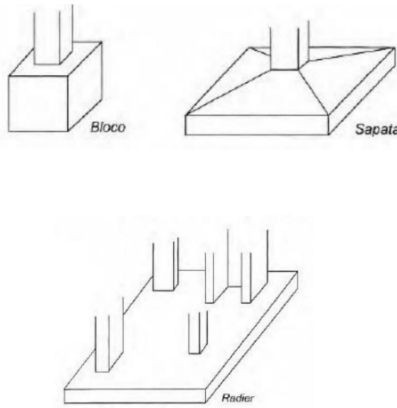
Determinar a escolha entre fundações profundas ou superficiais

A fundação superficial ou direta, segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019), é um elemento em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, com profundidade de assentamento inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Os principais tipos de fundações superficiais são descritos por Velloso e Lopes (2012) da seguinte forma:

- a. Blocos: são elementos de concreto maciço onde o concreto resiste aos esforços de tração, sem necessidade de armaduras de aço.
- b. Sapatas: são elementos de concreto armado onde o aço resiste às tensões de tração. São econômicas e de baixa altura em comparação com os blocos, podendo ter formatos variados (quadrado, redondo, retangular) conforme o projeto.
- c. Radier: é um elemento de concreto armado que recebe toda a carga da edificação e a distribui ao solo, cobrindo todos ou parte dos pilares.

As mesmas podem ser observadas da Figura 3.

Figura 3 – Fundações superficiais



Fonte: Velloso e Lopes (2012, p. 32).

As fundações profundas, segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019), transmitem a carga ao terreno pela base ou pela lateral, assentando-se em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão plana e no mínimo 3 metros. Estão incluídas estacas, tubulões e caixões como principais elementos. Os principais tipos de fundações profundas são descritos por Velloso e Lopes (2012) da seguinte forma:

- a. Estaca: elemento de fundação com grande comprimento submetido a carregamento vertical. Sua execução requer equipamentos e ferramentas de grande porte, variando de acordo com a necessidade do projeto e o tipo de solo.
- b. Tubulão: elemento cilíndrico cuja execução envolve a descida de um operário para alargamento da base e retirada de material, com esforço principalmente

na ponta. Pode ser executado a céu aberto ou por ar comprimido.

- c. Caixão: elemento prismático com superfície concretada e base instalada por escavação interna.

A escolha do tipo de fundação considera a capacidade de resistência do solo, sendo comum o uso de estacas pré-moldadas, metálicas ou concretadas *in situ* em solos com baixa resistência próximo à superfície (Rasi *et al.*, 2021).

Etapas para construção de reservatório

Na engenharia civil, a escolha do tipo de fundação para um empreendimento depende da resistência do solo. Quando os estudos indicam baixas resistências próximas à superfície, as fundações profundas, como estacas pré-moldadas, metálicas ou concretadas *in situ*, são viáveis (Nunes, 2017). A NBR 6122 (ABNT, 2019) define fundação profunda como um elemento que transmite a carga ao terreno pela base ou pela superfície lateral, assentando-se em profundidade superior a oito vezes a menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m, incluindo estacas e tubulões.

Os blocos sobre estacas são amplamente utilizados por sua economia e eficiência em qualquer tipologia de superestrutura (Sousa, 2019). A interação solo-estrutura é crucial para a performance dos sistemas estruturais, com

análises realistas considerando a deformabilidade do solo (Velloso; Lopes, 2015).

A fabricação de reservatórios metálicos demanda materiais de qualidade e certificados, com soldagem SMAW para coalescência entre metais (Souza *et al.*, 2018; Gomes, 2017). É fundamental realizar análises para identificar descontinuidades e garantir a resistência e a segurança da estrutura (De Souza; Frantz, 2022). A etapa final inclui pintura, tubulação e sistema de bombeamento para distribuição da água (Miyazato, 2012).

MATERIAL E MÉTODO

A localização do reservatório em análise é na cidade de Ribeirãozinho, no estado do Mato Grosso. As coordenadas geográficas dos furos onde serão inseridas as estacas são as seguintes: Furo 01 S 116°29'26,74" W 52°41'53,67", Furo 02 S 16°29'24,23" W 52°41'53,29", Furo 03 S 16°29'24,23" W 52°41'53,29". Na Figura 4 pode-se observar sua localização.

Figura 4 – Local da implantação do reservatório



Fonte: *Google Earth* (2022)⁴.

O dimensionamento da fundação adequada requer o cálculo das cargas a serem suportadas, que incluem:

- Peso próprio, resultante do peso das chapas utilizadas (#1/4 e #12), escadas, tampa, etc.
- Comprimento da circunferência ou perímetro.

$$C = 2 \times \pi \times r \rightarrow 2 \times \pi \times \frac{d}{2} \rightarrow 2 \times \pi \times \frac{5,64}{2} \rightarrow C = 17,72\text{m}$$

Obs: cada placa tem 6 metros de altura, logo, sua área será de:

$$A = C \times \frac{h}{2} \rightarrow 17,72 \times \frac{12}{2} \rightarrow A = 106,32 \text{ m}^2$$

4 Disponível em: [https:// earth.google.com/web/](https://earth.google.com/web/). Acesso em: 20 jun. 2022.

Onde:

C é o comprimento da circunferência em (m);

r é o raio do reservatório em (m);

d é o diâmetro do reservatório em (m);

h é a altura do reservatório em (m);

A é a área de cada placa em (m).

Para chapa de #1/4 o peso por m^2 é 49,8 Kg/ m^2 , então:

$$P_{\text{placa } 1/4} = A \times P \rightarrow 106,32 \times 49,8 \rightarrow P_{\text{placa } 1/4} = 5294,74 \text{ Kg}$$

Para chapa de #12 o peso por m^2 é 21,36 Kg/ m^2 , então:

$$P_{\text{placa } 12} = A \times P \rightarrow 106,32 \times 21,36 \rightarrow P_{\text{placa } 12} = 2271,0 \text{ Kg}$$

A tampa também foi desenvolvida com a chapa de #12, logo:

$$A = \pi \times r^2 \rightarrow \pi \times \frac{d^2}{4} \rightarrow \pi \times \frac{5,64^2}{4} \rightarrow A = 24,98 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{tampa}} = A \times P \rightarrow 24,98 \times 21,36 \rightarrow P_{\text{tampa}} = 533,64 \text{ Kg}$$

Onde:

P_{placa} é o peso da placa em (Kg);

P_{tampa} é o peso da tampa em (Kg);

A é a área da placa/tampa em (m^2).

Somando todos os pesos, se obtém:

$$\begin{aligned} \sum \text{RESERV.} &= P_{\text{placa } 1/4} + P_{\text{placa } 12} + P_{\text{tampa}} \rightarrow \\ \sum \text{RESERV.} &= 5294,74 + 2271,0 + 533,64 \rightarrow \\ \sum \text{RESERV.} &= 8099,376 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Transformando isso em Kilo Newton (kN):

$$P_{\text{reserv.}} = \sum \text{RESERV.} \times g \rightarrow$$

$$P_{\text{reserv.}} = 80993,376 \times 9,8 \rightarrow$$

$$P_{\text{reserv.}} = 79.373,8848 \text{ N} = 79,374 \text{ KN}$$

Onde:

$\sum \text{RESERV.}$ é a somatória das cargas do reservatório em (Kg);

$P_{\text{reserv.}}$ é o peso do reservatório em (KN);

g é a aceleração da gravidade em (m/s²).

- Peso da água, de acordo com as dimensões do reservatório se dá a quantidade de volume de água, logo esse peso deve ser calculado.
- Cálculo do volume:

$$V = \pi \times \left(\frac{d^2}{4} \right) \times h \rightarrow$$

$$V = \pi \times \left(\frac{5,64^2}{4} \right) \times 12 \rightarrow$$

$$V \cong 300,0 \text{ m}^3$$

Sabe-se que a densidade da água é de $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$

A massa então será de:

$$M = \rho \times V \rightarrow$$

$$M = 1000 \times 300 \rightarrow$$

$$M = 300.000 \text{ Kg}$$

Transformando em peso da água:

$$P_{\text{água}} = M_{\text{água}} \times g \rightarrow$$

$$P_{\text{água}} = 300000 \times 9,8 \rightarrow$$

$$P_{\text{água}} = 2.940.000 \text{ N} = 2.940,00 \text{ KN}$$

Onde:

V é o volume do reservatório em (m³);

ρ é a densidade da água em (Kg/m³);

h é a altura do reservatório em (m);

d é o diâmetro do reservatório em (m);

g é a aceleração da gravidade em (m/s²);

M_{água} é a massa de água em (Kg);

P_{água} é o peso da água em (KN).

Na Figura 5 pode-se observar o reservatório implantado *in loco*.

Figura 5 – Implantação do reservatório



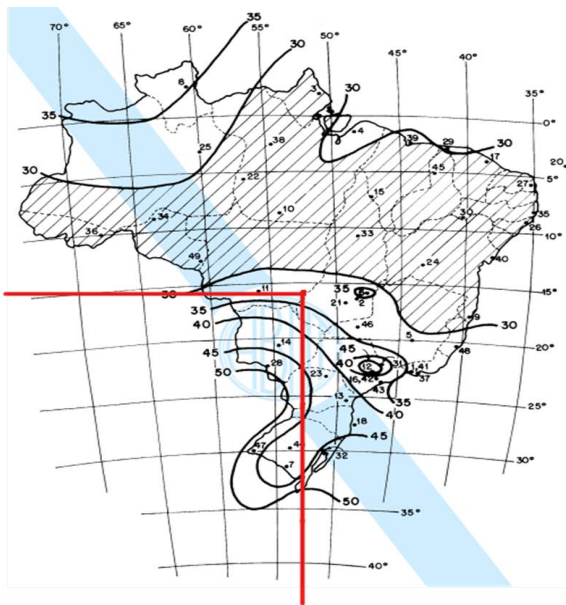
Fonte: Acervo pessoal (2022).

- Carga do vento: devido ao fato do reservatório possuir 12 metros de altura, o vento gera uma carga sobre a estrutura, a qual deve ser calculada. Todos os cálculos realizados são totalmente baseados na NBR 6123 (ABNT, 2023).

De acordo com a localização da construção utiliza-se a isopleta de velocidades básicas, conforme Figura 6.

Foi traçado duas linhas para facilitar na localização, a área está entre 30 m/s e 35 m/s, mas para um cálculo mais seguro se utilizou uma velocidade de 35 m/s.

Figura 6 – Isopleta de velocidades básicas



Fonte: ABNT NBR 6123:2023.

De acordo com Santos (2016), além da velocidade, é necessário determinar os parâmetros S1, S2 e S3, conforme a NBR 6123 (ABNT, 2023).

- Para S1, em terreno plano ou quase plano, $S1 = 1,0$.
- Para S2, classificado como categoria IV, que inclui cidades pequenas e seus arredores, e classe A, onde todas as edificações dos arredores não excedem 20m, os valores são: $b = 0,86$, $p = 0,12$ e $Fr = 1,0$.
- Para S3, grupo 3, que abrange edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.), $S3 = 0,95$.

Tabela 1 – Categorias e Parâmetros

Categoria	Zg (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	B	1,10	1,11	1,12
		P	0,06	0,065	0,07
II	300	B	1,00	1,00	1,00
		F	1,00	0,98	0,95
III	350	P	0,085	0,09	0,10
		B	0,94	0,94	0,93
IV	420	P	0,10	0,105	0,115
		B	0,86	0,85	0,84
V	500	P	0,12	0,125	0,135
		B	0,74	0,73	0,71
		P	0,15	0,16	0,175

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6123:2023.

- Parâmetro S_2 , determinado pela NBR 6123: (ABNT, 2023).

$$S_2 = b \times F_R \times \left(\frac{h}{10} \right)^p$$

Onde:

S_2 é o parâmetro meteorológico;

b , p e F_R são valores retirados da Tabela 1;

h é a altura em (m).

$S_2 (2) = 0,709$	$S_2 (8) = 0,837$
$S_2 (4) = 0,770$	$S_2 (10) = 0,860$
$S_2 (6) = 0,809$	$S_2 (12) = 0,879$

A seguir conseguimos observar o dimensionamento para cargas de vento:

a) Velocidade característica do vento:

$$V_k = V_o \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

Onde:

V_k é a velocidade característica do vento em (m/s);

V_o é a velocidade básica do vento, determina pela localidade na Figura 6 em (m/s);

S1, **S2** e **S3** são parâmetros determinadas pela NBR 6123 (ABNT, 2023) de acordo com as condições locais.

$V_k (2) = 23,57 \text{ m/s}$	$V_k (8) = 27,83 \text{ m/s}$
$V_k (4) = 25,60 \text{ m/s}$	$V_k (10) = 28,60 \text{ m/s}$
$V_k (6) = 26,90 \text{ m/s}$	$V_k (12) = 29,23 \text{ m/s}$

b) Pressão dinâmica

$$q = 0,613 \times V_k^2$$

Onde:

q é a pressão dinâmica do vento em (N/m^2) ;

V_k é a velocidade característica em (m/s) .

$q (2) = 340,55 \text{ N/m}^2$	$q (8) = 474,77 \text{ N/m}^2$
$q (4) = 401,74 \text{ N/m}^2$	$q (10) = 501,41 \text{ N/m}^2$
$q (6) = 443,57 \text{ N/m}^2$	$q (12) = 523,74 \text{ N/m}^2$

c) Número de Reynolds (Re)

$$\text{Re} = 70000 \times V_k \times d$$

Onde:

Re é o número de Reynolds;

V_k é a velocidade característica do vento em (m/s) ;

d é o diâmetro do reservatório em (m) .

$\text{Re} (2) = 9.305.436$	$\text{Re} (8) = 10.987.284$
$\text{Re} (4) = 10.106.880$	$\text{Re} (10) = 11.291.280$
$\text{Re} (6) = 10.620.120$	$\text{Re} (12) = 11.540.004$

d) Área de contato no reservatório (A)

$$A = d \times h$$

Onde:

A é a área de contato do vento com o reservatório em (m²);

d é o diâmetro do reservatório em (m);

h é a altura em cada ponto em (m).

A (2) = 11,28 m ²	A (8) = 45,12 m ²
A (4) = 22,56 m ²	A (10) = 56,40 m ²
A (6) = 33,84 m ²	A (12) = 67,68 m ²

e) Força de arrasto (F_a)

$$F_a = q \times A \times C_a$$

Onde:

F_a é a força de arrasto do vento em (KN);

q é a pressão dinâmica em (N/m²);

A é a área de contato em (m²);

C_a é o coeficiente de arrasto determinado em norma.

F _a (2) = 192,1 KN	F _a (8) = 1071,1 KN
F _a (4) = 453,2 KN	F _a (10) = 1413,98 KN
F _a (6) = 750,5 KN	F _a (12) = 1772,34 KN

Para o dimensionamento da fundação, utilizaremos a maior força de arrasto. Logo:

f) Somatória de força no eixo Y

$$\sum F_y = 0 \rightarrow$$

$$F_y - F = 0 \rightarrow$$

$$F_y = 1772,34 \text{ KN}$$

g) Somatória de momento no eixo X

$$M_x = 0 \rightarrow$$

$$\sum M_x - 12 \times F = 0 \rightarrow$$

$$\sum M_x = 12 \times 1772,34 \rightarrow$$

$$M_x = 21.268,08 \text{ KN}$$

h) Somatória de momento no eixo Z

$$M_z = 0 \rightarrow$$

$$\sum M_z - 2,82 \times F = 0 \rightarrow$$

$$\sum M_z = 2,82 \times 1772,34 \rightarrow$$

$$M_z = 4998,0 \text{ KN}$$

Onde:

F é a força de arrasto considerada em (KN);

F_y é a força no eixo Y em (KN);

M_x é o momento no eixo X em (KN × m);

M_z é o momento no eixo Z em (KN × m).

Carga do bloco de coroamento, o bloco possui dimensões de 6,5 x 6,5 m, e altura de 1,5m. Toda essa estrutura também descarrega o seu peso na fundação, logo devemos leva-lo em consideração.

$$F_{\text{bloco}} = V_{\text{bloco}} \times \rho_{\text{conc}} \rightarrow$$

$$F_{\text{bloco}} = (6,5 \times 6,5 \times 1,5) \times 25$$

$$F_{\text{bloco}} = 1.584,375 \text{ KN}$$

Onde:

F_{bloco} é a força exercida pelo bloco em (kN);

V_{bloco} é o volume do bloco de coroamento em (m³);

ρ_{conc} é o peso próprio do concreto em (kN/m³).

Com todos os cálculos de levantamento de cargas realizados, o próximo passo foi a somatória para o dimensionamento da fundação, são elas, carga de peso próprio, peso d'água, carga de vento e peso do bloco. Veja a seguir:

i) Somatória de todas as cargas exercidas sobre a fundação

$$\Sigma F_{\text{fund}} = F_{\text{pp}} + F_{\text{água}} + F_{\text{vento}} + F_{\text{bloco}}$$

$$\Sigma F_{\text{fund}} = 79,374 + 2940 + 1772,34 + 1584,375$$

$$\Sigma F_{\text{fund}} = 6.376,1 \text{ KN}$$

Majorando a carga com um fator de segurança, de 1,4 a carga final se dá:

$$F_{\text{final}} = F_{\text{fund}} \times \text{FS} \rightarrow$$

$$F_{\text{final}} = 6.376,1 \times 1,4 \rightarrow$$

$$F_{\text{final}} = 8.926,54 \text{ KN}$$

Onde:

ΣF_{fund} é a somatória das cargas exercidas sobre a fundação em (kN);

F_{pp} é a força do peso próprio do reservatório em (kN);

$F_{\text{água}}$ é a força da água em (kN);

F_{vento} é a força do vento em (kN);

F_{bloco} é a força do bloco em (kN);

F_{final} é o resultado da carga com o coeficiente de segurança em (kN);

F_s é o coeficiente de segurança.

Baseado nos cálculos realizados, constata-se que a carga final a ser vencida pela fundação é a soma do peso próprio da estrutura, o peso da água, a carga de vento exercida na estrutura e por fim o peso do bloco de coroamento. Logo vimos que a carga final é de 8.926,54 kN, com isso deve-se fazer um estudo de qual fundação seria mais adequada para o tipo de estrutura e tipo de solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Sondagem

Foi realizada uma sondagem prévia do solo em três pontos distintos do local da construção do tanque (Anexo A), conforme coordenadas georreferenciadas. Os resultados

indicaram que o solo apresenta variações texturais e não possui níveis de água significativos. No primeiro furo, entre as profundidades de 0,45m e 8,45m, foram coletadas amostras que incluem solo residual argiloso com diferentes níveis de plasticidade e laterita.

No segundo furo, seguindo os mesmos padrões de profundidade, foram coletadas amostras com diferentes níveis de plasticidade e presença de laterita. No terceiro furo, foram observadas variações na textura do solo, incluindo diferentes níveis de plasticidade e presença de laterita. Com base nessas informações, e considerando a profundidade da fundação (11,5 metros) e o uso de chapas de inox, o solo do local estudado é considerado adequado para a execução da obra, desde que siga as normas da engenharia de fundações.

Dimensionamento

Com base no levantamento das cargas atuantes, foi realizada uma análise conforme os critérios estabelecidos pela NBR 6122 (ABNT, 2019). Essa análise considerou os dados do laudo de sondagem do solo, o qual forneceu as informações necessárias sobre as características geotécnicas do terreno. Além disso, foi considerada a carga total estimada proveniente do reservatório, previamente calculada em aproximadamente 8.926,54 kN.

A partir dos dados obtidos e da definição do tipo de fundação mais adequado, foi realizado o dimensionamento

da fundação, utilizando uma planilha desenvolvida no software *Microsoft® Excel*, baseada no Método de Berberian, conforme apresentado nas obras do autor (Berberian, 1986; 2014). A seguir, são descritos os principais procedimentos adotados nos cálculos, bem como os resultados obtidos, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensionamento da estaca

ESTACA - MÉTODO BERBERIAN					DADOS DE CÁLCULO	
Dimensão:	40,0 cm		%AS: 0,50%		NÃO MEXER AQUI	
TIPO	E ponta	E lateral			Área ponta:	0,126 m ²
Hélice Contínua	3	3,8			Área lateral:	1,26 m ² /m
FORMATO					Resist s/ arm:	75,4 Tf
Redonda					W:	6283 cm ⁴ 3
	RESISTÊNCIA DA LATERAL				Pressão max c/1f:	0,0014 tf/cm ²
TIPO	kldb(tf/m²)	SPT Médio	Comprim	Rest. Lat:	Pressão max:	0,158 cm ²
Argila	0,6	2,0	3,05	1,210	Carga max estaca:	110,57 tf
Argila	0,6	7,0	1,4	1,944	Comp. Min Arm:	5,00 m
Argila	0,6	19,7	6	23,465	Comp ancoragem:	1,00
Argila	0,6	0,0	0	0,000	Resist. Aço:	19,51 tf
Argila	0,6	0,0	0	0,000	Usar resist ponta?	Não
	RESISTÊNCIA DA PONTA				AS:	6,28 cm ²
TIPO	kpd(tf/m²)	SPT		Rest. Ponta:	AS barra:	1,23 cm ²
Argila	20	37		31,0	Coef minoração ponta:	1,00
Cap carga só com armadura ligação:				57,6 Tf		
Cap tracionada com armadura int:				19,5 Tf		
Cap carga com armadura integral:				57,6 Tf		
Comprim total:	11,450 m					
Volume conc:	1,44 m ³				891,175	
Diâmetro Barra:	12,5 mm qt:		6			
Comp Arm:	5,00 m					
Kgs aço:	36,2					
Kg/m ² :	25,1					

Fonte: Elaboração própria (2022).

Materiais e Orçamento

Com a resistência das estacas determinadas, se calcula a quantidade de estacas necessárias para vencer a carga solicitada, com base em métodos de cálculo previstos na NBR 6122 – Projeto e execução de fundações, que aborda critérios

de dimensionamento à capacidade de carga de estacas isoladas e em grupo (ABNT, 2019).

- Quantidade de estacas

$$Qtd_{estacas} = \frac{F_{final}}{Re} \rightarrow$$

$$Qtd_{estacas} = \frac{892,7}{57,6} \rightarrow$$

$$Qtd_{estacas} = 15,497 \cong 16 \text{ estacas}$$

Onde:

Qtd estaca é a quantidade de estacas necessárias em (un);

Ffinal é a carga solicitada em (Tf);

Re é a resistência da estaca em (Tf).

O traço escolhido foi de 1: 2,5: 3,5. Com isso faz-se o cálculo da quantidade de materiais de acordo com o traço e o volume de concreto dado pelo dimensionamento da tabela do *Microsoft Excel*. Levando em consideração 10% de perda.

- Volume de concreto para as 16 estacas;

$$V_{conc\ 16} = (V_{conc\ 1} \times n^{\circ} \text{ estacas}) + C_{perda} \rightarrow$$

$$V_{conc\ 16} = (1,44 \times 16) + 10\% \rightarrow$$

$$V_{conc\ 16} = 23,04 + 10\% \rightarrow$$

$$V_{conc\ 16} = 25,344 \text{ m}^3$$

Onde:

V_{conc16} é o volume de concreto de 16 estacas em (m³);

V_{conc1} é o volume de concreto de 1 estaca em (m³);

Nº de estacas em (un.);

C perda é o coeficiente de perda de materiais.

- Quantidade de sacos de cimento de 50Kg;

$$Qtd_{sc. \text{ cimento}} = V_{conc \ 16} \times r_{cimento} \rightarrow$$

$$Qtd_{sc. \text{ cimento}} = 25,344 \times 5,9 \rightarrow$$

$$Qtd_{sc. \text{ cimento}} = 149,53 \cong 150 \text{ sacos de cimento}$$

- Volume de areia;

$$V_{areia} = V_{conc \ 16} \times r_{areia} \rightarrow$$

$$V_{areia} = 25,344 \times 0,662 \rightarrow$$

$$V_{areia} = 16,78 \cong 17 \text{ m}^3$$

- Volume de brita;

$$V_{brita} = V_{conc \ 16} \times r_{brita} \rightarrow$$

$$V_{brita} = 25,344 \times 0,724 \rightarrow$$

$$V_{brita} = 18,35 \cong 19 \text{ m}^3$$

Onde:

Qtd_{sc. Cimento} é a quantidade de sacos de cimento em (un);

V_{conc16} é o volume de concreto de 16 estacas em (m³);

V_{areia} é o volume de areia total em (m³);

V_{brita} é o volume de brita em (m³);

r_{cimento} é o rendimento do cimento;

r_{areia} é o rendimento da areia;

r_{brita} é o rendimento da brita.

- Comprimento total da armadura para 16 estacas;

$$C_{\text{total}} = [(C_{\text{armadura}} + C_{\text{ancoragem}}) \times n^{\circ} \text{ barras}] \times n^{\circ} \text{ estacas} \rightarrow$$

$$C_{\text{total}} = [(5 + 1) \times 6] \times 16 \rightarrow$$

$$C_{\text{total}} = 6 \times 6 \times 16 \rightarrow C_{\text{total}} = 576 \text{ m}$$

- Quantidade de barras de 12,5mm;

$$Qtd_{\text{barras}} = \frac{C_{\text{total}}}{C_{\text{barra}}} \rightarrow$$

$$Qtd_{\text{barras}} = \frac{576}{12} \rightarrow$$

$$Qtd_{\text{barras}} = 48 \text{ barras}$$

Onde:

C_{total} é o comprimento total da armadura de 16 estacas (m);

C_{armadura} é o comprimento da armadura de 1 estaca (m);

C_{ancoragem} é o comprimento de ancoragem de 1 estaca (m);

Nº estacas é a quantidade total de estacas (un);

Nº barras é a quantidade de barras por estaca em (un);

Qtd_{barras} é quantidade de barras em (un);

C_{barra} é o comprimento de cada barra em (m).

Veja a seguir a lista de materiais:

Quadro 1 – Lista de materiais

Material	Quantidade
Cimento	150 sacos
Areia	17 m ³
Brita	19 m ³
Barra 12,5mm	48 un

Fonte: Elaboração própria (2022).

Após a elaboração do quantitativo de materiais, o próximo e último passo é o orçamento dos mesmos, o qual foi realizado por uma loja de materiais de construção local de Ribeirãozinho – MT, no mês 11/2022, para que por fim evitasse custos de transporte. Veja a seguir o orçamento (Figura 7):

Figura 7 – Modelo de orçamento

N	Cód. barras	Nome	Preço c/ desc.	Desc. %	Quantidade	Unidade	Total	
1	6054187	CIMENTO VOTORANTIM 50KG	44,00	0,00	150,00	PC	6.600,00	
2	AREGROSS	AREIA GROSSA	240,00	0,00	17,00	M3	4.080,00	
3	00003	BRITA 01 UM	290,00	0,00	19,00	M3	5.510,00	
4	005147	BARRA DE FERRO CA 50 1/2"	125,00	0,00	48,00	PC	6.000,00	
Subtotal		22.190,00	Desconto	0,00	Pgto. vista: 22.190,00		Total	22.190,00
Acréscimo		0,00	Desconto \$:	0,00	Troco		0,00	
N	Valor	Tipo de	Documento		Vencimento			
1	22190	Dinheiro			10/12/2022			

Fonte: Elaboração própria (2022).

Assim com todo o dimensionamento finalizado e um orçamento de materiais realizado, constata-se que o custo dos materiais sem levar em consideração a mão-de-obra é de R\$ 22.190,00, para a produção das estacas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo avaliar e selecionar a solução de fundação mais adequada para a implantação de um reservatório metálico no município de Ribeirãozinho – MT, levando em consideração aspectos técnicos, geotécnicos e de viabilidade econômica.

Com base nos dados de sondagem e na análise das condições do solo local, foi possível concluir que a fundação mais viável é a estaca tipo hélice contínua monitorada, considerando sua capacidade de carga, método de execução e o controle tecnológico oferecido por esse tipo de fundação. Além disso, os aspectos de rapidez na execução, baixo nível de vibração e menor interferência nas construções vizinhas reforçam a escolha desse sistema.

O dimensionamento final indicou a necessidade de 16 estacas com 40 cm de diâmetro e comprimento de 11,45 metros, armadas com 6 barras de aço CA-50 de 12,5 mm de diâmetro, de acordo com os critérios estabelecidos na ABNT NBR 6122:2019 (Projeto e Execução de Fundações) e demais normas técnicas aplicáveis.

Do ponto de vista econômico, a análise comparativa entre diferentes tipos de fundação (como estacas pré-moldadas e estacas escavadas) apontou que a solução com hélice contínua apresenta um custo global competitivo, especialmente ao se considerar o conjunto de fatores como: menor tempo

de execução, redução de mobilização de equipamentos e a menor necessidade de transporte de materiais de fora da região. Contudo, vale ressaltar que a viabilidade econômica também esteve condicionada à disponibilidade de empresas com equipamentos especializados para execução desse tipo de estaca na região de Ribeirãozinho – MT, o que minimiza custos com deslocamento de equipamentos.

É importante destacar que o orçamento detalhado da execução das estacas foi elaborado com base em cotações regionais de empresas especializadas e contemplou os seguintes itens: mobilização de equipamentos, perfuração, concretagem, consumo de aço para armadura e controle tecnológico de execução.

Por fim, o estudo reforça a importância da investigação geotécnica prévia e do correto dimensionamento da fundação, uma vez que tais etapas são fundamentais para evitar problemas futuros como recalques diferenciais ou até mesmo falhas estruturais, que poderiam comprometer a segurança da estrutura e dos usuários.

REFERÊNCIAS

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Previsão e controle das fundações**. São Paulo: Blucher, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo — Sondagens de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AZEVEDO, Helio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

BAIA, Diego Vinícius Silva. **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil**. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) — Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

BELINCANTA, Antonio; FERRAZ, Renato Lada. Contribuição da Universidade Estadual de Maringá no entendimento da sondagem de simples reconhecimento com SPT. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 5, p. 1463 – 1472, 2000.

BERBERIAN, Dickran. **Livro engenharia de fundações**. Brasília: Editora UNB, 2003.

BRUNELLI, Pedro Henrique Aparecido. **Análise de tensões impostas por fundações em áreas previamente mineradas**. 2018. 111 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Engenharia de Infraestrutura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2018.

FALCONI, Frederico; CORRÊA, Celso Nogueira; ORLANDO, Cássio; SCHMIDT, Carlos; ANTUNES, Waldemar Roberto; ALBUQUERQUE, Paulo José Rocha de; HACHICH, Waldemar; NIYAMA, Sussumu.

Fundações: teoria e prática. 3. ed. São Paulo: Pini, 2019.

GOMES, Euler Ferreira. **Soldagem em reservatórios metálicos para armazenamento de água.** 2017. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Soldagem) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

LOPES, Leandro de Lima; MENDES, Luís Felipe. **Análise de solo por meio de sondagem SPT: estudo de caso de uma residência de dois pavimentos em ambiente urbano.** 2020. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1325/1/Leandro%20de%20Lima%20Lopes.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.

MIYAZATO, Tereza. **Integração do sistema de aquecimento solar (SAS) ao projeto de edificações residenciais.** 2012. 215 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

NUNES, Alexandre Felipe. **Intervenções normativas localizadas em sistemas urbanos: estudo de aplicação da “Lei dos Doze Bairros” na cidade de Recife.** 2017. 293 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

RASI, José Roberto; SERAFIM, José Augusto; MAZER, Wellington; CAUNETTO, Dalcio; BROETTO, Jorge Fernando. Comparativo de blocos de fundação sobre estacas para reservatório metálico vertical com variação de rigidez e considerando a interação

soloestrutura. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 15675 – 15695, 2021.

SANTOS, Gabriel Estevam Tavares dos. **Desenvolvimento de um programa computacional para a determinação das forças devido ao vento em edificações segundo a norma NBR 6123/88**. 2016. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2016.

SCHNAID, Fernando; ODEBRECHT, Edgar. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

SOUZA, Alan Bruno Martins de; FRANTZ, José Carlos. Análise comparativa da qualidade das soldas realizadas pelo processo GMAW nas principais posições de soldagem. **Revista da UNIFEBE**, Brusque, v. 1, n. 27, p. 662 – 706, 2022.

SOUZA, Thales José de; HEMSI, Paulo Scarano; GANDOLFO, Otávio Coaracy Brasil; AOKI, Priscilla Castro. Uso do ensaio paralelo sísmico na avaliação do comprimento de uma estaca protendida na Baixada Santista. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 19., 2018, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: ABMS, 2018.

SOUSA, Gabriel Francisco de. **Análise numérica de blocos sobre duas estacas considerando o atrito lateral entre as estacas e o solo**. 2019. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. Concepção de obras e fundações. *In*: HACHICH, Waldemar *et al.* (org.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2012. p. 211 – 225.

WWF FUNDAÇÕES. **Sondagem de solo SPT**. 2018. Disponível em: <https://www.wvffundacoes.com.br/sondagem-de-solo-spt>. Acesso em: 15 abr. 2024.

VILAS BOAS, Fellipe Augusto. **Avaliação da aplicação de suportes na estabilização e sustentação de escavações subterrâneas**. 2020. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. São Paulo: Blucher, 2021.


ANEXO A – LAUDO DE SONDAGEM

CASARIN		CONSULTORIA E POÇOS		PROJETOS AMBIENTAIS - GEOLOGIA - HIDROGEOLOGIA - GEOTECNIA - MINERAÇÃO		SONDAGEM								
						1								
PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM A PERCUSSÃO - SPT														
Cliente: PREFEITURA DE RIBEIRAÓZINHO Obra: RIBEIRAÓZINHO-MT Local: RIBEIRAÓZINHO-MT				INÍCIO: 05/03/2018 TÉRMINO: 05/03/2018										
Profundidade (m)	Profundidade de Intervalo (m)	Profundidade de SPT (m)	Profundidade de Amarelo (m)	Profundidade de Casabele (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	Nº de Golpes para 15 cm de penetração			Diagrama dos Índices de Penetração (golpes)					
						30 cm Pesado	30 cm Falso	30 cm Extra	% de Recuperação					
						15 cm	15 cm	15 cm	20	40	60	80	100	
1,00			1	0,45	solo residual argila plastica vermelha. Media	1	1	1						
2,00			2	1,45		1	1	1						
3,00			3	2,45		1	1	1						
4,00			4	3,05	solo residual argila plastica vermelha pouca laterita. Media	1	1	1						
5,00			5	4,45		3	3	4						
6,00			6	5,45	solo residual argila plastica pouca laterita vermelha. Rija	5	5	5						
7,00			7	6,45	solo residual argila plastica pouca laterita vermelha. Muito Rija	10	12	10						
8,00			8	7,45	solo residual argila plastica pouca laterita vermelha amarelada. Rija	7	7	8						
9,00			9	8,45		3	5	5						
10,00			10	9,45	solo residual argila plastica vermelha com manchas claras. Muito Rija	4	5	9						
11,00			11	10,45	solo residual argila plastica com manchas claras. Dura	8	11	15						
12,00			12	11,45		20	17	20						
13,00			13	12,45	FIM DA SONDAGEM 8,45M									
14,00			14	13,45										
15,00			15	14,45										
16,00			16	15,45										
17,00			17	16,45										
18,00			18	17,45										
19,00			19	18,45										
20,00			20	19,45										
21,00			21	20,45										
22,00			22	21,45										
23,00			23	22,45		Final do furo a 8,45m a pedido do cliente								
24,00			24	23,45										
25,00			25	24,45										
26,00			26	25,45										
27,00			27	26,45										
28,00			28	27,45										
29,00			29	28,45										
30,00			30	29,45										
31,00			31	30,45										
32,00			32	31,45										
33,00			33	32,45										
34,00			34	33,45										

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS				NÍVEL D'ÁGUA	
SOLO	SPT	DESIGNAÇÃO	SOLO	SPT	DESIGNAÇÃO
04		FOFA (S)	0-2		MUITO MOLE
5 a 10		POCO COMPACTO	3 a 4		MOLE
11 a 30		MEDIAN COMPACTO	5 a 8		MEDIA (S)
31 a 50		COMPACTO (S)	9 a 15		RUA (S)
>50		MUITO COMPACTO	16 a 30		MUITO RUA (S)
POLVA		Sondador	>30		DURA (S)

INICIAL:	SECO
FINAL (após 24 hrs):	SECO
COORDENADAS	
E	16°29'20,74"
W	52°41'53,07"
COTA: 50,0m	
Geólogo: João Carlos Casarin	
CREA-220551639-6	



 CASARIN CONSULTORIA E POÇOS <small>CASARIN & MEIRA LTDA</small> PROJETOS AMBIENTAIS - GEOLOGIA - HIDROGEOLOGIA - GEOTECNIA - MINERAÇÃO				SONDAGEM										
				2										
PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAGEM A PERCUSSÃO - SPT														
Cliente: PREFEITURA DE RIBEIRAÓZINHO Obra: Local: RIBEIRAÓZINHO-MT				INÍCIO: 06/03/2018 TÉRMINO: 06/03/2018										
Profundidade (m)	Profundidade (m) Escavamento (m)	Profundidade (m) do N.A. (m)	Anel nº *	Profundidade (m) Corrente (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	N° de Golpes para 15 cm de penetração			Diagrama dos Índices de Penetração (golpes)					
						30 cm Inicial	30 cm Finais	30 cm	30 cm finais					
						15 cm	15 cm	15 cm	% de Recuperação					
						TRADO	TRADO	TRADO	20	40	60	80		
1,00		1	0,45		solo residual argila plastica vermelha. Media	3	3	2						
2,00		2	1,45		solo residual argila plastica vermelha. Moie	1	1	2						
3,00		3	2,45			2	2	1						
4,00		4	3,45			2	2	1						
5,00		5	4,45			1	2	2						
6,00		6	5,45		solo residual argila plastica vermelha. Media	3	3	4						
7,00		7	6,45		solo residual argila plastica vermelha amarelada. Rija	7	7	8						
8,00		8	7,45		solo residual argila plastica vermelha com manchas claras. Muito Rija	11	11	14						
9,00		9	8,45											
10,00		10	8,45		FIM DA SONDAGEM 8,45M									
11,00		11	10,45											
12,00		12	11,45											
13,00		13	12,45											
14,00		14	13,45											
15,00		15	14,45											
16,00		16	15,45											
17,00		17	16,45											
18,00		18	17,45											
19,00		19	18,45											
20,00		20	19,45											
21,00		21	20,45											
22,00		22	21,45											
23,00		23	22,45			Final do furo a 8,45m a pedido do cliente								
24,00		24	23,45											
25,00		25	24,45											
26,00		26	25,45											
27,00		27	26,45											
28,00		28	27,45											
29,00		29	28,45											
30,00		30	29,45											
31,00		31	30,45											
32,00		32	31,45											
33,00		33	32,45											
34,00		34	33,45											

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS						NÍVEL D'ÁGUA	
MÉDIA SPT	SPT	DESCRIÇÃO	MÉDIA SPT	SPT	DESCRIÇÃO	NÍVEL:	S800
	5 a 10	FOFA (I)		0 a 2	MUITO MOLE		FINAL (após 24 hrs):
	11 a 30	POUCO COMPACT		3 a 4	MOLE	COORDENADAS	
	31 a 50	MEDIAN COMPACT		5 a 8	MÉDIA (II)	S: 18°29'24,23"	W: 52°41'53,26"
POUÇA	> 50	MUITO COMPACT	9 a 15	(IIIA) (II)	COTA:	505m	
	> 30	MUITO COMPACT	16 a 30	MUITO RUA (I)		Geólogo: João Carlos Casarin CREA-220551639-6	
POUÇA:		Sondador	Janderson/Renaldo/Zobeto				



Profundidade (m)		Nº de Cúspes para 15 cm de penetração	Diagrama dos Índices de Penetração (gates)		
Profundidade de Penetração (m)	Profundidade de SPT (N)	30 cm Escava	30 cm Furos	30 cm Escava	
Profundidade de SPT (N)	Profundidade de SPT (N)	15 cm	15 cm	15 cm	
% de Recuperação					
TRADO TRADO TRADO					
15 30 45 60 75 90					
1,00	1	3	4	5	
2,00	2	1	1	1	
3,00	3	1	1	1	
4,00	4	2	2	1	
5,00	5	2	2	3	
6,00	6	2	3	4	
7,00	7	4	4	5	
8,00	8	7	10	10	
9,00	9	15	14	14	
10,00	10				
11,00	11				
12,00	12				
13,00	13				
14,00	14				
15,00	15				
16,00	16				
17,00	17				
18,00	18				
19,00	19				
20,00	20				
21,00	21				
22,00	22				
23,00	23				
24,00	24				
25,00	25				
26,00	26				
27,00	27				
28,00	28				
29,00	29				
30,00	30				
31,00	31				
32,00	32				
33,00	33				
34,00	34				
FIM DA SONDAEM 8,45M					
Fim do furo a 8,45m a pedido do cliente					
CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS					
SOLO SPT		SOLO SPT		SOLO SPT	
DESIGNAÇÃO		DESIGNAÇÃO		DESIGNAÇÃO	
04		0-2		MUITO MOLE	
5 a 10		3 a 4		MOLE	
11 a 30		5 a 8		MEDIA (B)	
31 a 50		9 a 15		RUA (B)	
> 50		16 a 30		MUITO RUA (B)	
		> 30		DURA (C)	
NÍVEL D'ÁGUA					
INICIAL: SECO					
FINAL (após 24 hrs): SECO					
COORDENADAS					
S 18°29'24,23" W 52°41'53,29"					
COTA: 50cm					
Geólogo: José Carlos Casarin					
CREA-220551639-6					
1/1		Sondador		Janderson/Renaldo/Zoberto	

Fonte: Acervo pessoal (2022).



COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA PARA O DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS, APLICADOS À BASE DE CONCRETO DE SILO PLANO

Brenda Thatielly da Silva Vital

Rogério Alves de Oliveira

Cayttano Saul de Sá Zarpellon

INTRODUÇÃO

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2020) a safra de grãos do ano de 2020 ultrapassou 250 milhões de toneladas, e foi a maior que o país já teve até então. De acordo com o Ministério da Agricultura (2020), estima-se que a produção de insumos agrícolas no Brasil até 2029/30 chegue a 318,3 milhões de toneladas. Esse crescimento representa cerca de 27% sobre a safra de 2020, tomada de base para as estimativas, apresentando um acréscimo de 2,4% ano. Ademais a área de plantio de

grãos no país de 65,5 milhões de hectares, conforme dados do CONAB, deve expandir-se para 76,4 milhões.

O aumento da produção de grãos no país requer a produção de novos silos. No atual cenário de produção de grãos no Brasil, o modelo de estrutura de armazenagem que apresenta maior aceitação de mercado no meio agrícola é o silo cilíndrico metálico. O conhecimento sobre as ações atuantes em toda a estrutura, paredes, fundo, se faz essencial (Palma, 2005).

Os silos são estruturas que apresentam um índice considerável de ruínas, principalmente devido a problemas relacionados às fundações. Essas falhas estão diretamente ligadas ao processo de execução e ao dimensionamento inadequado de fundações profundas. O projeto dessas fundações deve considerar criteriosamente a distribuição das tensões entre o fundo do silo e o anel de base, uma vez que essas áreas concentram os maiores esforços estruturais (Frank, 2010).

Conforme Andrade (2003), denomina-se fundação os elementos de uma estrutura reponsáveis por transmitir toda a carga da superestrutura ao terreno. Portanto trata-se do elemento de interação entre estrutura a e solo, que deve suportar as cargas atuantes, distribuindo-as sobre a superfície de contato que se apoia. A determinação das características do elemento a ser adotado depende de variantes que envolvem as cargas atuantes, nível do lençol freático, composição

granulométrica do solo, entre outros. Essas condicionantes analisadas devem satisfazer a segurança, durabilidade e funcionalidade.

Em contrapartida à necessidade de execução de silos está a falta de normativas brasileiras que definem diretrizes para execução de projetos silos armazenadores de grãos, além de poucos artigos publicados nessa área de atuação da construção civil.

Em 1975, surgiu no Brasil o primeiro método para estimativa da capacidade de carga em estacas, proposto por Aoki e Velloso (1975), desde então surgiram vários outros autores como Decourt e Quaresma (1978) e Dickran Berberian (1996). Perante o exposto, destaca-se a relevância do dimensionamento correto para concepção da fundação mais adequada em estruturas de armazenamento de grãos. O presente trabalho comparou as variações existentes entre qual dos métodos semiempíricos adotados no dimensionamento da capacidade de carga de estacas escavadas.

Este estudo tem como objetivo principal prever a capacidade de carga de fundações profundas do tipo estaca escavada, considerando os laudos de sondagem e as cargas atuantes em silos, utilizando os métodos semiempíricos propostos por Aoki e Velloso, decourt e quaresma, e dickran berberian. Para atingir esse objetivo, o trabalho se propõe a interpretar os laudos de sondagem das três fazendas, calcular a capacidade de carga das estacas escavadas segundo os

três métodos citados, dimensionar as estacas para diferentes elementos do silo, como a viga anel, cabeceira do túnel, laje central e túnel, e, por fim, comparar os resultados obtidos, destacando as variações encontradas com a aplicação dos diferentes métodos de dimensionamento.

DESENVOLVIMENTO

Armazenagem de grãos

A produção agrícola trata-se de uma das atividades mais antigas desenvolvidas pelo ser humano. De acordo com Mazoyer e Roudart (2010), há cerca de 10 mil anos às práticas agrícolas começaram se desenvolver, inicialmente com o cultivo de plantas e criação de animais por comunidades locais. Levando em consideração o desenvolvimento dos grupos sociais, houve a necessidade do surgimento de diferentes formas de organização agrícola, que com o passar do tempo se consolidaram, e neste contexto, a agricultura passou a ter um papel junto à economia e política nas sociedades. (Davis; Goldberg, 1957). No Brasil, durante a década de 1940 houve as primeiras iniciativas governamentais brasileiras relacionadas ao armazenamento de produtos agrícolas, isso se deu de forma mais significativa devido à problemas de abastecimento gerados pela guerra (Frederico, 2010).

Entre as décadas de 1980 e 1990 as políticas estatais passaram por relevantes alterações, até meados da década de 1980 o principal financiador e armazenador foi o Estado, a partir de então ocorreu uma transição da política agrícola estatal para regulação privada (Frederico, 2010). O processo de armazenagem possui grande impacto na comercialização de grãos, e tendo em vista que a produção apresenta variações ao longo do tempo um sistema instalado adequadamente garante a qualidade do produto (Leite, 2013).

De acordo com Machado *et al.* (2013) as perdas que ocorrem desde o processo de produção agrícola até a sua comercialização impactam diretamente na competitividade do agronegócio. Essa competitividade gerada torna-se vantajosa, possibilitando a expansão e investimento no mercado agrícola resultando no alto desempenho, diante disso torna-se essencial o planejamento da produção afim de reduzir perdas (Zylbersztajn, 2000).

No entanto, diversos problemas impactam e prejudicam o escoamento da produção. Segunda a Companhia Nacional de Abastecimento, o Brasil apresentou recordes na produção de grãos nos últimos anos, entretanto a capacidade de armazenamento não cresceu no mesmo ritmo gerando um *déficit* de armazenamento de milhões de toneladas de grão que comprometem o crescimento e avanço da produção agrícola no país (Gaban; Guarnieri, 2015). De acordo com Puzzi (1986), uma unidade armazenadora de grãos, é responsável por receber a produção de grãos, conservá-los de modo a garantir

as condições técnicas e posteriormente fazer a redistribuição do produto armazenado. O setor de armazenagem possui um destaque nesse cenário, estima-se que a capacidade de armazenamento do Brasil corresponda a 3,5% da produção total de grãos. Comparado a países como Argentina, Estados Unidos e França, que possuem uma capacidade estática de armazenamento de 30 a 60% das suas safras, esse valor torna-se ainda mais relevante e preocupante (Devilla, 2004).

Silos

De acordo com Freitas (2001), silos são unidades construtivas que tem por finalidade a armazenagem de produtos granulares ou pulverulentos, normalmente formado por um conjunto de aparelhos de descarga, permitindo o esvaziamento do produto armazenado por gravidade, métodos mecânicos ou pneumáticos.

A definição de silos como construções agrícolas projetadas para o armazenamento de produtos sólidos, granulares ou pulverulento a granel é confirmada por Silva (1998), que acrescenta que o objetivo dessas unidades é manter as propriedades biológicas, químicas e físicas do produto durante todo o período de armazenamento. Segundo Merch e Gomes (1982), uma unidade armazenadora de grãos é planejada e construída de modo funcional, permitindo o pré-beneficiamento e preservação da qualidade e quantidade do produto agrícola armazenado, em especial grãos.

De acordo com Lopes (2009), a classificação dos silos leva em conta importantes fatores, como a geometria e o nível dele em relação ao solo, os materiais, e o método construtivo adotado. Merch e Gomes (1982), classificam os silos quanto a sua disposição em verticais e horizontais, nos silos verticais predomina-se a dimensão da altura em relação ao diâmetro, já nos silos horizontais prevalecem as dimensões da base em relação à altura.

Os autores presentes na literatura apresentam classificações distintas em relação à geometria dos silos, não havendo um padrão ou normatização regulamentadora que os classifique no Brasil. No entanto, a norma europeia do *European Committee for Standardization* (CEN, 2006), a EN 1991-4: Eurocode 1, classifica os silos de acordo com sua geometria, fluxo durante o enchimento, transporte, esvaziamento e tipo de fundo adotado. Portanto, adotou-se como referência principal para a classificação dos silos essa norma estrangeira.

Fundações

De acordo com Berberian e Dickran (1943), as fundações são elementos de transição entre a estrutura e o solo, responsáveis por transferir as cargas da superestrutura ao maciço de solo. As fundações classificam-se quanto a sua profundidade em relação ao solo, em rasas ou profundas, e em relação a maneira de transferência dos esforços da estrutura

ao solo, em diretas ou indiretas. (Cintra; Aoki; Albiero, 2011). A NBR 6122 que dispõe sobre projeto e execução de fundações classifica como fundações diretas as que de modo geral transferem as cargas ao solo através da sua base, e indiretas as que transferem as cargas ao solo por meio do atrito lateral e de ponta (ABNT, 2019).

As estacas e os tubulões são classificados como fundações profundas e se dividem em cravadas e escavadas podendo ser respectivamente pré-fabricadas e moldada *in loco*. As estacas se diferenciam dos tubulões por seu método executivo, uma vez que as estacas são executadas por ferramentas ou equipamentos e não exigem a descida de colaborador (Velloso; Lopes, 2010).

De acordo com Barbosa (2021) nas estacas escavadas é realizado a escavação para a remoção do solo no local da fundação, em sequência é realizado o lançamento de concreto, pasta de cimento ou argamassa. Nas estacas cravadas é realizado o cravamento da estaca pré-fabricada que pode ser de diversos materiais como madeira, aço, concreto, que são introduzidos ao solo por meio de choque mecânico ou vibrações.

MATERIAL E MÉTODO

Optou-se pela coleta de dados em locais que houve execução de silos no ano de 2020/2021 a partir do processo

de investigação do subsolo por Sondagem a Percussão – SPT, realizado de acordo com as normas técnicas estabelecidas pela NBR 6484 que dispõe sobre sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio, para execução do ensaio e obtenção do laudo (ABNT, 2020).

Utilizou-se o laudo de sondagem de três fazendas, localizadas no estado de Mato Grosso, nos municípios de Santa Cruz do Xingu, Confresa e Cana Brava do Norte. Tomando como ponto de referência a sede do fornecedor de dados, uma construtora instalada na cidade de Confresa, teremos os dados e as localizações das fazendas respectivamente mostradas abaixo e na Tabela 1.

Os dados utilizados para elaboração da presente pesquisa, são laudos de sondagem que foram disponibilizados pela construtora localizada no município de Confresa – MT, de locais reais em que a construtora executou obras desde silos até galpões de armazenamento dos grãos.

Para o dimensionamento das estacas do anel, da cabeceira do túnel, da laje central e das estacas do túnel, utilizou-se como base do fornecimento de dados da carga necessária em cada uma das estacas o estudo de caso Castro e Santos (2018), para um silo com capacidade de armazenamento de 33.225 sacos de 60 kg, com diâmetro de 14,55 metros e 18 anéis, nas cidades de Campo Alegre, Amaralina e Ipameri no estado de Goiás. Analisou-se os dados referentes as cargas solicitantes da obra para todas as áreas

de estudo visando analisar as diferenças produzidas somente pelo perfil de solo no dimensionamento das estacas escavadas.

Tabela 1 – Dados das fazendas

Dados das fazendas	
Fazenda são judas tadeu	
Localização	Município de Santa Cruz do Xingu – MT
Capacidade do silo executado	440 mil sacas
Distância em relação ao ponto de referência	180 km
Fazenda ouro verde	
Localização	Município de Confresa – MT
Capacidade do silo executado	400 mil sacas
Distância em relação ao ponto de referência	60 km
Fazenda raça	
Localização	Município de Cana Brava do Norte – MT
Capacidade do silo executado	413 mil sacas
Distância em relação ao ponto de referência	100 km

Fonte: Elaboração própria (2022).

Para a determinação das cargas atuantes no silo utilizou-se uma linha de equipamentos padrões empresa Comil Silos e Secadores, que forneceu o projeto de base do Silo Metálico Comil, modelo SL14, 55, onde encontram-se os valores para obtenção das cargas utilizadas com variáveis de entrada para o processo de dimensionamento. A partir desses dados fornecidos pelo fabricante calculou-se a carga do vento e da excentricidade do silo e a partir de então obteve-se o

dimensionamento das cargas atuantes em cada estaca do silo, os dados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Cargas atuantes nas estacas do silo

Carga das estacas de cada subestrutura do silo		
Estaca		Q (Tf)
Anel do silo	qA	42,46
Laje central	qP	29,07
Cebeceira do túnel	qC	50,13
Túnel	qT	34,88

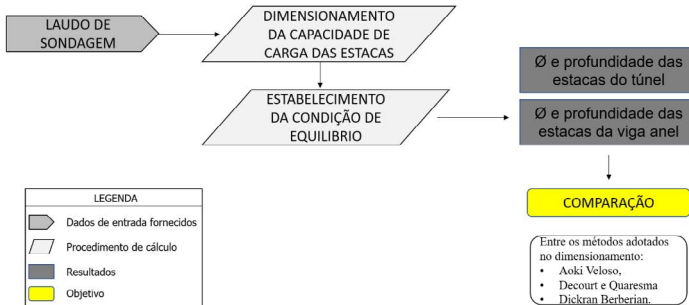
Fonte: Castro e Santos (2018, p. 48).

Os laudos de sondagem fornecidos, estabelecem fatores determinantes para o dimensionamento das fundações profundas das bases de concreto dos silos planos. Influenciados pelos parâmetros de classificação e características físicas do solo, posição do nível d'água, existência de vazios e matacões e os índices de resistência a penetração a cada metro de solo (Pinto, 2006).

Logo, com base nos laudos e nas cargas solicitantes de cada estaca do silo serão calculadas e comparadas as capacidades de cargas das fundações profundas adotadas, neste caso estaca escavada, segundo os métodos empíricos de Aoki Veloso (1975), Decourt e Quaresma (1978) e Dickran Berberian (1996), para as três áreas de estudo.

Depois de identificar a capacidade de carga das estacas da viga anel e laje central do silo, túnel e cabeceira do túnel para os diâmetros de 30, 40 e 50 centímetros e determinar como essas cargas se distribuem nas fundações, é enfim estabelecido a condição de equilíbrio entre as cargas solicitantes e resistentes e possível realizar um estudo comparativo entre os métodos semiempíricos de dimensionamento levando em consideração diferentes locais a partir dos laudos de sondagem e diâmetros das estacas. Em síntese a análise de dados será realizada seguindo fluxograma, mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma análise de dados



Fonte: Elaboração própria (2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os parâmetros e os métodos de cálculo serão apresentados os resultados encontrados para a estimativa da capacidade de carga em estacas escavadas

para as áreas de estudo em questão. Para o dimensionamento das estacas, foram utilizados 3 métodos de cálculo, sendo os métodos semiempíricos de Aoki Veloso (1975), Decourt e Quaresma (1978) e Dickran Berberian (1996).

A partir dos laudos de sondagens das três fazendas (Anexo A) obtém-se os valores de N_{spt} utilizados no dimensionamento da capacidade de carga das estacas escavadas por meio das 3 metodologias de cálculo citados anteriormente. Para a determinação da capacidade de carga optou-se pela variação do comprimento da estaca, levando em consideração a profundidade apresentado no laudo sondagem, por finalidade comparativa por uma variação de 30, 40 e 50 centímetros no diâmetro das estacas.

As cargas adotadas no dimensionamento das estacas do anel, laje central, cabeceira do túnel e túnel são respectivamente 424.6 kN, 290.7 kN, 501.3 kN e 348.8 kN, como mostra a Figura 11. Tendo como base, os valores obtidos na determinação da capacidade de carga pelos três métodos, dimensiona-se a profundidade as estacas escavadas em função dos diâmetros apresentados. A profundidade da estaca será determinada conforme a NBR 6122, devendo ter sua ponta apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 metros de comprimento, tomando como 4,00 metros a dimensão mínima para as estacas (ABNT, 2019).

Dimensionamento estacas da viga anel

De acordo com o Castro e Santos (2018), a carga solicitante para as estacas da viga anel do silo, levando em consideração as características consideradas na obra em análise é de 42,46 tf ou 424,6 kN, portanto dimensionou-se a profundidade da estaca em relação a diferentes diâmetros para as 3 fazendas em estudo, como mostra a Tabela 3. A tabela mostra as opções para os diferentes diâmetros calculados conforme os 3 métodos já mencionados, as células com “–” indicam que não existe solução possível para o diâmetro adotado dentro dos limites de profundidade disponibilizados nos laudos de sondagem.

Tabela 3 – Dimensionamento das estacas da viga anel do silo

Estacas da Viga Anel – 424,6 kN				
Fazenda	Método	Diâmetro (m)	Profundidade (m)	Qadm (kN)
São Judas Tadeu	Aoki e Veloso	0,3	–	–
		0,4	–	–
		0,5	7	507,1
	Decourt e Quaresma	0,3	–	–
		0,4	6	541,04
		0,5	4	469,17
	Dickran Berberian	0,3	–	–
		0,4	–	–
		0,5	–	–

Ouro Verde	Aoki e Veloso	0,3	–	–
		0,4	–	–
		0,5	11	439,4
	Decourt e Quaresma	0,3	–	–
		0,4	–	–
		0,5	10	441,13
	Dickran Berberian	0,3	–	–
		0,4	–	–
		0,5	–	–
Raça	Aoki e Veloso	0,3	8	450,65
		0,4	7	434,95
		0,5	6	556,936
	Decourt e Quaresma	0,3	–	–
		0,4	7	460,18
		0,5	6	464,88
	Dickran Berberian	0,3	–	–
		0,4	7	432,17
		0,5	7	643,65

Fonte: Elaboração própria (2022).

Dimensionamento da laje central

A carga solicitante para as estacas da laje central do silo apresenta um valor menor quando comparadas as demais cargas, trata-se de 29,07 tf ou 290,7 kN, com isso foi

determinado a profundidade da estaca em relação a diferentes diâmetros para as 3 fazendas em estudo, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Dimensionamento das estacas da laje central

Estacas da laje central – 290,70 kn					
Fazenda	Método	Diâmetro (m)	Profundidade (m)	Qadm (kN)	
São Judas Tadeu	Aoki e Veloso	0,3	–	–	
		0,4	7	345,5	
		0,5	6	319,45	
	Decourt e Quaresma	0,3	6	349,38	
		0,4	3	300	
		0,5	3	420	
	Dickran Berberian	0,3	–	–	
		0,4	–	–	
		0,5	6	308,57	
	Ouro Verde	Aoki e Veloso	0,3	–	–
			0,4	11	305
			0,5	8	351,75
Decourt e Quaresma		0,3	–	–	
		0,4	10	287,58	
		0,5	7	314,96	
Dickran Berberian		0,3	–	–	
		0,4	–	–	
		0,5	9	370	

Raça	Aoki e Veloso	0,3	8	450,64
		0,4	6	364,95
		0,5	6	556,93
	Decourt e Quaresma	0,3	–	–
		0,4	6	316,95
		0,5	6	464,88
	Dickran Berberian	0,3	–	–
		0,4	7	432,17
		0,5	6	383,93

Fonte: Elaboração própria (2022).

Dimensionamento da cabeceira do túnel

Já para a cabeceira do túnel a carga solicitante é de 50,13 tf ou 501,30 kN, com isso dimensionou-se a profundidade da estaca em relação a diferentes diâmetros para as três áreas em estudo, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Dimensionamento das estacas da cabeceira do túnel

Estacas da cabeceira do túnel – 501,3 kn					
Fazenda	Método	Diâmetro (m)	Profundidade (m)	Qadm (kN)	
São Judas Tadeu	Aoki e Veloso	0,3	–	–	
		0,4	–	–	
		0,5	7	507,1	
	Decourt e Quaresma	0,3	–	–	
		0,4	6	541,04	
		0,5	5	568,75	
	Dickran Berberian	0,3	–	–	
		0,4	–	–	
		0,5	–	–	
	Ouro Verde	Aoki e Veloso	0,3	–	–
			0,4	–	–
			0,5	–	–
Decourt e Quaresma		0,3	–	–	
		0,4	–	–	
		0,5	–	–	
Dickran Berberian		0,3	–	–	
		0,4	–	–	
		0,5	–	–	

Raça	Aoki e Veloso	0,3	–	–
		0,4	8	762,04
		0,5	6	556,93
	Decourt e Quaresma	0,3	–	–
		0,4	–	–
		0,5	7	682,19
	Dickran Berberian	0,3	–	–
		0,4	–	–
		0,5	7	643,65

Fonte: Elaboração própria (2022).

Comparativo entre os 3 métodos

Para as estacas da viga anel com solicitação de 426,6 kN por estaca, na Fazenda São Judas Tadeu o método de Dikran Berberian não apresentou solução compatível com o fator de segurança normativo para as profundidades encontradas nos laudos de sondagem, para os métodos de Aoki e Velloso e Decourt e Quaresma as soluções mais econômicas foram de estacas com 7 metros com 50 cm de diâmetro e 6 metros com 40 cm de diâmetro.

Para a Fazenda Ouro Verde o método de Aoki e Velloso apresentou solução mais econômica com estacas de 0,5 m de diâmetro e 11 metros de profundidade, já o método de Decourt e Quaresma apresentou opção mais econômica com estacas de 0,5 m de diâmetro e de 10 m de comprimento.

Para a fazenda Raça os métodos de Decourt e Quaressma e Dickran Berberian apresentaram solução mais econômica com estacas de 0,40m de diâmetro e 7 metros de profundidade, o método de Aoki Velloso apresentou solução mais econômica com estacas de 0,3 m de diâmetro e 8 m de profundidade.

As estacas da laje central apresentam solicitação de 290,70 kN, para a fazenda São Judas Tadeu estacas com 0,4m de diâmetro e 7 metros de comprimento já atendem o fator de segurança normativo de 2,0, utilizando o método de Decourt e Quaresma seriam necessárias estacas de 0,3m de diâmetro com 6 m de profundidade, o método de Dickran Berberian previu a necessidade de estacas de 0,5 m de diâmetro com 6 m de profundidade.

Para a Fazenda Ouro Verde a solução mais econômica foi obtida pelo método Decourt e Quaresma, sendo necessárias estacas de 0,5 m de diâmetro e 7 metros de profundidade, segundo o método de Aoki e Velloso a melhor solução seria a adoção de estacas de 0,5 m de diâmetro com 8 metros de profundidade. Utilizando o método de Dickran Berberian seriam necessárias estacas de 0,5 m de diâmetro com 9 metros de profundidade.

Para a Fazenda Raça os métodos de Aoki e Velloso e Dickran Berberian conduziram a mesma solução, estacas com diâmetro de 0,4 m e profundidade de 6,0 m, o método de Berberian conduziu a escolha por estacas com mesmo diâmetro e profundidade de 7,0 m.

Por fim, para as estacas da cabeceira do túnel com solicitação de 501,3 kN, nota-se a ausência de soluções para a fazenda Ouro Verde, o que indica que a interrupção do laudo de sondagem foi equivocada, seriam necessários dados de sondagem a maiores profundidades para a definição de uma solução compatível com o perfil de solo que atenda o fator de segurança definido pela NBR 6122 (ABNT, 2019).

Para a fazenda São Judas Tadeu, utilizando o método de Aoki e Velloso, a opção mais econômica corresponde a utilização de estacas com 0,5 m de diâmetro e 7 metros de profundidade, o método de Décourt Quaresma leva a escolha do mesmo diâmetro, porém com profundidade de 5,0 m. Para a fazenda Raça os métodos de Décourt e Quaresma e Dickran Berberian conduzem a mesma solução, com estacas de 0,5 m de diâmetro e 7,0 m de comprimento. O método de Aoki e Velloso conduz a escolha por estacas de 0,5 m de diâmetro e 6 m de profundidade.

Os resultados apontados acima evidenciam a grande variação dos resultados obtida com os diferentes métodos adotados. É importante ressaltar que métodos semiempíricos são métodos estatísticos e sua utilização deve ser condicionada a validação via provas de carga. A única maneira de validação das soluções apresentadas seria uma comparação entre a previsão dos 3 métodos apresentados com as cargas obtidas em provas de carga lentas.

De acordo com Schulze (2013), o método de Décourt e Quaresma é o método de cálculo semiempírico mais próximo das provas de carga executadas. Entretanto, a autora complementa que normalmente os métodos semiempíricos são produzidos a partir de observações empíricas e da análise de banco de dados de provas de carga executadas em determinado tipo de estaca em solo de uma determinada região.

As definições elaboradas pelos diversos autores são induzidas por essas características específicas. Mediante disso, o uso generalizado de um método semiempírico deve ser feito com ponderação, levando em consideração as semelhanças do tipo de solo e estaca entre o método de cálculo adotado e a situação real em estudo.

Levando-se em consideração o quesito técnico, estacas escavadas apresentam vantagens quanto a grande mobilidade e produção do equipamento, em permitir a amostragem do solo perfurado, em atingir a profundidade desejada e determinada em projeto e na ausência de vibrações. Destacando-se pela facilidade de execução em solos porosos e coesivos situados acima do nível do lençol freático.

Os solos estudados não apresentaram presença de água e grandes oscilações de resistência em seu resultado, como o solo das fazendas de modo geral não possui uma elevada resistência, N_{spt} maior que 30, não haverá dificuldades na execução da perfuração com equipamento de

estaca escavada, portanto considera-se tecnicamente viáveis sua execução em todas as áreas de estudo. Vale destacar que Cintra e Aoki (2010) não estabelecem valores limites de índice de resistência a penetração para a parada de estacas escavadas mecanicamente, portanto variam dependendo da capacidade do equipamento.

Para que fosse estabelecido a metodologia de cálculo que mais se aproxima da realidade seria necessário a execução de uma prova de carga estática no local para obtenção de um resultado mais exato da capacidade de carga das estacas. Dessa forma, seria possível realizar um comparativo de qual método de dimensionamento se mostra mais próximo do real.

Silva (2016) verificou a validade e precisão dos métodos semiempíricos para a região do Distrito Federal, a partir da comparação da capacidade de carga das estacas obtidas a partir das metodologias semiempíricas de cálculo e os resultados de provas de cargas realizadas no mesmo local, e conclui que os métodos semiempíricos de cálculos quando comparados com os ensaios subestimam os valores da capacidade de carga laterais, de ponta e globais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do cenário ascendendo do mercado de grãos no Brasil, levando em consideração o *déficit* de unidades armazenadoras de grãos no país, cada vez se faz mais

necessários profissionais qualificados para execução desse tipo de estrutura nos variados tipos de terreno. Tendo isso, a engenharia de fundações torna-se cada vez mais importante, ainda mais se levarmos em consideração a falta de normas brasileiras para esse tipo de obras, pois as determinações da capacidade de cargas das fundações podem definir a viabilidade executiva e custo.

Para os métodos de dimensionamento estudados, levando em consideração os dados sobre o solo de cada área de estudo, concluiu-se para estacas escavadas com 30, 40 e 50 cm concluiu-se que os métodos apresentam grandes variações de resultados, sendo imprescindível a validação desses métodos via provas de carga.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, André Rosa de. **Caracterização dos elementos de fundações aplicáveis em edificações na região de Florianópolis**. 2003. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

AOKI, Nelson; VELLOSO, Dirceu de Alencar. An approximate method to estimate the bearing capacity of piles. *In: PAN-AMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING*, 5., 1975, Buenos Aires. **Proceedings** [...]. Buenos Aires: [S. n.], 1975. p. 367 – 376.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484:** Solo – sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BARBOSA, Eduardo Pires. **Fundações rasas e profundas.** São Paulo: Platos, 2021.

BERBERIAN, Dickran. **Engenharia de fundações.** Brasília, DF: Infrasolo, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio – Brasil 2019/20 a 2029/30, projeções de longo prazo.** 11. ed. São Paulo: Folha, 2020.

CASTRO, Filipe Gonçalves; SANTOS, Victor Soares. **Elaboração e avaliação de roteiro de dimensionamento de fundações para silos armazenadores de grãos.** 2018. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Iporá, Iporá, 2018.

CINTRA, José Carlos Angelo; AOKI, Nelson. **Fundações por estacas:** projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CINTRA, José Carlos Angelo; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. **Fundações diretas:** projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira.** Grão da Safra 2020/21, Brasília, DF, nov. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/16736-12-levantamento-safra-2020-21>. Acesso em: 16 jan. 2025.

DAVIS, John Herbert; GOLDBERG, Ray Allan. **A concept of agribusiness.** Boston: Harvard University, 1957.

DÉCOURT, Luciano; QUARESMA FILHO, Arthur. Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 6., 1978, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: ABMS, 1978. p. 45 – 54.

DEVILLA, Ivete de Almeida. **Projetos de unidades armazenadoras**. Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, 2004. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABPc4AB/projeto-unidades-armazenadoras>. Acesso em: 16 jan. 2025.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1991-4**: Eurocode 1: Actions on structures. Part 4: Silos and tanks. Brussels: CEN, 2006.

FRANK, Maicon Zoz. **Determinação do coeficiente de transferência de cargas nas fundações de silos verticais cilíndricos de base semi-V**. 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2010.

FREDERICO, Samuel. Desvendando o agronegócio: financiamento agrícola e o papel estratégico do sistema de armazenamento de grãos. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 27, p. 47 – 61, 2010.

FREITAS, Elton das Graças Albuquerque. **Estudo teórico e experimental das pressões em silos cilíndricos de baixa relação altura/diâmetro e fundo plano**. 2001. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

GABAN, Ana Carolina; GUARNIERI, Patrícia. Identificação de gargalos na logística agroindustrial: revisão sistemática da literatura. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA,

ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 53., 2015, João Pessoa. **Anais** [...]. João Pessoa: SOBER, 2015.

LEITE, Gisele Lemos Duarte. **Capacidade de armazenamento e escoamento de grãos do estado de Mato Grosso**. 2013. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

LOPES, José Pinheiro Neto. **Análise teórico experimental das forças verticais e de atrito em silos cilíndricos**. 2009. 137 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

MACHADO, Sérgio Takeo; REIS, João Gilberto Mendes dos; SOUZA, Reinaldo Castro; OLIVEIRA, Rodrigo Victor de; DELIBERADOR, Luiz Renato. Perdas na cadeia produtiva da soja: uma análise sob a ótica das redes de suprimentos. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: ABEPRO, 2013.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora UNESP; Brasília: NEAD, 2010.

MERCH, Ricardo Francisco; GOMES, Nelson Kalil. **Armazenamento de grãos**. Porto Alegre: CESA, 1982.

PALMA, Gladis. **Pressões e fluxo em silos esbeltos ($h/d \geq 1,5$)**. 2005. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

PUZZI, Domingos. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2013.

SCHULZE, Tales. **Análise da capacidade de carga de estaca escavada instrumentada de pequeno diâmetro por meio de métodos semi-empíricos**. 2013. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

SILVA, Éder Tiago. **Elementos pré-moldados para silos quadrados de concreto armado**. 1998. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

SILVA, Luiza Maria Costa da. **Análise de métodos semi-empíricos aplicados ao dimensionamento de estacas**. 2016. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações**: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ZYLBERSZTAJN, Decio. Conceitos gerais, evolução e apresentação do sistema agroindustrial. *In*: ZYLBERSZTAJN, Decio; NEVES, Marcos Fava (org.). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2000. p. 1 – 20.

ANEXOS

ANEXO A – Laudo de sondagem, Fazenda São Judas Tadeu

LAUDO DE SONDAGEM

site: www.tecnica.eng.br
email: sondagem@tecnica.eng.br

Interessado: Zaercio Fagundes Gouveia	Furo: SP 04
Obra: Armazém de grãos	Folha: 07
Local obra: Confresa-MT	Data do Laudo: 10/12/20

Descrições do amostrador:		Diâmetro externo = 2 1/2"		Peso batentes= 65 Kg		Diâmetro do Revestimento = 2 1/2"		
		Diâmetro interno = 1 3/8"		Altura da queda = 75 cm		Diâmetro da Haste = 1"		
Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1ª+2ª	2ª+3ª	1ª e 2ª penetração	2ª e 3ª penetração	*Consistência / **Compacidade	Descrição do Solo
-1.00	01							Silte argiloso com pedregulho laterítico, coloração marrom
-2.00	02		31	34			dura*	Silte argiloso com pedregulho laterítico, coloração variegado
-3.00	03		3	5			mole*	Silte argiloso, coloração variegado
-4.00	04		2	3			mole*	
-5.00	05		18	21			dura*	Silte argiloso, coloração roxo
-6.00	06		16	21			dura*	
-7.00	07		12	15			rija*	
-8.00	08		23	29			dura*	Silte argiloso, coloração roxo e cinza
-9.00	09		50/22	16/07			dura*	
-10.00	10		50/05					Siltito de coloração roxa
								Impenetrável a lavagem:
								10min para percorrer 11cm
								10min para percorrer 8cm
								10min para percorrer 3cm

Nível d'água : 4,98 m	Cota do Furo - GPS: 296,00 m
Data do N.A.: 08/12/20	Prof. da sondagem: 9,27 m
Sondador: Celesiano Rodrigue	Coordenadas: 22L 320370
Engº Resp.: Edvaldo José Cordeiro - Crea GO 6728/D	Equip: GPS12 Garmin UTM 8863978

Fonte: Acervo pessoal (2022).



Anexo B – Laudo de sondagem, Fazenda Ouro Verde

LAUDO DE SONDAGEM

site: www.tecnica.eng.br
email: sondagem@tecnica.eng.br

Interessado: Fazenda Ouro Verde		Furo: SP 02	
Obra: Estruturas para armazenamento de grãos		Folha: 06	
Local obra: Faz. Ouro Verde, Porto Alegre do Norte - MT		Data do Laudo: 13/03/20	

Descrições do amostrador: Diâmetro externo = 2 1/2" Peso batente= 65 Kg Diâmetro do Revestimento = 2 1/2"
Diâmetro interno = 3/8" Altura da queda = 75 cm Diâmetro da Haste = 1"

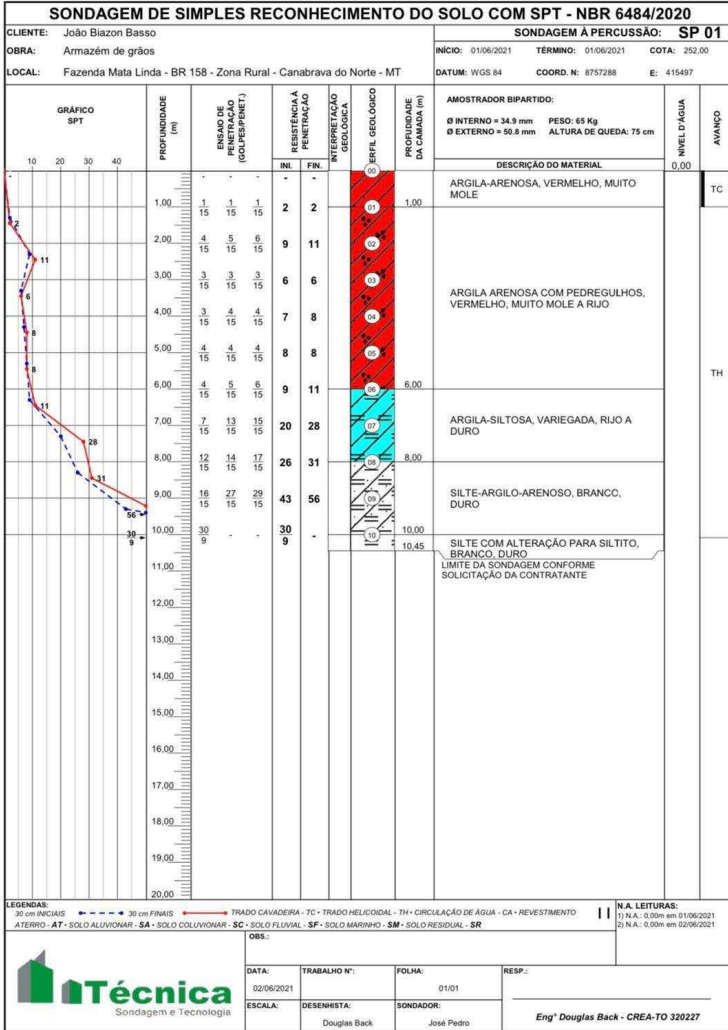
Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 74 h	1º+2º	2º+3º	1º e 2º penetração	2º e 3º penetração	*Consistência / **Compacidade	Descrição do Solo										
			15	15	10	20	30	40	50									
-1.00	01																	
-2.00	02		2	2														muito mole*
-3.00	03		2	2														muito mole*
-4.00	04		3	4														mole*
-5.00	05		9	10														média*
-6.00	06		11	11														rija*
-7.00	07		12	12														mediantemente compacta**
-8.00	08		11	11														mediantemente compacta**
-9.00	09		11	10														mediantemente compacta**
-10.00	10		14	15														mediantemente compacta**
-11.00	11		15	15														mediantemente compacta**
-12.00	12		14	14														mediantemente compacta**
-13.00	13		15	16														mediantemente compacta**

Nível d'água : Não foi alcançado	Cota do Furo - GPS: 244,00 m
Data do N.A.: 12/02/20	Prof. da sondagem: 12,45 m
Sondador: Samuel Cruz	Coordenadas: 22L 392020
Engº Resp.: Edvaldo José Cordeiro - Crea GO 6728/D	Equip: GPS12 Garmin UTM 8826629

Fonte: Acervo pessoal (2022).



Anexo C – Laudo de sondagem, Fazenda Raça



Fonte: Acervo pessoal (2022).



ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A ADOÇÃO DE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS E PROFUNDAS PARA A VIGA ANEL DE UM SILO METÁLICO CONSTRUÍDO NA CIDADE DE PIRANHAS – GO

Rafael Araújo Alves

Rogério Alves de Oliveira

ayttano Saul de Sá Zarpellon

INTRODUÇÃO

A partir da modernização da agricultura houve um aumento significativo na produção de alimentos, e nesse contexto o setor que mais teve aumento foi o de produção de grãos (IFOPE, 2019). Ano após ano a produção de grãos continua crescendo e quebrando recordes, entretanto o Brasil possui um *déficit* na armazenagem e estocagem dessa produção, gerando então perdas por falta de armazenamento adequado como afirma Scalabrin (2008).

Segundo dados divulgados pela Aprosoja – MT (2025), na safra 2024/25 o estado de Mato Grosso apresentou uma capacidade de armazenagem que atende apenas 53,69% da produção de soja e milho, resultando em um déficit de aproximadamente 45,10 milhões de toneladas. Esse descompasso entre produção e infraestrutura de armazenagem representa um risco para o escoamento e a conservação da produção agrícola, especialmente em anos de supersafra, e evidencia a necessidade urgente de investimentos no setor logístico e armazenador.

No município de Piranhas – GO nos últimos anos tem intensificado a produção de grãos, onde o principal grão produzido é a soja, a partir do ano de 2018 e 2019 possuía cerca de 15.600 hectares de área plantada, e no ano de 2020 essa área passou para 18.000 hectares e continua expandido a fronteira da agricultura na região (Agrolink, 2020). E com esse aumento surge a necessidade de locais de estocagem, o que despertou por parte de alguns produtores a necessidade de instalação de silos no município.

Um dos grandes problemas na construção de silos é o dimensionamento estrutural, sobretudo a parte do recalque diferencial, por não se ter uma normativa específica para execução de fundações de silos. Dessa forma surge a necessidade de um estudo mais aprofundado acerca das fundações. O presente trabalho irá comparar métodos construtivos de fundações para silos, bem como qual é o mais vantajoso economicamente.

Este estudo tem como objetivo realizar um comparativo econômico e de viabilidade entre a adoção de fundações superficiais e profundas para um silo a ser construído na cidade de Piranhas – GO, com o intuito de determinar a solução mais viável para o projeto em questão. Para atingir esse objetivo geral, o trabalho se propõe a dimensionar as fundações do tipo estaca e sapata, detalhar os custos envolvidos para cada tipo de fundação por meio de planilhas de materiais e custos, elaborar um projeto de fundações para as três soluções analisadas e, por fim, investigar se o método atualmente utilizado pela empresa é o mais adequado, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico.

DESENVOLVIMENTO

Armazenagem de grãos

O armazenamento dos grãos está ligado diretamente ao processo de comercialização do mesmo, no Brasil a produção está ligada a períodos como safra e safrinha, logo quando se tem locais com capacidade para se armazenar os grãos nas épocas em que não se tem a produção dos mesmos é possível atender a necessidade de consumo da população com os produtos armazenados (Leite, 2013).

Segundo Elias (2003) a grande maioria da produção agrícola é destinada de pequenos agricultores, e com isso

o poder aquisitivo é menor causando então em poder de armazenagem pequeno e como pouca tecnologia inserida. Os sistemas mais adotados por esses produtores são os depósitos e paióis, cujo controle de qualidade é muito ruim ou quase não se tem controle, com isso o produto fica muito susceptíveis a ataques de insetos, fungos, roedores entre outro, além de não possuírem sistemas de limpeza e beneficiamento dos grãos o que pode causar a perda de qualidade do produto ou até mesmo a perda total dos grãos.

Para que o grão possa e seja armazenado com qualidade e não venha a perder a mesma com o processo de armazenagem são necessários alguns beneficiamentos previamente ao armazenamento que são processos de limpeza, classificação, controle fitossanitário, transporte, secagem entre outros (Elias, 2003).

Quando realizado de maneira correta o beneficiamento dos grãos o processo de armazenagem possui inúmeras vantagens dentre elas a redução das perdas quantitativas e qualitativas, reduz o gasto com transportes pois na época da colheita os fretes sobem de valor, então quando se tem estocagem pode-se esperar o valor abaixar, melhora o rendimento e qualidade dos grãos pois o processo pós colheita pode poder ser realizado com calma e aos poucos pois não possui o risco dos produtos perderem, além de poder obter financiamento por linhas de crédito para pré-comercialização (D'arce, 2016).

Silos

Segundo Silva (2015) os armazéns graneleiros normalmente são de grande porte com grandes dimensões (exemplo 120 metros de comprimento por 40 metros de largura), com comprimento sobressalente a largura. São estruturas capazes de armazenar grãos a granel, no seu interior podem conter dois tipos de piso sendo o primeiro com fundo em “V”, como está representado na Figura 1 A, ou de fundo plano assim como a Figura 1B demonstra.

Figura 1A – Armazém graneleiro



Fonte: Construtora Canton (2019).

Figura 1B – Armazém graneleiro



Fonte: Kolling Empreendimentos (2022).

Os armazéns graneleiros normalmente são construídos em paredes e pilares de concreto moldado *in loco*, ou até mesmo em estrutura pré-moldada de concreto com uma impermeabilização bem executada entre as juntas de emenda. A cobertura é executada em estrutura metálica contendo os oitões, terças, vigas, e o elemento de vedação telhas, que possuem a função e proteger os grãos que se encontram estocados no interior da construção das intempéries do ambiente (Zen, 2014).

A utilização dos armazéns graneleiros podem trazer muitas vantagens para os produtores, como períodos de construção mais rápidos quando comparados aos silos metálicos, maior capacidade de estocagem de grãos, e valor empregado na

construção inferior a outros sistemas de armazenagem em grande escala (Piuco, 2014).

No entanto os armazéns graneleiros também possuem algumas desvantagens que devem ser levadas em conta na hora da decisão de qual método de armazenamento a ser construído. Dentre essas, as principais são a dificuldade de aeração, grande possibilidade de infiltração de água, pouca versatilidade na movimentação dos grãos, e pequeno número de células de armazenagens para várias culturas, além de dificuldade no processo de aeração e descargas quando comparado a silos metálicos (D'arce, 2016; Souza; Binelo, 2020).

Os silos metálicos são compostos por partes sendo elas, telhado, corpo e base. Segundo Scalabrin (2008) o telhado normalmente é fabricado de telhas metálicas como as das Figura 8, sendo elas capazes de se auto portar ou necessário uma estrutura de suporte, e o comprimento varia de acordo com o diâmetro do silo a ser executado. Ainda no telhado são instalados suspiros para que seja possível a liberação dos gases do interior do silo para que a qualidade do produto armazenado não seja afetada.

As chapas laterais são de aço galvanizado que possuem dimensões padrão que variam de acordo com cada fabricante do material, normalmente são onduladas para garantir maior rigidez ao silo e menores deformações durante o manuseio e montagem das mesmas. A altura das chapas varia entre

0,90 a 1,00 metro, e de comprimento em torno de 2,87 m, o que irá definir a quantidade de chapas para ser utilizadas na montagem do silo é o diâmetro do mesmo (Scalabrin, 2008).

Os montantes, como demonstrado na Figura 10, são as colunas externas que percorrem toda extensão longitudinal do silo, tem a função de transmitir os esforços gerados pela armazenagem dos grãos para a viga anel e fundação. Normalmente os montantes são fabricados em aço e possuem vários formatos que seguem de acordo com o fabricante, sendo os mais comuns tipos C, U e W, e possuem espessura que varia entre 1,25 mm a 5 mm de acordo com cada silo a ser executado (Scalabrin, 2008).

A base dos silos armazenadores são divididas em duas partes, sendo elas a viga de coroamento de estacas (viga anel), e o piso do silo propriamente dito como laje estaqueada. A viga de coroamento pode ser executada de diversos materiais sendo os principais o concreto armado tradicional ou até mesmo em concreto protendido em situações com maiores cargas. O piso é constituído por concreto armado, e estacas de fundação distribuídas ao longo de todo piso, é responsável por suportar todas as pressões provenientes do produto armazenado dentro do silo (Filho, 1985).

Fundações

De acordo com Berberian e Dickran (1943), as fundações tratam-se de elementos de transição entre a estrutura e o solo,

tratando-se de um elemento de interação entre solo/estrutura responsáveis por transferir as cargas da superestrutura ao maciço de solo. As fundações classificam-se quanto a sua profundidade em relação ao solo, em rasas ou profundas, e em relação a maneira de transferência dos esforços da estrutura ao solo, em diretas ou indiretas. (Cintra; Aoki; Albiero, 2011).

A NBR 6122 – Projeto e execução de fundações classificam como fundações diretas as que de modo geral transferem as cargas ao solo através da sua base, e indiretas as que transferem as cargas ao solo por meio do atrito lateral e de ponta (ABNT, 2019).

As estacas e os tubulões são classificados como fundações profundas e se dividem em cravadas e escavadas podendo ser respectivamente pré-fabricadas e moldada *in loco*. As estacas se diferenciam dos tubulões por seu método executivo, uma vez que as estacas são executadas por ferramentas ou equipamentos e não exigem a descida de colaborador (Velloso; Lopes, 2010).

De acordo com Barbosa (2021) nas estacas escavadas é realizado a escavação para a remoção do solo no local da fundação, em sequência é realizado o lançamento de concreto, pasta de cimento ou argamassa. Nas estacas cravadas é realizado o cravamento da estaca pré-fabricada que pode ser de diversos materiais como madeira, aço, concreto, que são introduzidos ao solo por meio de choque mecânico ou vibrações.

MATERIAL E MÉTODO

No que diz respeito a área de estudo será realizado no município de Piranhas – GO BR-158, latitude $16^{\circ}24'51.5''S$, longitude $51^{\circ}48'47.2''W$ a 4,3 quilômetros do centro da cidade como pode ser observada na marcação da Figura 25. Os dados para realização desse trabalho foram disponibilizados pela empresa “Kairós Engenharia e Comércio”, sendo disponibilizados a planta baixa, projetos estruturais, *layout* no Anexo A e ainda os laudos técnicos de sondagens (Anexo B) realizados antes do início da obra.

Foi analisada a capacidade de cargas de três tipos de fundações: fundações profundas do tipo estaca escavada sendo elas aplicadas abaixo de cada montante do silo (método utilizado pela empresa construtora da obra), outro tipo utilizando uma estaca intermediária entre os montantes, e por fim fundação rasa do tipo sapata.

Para o cálculo da viabilidade de execução das fundações foram coletadas as informações repassadas por parte da construtora civil “kairós Engenharia” sobre o estudo de sondagem do solo e viabilidade de equipamentos no local de execução da obra. Com o laudo de sondagem em mãos e por se tratar de um local de fácil acesso de equipamentos os principais tipos de fundação para comparativo foram:

- Fundações superficiais: sendo analisada sapata retangular a cada montante.

- Fundações Profundas: sendo analisado estaca escavada a cada montante e estaca escavada a cada montante acrescida de estaca intermediária entre os montantes.

As reações em cada tipo de fundação foram realizadas por meio do *software Eberick*, após todo dimensionamento foi feito um levantamento de custos utilizando a tabela SINAPI/ Setembro – 2022 do estado de Goiás para execução das fundações da base do silo.

Todo dimensionamento das fundações profundas foi feito por planilhas no *software Microsoft® Excel 2016* de acordo com a NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações. O método semiempírico de Aoki e Veloso foi utilizado para determinação da capacidade de cargas das estacas (ABNT, 2019).

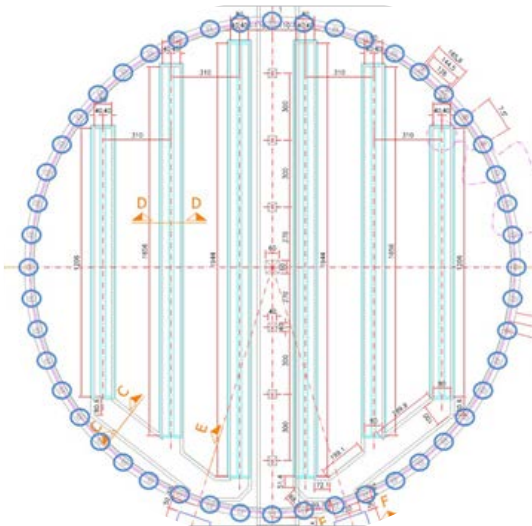
O dimensionamento das fundações rasas para os tipos de configurações adotadas foi realizado manualmente a partir da carga solicitante em cada fundação. Com todos os dados retirados dos *softwares* e a partir das tabelas de comparação pode ser feita a análise detalhada dos resultados encontrados, podendo então dispor esses dados em gráficos ou planilhas para melhor visualização dos mesmos. Para ser ter uma melhor conclusão foi feita uma comparação entre tabelas de referência como as tabelas da SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil no mês de Setembro de 2022, a fim de se chegar ao valor final da construção para cada tipo de execução, podendo então concluir qual o melhor método construtivo para a obra em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados do Silo

O silo utilizado para determinação do cálculo de fundação e composto por 48 montantes, ou seja, 48 pontos de aplicação de cargas sobre a viga anel mostrados na Figura 2. As fundações podem ser distribuídas por toda viga anel, menos na área do túnel de descarga do silo devido ao mesmo ficar posicionado abaixo da viga anel e possuir fundação própria independente, com isso a fundação para viga anel nesse local não pode ser executada.

Figura 2 – Geometria do silo em estudo

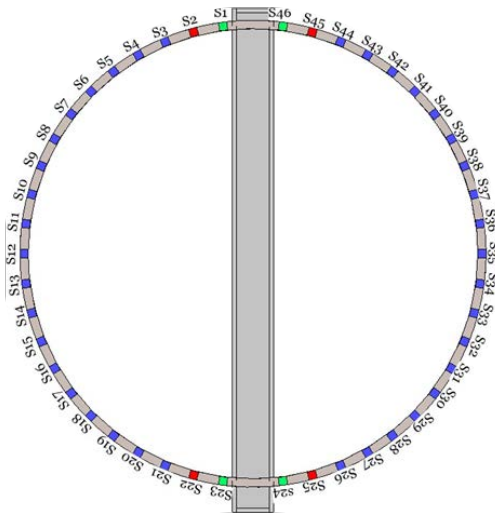


Fonte: Elaboração própria (2024).

Sapata a Cada Montante

A configuração desse dimensionamento é a utilização de uma sapata a cada montante afim de se obter a área da sapata bem como a altura da mesma para garantir a integridade da estrutura. Após ter realizado o levantamento de cargas na fundação no *software Eberick*, o dimensionamento foi realizado para três solicitações diferentes, pois as sapatas se repetem ao longo de toda viga anel. As sapatas foram calculadas da seguinte maneira, 38 sapatas com solicitações de 61,4 toneladas, 4 sapatas com 94,45 toneladas e 4 sapatas com 58,97 toneladas sendo elas demarcadas na Figura 3 com as cores azul, verde e vermelho respectivamente.

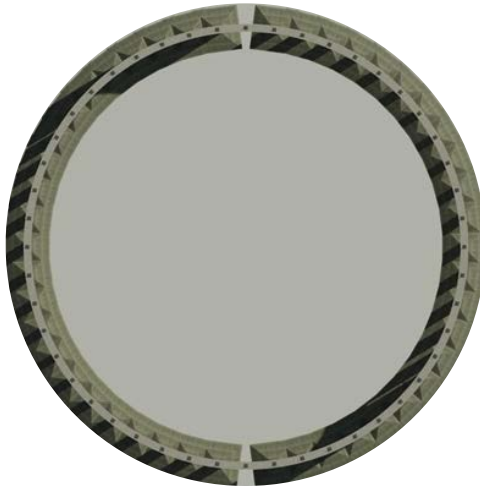
Figura 3 – Geometria com uma sapata a cada montante



Fonte: Elaboração própria (2024).

Após realizados os cálculos foi possível chegar à conclusão de que a adoção de sapata a cada montante não é viável para execução do silo em análise, devido ao solo não conter resistência suficiente nas camadas iniciais além de cargas atuantes elevadas, gerando uma área de sapata muito grande fazendo com que as sapatas se sobreponham umas às outras, como demonstrado na planta de áreas abaixo representada pela Figura 4.

Figura 4 – Resultados com uma sapata a cada montante

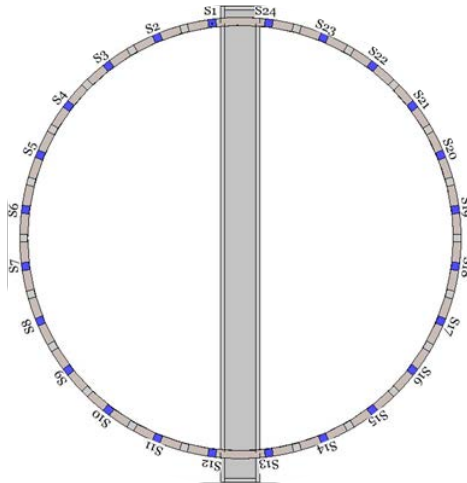


Fonte: Elaboração própria (2024).

Sapata a Cada Dois Montantes

A configuração desse dimensionamento é a aplicação de uma sapata a cada dois montantes como mostrada na Figura 5, a fim de aumentar o espaçamento e descobrir se é possível utilizar sistema de sapata quadrada nesse modelo proposto, para se utilizar uma fundação rasa no silo em análise. O arranjo de locação de fundação, como mostrado na Figura 5, é distribuído o apoio a cada dois montantes logo as solicitações dos apoios podem ser comparadas como as solicitações ao lado do túnel, o que gera então a mesma quantidade de carga em todos os apoios.

Figura 5 – Geometria com duas sapatas a cada montante



Fonte: Elaboração própria (2024).

Após a realização dos cálculos pode-se notar que para a sapata a cada dois montantes também não é passível de utilização, pois ao aumentar o espaçamento retira-se um apoio e com isso os restantes dos apoios sofrem um aumento significativo de carga, o que influencia bastante na área da sapata. Dessa forma, as sapatas se sobrepõem umas às outras, como mostrado na planta de áreas de sapata representada pela Figura 6.

Figura 6 – Resultados com uma sapata a cada dois montantes



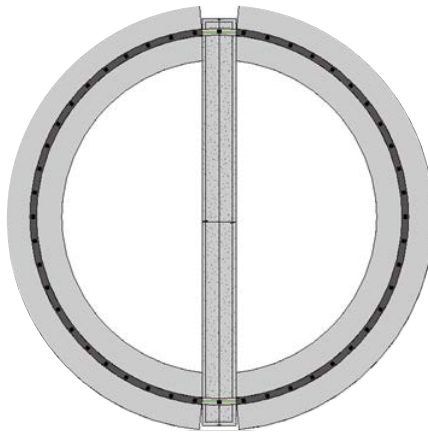
Fonte: Elaboração própria (2024).

Sapata Contínua

Como foi possível observar nos dimensionamentos anteriores as sapatas isoladas não são viáveis para a execução nesse silo em específico, devido a sobreposição das áreas, com

isso é realizado mais um método de dimensionamento, sapata contínua cuja ilustração pode ser observada na Figura 7. Sapata corrida consiste na execução de uma sapata contínua abaixo de toda viga anel.

Figura 7 – Resultado da opção com sapata corrida



Fonte: Elaboração própria (2024).

Estaca Escavada

Para o dimensionamento da estaca escavada todo levantamento de carga foi utilizando o *software Eberick* da empresa AltoQI, com o intuito de se obter qual a solicitação que cada estaca terá que suportar para ser dimensionada corretamente de acordo com o laudo de sondagem, bem como as solicitações. O método de dimensionamento foi o de Aoki e Velloso através de planilhas no *Microsoft Excel*, como

forma de obter a resistência total a cada metro de solo para se ter uma precisa localização de assentamento das estacas.

Foi realizado dois arranjos de instalação de estacas, sendo eles uma estaca a cada montante como nas sapatas, e o outro arranjo sendo uma estaca a cada montante acrescido de uma estaca intermediária entre os montantes, como forma de se ter uma redução nas solicitações individuais, tendo mais quantidade de apoios.

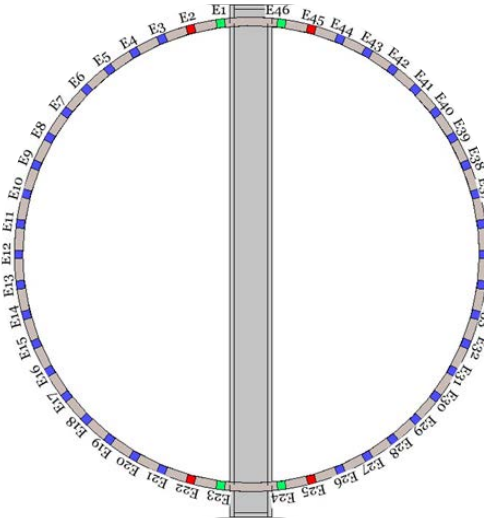
No silo analisado, a solução de fundação executada pela construtora civil consistiu na utilização de estacas escavadas com 40 cm de diâmetro e 7 metros de profundidade, posicionadas individualmente abaixo de cada montante da estrutura. Ao todo, foram executadas 48 estacas, correspondendo aos 48 pontos de apoio definidos ao longo da viga anel, com exceção da região correspondente ao túnel de descarga, que recebeu uma fundação independente, específica para sua carga e configuração estrutural.

Estaca a Cada Montante

A configuração desse arranjo é a aplicação de uma estaca abaixo de cada montante como representado na Figura 8, cujo é o método adotado pela construtora civil para execução no silo em análise. Foi feito o levantamento de cargas no *software Altoqi Eberick*. O dimensionamento da capacidade de carga da estaca foi feito todo no *Microsoft Excel*, sendo obtidos os

valores presentes no Figura 9 como capacidade por metro de acordo com o laudo de sondagem compreendido em anexo.

Figura 8 – Geometria com uma estaca por montante



Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 9 – Dimensionamento geotécnico das estacas

MÉTODO AOKI E VELLOSO (1975)								
Tipo de Estaca:		Escavada						
Diâmetro da Estaca (m):		0,40 m						
F1:		3		Ap: 0,126 m ²		FS:		
F2:		6		U: 1,257 m		2		
DADOS DE SONDAAGEM								
Profund.(m)	N-SPT	Solo	K (kPa)	Qp (kN)	α	Ql (kN)	Qt (kN)	Qt,adm(kN)
1								
2	15	Areia argilosa	600	377,0 kN	0,03	56,5 kN	433,5 kN	216,8 kN
3	13	Areia argilosa	600	326,7 kN	0,03	49,0 kN	432,3 kN	216,1 kN
4	10	Areia argilosa	600	251,3 kN	0,03	37,7 kN	394,6 kN	197,3 kN
5	15	Areia argilosa	600	377,0 kN	0,03	56,5 kN	576,8 kN	288,4 kN
6	36	Areia argilosa	600	904,8 kN	0,03	135,7 kN	1240,3 kN	620,2 kN
7	40	Areia siltosa	800	1340,4 kN	0,02	134,0 kN	1810,0 kN	905,0 kN

Fonte: Elaboração própria (2024).

Ao se analisar o Quadro de levantamento de cargas pode se chegar à conclusão de que as estacas E1, E22, E23 e E46 são as mais elevadas com cerca de 926,24 kN de solicitação, então com isso elas devem ser escavadas e assentadas na cota -7 cuja tensão admissível da estaca demonstrado no Quadro 5 é de 905,0 kN. O correto seria o assentamento das estacas ser feito em uma camada abaixo de 7 metros, mas como o laudo de sondagem foi finalizado na cota -7 não foi possível saber ao certo qual tipo de solo para o preciso cálculo de assentamento da estaca, porém, como a tensão admissível da estaca está com um fator de segurança aplicado logo essa diferença de 21,24 kN (926,24-905,0) é válida para o assentamento na cota de -7 m.

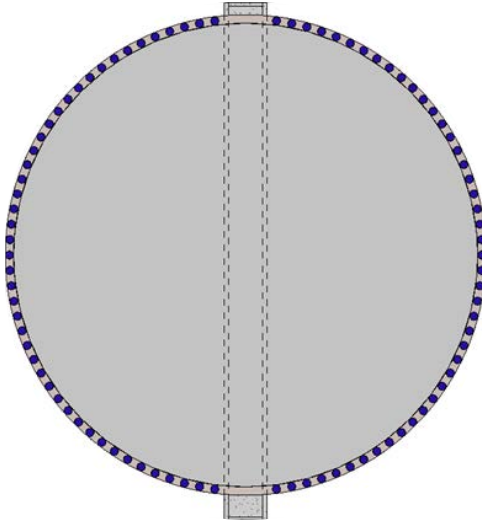
As demais estacas se dividiram entre estacas com solicitações de 602,13 kN e 578,30 kN, como ambas são bem próximas foram adotadas 602,13 para todas. Analisando os dados da Figura 9 percebe-se que as estacas devem ser assentadas na cota de -6 metros correspondendo a uma carga admissível de 620,2 kN o que satisfaz as condições de segurança.

Estaca a Cada Montante e Estaca Intermediária

Essa configuração de locação das estacas é a locação abaixo de cada montante e a adição de uma estaca intermediária entre os montantes, como apresentados na Figura 10, como forma de distribuir melhor as cargas

provenientes da superestrutura, possuindo mais pontos de apoio. As solicitações das estacas foram calculadas com o *software* Eberick. O dimensionamento da capacidade de carga da estaca foi feito todo no *Microsoft Excel* e foi obtido os seguintes valores presentes no Quadro 4 como capacidade por metro de acordo com o laudo de sondagem em anexo.

Figura 10 – Geometria da opção com estacas a cada montante e intermediária



Fonte: Elaboração própria (2024).

Ao realizar a análise do quadro de cargas pode observar que as fundações mais solicitadas foram as ao lado do túnel (E1, E45, E46 e E90) cujo valor de solicitação foram de 872 kN o que ao se observar no Quadro 4 da capacidade de carga da estaca elas devem ser assentadas na cota -7 metros com resistência igual a 905 kN.

Para as demais estacas obteve uma intercalação de valores de solicitação, sendo as em baixo dos montantes com valores próximos de 489 kN cujo devem ser assentadas na cota -6 metros de acordo com o Quadro 4, pois o valor da resistência é de 620 kN, já para as estacas intermediarias foi obtido uma solicitação de cerca de 110 kN o que de acordo com a Figura 9 podem ser assentadas na cota -4 metros (para ser considerada Fundação profunda) com resistência igual a 197,3 kN sendo suficiente para suporte das estacas intermediarias.

Quantitativo e Custo

Ao analisar os métodos de fundação as sapatas isoladas não apresentam resultados como o esperado, em ambos os modelos as sapatas se sobrepunham umas sob as outras, o que não é correto, então para o levantamento de custos para as sapatas isoladas são desconsideradas.

Para se ter um comparativo dentre os três métodos (sapata contínua, estaca a cada montante e estaca a cada montante e intermediária) de qual é o melhor economicamente será feito um comparativo de custos através do quantitativo de material utilizado para cada uma das configurações, o custo de cada material será retirado da tabela SINAPI do estado de Goiás, e no final será gerado o custo final para execução de cada tipo de fundação.

Após todos os cálculos foi possível observar que para as fundações rasas somente a sapata contínua pode ser aplicada para o silo analisado, pois as demais possuem uma área muito grande o que faz com que as mesmas se sobreponham o que geraria então uma sapata corrida. Já para as fundações profundas ambos os métodos podem ser aplicados pois os dois são capazes de combater os esforços do silo e podem ser utilizados.

Com o levantamento de quantitativo e custos finalizado, foi gerado o Quadro 1 com os resultados para melhor visualização da comparação dos valores.

Quadro 1 – Quantitativo de custo para as opções analisadas

Comparação de Custos Entre as Configurações de Fundação			
Material	Sapata Contínua	Estaca a Cada Montante	Estaca a Cada Montante e Intermediária
Concreto	R\$ 129.941,53	R\$ 21.696,96	R\$ 35.289,25
Aço	R\$ 10.749,93	R\$ 7.554,40	R\$ 14.780,36
Total	R\$ 140.691,46	R\$ 29.251,36	R\$ 50.069,61

Fonte: Elaboração própria (2024).

Ao fazer a análise desse quadro o método que mais se torna viável economicamente é o de estaca a cada montante, tanto para armadura quanto para o concreto. A sapata contínua se torna inviável pois a mesma apresenta uma área de concreto muito grande o que faz com que essa fundação tenha a pior análise econômica, pois o custo referente ao concreto é muito

alto, gerando assim esse alto preço da fundação. O modelo com estacas a cada montante e intermediária também não é muito vantajoso, pois com o aumento das estacas entre montantes ocorre também o aumento da quantidade de concreto, encarecendo mais a obra.

Por fim o método mais vantajoso para aplicação do silo é a estaca a cada montante, pois essa configuração as cargas são aplicadas acima dos apoios com isso podem ser distribuídas diretamente a fundação e foi o que gerou menos gasto para sua execução sendo assim mais econômico para o cliente e capaz de resistir os esforços a ele submetidos.

Esses resultados foram encontrados para um solo específico sendo areia argilosa e areia Siltosa e para um tipo de silo específico, para outros locais de aplicação ou para silos de menores ou maiores diâmetros esses resultados somente servirão de comparativos, pois cada local possui as suas características e dever ser feitos os estudos e dimensionamentos para cada um isoladamente.

O método de estaca a cada montante era o resultado mais vantajoso esperado, pois é o método mais utilizado na execução de silos, porém não possui muitos dados que comprovem o porquê dessa eficiência e grande utilização desse tipo de fundação, porém com esse trabalho pode ficar claro de que tanto tecnicamente quanto economicamente ele é mais vantajoso e por isso é um dos mais utilizados para fundações de silo com fundo plano, vale ressaltar que esse estudo é somente da fundação da viga anel do silo, sendo

o piso do silo um elemento totalmente isolado da viga cuja fundação deve ser planejada exclusivamente para ele.

A fim de comparação com a presente pesquisa foi utilizado um trabalho de conclusão de curso do Denis Bianchin com o tema *Fundações para base de silos metálicos de fundo plano* cujo mesmo fez uma análise de fundação de silo metálico de vários modelos e montantes para execução na cidade de Ijuí – Rio Grande do Sul, organizando um quadro com comparativo de toda execução mão de obra e material e os valores obtidos encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2 – Quantitativo de custo Bianchi

COMPARATIVO DE CUSTOS						
DADOS DO SILO			FUNDAÇÃO			
Modelo	N° Anéis	N° Montantes	SAPATA CORRIDA (R\$)	SAPATA QUADRADA - A CADA 2 MONTANTES (R\$)	UMA ESTACA POR MONTANTE (R\$)	UMA ESTACA A CADA 2 MONTANTES (R\$)
60	10	40	37.164,04	15.400,35	22.256,00	12.683,60
60	11	40	40.485,11	18.210,48	22.256,00	12.683,60
60	12	40	44.756,98	21.198,30	22.256,00	12.683,60
60	13	40	49.783,56	24.516,98	22.256,00	12.683,60
60	14	40	55.608,24	28.176,37	22.256,00	12.683,60
60	15	40	62.266,35	32.185,27	22.256,00	12.683,60
60	16	40	69.468,11	36.370,53	25.367,20	12.683,60
60	17	40	77.510,35	40.909,17	25.367,20	12.683,60
60	18	40	86.579,53	45.902,94	25.367,20	12.683,60
60	19	40	96.425,66	ND	25.367,20	19.388,00
60	20	40	106.649,41	ND	25.367,20	19.388,00
60	21	40	117.772,36	ND	25.367,20	19.388,00
60	22	40	129.180,37	ND	25.367,20	19.388,00
72	10	48	46.435,40	20.294,92	26.707,20	15.220,32
72	11	48	51.284,77	23.783,03	26.707,20	15.220,32
72	12	48	57.283,72	27.830,24	26.707,20	15.220,32
72	13	48	63.887,03	32.050,31	26.707,20	15.220,32
72	14	48	71.762,22	36.858,17	26.707,20	15.220,32
72	15	48	80.232,13	41.833,61	26.707,20	15.220,32
72	16	48	90.053,99	47.420,69	30.440,64	15.220,32
72	17	48	101.122,47	53.547,77	30.440,64	15.220,32
72	18	48	113.006,25	ND	30.440,64	23.265,60 *
72	19	48	126.032,34	ND	30.440,64	23.265,60 *
72	20	48	139.600,62	ND	30.440,64	23.265,60 *

Fonte: Adaptado de Bianchin (2013).

Ao analisar o Quadro 2 na linha em vermelho pode observar o mesmo silo do analisado para cidade de Piranhas – GO, com 48 montantes e 20 anéis de altura. Os resultados de sapata corrida foram de R\$ 139.600,62, enquanto estaca a cada montante foi de R\$ 30.440,64, sendo então estaca a cada montante mais vantajosa do que sapata corrida. Quando comparado os dois trabalhos pode notar que ambos apresentam estaca a cada montante como mais vantajosa, apresentando menor custo de execução.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, que a partir das análises realizadas o método de execução de fundação mais eficiente e rentável para o silo estudado foi o método de estacas a cada montante, seja na quantidade da armadura ou na quantidade de concreto, em ambos os valores foram os menores obtidos totalizando R\$ 31.016,74. Quando comparada com a sapata contínua cujo valor foi de R\$139.856,64 o método de estacas por montante equivale a 22,17% do custo total, o que gera uma economia de R\$ 108.839,9. Já quando comparada com o método de estacas por montante e intermediaria, cujo custo total foi de R\$ 53.760,65, o método de estaca por montante equivale a 57,69 % do custo total, o que gera uma economia de R\$ 22.743,91, comprovando que o método de estaca a cada montante é o mais vantajoso.

Por fim recomenda-se para trabalhos futuros a realização de novos cálculos com outros tipos de solo, e/ou outros modelos de silos com maiores ou menores carregamentos, para fim comparativo se ainda o método com estacas a cada montante se torna o mais vantajoso ou se algum outro método e mais eficiente e apresenta menor custo.

Com isso o trabalho de estudo de caso é de grande relevância para o conhecimento, pois permite a comparação e análise de novos resultados sempre comparando com o executado e trazendo novas ideias para serem executadas nos próximos seja elas na substituição dos métodos de fundação ou até mesmo aperfeiçoamento do já executado. Além de permitir um estudo mais aprofundado sobre o tema de fundação umas das grandes bases da engenharia.

REFERÊNCIAS

AGROLINK. **Estatísticas agropecuárias**: soja. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/regional/go/piranhas/estatistica>. Acesso em: 19 nov. 2022.

APROSOJA-MT. **Em Mato Grosso, armazenagem não acompanha evolução da safra e pode gerar risco para safras futuras**. Cuiabá: Aprosoja – MT, 2025. Disponível em: <https://aprosoja.com.br/comunicacao/release/em-mato-grosso-armazenagem-nao-acompanha-evolucao-da-safra-e-pode-gerar-risco-para-safras-futuras>. Acesso em: 23 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122:** Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BARBOSA, Eduardo Pires. **Fundações rasas e profundas.** São Paulo: Platos, 2021.

CINTRA, José Carlos Angelo; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. **Fundações diretas:** projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

D'ARCE, Marília Oetterer. **Pós-colheita e armazenamento de grãos.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2016. Disponível em: https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/armazenamento_de_graos.pdf. Acesso em: 19 nov. 2022.

ELIAS, Moacir Cardoso. **Armazenamento e conservação de grãos:** texto didático. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2003.

FILHO, José de Freitas. **Uma introdução ao estudo dos silos.** São Carlos: Universidade de São Paulo, 1985.

IFOPE. **Armazenagem de grãos.** Belo Horizonte: Blog Ifope, 16 abr. 2019. Disponível em: <https://blog.ifopecom.br/armazenagem-de-graos/>. Acesso em: 30 maio 2022.

LEITE, Gisele Lemos Duarte. **Capacidade de armazenamento e escoamento de grãos do estado de Mato Grosso.** 2013. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

PIUCO, Uberdan de Souza. **Dimensionamento e análise de um sistema de aeração para armazém graneleiro de fundo plano.** 2014. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2014.

SCALABRIN, Leticia Adriana. **Dimensionamento de silos metálicos para armazenagem de grãos**. 2008. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SILVA, Juarez de Souza e. **Estruturas para armazenagem de grãos a granel**. Alegre: UFES, 2015. Disponível em: https://www.agais.com/manuscript/ag0210_armazenagem_granel.pdf. Acesso em: 19 nov. 2022.

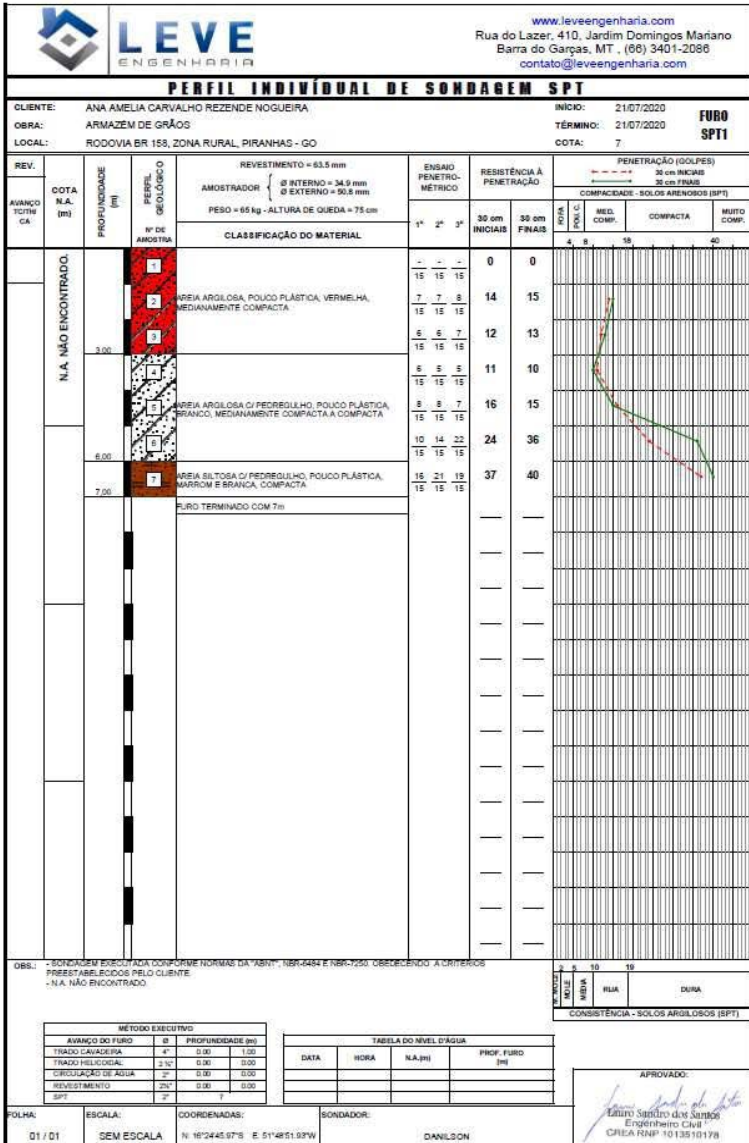
SOUZA, Klaus Bruno Erhardt de; BINELO, Manuel. Análise comparativa dos modelos Khatchatourian e Darcy-Forchheimer do fluxo de ar em armazéns graneleiros. *In*: SALÃO DO CONHECIMENTO, 6., 2020, Ijuí. **Anais [...]**. Ijuí: UNIJUÍ, 2020. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/18559>. Acesso em: 19 nov. 2022.

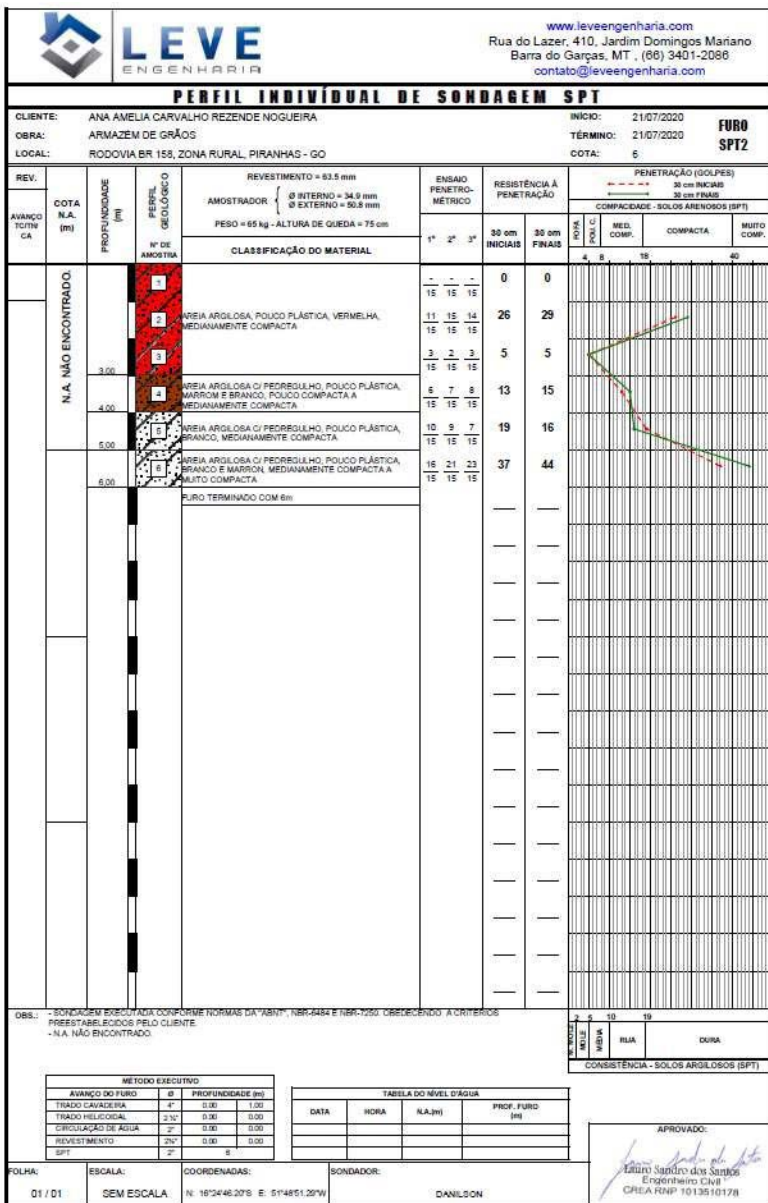
VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações**: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

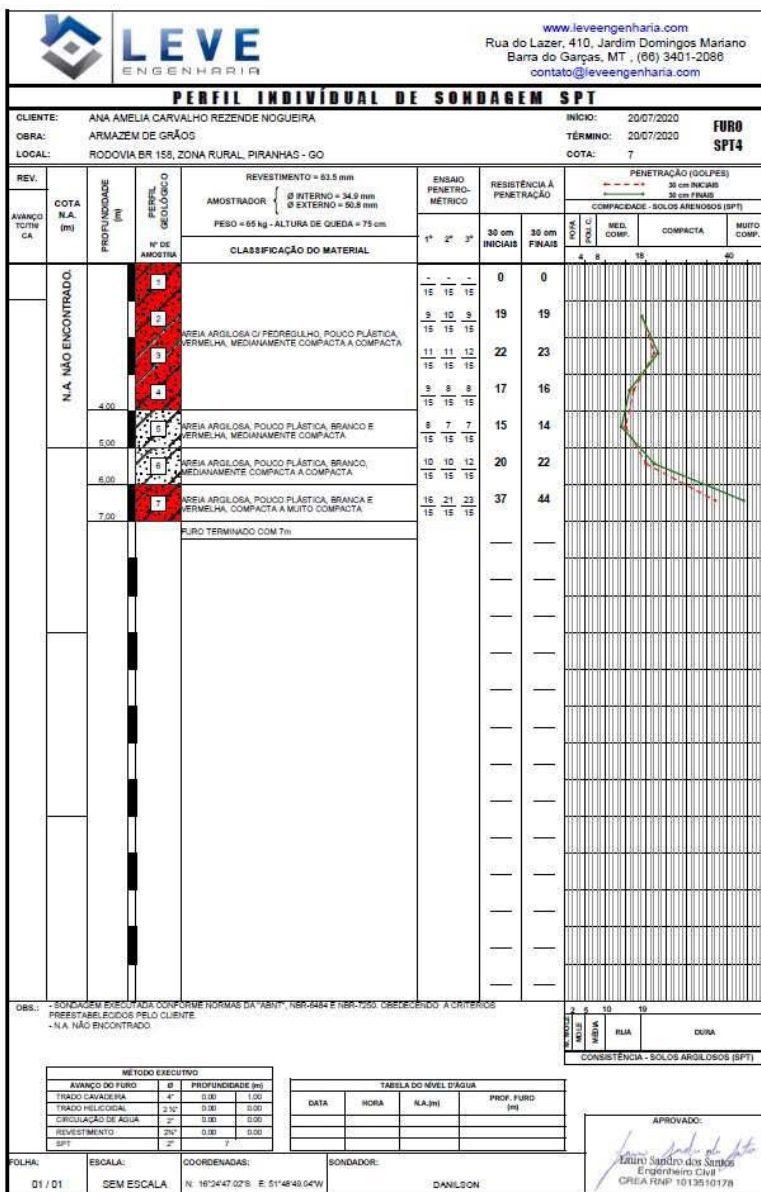
ZEN, Frederico Bitencourt. **Armazém graneleiro**: projeto com placas pré-fabricadas de concreto. 2014. 109 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

ANEXOS

Anexo A – Laudos de Sondagem









LOCALIZAÇÃO DOS FUROS

Foto 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO – SEM ESCALA

SPT-1	16°24'45.97"S	51°48'51.93"W
SPT-2	16°24'46.20"S	51°48'51.29"W
SPT-3	16°24'46.69"S	51°48'49.95"W
SPT-4	16°24'47.02"S	51°48'49.04"W
PERM – 01	16°24'47.31"S	51°48'49.54"W
PERM - 02	16°24'47.69"S	51°48'52.28"W

(66) 3401-2086 (66) 9 9208-1763 [leveengenharia](https://www.instagram.com/leveengenharia) [leveengenharia](https://www.facebook.com/leveengenharia) CNPJ: 33.448.704/0001-80

contato@leveengenharia.com www.leveengenharia.com Rua do Lazer, nº 410, Jardim D. Mariano, Barra do Garças - MT

Fonte: Acervo pessoal (2024).

RESISTÊNCIA MECÂNICA DE CONCRETOS COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE COCO

Ana Paula Klaus Locatelli

Felipe Morato Lima

Wallas Alves Pires Dos Santos

INTRODUÇÃO

Nas civilizações primitivas, o homem utilizou como materiais de construção a pedra, a madeira e o barro. Com o passar do tempo foram descobertos e desenvolvidos novos materiais para serem aplicados na construção civil. Atualmente, tais materiais devem apresentar diversas propriedades físicas, químicas e mecânicas, como por exemplo, elevada resistência, alta durabilidade e melhor aparência (Franczak; Prevedello, 2012).

Dentre esses materiais, pode-se destacar o concreto, que é um material compósito, composto por cimento, água e agregados e algumas vezes por aditivos, possuindo como

principal característica à resistência ao esforço de compressão, com boa trabalhabilidade em seu estado fresco, tal como o barro, e resistência tal como as pedras em seu estado endurecido (Barbosa *et al.*, 2018).

Com o desenvolvimento tecnológico em diversas áreas, é indispensável que a construção civil esteja inserida na área de ciência e engenharia de materiais, para elaboração de metodologias e materiais que possam ser aplicadas no dia a dia nas atividades do setor. O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil e pode ser empregado na execução de casas, edifícios e estruturas de grande porte, rodovias, pontes, usinas hidrelétricas, dentre outros. Por isso, é relevante o desenvolvimento de tecnologias e métodos de produção que almejem a melhora nas propriedades desse material (Oliveira; Medeiros; Pereira, 2015).

As fibras utilizadas no reforço de compósitos cimentícios podem ser sintéticas ou naturais. As fibras naturais apresentam a vantagem de serem sustentáveis, contribuindo no enfrentamento à crise ambiental do mundo contemporâneo (Oliveira, 2016). As fibras naturais mais utilizadas em meio a matriz cimentícia são: sisal, bagaço da cana de açúcar, juta, bambu e curauá. Em se tratando da resistência mecânica, o uso de fibra de coco tem sido amplamente pesquisado pela comunidade científica (Silva, 2009 *apud* Oliveira, 2016).

O coco verde é um fruto que tem origem do coqueiro (*Cocos nucifera L.*), possui um elevado consumo por conter a chamada “água de coco”, sendo consumido ainda imaturo. No

Brasil esse fruto é predominante na região litorânea do Nordeste, entretanto pode ser encontrado em outras regiões, como o Norte e o Centro-Oeste. O coco é formado por uma parte externa, por uma parte fibrosa e por uma casca dura e lenhosa e todas essas partes envolvem a amêndoa. No seu interior, está presente o líquido (Esmeraldo, 2006 *apud* Vale, 2007).

Diante do exposto, este trabalho apresenta uma análise da resistência mecânica de concretos com adição de fibras de coco, com possibilidade de aplicação em vários setores da construção civil.

DESENVOLVIMENTO

Concreto de cimento Portland

Segundo a ABCP (2002), o cimento Portland foi criado pelo inglês Joseph Aspdin em 1824. Nesta época era comum construir utilizando pedra de Portland, uma ilha situada no sul da Inglaterra, e como a criação se assemelhou na cor e na dureza, é chamado de cimento Portland. O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglutinantes, aglomerantes ou de ligação, que sob a ação da água endurece, e depois que endurece, não se decompõe mais mesmo com a ação da água. Ele é composto por clínquer e adições, tais como materiais carbonáticos, pozolânicos, gesso e escória de alto forno (Bastos, 2014).

O cimento misturado com agregado graúdo e miúdo da origem as argamassas e concretos que são largamente utilizados na construção civil. As propriedades e características do concreto/argamassa dependem da dosagem dos materiais, dentre os quais o cimento é o agente mais importante do ponto de vista químico e, o principal responsável pela transformação da mistura. O melhor aproveitamento de suas propriedades depende de sua correta utilização (ABCP, 2002).

Agregados

Na construção civil, os agregados são materiais granulares, com forma e volume indefinidos, e de dimensões e propriedades que são estabelecidas para que possam ser utilizados em obras. Podem ser naturais, aqueles prontos para a utilização, tais como cascalho, pedregulho, areias naturais, seixo rolado, dentre outros; ou artificiais, aqueles que passam por algum processo de melhoramento, tendo como exemplo areias artificiais, pedrisco, pedra britada, argila expandida, dentre outros (La Serna; Rezende, 2013).

Os agregados representam entre 60 a 75% do volume total de concreto, e apresentam funções importantes para o concreto e argamassa, tanto em aspectos econômicos como em aspectos técnicos, pois são os materiais de menor custo na mistura, e apresentam benefícios ao desempenho dos concretos e argamassas no que diz respeito à resistência, ao desgaste e retração (Tartuge *et al.*, 1990 *apud* Benetti, 2007).

Agregado miúdo

Segundo a ABNT (2022), na NBR 7211, o agregado miúdo é composto por grãos passantes pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio realizado conforme a ABNT NBR NM 248, com peneiras regidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1. O agregado miúdo é o segundo material mais usado na produção do concreto, superado apenas pelo agregado graúdo (Azevedo *et al.*, 2017).

Agregado graúdo

De acordo com a ABNT (2022), na NBR 7211, o agregado graúdo é definido pelos grãos que passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e são retidos na peneira com abertura de 4,75 mm, também em ensaio feito segundo a ABNT NBR NM 248, com peneiras estabelecidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1. O agregado graúdo é o material mais usado na produção do concreto (Azevedo *et al.*, 2017).

Concreto com adição de fibras vegetais

O estudo sistemático de fibras com a finalidade de reforço em matrizes cimentícias começou na Inglaterra em 1970. No Brasil, a primeira pesquisa foi realizada no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento na Bahia, em 1980. Assim, as pesquisas no Brasil e no exterior concentram-se nas fibras

de coco e sisal, por serem de fácil disponibilidade e com baixo custo. A utilização condiciona a eficiência quanto a elevadas deformações e resistência à tração (Savastano Júnior, 2000).

O concreto reforçado com fibras é constituído pela adição de fibras na mistura convencional do concreto. Sendo que este tipo de concreto sofre maior deformação antes do rompimento, devido as fibras interromperem as fissuras, diminuindo a sua abertura. No geral, as fibras afetam a resistência à tração, resistência à fadiga e controlam as fissuras (Amaral Júnior, 2016).

A finalidade da adição de fibras para a composição de um novo material é reforçar e oferecer maior resistência a esforços externos que venham causar a ruptura do material. A formação de materiais compostos ou polifásicos, pode ser feita através da junção entre matriz e fibras, sendo que suas propriedades, quando somadas, geralmente serão maiores as mesmas quando separadas (Bento, 2006).

Fibras vegetais coco

O gênero *Cocos* é constituído pela espécie *Cocos nucifera* L., a qual é composta de algumas variedades (Var), entre elas as mais importantes são: *Typica* (Var. Gigante) e *Nana* (Var. Anã). Os híbridos de coqueiro mais utilizados são obtidos de cruzamentos entre essas variedades. Segundo o Sindicato dos Produtores de Coco (SINDCOCO), atualmente, em torno de 70, 20 e 10% dos plantios de coqueiro no

país, são formados pelas cultivares gigante, anão e híbrido, respectivamente (Fontes; Ferreira; Siqueira, 2002).

A fibra de coco é composta por hemicelulose, lignina, pectina e minerais, sendo que a maior concentração é de lignina, que varia de acordo com a idade do fruto entre 20 a 35%. O uso da fibra do coco é possível graças a suas propriedades físico-químicas, que permitem diversas aplicações tais como em embalagens, adição em misturas asfálticas, mantas de fibra de coco, objetos para jardinagem e adição no concreto (Barbosa *et al.*, 2016).

Segundo Castilhos (2011), as principais características da fibra de coco são: elasticidade superior a outras fibras vegetais; baixa densidade; não abrasivas e provenientes de recursos renováveis; elevada capacidade de resistir à umidade e a altas variações nas condições climáticas; além de ser flexível.

Segundo Ali (2011), a fibra de coco é um material anti-inflamável, com ação retardadora de chamas e não absorve a umidade. É caracterizada por ser a mais dúctil dentre as fibras naturais e ainda confere uma boa resistência à compressão e à tração quando adicionada a matrizes cimentícias. A seguir, o Quadro 1 demonstra as propriedades mecânicas da fibra de coco, sendo a densidade a mais importante, que a caracteriza como um elemento muito leve.

Quadro 1 – Propriedades mecânicas da fibra de coco

Comprimento da fibra	15 a 33 cm
Diâmetro da fibra	0,05 a 0,4 mm
Cor	Marrom claro a escuro
Toque	Áspero, duro
Alongamento	Muito alto
Densidade	Muito baixa
Lignificação	Forte
Tingibilidade	Boa

Fonte: Adaptado de Castilhos (2011).

MATERIAL E MÉTODO

O processo iniciou-se com a caracterização dos materiais, através de ensaios de composição granulométrica. Em seguida, produziu-se o concreto, envolvendo dosagem, mistura, moldagem dos corpos de prova e cura adequada. Por fim, realizou-se a caracterização do concreto com ensaios de resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral, garantindo a avaliação das propriedades e a qualidade do material produzido.

Caracterização dos materiais

Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo

A composição granulométrica da areia foi obtida conforme especificado na NBR NM 248:2003 agregados – determinação da composição granulométrica. Os testes foram realizados no laboratório de mecânica dos solos da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), câmpus de Barra do Garças. Primeiramente secou-se 3.003,00 g de areia em estufa, com temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante um período de 20 horas. Após secagem, o material foi arrefecido em temperatura ambiente e, fracionou-se em três amostras com mesma massa de 1000,70g, intituladas de amostra 1, amostra 2 e amostra 3.

Figura 1 – Conjunto de peneiras no agitador mecânico para ensaio de granulometria



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Para a execução do ensaio, as peneiras da série normal com aberturas de 0,150 mm, 0,300 mm, 0,600 mm, 1,18 mm, 2,36 mm e 4,75 mm foram encaixadas uma sobre a outra formando um único conjunto, com abertura de malha crescente e o fundo foi inserido na extremidade inferior do conjunto. Cada uma das amostras foi ensaiada individualmente, iniciando-se pela inserção da amostra de areia na peneira superior do conjunto e, após isso, o conjunto de peneiras com a amostra foi acoplado a um agitador mecânico por cinco minutos (Figura 1).

Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo

A composição granulométrica da brita foi obtida conforme especificado no item anterior. A massa de brita utilizada na execução do ensaio foi de 10001,20g e, com peneiras com aberturas de 4,75 mm, 9,5 mm, 19 mm, 37,5 mm e 75 mm. A dimensão máxima característica do agregado graúdo foi obtida a partir do ensaio de composição granulométrica, que corresponde à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal, na qual o agregado apresentou uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa (ABNT, 2003).

Dosagem do concreto

O processo de dosagem do concreto é importante para que se possa entender a influência da água e do cimento Portland na sua resistência final. Para calcular o traço utilizou-se o método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Para cálculo do traço, adotou-se os valores obtidos nos ensaios da massa específica e unitária dos agregados e do teor de umidade da areia. Adotou-se uma resistência característica (F_{ck}) de 25 MPa, podendo ser utilizado como concreto armado de acordo com a NBR 8953 (ABNT, 2015) Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência; com abatimento de $9 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$. Calculou-se o traço para o volume de 1 m^3 de concreto.

Preparação das fibras de coco

Na produção do concreto foram utilizadas fibras de coco adquiridas de uma empresa, localizada em São Paulo. Esta fábrica desenvolve fibras naturais, contribuindo com a preservação do meio ambiente. As fibras de coco apresentam resistência à tração em torno de 175 MPa e módulo de elasticidade entre 4,0 e 6,0 GPa (Blendzki; Gassan, 1990 *apud* Santos, 2006). A fibra foi triturada para que se tivesse um tamanho uniforme das fibras, com o auxílio de um triturador de grãos, composto por uma peneira com abertura de 3 mm (Figura 2a). Posteriormente, a mesma foi aferida e separada para ser adicionada a mistura (Figura 2b).

Figura 2a – Trituração da fibra de coco



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 2b – Fibra de coco triturada



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Para o concreto foi utilizado teores de fibras de coco 2%, 4% e 6% em relação à quantidade total de cimento utilizado no traço, baseando-se no trabalho de Ali (2011) sobre propriedades dinâmicas e estáticas de concretos com teores de adição de fibra de coco que variam de 1% a 5%. Diante disso optou-se por utilizar dois teores dentro do estipulado e um fora para verificar a influência da fibra de coco.

Moldagem dos corpos de prova

Para realizar o ensaio de resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral foram moldados corpos de prova cilíndricos com dimensões de 100 x 200 mm, seguindo a NBR 5738 (ABNT, 2015) Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

Primeiramente pesou-se os materiais, atendendo a quantidade exigida pelo traço definido conforme roteiro apresentado anteriormente. Antes de iniciar a homogeneização do primeiro traço, a betoneira com capacidade máxima de 150 litros foi lubrificada com água, para que a água de amassamento não fosse absorvida pelo equipamento, sendo retirado o excesso de água antes da inserção dos materiais na betoneira.

Com os materiais pesados e separados em recipientes rotulados, a inserção na betoneira foi feita conforme a seguinte ordem: 50% da água da composição do concreto, brita 1, cimento, areia, restante da água e por fim, a fibra de coco.

Após todos os materiais serem colocados na betoneira, esta permaneceu em operação durante 5 minutos para que o concreto ficasse homogêneo.

Após serem misturados, foram moldados quinze corpos de prova para cada composição: concreto referência (FRef), concreto com adições de fibra de coco nas porcentagens de 2% de adição (F2), concreto com 4% de adição (F4) e concreto com 6% de adição (F6), totalizando 60 corpos de prova. Com os moldes montados e lubrificadas com óleo vegetal, o concreto foi inserido.

O adensamento foi realizado manualmente com um auxílio de uma barra de aço, com 2 camadas, sendo que cada uma delas receberam 12 golpes. Com as camadas prontas, realizou-se o arrasamento com uma colher de pedreiro. Em seguida, o concreto permaneceu em repouso por 24 horas para a cura inicial. Estes foram colocados sobre superfície plana e protegidos de intempéries.

Passadas às 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e submetidos ao processo de cura úmida, sendo colocados em imersão em um tanque com água, até atingir as idades de 3, 7, 21 e 28 dias para que fossem submetidos ao ensaio de rompimento.

Ensaio de resistência à compressão axial e compressão diametral

A avaliação da resistência à compressão axial foi realizada de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018) Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. O ensaio foi realizado com 3, 7, 21 e 28 dias de cura para avaliar a resistência inicial e final dos concretos produzidos neste trabalho.

Para a avaliação da resistência à compressão diametral empregou-se a NBR 7222 (ABNT, 2011) – Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. O ensaio foi realizado com 28 dias de cura.

O equipamento utilizado para o ensaio de resistência à compressão foi uma prensa hidráulica, com acionamento elétrico, com capacidade de carga até 100 toneladas, presente no Laboratório de Estruturas da UFMT câmpus de Barra do Garças.

Figura 3a – Ensaio resistência à compressão axial



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 3b – Ensaio resistência à tração por compressão diametral



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Para realização do ensaio de compressão axial, os corpos de prova estavam com as superfícies limpas e foram colocados centralizados com relação ao prato da prensa, conforme Figura 3(a). Para o capeamento, utilizou-se um anel com Neoprene, com finalidade de deixar a superfície lisa e a carga ser distribuída uniformemente.

Para realização do ensaio de compressão diametral, os corpos de prova estavam com as superfícies limpas e foram inseridos de forma que o plano axial definido coincidissem com o eixo de aplicação da carga (Figura 3b).

O carregamento para a compressão axial e diametral foram aplicados continuamente com velocidade de 20 toneladas por segundo e só cessou quando houve uma queda de força, indicando a ruptura do corpo de prova.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos materiais

Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo e graúdo

Obtidos os valores das três amostras, calculou-se o valor médio para o agregado miúdo. Pode-se observar que a maior

concentração de material foi retida na peneira de 0,300 mm, seguida pela de 0,600 mm.

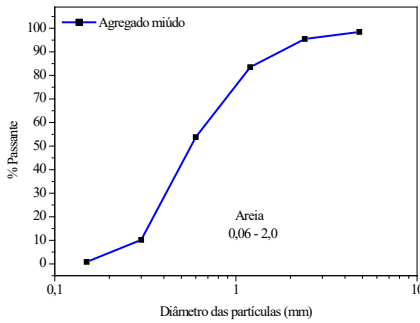
Através da distribuição granulométrica, classificou-se o agregado miúdo com granulometria do tipo média, com diâmetro entre 0,2 e 0,6 mm de acordo com o item 2.2.23.2 da NBR 6502 (ABNT, 2022) – Rochas e Solos. Os valores obtidos atendem os limites da zona ótima apresentados pela NBR 7211 (ABNT, 2009) – Agregados para concreto – Especificação, em que o módulo de finura da zona ótima varia ente 2,20 e 2,90.

Considerando a amostra de 1001,1 g de brita 1 utilizada, obteve-se a distribuição granulométrica média apresentada no Apêndice B. Pode-se observar que a maior concentração média de material foi retida na peneira de 9,5 mm, seguida pela de 4,75 mm, apresentando diâmetro máximo de 19 mm.

Através da distribuição granulométrica, o agregado graúdo foi classificado com granulometria de diâmetro de 19 mm, sendo considerado como brita 1, atendendo os valores limites da zona ótima apresentado pela NBR 7211 (ABNT, 2009).

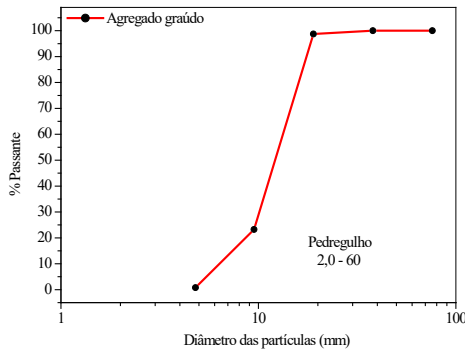
A distribuição granulométrica do agregado miúdo e graúdo esta apresentada por meio da curva granulométrica no Gráfico 1.

Gráfico 1a – Distribuição granulométrica do agregado miúdo



Fonte: Elaboração própria (2019).

Gráfico 1b – Distribuição granulométrica do agregado graúdo



Fonte: Elaboração própria (2019).

Traço Utilizado

O traço a ser utilizado foi da proporção de materiais de 1:1,6:2,37 (cimento:areia:brita) e, dosado para atingir uma resistência de 25 MPa. Este traço, com proporção em massa, foi quantificado para produção de 1 m³ de concreto (Tabela

1). A relação água/cimento para o traço é de 47,5%, com *Slump* de 9 cm e tolerância de ± 2 cm. O abatimento verificado durante o processo de moldagem dos corpos de prova foi de 8,5 cm para o concreto referência.

Entretanto, o volume de concreto necessário para a concretagem dos corpos de prova é relativamente pequeno, com isso realizou-se o cálculo do volume necessário, acrescido de 10% para eventuais perdas. Para este cálculo, considerou-se o volume mínimo de 15 litros e o tamanho da betoneira utilizada, para uma melhor homogeneização. Logo, foram necessários 0,02592 m³ de concreto para cada traço. Com o traço referência (FRef) já definido, adicionou-se as fibras de coco (em kg), nas proporções 2% (F2), 4% (F4) e 6% (F6) em relação a quantidade de cimento, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Traço dos concretos produzidos

Material	FRef	F2	F4	F6
	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
Cimento	11,187	11,187	11,187	11,187
Areia	17,917	17,917	17,917	17,917
Brita 1	26,505	26,505	26,505	26,505
Água	5,063	5,063	5,063	5,063
Fibra de coco	0,000	0,224	0,447	0,671

Fonte: Elaboração própria (2019).

Concreto referência (FRef)

A Tabela 2 apresenta a resistência média para o concreto referência (FRef). Com 3 dias de cura a resistência média obtida foi de 15,29 MPa; para 7 dias obteve-se uma média de 18,05 MPa; já com 21 dias de cura o desempenho médio foi de 22,61 MPa; e a resistência média final aos 28 dias de 24,34 MPa.

Tabela 2 – Resultados para o ensaio compressão concreto FRef

Descrição	Teste 1 (MPa)	Teste 2 (MPa)	Teste 3 (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
3 dias	15,31	15,76	14,79	15,29	0,40
7 dias	17,54	18,52	18,08	18,05	0,40
21 dias	22,62	22,75	22,47	22,61	0,11
28 dias	23,46	25,40	24,14	24,34	0,81

Fonte: Elaboração própria (2019).

Ao analisar o ganho de resistência do concreto referência de uma idade de cura para a outra, observa-se que aos 7 dias este obteve um ganho de 18,05% na resistência, já aos 21 dias a melhoria no desempenho foi de 25,26% e na idade final aos 28 dias, o ganho de resistência foi de 7,65%.

Concreto com 2% de adição de fibra de coco (F2)

A Tabela 3 demonstra o desempenho médio do concreto com 2% de adição de fibra de coco (F2). Aos 3 dias de cura a

resistência média obtida foi de 13,44 MPa; com 7 dias atingiu 16,00 MPa de resistência média; para 21 dias o desempenho médio foi de 20,63 MPa; e aos 28 dias apresentou o maior valor médio para resistência de 21,61 MPa.

Tabela 3 – Resultados para o ensaio de compressão concreto F2

Descrição	Teste 1 (MPa)	Teste 2 (MPa)	Teste 3 (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
3 dias	12,30	14,36	13,65	13,44	0,85
7 dias	15,07	16,17	16,76	16,00	0,70
21 dias	20,80	20,90	20,20	20,63	0,31
28 dias	20,94	23,12	20,78	21,61	1,07

Fonte: Elaboração própria (2019).

Analisando o ganho médio de resistência à compressão axial durante os ensaios, constatou-se que aos 7 dias este apresentou um aumento de 19,05% no desempenho em relação ao ensaio de 3 dias; já aos 21 dias foi 28,94% mais resistente que aos 7 dias; e aos 28 dias o ganho de resistência foi de 4,75% em relação a idade anterior.

Concreto com 4% de adição de fibra de coco (F4)

A resistência média para o concreto com 4% de adição de fibra de coco (F4) é apresentado na Tabela 4. Observa-se que aos 3 dias, o desempenho foi de 14,90 MPa; aos 7 dias atingiu 18,28 MPa; com 21 dias de cura a resistência média

chegou a 19,16 MPa; e aos 28 dias obteve-se 20,59 MPa de média.

Tabela 4 – Resultados para o ensaio compressão concreto F4

Descrição	Teste 1 (MPa)	Teste 2 (MPa)	Teste 3 (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
3 dias	16,32	13,89	14,50	14,90	1,03
7 dias	17,66	19,00	18,19	18,28	0,55
21 dias	21,79	18,94	16,75	19,16	2,06
28 dias	21,79	18,60	21,39	20,59	1,42

Fonte: Elaboração própria (2019).

Analisando-se o aumento da resistência média do concreto F4 com o passar do tempo, nota-se que aos 7 dias obteve um ganho de 22,68% em relação ao ensaio de 3 dias; comparando o ensaio de 21 dias com o de 7 dias o aumento na resistência foi de 4,81%; já o ensaio de 28 dias comparado com o de 21 dias, apresentou melhora no desempenho da resistência de 7,46%.

Concreto com 6% de adição de fibra de coco (F6)

A Tabela 5 mostra o comportamento da resistência média para o concreto com 6% de adição de fibra de coco (F6). Obtendo-se 13,90 MPa de resistência média a compressão axial aos 3 dias de cura; já aos 7 dias o desempenho foi de 16,61 MPa; com a idade de 21 dias obteve 18,88 MPa; e aos 28 dias alcançou 19,38 MPa.

Tabela 5 – Resultados para o ensaio compressão concreto F6

Descrição	Teste 1 (MPa)	Teste 2 (MPa)	Teste 3 (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
3 dias	15,16	13,74	12,80	13,90	0,97
7 dias	17,02	16,56	16,26	16,61	0,31
21 dias	16,82	19,35	20,48	18,88	1,53
28 dias	17,68	20,81	19,64	19,38	1,29

Fonte: Elaboração própria (2019).

Verificando-se o ganho de resistência médio do concreto F6 com o passar dos ensaios, pode-se observar que o aumento da resistência aos 7 dias em relação ao de 3 dias foi de 19,5%; no ensaio de 21 dias foi 13,67% mais resistente que o ensaio de 7 dias; e o ganho aos 28 dias em relação ao ensaio de 21 dias foi de 2,65%.

Comparativo para a resistência média em todos os concretos

Na idade de três dias, o traço que obteve melhor desempenho foi o traço FRef, atingindo resistência média de 15,29 MPa, seguido pelo F4 com 2,5% a menos de resistência. Com idade de cura de sete dias, o concreto F4 obteve a melhor resistência média atingindo 18,28 MPa, já o concreto FRef atingiu o segundo melhor desempenho, com decréscimo de 1,31% em relação ao F4. Aos vinte e um dias, o concreto FRef obteve melhor média, alcançando 22,61 MPa, e traço com segundo melhor desempenho nesta idade foi o F2, atingindo

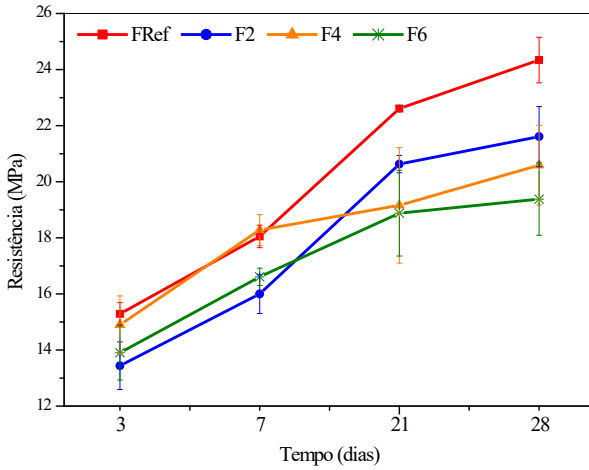
20,63 MPa, ou seja, um decréscimo de 8,75% em relação ao concreto referência.

Aos vinte e oito dias, o concreto F2 teve um decréscimo de 11,19% na resistência comparando-se ao concreto FRef, já o concreto F4 reduziu sua resistência em 15,41%, e o concreto F6 apresentou o maior decréscimo na resistência à compressão, sendo de 20,38%, todos em relação ao concreto referência.

O ganho de resistência no tempo de cura de 3 dias para 28 dias no concreto referência foi de 59,19%, enquanto no concreto F2 o ganho atingiu 60,79%, sendo que o crescimento da resistência se manteve similar para estes concretos. Já nos concretos F4 e F6 o crescimento obtido foi menor que o concreto FRef sendo de 38,19% e 39,42% respectivamente.

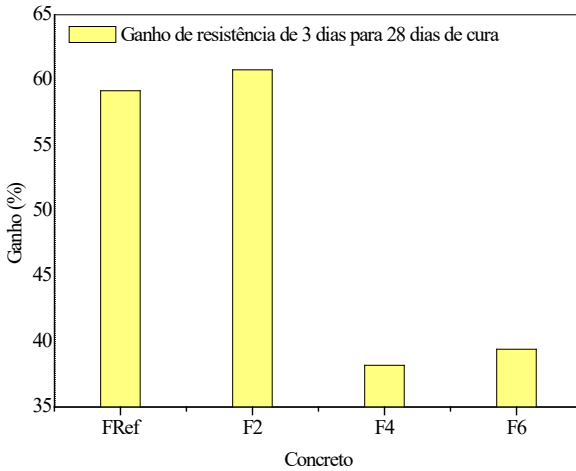
A partir disso, pode-se dizer que o elevado teor de fibras interfere no ganho de resistência do concreto, como mencionado por Ali (2011) no seu trabalho sobre propriedades dinâmicas e estáticas de concretos com teores de adição de fibra de coco que variam de 1% a 5%. O Gráfico 2 apresenta o desempenho médio de todos os traços em todas as idades de cura.

Gráfico 2a – Resistência média de todos os traços



Fonte: Elaboração própria (2019).

Gráfico 2b – Ganho de resistência de 3 dias para 28 dias de cura dos concretos



Fonte: Elaboração própria (2019).

De acordo com a NBR 8953 (ABNT, 2015) Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência; para ser considerado estrutural, o concreto deve ter resistência característica à compressão mínima de 20 MPa, podendo ser aplicado juntamente com armadura, ou seja, concreto armado. Portanto, os concretos com 2 e 4% de adição de fibras podem ser utilizados com a finalidade estrutural. Mesmo que o concreto referência não tenha atingindo 25 MPa de resistência média aos 28 dias, a qual foi projetada e calculada, o mesmo tem capacidade para satisfazer esse critério, pois o desvio padrão calculado foi de $\pm 0,81$ MPa.

Silva *et al.* (2014), em seu trabalho sobre resistência à compressão de argamassas em função da adição de fibras de coco, constatou que a adição de fibras de coco às matrizes de argamassa reduziu à resistência à compressão, em comparação com a argamassa de referência em aproximadamente 12%, utilizando fibras de coco com 25 mm de comprimento, já as fibras com comprimento de 75 mm reduziram em aproximadamente 40%.

Com base no trabalho de Bonato *et al.* (2014), com traço 1:2:2 e relação água/ cimento de 0,65, a utilização de 0,5% de fibras de coco em relação ao volume de concreto apresentou um aumento médio na resistência à compressão de 14,98%. Constatou-se também que o corpo de prova do concreto referência rompeu bruscamente, enquanto que no concreto com adição de fibras de coco não houve o deslocamento do concreto.

Figura 4a – Fissuração dos corpos de prova no ensaio de compressão axial: Traço referência



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 4b – Fissuração dos corpos de prova no ensaio de compressão axial: Traço com 2% de adição



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 4c – Fissuração dos corpos de prova no ensaio de compressão axial: Traço com 4% de adição



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 4d – Fissuração dos corpos de prova no ensaio de compressão axial: Traço com 6% de adição



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Em relação ao comportamento durante o ensaio de compressão axial, notou-se que o concreto sem adição de fibras rompeu bruscamente (Figura 4a), enquanto que nos concretos com adição de fibra de coco (Figura 4b, Figura 4c e Figura 4d) não houve deslocamento do concreto e o processo de fissuração foi menos agressivo, assim como verificado por Bonato *et al.* (2014). Tal fato também foi observado por Picanço (2005) ao realizar o ensaio de compressão de compósitos de argamassa reforçada com fibra vegetal, confirmando que as fibras conferem aos compósitos cimentícios uma certa capacidade, mesmo que mínima, de carregamento após a fissuração, evitando dessa forma uma ruptura brusca do corpo de prova.

Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral

O cálculo para obter a resistência à tração por compressão diametral foi feito por meio da Equação 1 e também, baseado nas normas citadas anteriormente. A idade de rompimento foi aos 28 dias, sendo confeccionados três corpos.

A Tabela 6 apresenta o comportamento da resistência à tração por compressão diametral de todos os traços aos 28 dias de idade. O concreto FRef obteve 3,26 MPa de resistência média; já o concreto F2 apresentou 2,98 MPa de desempenho médio; o concreto F4 atingiu 2,91 MPa de resistência média; e por fim, o concreto F6 com desempenho médio de 2,86 MPa.

O traço referência obteve o melhor desempenho e todos os traços com adição de fibra de coco (F2, F4 e F6) apresentaram uma redução na resistência ao serem comparados com o concreto referência. O traço F2 reduziu 8,59% da resistência, enquanto a redução na resistência do F4 foi de 10,74%, já o F6 apresentou um decréscimo na resistência de 12,27% ambos em relação ao FRef.

Tabela 6 – Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

Descrição	FRef (Mpa)	F2 (MPa)	F4 (MPa)	F6 (MPa)
Teste 1	3,48	3,14	3,32	3,02
Teste 2	3,23	2,79	2,71	2,84
Teste 3	3,09	2,99	2,69	2,72
Média	3,26	2,98	2,91	2,86
Desvio Padrão (MPa)	0,16	0,14	0,29	0,12

Fonte: Elaboração própria (2019).

De acordo com Bonato *et al.* (2014), no ensaio de compressão diametral, a ruptura do concreto convencional ocorre de forma brusca, já no concreto com adição de fibras de coco, estas mantiveram as partes dos corpos de prova unidas, ocasionando uma maior união entre os componentes do concreto.

Figura 5a – Fissuração dos corpos de prova no ensaio de compressão à tração por compressão diametral: Traço referência



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 5b – Fissuração dos corpos de prova no ensaio de compressão à tração por compressão diametral: Traço com 2% de adição



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 5c – Fissuração dos corpos de prova no ensaio de compressão à tração por compressão diametral:
Traço com 4% de adição



Fonte: Acervo pessoal (2019).

Figura 5d – Fissuração dos corpos de prova no ensaio de compressão à tração por compressão diametral:
Traço com 6% de adição



Fonte: Acervo pessoal (2019).

As fibras têm como função de atuar como ponte de transferência das tensões solicitantes, contribuindo para a minimização da propagação de fissuras. Novamente notou-se que as fibras de coco fizeram a junção dos componentes do concreto (Figura 5b, Figura 5c e Figura 5d), não deixando que o corpo de prova sofresse deslocamento, enquanto o concreto referência sofreu ruptura brusca com deslocamento (Figura 5a). Constatou-se visualmente que quanto maior a porcentagem de fibras adicionadas, menor é o número de fissuras no corpo de prova.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração o objetivo do trabalho que era avaliar a adição de fibras de coco no concreto, concluiu-se que os teores de fibras de coco adicionados no concreto não apresentaram resultados eficazes quanto ao ganho de resistência mecânica, pois indicaram uma diminuição na resistência em relação ao concreto referência. Entretanto, o concreto com 2 e 4% de adição de fibras podem ser utilizados como concreto estrutural, por apresentarem valores de resistência acima de 20 MPa, como recomendado pela NBR 8953 (ABNT, 2015).

O estudo realizado constatou que altos teores de adição de fibras de coco não influenciaram significativamente na propriedade mecânica, tanto na resistência à compressão axial

quanto à tração por compressão diametral. Constatou-se que as fibras diminuíram a propagação de fissuras nos corpos de prova, promovendo uma maior ligação entre os elementos que compõem o concreto, gerando assim, uma melhor capacidade de carga após o surgimento das fissuras, logo, evitando uma ruptura brusca do elemento em situações catastróficas.

Muito embora o trabalho contemple uma comparação entre os traços de concreto com e sem adição de fibras de coco, foram realizados testes apenas com fibras adquiridas de uma única empresa. Vale ressaltar que é de suma importância seguir as normas relacionadas a produção do concreto a fim de garantir um corpo de prova adequado, tendo todos os cuidados necessários.

REFERÊNCIAS

ALI, Majid. Coconut fibre: A versatile material and its applications in engineering. **Journal of Civil Engineering and Construction Technology**, v. 2, p. 189 – 197, 2011. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/>. Acesso em: 11 set. 2019.

AMARAL JÚNIOR, Jorge Costa do. **Avaliação da influência da adição de fibras poliméricas nas propriedades térmicas e mecânicas do concreto**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7. ed. São Paulo: ABCP, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concretos – especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Argamassa e concreto – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais – classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

AZEVEDO, Felipe Ferreira; MARTINS, Ronaldo Hias de Brito; PARANAIBA, Naiara Suellen Carvalho de Toledo; OLIVO, Jéssica de Souza. Agregados Miúdos: A importância dos agregados miúdos no controle tecnológico do concreto. **Revista Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 14, n. 1, p. 525 – 538, 2017.

BARBOSA, Rodrigo de Almeida; SOUZA, Gilvaneide Ribeiro de; SILVA, Viviane Amaral da; GONÇALVES, Edmilson Pinheiro. Extração de fibras de coco para aplicação em materiais de engenharia. *In*: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20., 2016, São José dos Campos. **Anais** [...]. São José dos Campos: UNIVAP, 2016.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: UNESP, 2023. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos>. Acesso em: 17 jan. 2025.

BENETTI, Ricardo Kendy. **Traços de concreto convencional com incorporação de aditivo acelerador de pega**: análise da resistência nas primeiras idades. 2007. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2007.

BENTO, Paulo Ferreira. **Uso de cal e fibras na melhoria de materiais para utilização em estruturas de pavimentos**. 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

BONATO, Magno Miranda; BRAGANÇA, Maria d’o G. P.; PORTELLA, Kleber Franke; VIEIRA, Marcio Ednei; BROLONHO, Jandir Luiz; SANTOS, Julio Cezar Mendes dos; CERQUEIRA, Daniela Pedro. Argamassas fotocatalíticas e concretos com adição de fibras de coco e sisal para a redução de impactos ambientais de gases poluentes. **Cerâmica**, São Paulo, v. 60, n. 356, p. 601 – 607, 2014.

CASTILHOS, Luiz Fernando Fialho de. **Apostila de aproveitamento da fibra de coco**. Paraná, 2011. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/>. Acesso em: 08 out. 2019.

FONTES, Humberto Rollemberg; FERREIRA, José Manoel S.; SIQUEIRA, Luiz Alberto de. **Sistema de produção para a cultura do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002.

FRANCZAK, Carlos Cesar Mezzadri; PREVEDELLO, Fabricio Zeferino Ribeiro. **Estudo comparativo entre dois tipos de aditivos para um mesmo traço em concreto auto adensável**. 2012. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Concreto) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

LA SERNA, Helder; REZENDE, Marcelo M. **Agregados para construção civil**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 2009.

OLIVEIRA, Luan Luccas de. **Estudo da fibra natural do capim annoni como elemento de reforço em matriz cimentícia**. 2016. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2016.

OLIVEIRA, Osmair Felix de; MEDEIROS, Priscila Nunes; PEREIRA, Werton Evangelista Nogueira. Uma breve descrição da construção civil no Brasil, destacando o emprego formal e os estabelecimentos no Nordeste. *In*: SEMINÁRIO DE PESQUISA DO CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS, 20., 2015, Natal. **Anais [...]**. Natal: UFRN, 2015.

PICANÇO, Marcelo de Souza. **Compósitos cimentícios reforçados com fibras de curauá**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

SAVASTANO JÚNIOR, Holmer. **Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal**: reciclagem de resíduos para a

construção de baixo custo. 2000. 144 f. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SILVA, Elton John da; SILVA, Paulo Domingos da; MARQUES, Márcio Luiz; FORNARI JUNIOR, Claudio Claudio Mezzadri; GARCIA, Fabiano Correa; LUZARDO, Francisco Higinio Marrero. Resistência à compressão de argamassas em função da adição de fibra de coco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1268 – 1273, 2014.

VALE, Adriana Cavalcante do. **Estudo laboratorial da viabilidade do uso de fibras de coco em misturas asfálticas do tipo SMA**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

ANÁLISE COMPARATIVA DA TEMPERATURA MÉDIA EM COBERTURAS COM DIFERENTES TELHAS EM NOVA XAVANTINA – MT

Ana Paula Klaus Locatelli

Gregory Gomes Rodrigues Cardoso

Wallas Alves Pires Dos Santos

INTRODUÇÃO

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2007) do Estado de São Paulo define a cobertura como um conjunto de elementos e peças dispostos no topo de uma estrutura construtiva, cuja finalidade é garantir proteção contra intempéries, além de preservar os sistemas da edificação. Esses elementos contribuem para o conforto térmico, acústico e a eficiência energética da habitação.

Atualmente, existem diversas categorias de telhados, incluindo os embutidos, convencionais e verdes, construídos com variados materiais. As telhas são produzidas em diferentes

matérias-primas e formatos, influenciando diretamente o preço, as dimensões, o peso, a inclinação e a quantidade necessária por metro quadrado (Vieira; Soares; Monteiro, 2003).

Devido à sua constante exposição à radiação solar, o telhado desempenha um papel importante no controle térmico de edifícios. A carga térmica absorvida pela cobertura em uma edificação de um só pavimento pode representar até 72,3% do total (Mascaró; Mascaró, 1992). A temperatura interna dos edifícios é influenciada tanto por fontes internas, como equipamentos e iluminação artificial, quanto por condições climáticas externas, principalmente a temperatura do ar e a radiação solar (Lamberts, 2016).

As mudanças climáticas representam um dos desafios mais urgentes do século XXI. O aumento das temperaturas globais, decorrente do acúmulo de gases de efeito estufa, está causando impactos significativos no planeta. Entre esses impactos, destaca-se a necessidade de adotar práticas construtivas sustentáveis e eficientes para mitigar as consequências dessas mudanças (Tavares; Arruda; Silva, 2019).

Realizar estudos de conforto térmico é essencial devido às variadas condições climáticas e ao impacto direto na qualidade de vida, saúde e produtividade das pessoas. Esses estudos contribuem para a redução do consumo de energia em habitações e ajudam a mitigar o impacto ambiental das construções (Frota; Schiffer, 2001).

O efeito estufa, um processo natural que mantém a Terra aquecida e permite a vida, é intensificado pelas atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, aumentando a concentração desses gases e causando um superaquecimento global. Isso resulta em mudanças climáticas prejudiciais, como o derretimento de gelo, aumento do nível do mar e eventos climáticos extremos (Soares; Cunha, 2019).

Este estudo é fundamental, visto que o conforto térmico desempenha um papel essencial na qualidade de vida das pessoas. A compreensão e o aprimoramento do conforto térmico são fundamentais para melhorar o bem-estar geral.

Este estudo visa avaliar o impacto dos diferentes tipos de cobertura na temperatura do ar interior de protótipos de alvenaria convencional, investigando como os materiais de cobertura, como telha romana, telha de fibrocimento, telha sanduíche e telha PVC colonial, afetam as temperaturas internas das construções. O objetivo geral é compreender de que forma esses materiais influenciam o conforto térmico. Para alcançar essa meta, os objetivos específicos incluem a análise das vantagens e desvantagens de cada tipo de telhado, a investigação da inércia térmica proporcionada pelos diferentes materiais, a avaliação da absorvância da radiação solar, e o estudo da diversidade de coberturas presentes nos protótipos.

DESENVOLVIMENTO

Conceito e funções de cobertura

A cobertura desempenha várias funções cruciais em uma edificação, sendo a proteção contra intempéries, incluindo chuva, vento e radiação solar, uma das mais importantes. Esta não apenas garante um ambiente interno seguro e controlado, mas também atua como uma barreira térmica significativa, influenciando diretamente no conforto térmico e no consumo energético das edificações (Fiorelli *et al.*, 2009; Ashrae, 2009).

O desempenho térmico das telhas é um aspecto essencial em construções sustentáveis e eficientes energeticamente. As coberturas são fundamentais no controle da transferência de calor entre o interior e o exterior dos edifícios, afetando diretamente o conforto dos ocupantes e a demanda energética para aquecimento ou resfriamento (Krelling *et al.*, 2019).

A refletância solar das telhas é um fator chave. Telhas com alta refletância são capazes de refletir a maior parte da radiação solar incidente, minimizando a absorção de calor e, conseqüentemente, mantendo temperaturas internas mais amenas. Isso se mostra especialmente benéfico em climas quentes, onde o excesso de calor solar pode comprometer o conforto dos espaços internos. Por outro lado, a emissividade das telhas também é relevante, pois telhas com

alta emissividade liberam eficientemente o calor acumulado, evitando o superaquecimento interno (Gomes, 2023).

Algumas telhas, como as isotérmicas tipo sanduíche, são projetadas com isolamento térmico integrado, o que ajuda a reduzir a transferência de calor através do telhado e proporciona um ambiente interno mais estável e confortável. Adicionalmente, a ventilação adequada sob o telhado é crucial, pois ajuda a dissipar o calor acumulado, contribuindo para a manutenção de um ambiente mais fresco (Gomes, 2023).

Ao selecionar telhas para um projeto, é necessário considerar as normativas e certificações de desempenho térmico. O cumprimento dessas normas assegura que as telhas atendam aos padrões de eficiência energética e conforto térmico exigidos. A localização geográfica e o clima da região também influenciam na escolha das telhas adequadas: em climas quentes, características como refletância solar e emissividade são prioritárias, enquanto em climas mais frios, o foco pode se voltar para o isolamento térmico (Peralta, 2006).

Conforto térmico

Segundo Araújo e Frota (1996), um ambiente é considerado satisfatório quando a temperatura promove um desempenho adequado tanto em tarefas intelectuais quanto em atividades físicas. Isso se deve ao fato de que o corpo humano consome menos energia para manter a temperatura

corporal em uma faixa tolerável, que geralmente varia entre cerca de 36 e 37 °C.

Dentre as estratégias fundamentais para assegurar o conforto térmico, destaca-se a orientação apropriada do edifício em relação ao sol. Tal orientação envolve posicionar o edifício de modo a maximizar a incidência solar durante o inverno e minimizar a exposição durante o verão, reduzindo assim a necessidade de aquecimento e resfriamento. O isolamento térmico também é crucial, pois impede a transferência de calor indesejado entre o interior e o exterior do edifício, o que resulta em uma temperatura interna mais estável e diminui a dependência de sistemas de aquecimento e resfriamento, economizando energia e reduzindo custos operacionais (Santos; Souza, 2022). Além disso, a ventilação natural é uma estratégia eficaz que permite a entrada de ar fresco e a saída de ar quente, melhorando a qualidade do ambiente interno (Oliveira, 2023).

Considerando a relevância dessas estratégias de projeto, a eficiência energética tem um papel significativo no conforto térmico. A adoção de tecnologias de iluminação e sistemas HVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado) de alta eficiência contribui para manter uma temperatura interna confortável de maneira mais eficiente, reduzindo o consumo de energia e os custos operacionais no longo prazo. Além disso, a integração de fontes de energia renovável, como painéis solares e turbinas eólicas, fornece energia sustentável para as necessidades de aquecimento, resfriamento e eletricidade do

edifício, promovendo a sustentabilidade ambiental (Oliveira, 2021).

Normativas e diretrizes para coberturas na construção civil

A confiabilidade na execução das estruturas de cobertura é assegurada por rigorosas normativas e diretrizes que visam preservar a integridade, segurança e funcionalidade desses elementos essenciais em construções. A importância da cobertura como elemento ativo na performance térmica de edificações é enfatizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da Norma Brasileira (NBR) 15220 partes 1, 2 e 3 de 2005, que oferece orientações sobre o desempenho térmico para habitações unifamiliares de interesse social e estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro com um conjunto de recomendações e estratégias construtivas específicas para essas habitações (Frota; Schiffer, 2001; Fiorelli *et al.*, 2009).

A NBR 15220-3 aborda aspectos cruciais para o conforto térmico dos telhados, fornecendo diretrizes e parâmetros construtivos alinhados ao zoneamento bioclimático de cada região brasileira, essenciais para assegurar o desempenho térmico adequado dos materiais e componentes utilizados na construção (ABNT, 2022).

Este padrão normativo estabelece metodologias para avaliar as condições térmicas em edificações, destacando especialmente a capacidade das coberturas de modular a

temperatura interna, contribuindo significativamente para a eficiência energética do edifício e, conseqüentemente, para a qualidade de vida dos ocupantes (Frota; Schiffer, 2006).

A seleção de materiais e técnicas construtivas para coberturas é uma tarefa complexa, influenciando diretamente as propriedades térmicas do ambiente construído, o que reforça a importância de aderir a normas e diretrizes rigorosas (Carvalho, 2013). Buscar soluções de cobertura que equilibrem exigências estruturais e estéticas, priorizando o desempenho térmico otimizado, é fundamental para o desenvolvimento de edifícios que cumpram as normas e promovam sustentabilidade e responsabilidade ambiental (Tinôco, 2001).

Dentro deste contexto, as coberturas destacam-se como elementos potencialmente facilitadores na obtenção de certificações, quando projetadas e implementadas estrategicamente para maximizar a eficiência energética, minimizar o impacto ambiental e otimizar a qualidade do ambiente interno (Pedote; Franco, 2012).

Tipos de cobertura

Escolher a cobertura adequada na construção civil envolve a exploração de opções tradicionais e inovadoras, variando em materiais e técnicas, cada qual com suas vantagens e desvantagens específicas. As telhas cerâmicas, por exemplo, são amplamente utilizadas no Brasil devido à sua resistência

térmica e apelo estético, atributos que se entrelaçam com a cultura e história de muitas edificações (Frota; Schiffer, 2001).

Ao investigar as inovações em coberturas, se depara com uma vasta gama de materiais e configurações que desafiam os métodos tradicionais de concepção da parte superior das construções. O uso de materiais como o PVC em telhados é uma alternativa leve e versátil. Contudo, é essencial avaliar adequadamente seu desempenho térmico e impacto ambiental para desenvolver uma visão crítica sobre suas aplicações e consequências (Abitelha, 2023).

As inovações não se limitam apenas aos materiais empregados, mas também às configurações e combinações possíveis. Telhas do tipo sanduíche, que visam otimizar o conforto térmico por meio de uma estrutura multicamada, surgem como uma opção que aumenta a eficiência energética. No entanto, essas telhas também requerem uma análise cuidadosa dos custos e da aplicabilidade em diferentes contextos de projeto (Gomes, 2023).

Telhas cerâmicas

As telhas cerâmicas, cujo material principal é a argila, ocupam uma posição destacada tanto na arquitetura brasileira quanto global, devido ao seu charme visual e confiáveis propriedades físicas. O apelo estético das telhas cerâmicas varia entre a tradição e a rusticidade, fazendo delas uma

escolha frequente em várias abordagens de projeto (Araujo; Frota, 1996).

Conforme Yazigi (1998), a produção de telhas cerâmicas é similar à fabricação de tijolos comuns, podendo a moldagem ocorrer por extrusão seguida de prensagem, ou diretamente por prensagem. A secagem das telhas requer um período mais prolongado em comparação com os tijolos comuns, com o objetivo de reter mais umidade e, assim, reduzir a deformação. Segundo o autor, as telhas devem ser confeccionadas com especial atenção para alcançar menores deformações, maior compacidade, menor peso e a maior impermeabilidade possível. Atualmente, o mercado oferece uma variedade de modelos de telha cerâmica, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Tipos de telhas cerâmicas



Fonte: Pedreiraio (s.d.)⁵.

5 Disponível em: <https://pedreiraio.com.br/telhas-ceramicas-tipos-e-caracteristicas-passo-a-passo/>. Acesso em: 10 out. 2023.

Predominantemente utilizadas em cenários residenciais e em edificações que buscam combinar estética tradicional com funcionalidade, as telhas cerâmicas mantêm sua presença tanto em ambientes urbanos quanto rurais. Contudo, é importante que variáveis como custo, disponibilidade e viabilidade técnica sejam rigorosamente analisadas para assegurar uma implementação não apenas adequada, mas também finamente ajustada às especificidades de cada projeto (Pedote; Franco, 2012).

Especificamente, as telhas cerâmicas se destacam por sua resistência às variações climáticas, adequadas tanto para ambientes quentes quanto para aqueles mais frios e úmidos. Esta resistência, especialmente à infiltração de água, é uma das principais razões pela qual são frequentemente escolhidas em diversos projetos de construção (Carvalho, 2013).

Telhas de fibrocimento

Logo após as telhas cerâmicas de argila, as telhas de fibrocimento (Figura 2) são as mais populares no Brasil. Compostas por cimento Portland como ligante, estão disponíveis em variados modelos, espessuras e tamanhos. Sua principal característica é a capacidade de vencer grandes vãos sem a necessidade de suportes intermediários, conferindo-lhes uma notável versatilidade (Zemad, 2019).

Figura 2 – Telha de fibrocimento



Fonte: Precon (s.d.)⁶.

Embora seu desempenho térmico não seja tão eficiente quanto algumas alternativas disponíveis no mercado, as telhas de fibrocimento são frequentemente adequadas para uma ampla variedade de contextos construtivos, especialmente quando considerada a relação custo-benefício. A durabilidade e resistência deste tipo de telha, que muitas vezes suporta diversos desafios climáticos, são atributos valorizados em diferentes abordagens projetuais (Carvalho, 2013).

6 Disponível em: <https://precon.com.br/portal/onde-encontrar/>. Acesso em: 10 out. 2023.

De acordo com Tonoli (2006), o processo de fabricação das telhas de fibrocimento utiliza um equipamento chamado Hatschek, desenvolvido a partir de uma máquina originalmente concebida para a produção de papel. Neste processo, componentes essenciais como fibras, cimento e outros aditivos são misturados em um tanque. Em seguida, a remoção do excesso de água é feita por cilindros rotativos, resultando em uma pasta adequada para a produção das chapas na espessura desejada.

O equilíbrio entre custo e qualidade oferecido pelas telhas de fibrocimento é um argumento substancial para sua escolha em numerosos projetos, principalmente quando se busca uma solução que combine estética e funcionalidade prática (Pedote; Franco, 2012). Além disso, para responder adequadamente às variações de temperatura, uma manta térmica é frequentemente aplicada juntamente com as telhas, instalada na base do telhado para funcionar como isolante térmico (Bello, 2013).

A implementação de isolamento térmico em construções é reconhecida como uma técnica simples, mas extremamente eficaz do ponto de vista energético, aplicável em edifícios residenciais, comerciais e industriais. Esse isolamento consiste em um ou mais materiais com alta resistência térmica, o que permite reduzir a taxa de transferência de calor (Medeiros *et al.*, 2019).

Telha Colonial de PVC

As telhas de PVC destacam-se por sua longa vida útil e pela capacidade de serem completamente recicladas ao final desse período, permitindo a fabricação de novas telhas. A leveza dessas telhas é uma de suas principais vantagens, facilitando sua implementação em projetos, devido ao peso reduzido que exige menos das estruturas de apoio, tornando a construção mais rápida e, muitas vezes, mais econômica em comparação a outras opções de cobertura. Este atributo simplifica também o manuseio e a instalação, reduzindo custos e tempo no canteiro de obras (Abitelha, 2023).

Além disso, as telhas de PVC são notáveis pela sua versatilidade, qualidade do acabamento, durabilidade e segurança, pois não propagam chamas (Abitelha, 2023). A Figura 3 ilustra as telhas de PVC disponíveis no mercado, destacando também a variedade de cores oferecidas.

Em termos de transmissão de luz, as telhas de PVC possuem uma característica particularmente benéfica, sendo ideais para projetos que visam maximizar o uso da luz natural. A capacidade desse material de permitir a permeação da luz pode criar ambientes adequadamente iluminados, favorecendo a economia de energia elétrica durante o dia e promovendo um ambiente interno agradável e acolhedor (Gomes, 2023).

Figura 3 – Telhas PVC



Fonte: Farol da primavera (s.d.)⁷.

Telhas Sanduíche ou Isotérmicas

A telha sanduíche é composta por duas placas de metal, geralmente de zinco, separadas por um material isolante, como isopor ou poliuretano, com uma espessura mínima de 30 mm, embora essa medida possa variar conforme as necessidades de isolamento térmico. Este tipo de telha é projetado para oferecer uma resposta eficiente ao controle de trocas térmicas entre os ambientes interno e externo, contribuindo para uma economia energética significativa ao longo do tempo (Gomes, 2023).

⁷ Disponível em: <https://faroldaprimavera.avanteplus.com.br/telha-pvc-plana-242x088-6-ondas-terracota-afort-7898629801510/p>. Acesso em: 10 out. 2023.

O isolante entre as camadas metálicas funciona como uma barreira térmica, reduzindo a transferência de calor e ajudando a manter os ambientes internos agradáveis e estáveis em termos de temperatura (Baêta; Souza, 2010). A Figura 4 ilustra a disposição de uma telha sanduíche isotérmica disponível no mercado.

Gomes (2023) destaca que a escolha das telhas sanduíche vai além do conforto térmico, abrangendo também o acústico, tornando-as uma opção atraente para projetos focados em sustentabilidade e eficiência energética. A capacidade de atenuação sonora destas telhas é particularmente valiosa, proporcionando ambientes mais tranquilos e silenciosos, o que é especialmente útil em zonas urbanas onde o ruído externo representa um desafio constante.

Carvalho (2013), ao discutir materiais de cobertura e seu impacto no ambiente térmico, também ressalta a importância de uma seleção e aplicação cuidadosas dos materiais. Neste contexto, as telhas isotérmicas surgem como uma solução robusta, que pode oferecer resultados excelentes quando integradas de maneira coerente em um projeto alinhado com práticas construtivas otimizadas.

Figura 4 – Telha Sanduíche



Fonte: Porto aço e ferro (s.d.)⁸.

Manta Térmica

A manta térmica, empregada para isolar termicamente telhados e coberturas, é fabricada a partir de polietileno expandido e inclui uma camada de alumínio, oferecendo proteção eficaz contra temperaturas extremamente altas ou baixas. Esta manta pode ser aplicada em todos os tipos de coberturas e traz múltiplos benefícios à construção, como aumento do conforto térmico, redução no consumo de energia devido à menor necessidade de climatização, além de prevenir infiltrações e goteiras. Quando instalada corretamente, destaca-se também pela sua resistência e durabilidade (Silveira *et al.*,

8 Disponível em: <https://portoacoeferro.com.br/telha/telha-sanduiche/>. Acesso em: 10 out. 2023.

2021). A Figura 5 ilustra o forro de manta térmica instalado na estrutura do telhado.

Isolantes térmicos metálicos, ou mantas refletivas, possuem a capacidade de minimizar a quantidade de calor que penetra através do telhado. Estes materiais, conhecidos por suas propriedades de baixa emissividade, atuam como isolantes térmicos reflexivos ou barreiras radiantes, bloqueando a transferência de calor por radiação. Portanto, esses isolantes ou barreiras dificultam a entrada de calor, devido à sua habilidade de refletir a radiação solar incidente, resultando em ambientes internos mais frescos (Suetake, 2017).

Figura 5 – Telha fibrocimento aplicado o forro de manta térmica



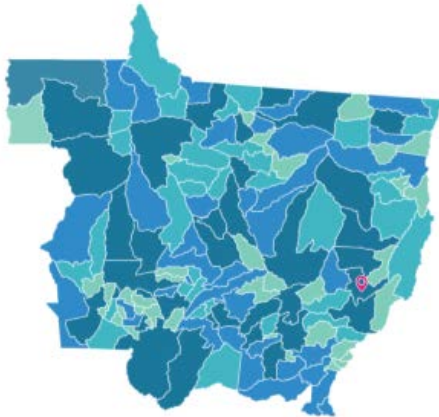
Fonte: Quanto custa reformar (s.d.)⁹.

9 Disponível em: <https://quantocustareformar.com/como-instalar-manta-termica-em-telhado-pronto/>. Acesso em: 23 out. 2023.

MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa foi conduzida na cidade de Nova Xavantina – MT, localizada a leste do estado de Mato Grosso, na região do Médio Araguaia (Figura 6). A cidade ocupa uma área de 5.530,393 km² e está situada nas coordenadas geográficas 14° 40' 0" de latitude Sul e 52° 20' 45" de longitude Oeste, a uma altitude de 271 metros (Mato Grosso, 2019). Devido ao seu clima tropical, com a proximidade da linha do equador (~1640 km), com temperaturas que variam de 25° C a 43° C, surge a necessidade de explorar métodos para melhorar as condições de temperatura interna nas edificações, visando torná-las mais frescas e confortáveis para os usuários (Climatempo, s.d.).

Figura 6 – Localização Município de Nova Xavantina – MT



Fonte: IBGE (2023).

Neste contexto, o estudo focou na avaliação de diferentes tipos de coberturas, incluindo telha PVC colonial, cerâmica, fibrocimento com manta e telha sanduíche, todas amplamente utilizadas na construção local. O objetivo era determinar quais dessas opções possuem propriedades de isolamento térmico adequadas para o clima da região Centro-Oeste do estado de Mato Grosso, e qual delas contribui mais eficazmente para a redução da temperatura interna das residências.

Para a coleta de dados, foram construídos quatro protótipos de alvenaria convencional, cada um com paredes de 0,15 metros de espessura, altura de 0,7 metros, piso de concreto e sem forro. Cada protótipo, medindo 1,0 por 0,5 metros, foi equipado com um tipo diferente de telhado: cobertura de telha de PVC colonial, telha sanduíche, telha cerâmica romana e telha de fibrocimento com manta térmica, respectivamente. A Figura 7 ilustra os modelos de telhas instaladas nos protótipos.

Figura 7 – Protótipos utilizados para realização da pesquisa



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Levantamento de dados

O levantamento de dados foi conduzido ao longo de 77 dias, entre os meses de agosto e outubro de 2023, especificamente do dia 7 de agosto ao dia 20 de outubro. Durante este período, as medições foram realizadas três vezes por semana (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira) em dois horários distintos: às 12:00 e às 18:00. Esta época do ano é caracterizada por temperaturas elevadas na cidade, e a incidência direta de radiação solar sobre as coberturas influencia significativamente a temperatura interna dos

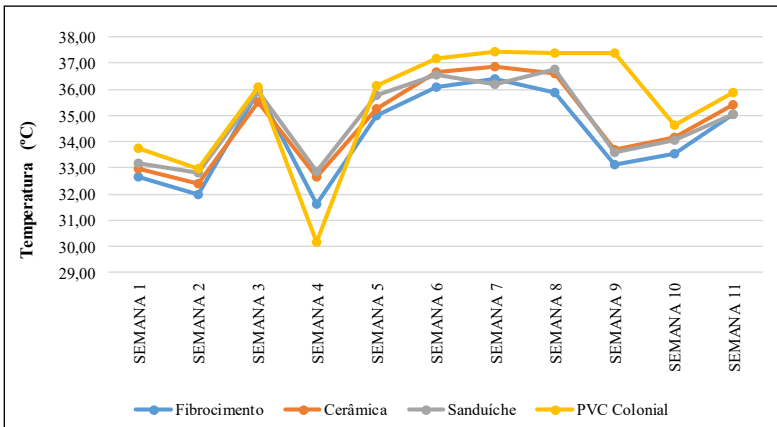
ambientes. No total, foram coletadas 77 medições ao longo de onze semanas.

Para a coleta de dados, foram realizadas medições de temperatura dentro de cada protótipo utilizando um Termo Higrômetro Modelo TTH100 da Incoterm, que possui uma faixa de sensibilidade de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $750\text{ }^{\circ}\text{C}$. As medições foram efetuadas em dois horários distintos: às 12:00 e às 18:00 horas na parte interna e centralizada do protótipo. Os dados coletados foram organizados conforme o tipo de cobertura de cada protótipo: o Protótipo 1 possui cobertura de telha de fibrocimento com forro de manta térmica; o Protótipo 2 tem cobertura de telha cerâmica; o Protótipo 3 utiliza telha isotérmica tipo sanduíche; e o Protótipo 4 é coberto por telha de PVC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados das medições de temperatura ao longo das semanas revela variações significativas entre os diferentes tipos de cobertura dos protótipos. O Gráfico 1 ilustra a média aritmética das medições realizadas às 12:00 e às 18:00 horas em cada protótipo. As temperaturas médias registradas para os protótipos com telha de fibrocimento e telha cerâmica mantiveram-se relativamente próximas ao longo do período estudado, com um pequeno aumento nas semanas 5 a 7, atingindo um pico na semana 6.

Gráfico 1 – Média das medições de temperatura realizadas às 12:00 e às 18:00 horas ao longo de 11 semanas



Fonte: Elaboração própria (2023).

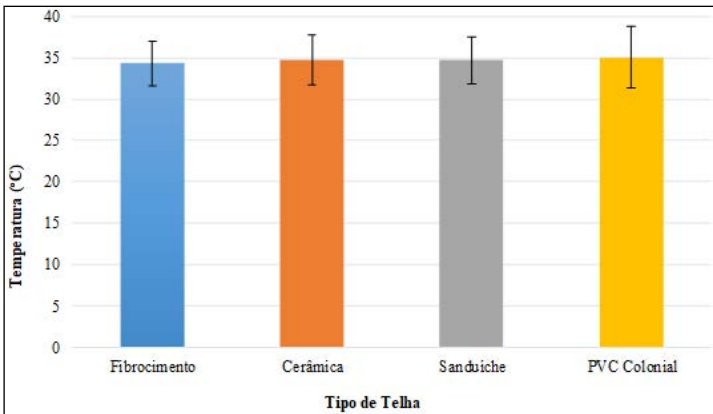
Por outro lado, o protótipo com telha isotérmica tipo sanduíche demonstrou maior estabilidade em comparação aos outros, apresentando menores variações e mantendo-se entre as temperaturas médias mais baixas. Isso sugere uma capacidade de isolamento térmico superior, tornando-o mais eficiente para manter temperaturas internas constantes.

Em contraste, o protótipo com telha de PVC colonial apresentou maior variabilidade nas temperaturas registradas, com um aumento acentuado na semana 3 e picos subsequentes na semana 6. Essa variação pode ser atribuída à menor eficiência térmica do PVC colonial em comparação aos outros materiais.

A análise dos resultados de temperatura média para os diferentes tipos de telhas (Gráfico 2) indica que a telha de PVC

Colonial apresentou a maior temperatura média, com $35,05\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3,75\text{ }^{\circ}\text{C}$, seguida pelas telhas de cerâmica ($34,74\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3,04\text{ }^{\circ}\text{C}$) e sanduíche ($34,74\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,84\text{ }^{\circ}\text{C}$), e pela telha de fibrocimento, com $34,33\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,71\text{ }^{\circ}\text{C}$. Observa-se que, apesar das diferenças nas temperaturas médias serem pequenas, a telha de PVC Colonial apresentou uma maior variabilidade nos dados, refletida pelo maior desvio. Isso sugere que a telha de PVC Colonial pode ser menos eficiente em manter uma temperatura interna constante em comparação com os outros materiais.

Gráfico 2 – Média das medições de temperatura para os tipos de telhas analisados



Fonte: Elaboração própria (2023).

Já a telha isotérmica tipo sanduíche, apesar de ter uma temperatura média igual à da telha de cerâmica, mostrou um desvio padrão ligeiramente menor, indicando uma performance mais estável. Esse menor desvio sugere que a telha sanduíche

pode oferecer um isolamento térmico mais consistente, reduzindo as flutuações de temperatura interna. Por sua vez, a telha de fibrocimento apresentou a menor temperatura média, o que indica uma performance aceitável, porém com menor variação em relação às demais telhas. Contudo, considerando o desvio padrão, nenhuma das telhas analisadas apresentou diferença significativa.

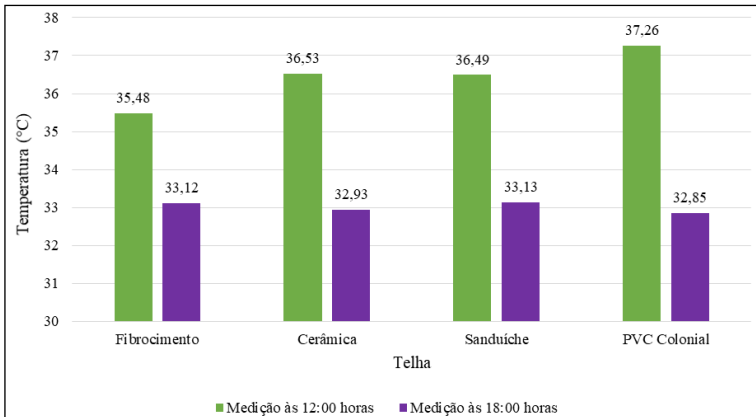
A análise das medições de temperatura realizadas às 12:00 e às 18:00 horas ao longo de 77 dias para os diferentes tipos de telhas revela variações distintas no desempenho térmico de cada material e podem ser vistas no Gráfico 3. Observa-se que, às 12:00 horas, as telhas de PVC Colonial apresentam a maior temperatura média (37,26 °C), seguidas pelas telhas de cerâmica (36,53 °C) e sanduíche (36,49 °C), enquanto as telhas de fibrocimento registram a menor temperatura média (35,48 °C). Essa diferença nas temperaturas sugere que a telha de fibrocimento possui um desempenho ligeiramente melhor na mitigação do calor durante o horário mais quente do dia.

Às 18:00 horas, todas as telhas apresentam uma redução significativa na temperatura, com médias variando entre 32,85 °C para a telha de PVC Colonial e 33,13 °C para a telha sanduíche. As telhas de fibrocimento e cerâmica registraram temperaturas médias de 33,12 °C e 32,93 °C, respectivamente. Essa redução uniforme nas temperaturas às 18:00 horas indica uma perda de calor relativamente constante entre os diferentes materiais à medida que o dia avança, destacando

que a capacidade de retenção de calor dos materiais é um fator importante a ser considerado.

A maior variação de temperatura observada nas telhas de PVC Colonial, tanto às 12:00 quanto às 18:00 horas, sugere uma menor eficiência térmica deste material em comparação com os outros tipos de telha analisados. Em contrapartida, a telha sanduíche, apesar de registrar altas temperaturas ao meio-dia, mostra uma menor variação e melhor desempenho na manutenção de temperaturas mais constantes. Essas observações indicam que, para ambientes que requerem um controle térmico mais eficiente, a escolha do material da cobertura deve levar em consideração não apenas as temperaturas médias, mas também a variação ao longo do dia para garantir um conforto térmico adequado.

Gráfico 3 – Média das medições de temperatura realizadas às 12:00 e às 18:00 horas



Fonte: Elaboração própria (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise estatística revelou que não houve diferenças significativas entre os quatro tipos de telhas no que diz respeito às temperaturas médias mensais. No entanto, observou-se que as coberturas que incluíam isolamento térmico, como a telha de fibrocimento com manta térmica, apresentaram desempenho ligeiramente superior, proporcionando ambientes internos mais confortáveis. A telha cerâmica também apresentou bons resultados, especialmente quando associada ao isolamento, sugerindo que soluções mais acessíveis podem ser eficazes no controle térmico.

Apesar da telha de PVC Colonial ter apresentado a maior temperatura média mensal (35,05 °C) e a telha de fibrocimento com manta térmica a menor (34,33 °C), essas diferenças não foram estatisticamente significativas, considerando os desvios padrão. Isso indica que a temperatura média isolada não é suficiente para avaliar o desempenho térmico de uma cobertura.

Outros fatores, como a amplitude térmica diária, o tempo de permanência em faixas de conforto térmico e a inércia térmica dos materiais, também devem ser considerados para uma análise mais abrangente. Além disso, variáveis externas, como a orientação solar, o tamanho dos protótipos e a altura das estruturas, podem ter influenciado os resultados, limitando a representatividade do experimento em condições reais.

Assim, reforça-se a necessidade de utilizar uma abordagem multifatorial para avaliar o desempenho térmico de coberturas, especialmente em regiões de clima quente como Nova Xavantina – MT.

REFERÊNCIAS

ABITELHA. **Telhas de PVC são adequadas a quase todas as edificações**. 2024. Disponível em: <https://blog.abitelha.org.br/telhas-de-pvc-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 09 maio 2024.

ARAUJO, Virgínia Maria Dantas de. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. 1996. 179 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

ASHRAE HANDBOOK. **Fundamentals**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições Símbolos e Unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: componentes e elementos construtivos das edificações — resistência e transmitância térmica — métodos de cálculo. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: zoneamento

bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BAÊTA, Fernando da Costa; SOUZA, Cecília de Fátima. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: EDUFV, 2010.

BELLO, Lucas Geremia. **Análise do desempenho de conforto térmico de projetos de habitações unifamiliares em Pato Branco, PR**. 2013. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2007.

CARVALHO, Hériton Garcia de. **Materiais de cobertura e suas associações a forros e materiais isolantes no ambiente térmico de protótipos abertos e fechados com vistas à produção de frangos de corte em clima quente**. 2013. 108 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

CIMENTO MONTES CLAROS. **Telha sanduíche: afinal, vale mesmo a pena comprar?** São Paulo, 2018. Disponível em: <https://cimentomontesclaros.com.br/telha-sanduiche-vale-pena-comprar/>. Acesso em: 15 out. 2023.

FIORELLI, Juliano; MORCELLI, Juliana Aparecida Bento; VAZ, Rossana Inês; DIAS, Antonio Alves. Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 204 – 209, 2009.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. 7. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2006.

GOMES, Iara Gonçalves. Benefícios das telhas termoacústicas na indústria da construção civil. **Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 6, p. 404 – 416, 2023.

KRELLING, Aline Fernanda; SILVA, Mauricio Paulo da; SOUZA, Roberto de Oliveira; MARINOSKI, Deivis Luis. Influência do envelhecimento, limpeza e pintura da superfície de telhas de fibrocimento sobre o desempenho térmico da cobertura. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2019, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: ANTAC, 2019. p. 1917 – 1926.

LAMBERTS, Roberto. **Conforto e stress térmico**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <https://www.academia.edu/>. Acesso em: 27 nov. 2023.

MASCARÓ, Juan Luis; MASCARÓ, Lucia Elvira Rodríguez de (coord.). **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. Porto Alegre: Sagra – DC Luzzatto, 1992.

MEDEIROS, Mateus Ferreira; FRANCO, Maria Amélia de Castro; KLEPA, Rafaela Bonde; SANTANA, José Carlos Curvelo. Viabilidade econômica de mantas térmicas, produzidas a partir de resíduos de asfalto, para revestimento de telhados. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4, p. 1-25, 2019.

OLIVEIRA, Isabela Dutra de. **Projeto de otimização ambiental de uma edificação pré-existente**. 2023. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

OLIVEIRA, Luísa Pilla de. **Reciclagem mecânica de blister pós-industrial de embalagens de medicamentos**. 2021. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

PEDOTE, Lucas; FRANCO, Tiago T. **Análise da eficiência térmica de diferentes tipos de coberturas para casas de emergência**. 2012. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

PERALTA, Gisele. **Desempenho térmico de telhas: análise de monitoramento e normalização específica**. 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SANTOS, Ronicley de Souza; SOUZA, Ludimilla Borges. Orientação solar e ganho térmico das fachadas em diferentes tipos de tempo na cidade de Palmas – TO: episódios de verão e de inverno. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 3 – 23, set. 2022.

SILVEIRA, Cássio de Rosso; SANTOS, Ednaldo Maria Arruda; FERREIRA, Wanderley Paulo; LOCATELLI, Ana Paula Kurek. Influência de diferentes tipos de coberturas no conforto térmico em habitações no município de Nova Xavantina – MT. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 8, p. 83494 – 83506, 2021.

SOARES, Tiago Cavalcante; CUNHA, Dênis Antônio da. Emissões de gases de efeito estufa e eficiência ambiental no Brasil. **Nova Economia**, v. 29, n. 2, p. 429 – 458, 2019.

SUETAKE, Gabriel Yukio. **Avaliação do desempenho térmico de mantas isolantes em guaritas de fibra de vidro**. 2017. 95

f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

TAVARES, Valéria Cássia; ARRUDA, Ítalo Rodrigo Paulo de; SILVA, Danyhelton Douglas Guedes da. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385 – 405, 2019.

TINÔCO, Ilda de Fátima Ferreira. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, n. 1, p. 1 – 26, 2001.

TONOLI, Gustavo Henrique Denzin. **Aspectos produtivos e análise do desempenho do fibrocimento sem amianto no desenvolvimento de tecnologia para telhas onduladas**. 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biosistemas) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

VIEIRA, Carlos Maurício Fontes; SOARES, Tiago Marques; MONTEIRO, Sergio Neves. Massas cerâmicas para telhas: características e comportamentos de queima. **Cerâmica**, São Paulo, v. 49, n. 312, p. 245 – 250, 2003.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 16. ed. São Paulo: Blucher, 2021.

ZEMAD MADEIRAS. **O que são telhas de fibrocimento?** São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.zemad.com.br/o-que-sao-telhas-de-fibrocimento/>. Acesso em: 15 out. 2023.

SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROGRAMAS DE SEGURANÇA E A IMPORTÂNCIA DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO

Ana Paula Klaus Locatelli
Henrique Bispo Benevides
Wallas Alves Pires Dos Santos

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o conceito de trabalho tem acompanhado a humanidade, permitindo a evolução e o desenvolvimento humano. Através do trabalho, adquire-se conhecimentos, riquezas materiais e satisfações pessoais que contribuem para o desenvolvimento econômico. No entanto, ao longo da história, os seres humanos sempre estiveram expostos a diversos tipos de riscos laborais (Ferreira; Peixoto, 2012).

Com o advento da Revolução Industrial no final do século XVIII e início do século XIX, foram desenvolvidos maquinários que

facilitaram o trabalho humano, provocando grandes mudanças nas dinâmicas laborais. A crescente expansão das máquinas nas empresas trouxe consigo diversos problemas relacionados à saúde e segurança dos trabalhadores. A intensificação do uso dessas máquinas, aliada à falta de regulamentação sobre o trabalho, resultou no aumento de doenças ocupacionais e acidentes de trabalho (Moterle, 2014).

Em 1919, após a Primeira Guerra Mundial, foi estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) a Organização Internacional do Trabalho (OIT), uma agência especializada em promover a justiça social e trabalhista. A OIT estabeleceu padrões internacionais para o desenvolvimento de diretrizes e fornecimento de apoio técnico e financeiro aos Estados membros, com o objetivo de garantir trabalho decente em todo o mundo, baseado em princípios fundamentais como liberdade, justiça, segurança e dignidade humana. Seu trabalho visa criar um ambiente de trabalho justo, seguro e inclusivo para o desenvolvimento dos funcionários (Elsner, 2015).

A história da segurança do trabalho no Brasil apresentou uma evolução mais tardia em relação à Europa, uma vez que a revolução industrial brasileira teve início apenas na década de 1930. A partir desse período, o então presidente Getúlio Vargas iniciou o processo de criação de direitos trabalhistas individuais e coletivos, culminando na criação da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) em 1943. Desde então, outras medidas foram implementadas em benefício dos trabalhadores, como a regulamentação dos Planos de

Benefícios da Previdência Social por meio da Lei 8.213 de 1991, que incluiu os benefícios para trabalhadores vítimas de acidentes de trabalho (Tavares, 2009).

A construção civil, ao mesmo tempo que desempenha um papel importante no cenário econômico nacional, apresenta uma elevada incidência de acidentes e doenças ocupacionais. Esse fato deve-se à qualidade inadequada do trabalho, à negligência com a segurança e ao controle do ambiente de trabalho. Os canteiros de obras apresentam riscos significativos à saúde dos trabalhadores, incluindo riscos físicos, biológicos, químicos e ergonômicos (Bezerra, 2015).

A importância da prevenção de acidentes de trabalho nas relações entre empregadores e empregados é evidente, pois cabe à sociedade garantir a saúde do trabalhador e indenizá-lo por eventuais acidentes ocorridos durante o exercício de suas funções. É fundamental a implementação de medidas preventivas para minimizar os riscos de acidentes e garantir a segurança dos trabalhadores (Barbosa; Ramos, 2012).

Acidentes de trabalho podem acarretar consequências graves não apenas para o trabalhador, mas também para sua família, gerando impactos financeiros devido à perda de renda, sofrimento emocional, mudanças nos papéis familiares, prejuízos na qualidade de vida e possíveis conflitos familiares. Para evitar tais consequências negativas, é essencial que o ambiente de trabalho esteja sempre provido de segurança,

garantindo um trabalho seguro e saudável aos trabalhadores (Moraes; Moulin, 2013).

Este estudo tem como objetivo principal explicar a segurança do trabalho na construção civil, destacando os programas de segurança e a importância dos equipamentos de proteção, com o intuito de garantir um ambiente de trabalho seguro e proteger a saúde dos trabalhadores. Para alcançar esse objetivo, serão abordados aspectos como a legislação vigente sobre segurança do trabalho, a cultura de segurança e seus benefícios, a importância dos programas de segurança, a utilização correta dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs), além da necessidade de treinamentos regulares e fiscalização adequada. Também serão discutidas boas práticas em saúde e segurança no ambiente de trabalho, visando reduzir acidentes e doenças ocupacionais.

DESENVOLVIMENTO

Segurança do trabalho

A Segurança do Trabalho pode ser definida como um conjunto de medidas e procedimentos técnicos, médicos e educacionais, adotados com o objetivo de prevenir acidentes e doenças decorrentes do trabalho, preservando a integridade

física e mental dos trabalhadores. Isso envolve a análise e avaliação dos riscos presentes no ambiente de trabalho, a implementação de medidas preventivas para minimizar esses riscos, a capacitação e treinamento dos trabalhadores, além do controle e monitoramento da saúde dos mesmos. Esta é uma preocupação constante em diversas áreas de atuação profissional, buscando garantir a saúde e segurança dos trabalhadores, além de prevenir prejuízos financeiros e sociais decorrentes de acidentes e doenças ocupacionais (Cardella, 2016).

Através da segurança do trabalho, é possível analisar e estudar as causas e índices de acidentes e doenças ocupacionais provenientes das atividades laborais, com o intuito de prevenir esses eventos e possíveis fatalidades. Isso ressalta a importância de proporcionar um ambiente saudável e seguro para trabalhadores e empregadores, garantindo sua saúde física e mental, bem como a estabilidade financeira (Barsano; Barbosa, 2018).

Nas últimas décadas, as transformações no mundo do trabalho têm afetado a saúde dos trabalhadores e da população de modo coletivo. As mudanças organizacionais e as inovações tecnológicas têm alterado significativamente a estrutura produtiva dos países capitalistas desenvolvidos e em desenvolvimento, como é o caso do Brasil. As condições e relações de trabalho tornaram-se conceitos, parâmetros, objetivos e metas. Portanto, as formas de enxergar e realizar as atividades laborais foram adaptadas às exigências e tarefas

da modernidade, acompanhando as mudanças na realidade social (Machado, 2015).

Acidente do trabalho e Doenças ocupacionais

O acidente de trabalho pode ser caracterizado como todo ato inesperado que cause danos a maquinários e provoque lesões aos colaboradores, estendendo-se também a doenças ocupacionais, ou seja, aquelas produzidas ou desencadeadas pelo exercício de uma determinada atividade laboral. A doença do trabalho é aquela adquirida em decorrência de condições especiais de trabalho (Ferreira; Peixoto, 2012).

De acordo com o artigo 19 da Lei nº 8.213/91, considera-se acidente do trabalho aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho. A mesma lei também equipara a acidente de trabalho os acidentes de trajeto (entre a residência e o local de trabalho) e as doenças profissionais ou do trabalho, conforme definidos nos artigos 20 e 21 (Brasil, 1991).

Segundo Proscursin (2007), o termo acidente de trabalho refere-se a uma lesão corporal, perturbação funcional, perda ou redução permanente ou temporária da capacidade de trabalho, ou mesmo morte, ocorridos durante a realização de atividades a serviço da empresa ou de uma atividade útil. Esses

eventos, embora geralmente previsíveis, são inesperados e súbitos, podendo resultar de riscos inerentes ao trabalho ou de falhas no sistema de segurança.

Para Derksen (2017), os acidentes de trabalho acarretam grandes prejuízos econômicos tanto para o empregador quanto para o funcionário, frequentemente resultando em afastamentos prolongados ou até permanentes do trabalho. Portanto, do ponto de vista técnico, é mais eficaz e econômico investir em medidas de segurança do que arcar com os prejuízos causados pelos acidentes. É fundamental que tanto o empregador quanto o funcionário cumpram rigorosamente a legislação relacionada à segurança no trabalho.

Existem diversas causas de acidentes, seja no trabalho, durante o trajeto, ou devido a doenças ocupacionais, e essas causas podem ser agrupadas em duas categorias: atos inseguros e condições inseguras. Os atos inseguros estão relacionados às ações dos trabalhadores e podem incluir improvisações, operação inadequada de máquinas, falta de atenção ou uso incorreto de EPI. Já as condições inseguras estão relacionadas ao ambiente de trabalho e podem incluir máquinas sem proteções adequadas, iluminação imprópria, falta de sinalização, entre outras (Ferreira; Peixoto, 2012).

Estatísticas de acidentes de trabalho

Os acidentes de trabalho afetam trabalhadores em todo o mundo, independentemente do nível de desenvolvimento do

país, gerando impactos econômicos significativos em escala global. No Brasil, entre 2021 e 2022, ocorreram mais de 1,1 milhão de notificações. O setor econômico com o maior número de notificações de acidentes de trabalho foi o de Atividades de Atendimento Hospitalar, registrando mais de 114 mil ocorrências, enquanto o setor de Construção de Edifícios ocupou a quinta posição, com mais de 19 mil acidentes de trabalho (Smartlab, 2023).

De acordo com o Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, houve o registro de mais de 571 mil Comunicados de Acidentes de Trabalho (CAT) em 2021, resultando em 2.487 óbitos. No ano seguinte, em 2022, foram registrados 612 mil CATs, com 2.538 óbitos. Esses números representam um aumento de 7,19% nos acidentes de trabalho com CAT de 2021 para 2022 (Smartlab, 2023).

Os acidentes de trabalho não apenas causam prejuízos sérios ao trabalhador envolvido, mas também geram encargos que são assumidos pela Previdência Social, impactam no aumento dos preços dos produtos, prejudicando o consumidor final, e podem resultar em aumento de impostos e taxas. Dessa forma, os acidentes de trabalho não representam apenas um problema individual, mas também têm implicações sociais e econômicas significativas (Peixoto, 2011).

Legislação de segurança do trabalho aplicada a construção civil

No Brasil, a legislação de segurança do trabalho é bastante extensa e compreende diversas Normas Regulamentadoras (NRs), portarias, leis, decretos, entre outros instrumentos legais. Essas normas foram criadas pelo Ministério do Trabalho e Previdência Social (MTPS) para estabelecer requisitos mínimos de segurança e saúde ocupacional em diversas atividades laborais. A legislação visa regulamentar a segurança do trabalho e está dividida em três esferas: federal, estadual e municipal.

No que diz respeito à saúde e segurança do trabalho, os órgãos responsáveis pela definição das atribuições são o MTPS e o Ministério da Saúde. Esses órgãos têm a responsabilidade de fiscalizar, regular e atualizar toda a legislação referente à saúde e segurança do trabalho, além de inspecionar empresas públicas e privadas para garantir o cumprimento das normas e proteger tanto os colaboradores quanto os empregadores (Chagas *et al.*, 2012).

NR 4 – Serviços Especializados em Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT)

A NR 4 é responsável por planejar, implementar e gerenciar as atividades relacionadas à segurança e saúde no trabalho, com o objetivo de prevenir acidentes e doenças ocupacionais. Essa NR exige que as empresas contratem profissionais especializados em engenharia de segurança e

medicina do trabalho, conhecidos como SESMT, para proteger a saúde e garantir a integridade física dos trabalhadores no ambiente de trabalho.

O tamanho da equipe do SESMT deve ser determinado de acordo com o grau de risco da atividade principal da empresa e o número de funcionários. Conforme estabelecido na norma NR, o dimensionamento da equipe do SESMT deve seguir o disposto nessa norma, considerando o número total de funcionários em todos os estabelecimentos da empresa (Brasil, 2022).

NR 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes e de Assédio (CIPA)

A CIPA é obrigatória de acordo com a CLT, e seu objetivo principal é inspecionar, relatar e controlar as solicitações de medidas para prevenir os riscos de acidentes no ambiente de trabalho. Além disso, a CIPA tem a função de discutir acidentes já ocorridos, orientar os colaboradores, distribuir informações relevantes, convocar reuniões e elaborar mapas de riscos para minimizar ou eliminar as consequências de acidentes e incidentes no local de trabalho (Brasil, 2022).

As empresas devem constituir a CIPA de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), que classifica o grau de risco do trabalho que a empresa exerce. Para empresas que possuam mais de 100 funcionários, a formação da CIPA é obrigatória. Entretanto, a norma permite

que estabelecimentos com a partir de 20 funcionários também possam instituir a CIPA.

NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)

O PCMSO é um programa de saúde ocupacional que visa prevenir, diagnosticar e controlar as doenças ocupacionais. Este programa é obrigatório para todas as empresas e trabalhadores temporários e deve ser coordenado por um médico do trabalho. O seu desenvolvimento deve ser baseado na avaliação de risco do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) (Brasil, 2022).

Todas as empresas, independentemente do número de funcionários ou do nível de risco de suas atividades, são obrigadas a desenvolver e implementar o PCMSO. Esse programa deve ser elaborado considerando os riscos à saúde dos trabalhadores, especialmente aqueles identificados nas avaliações previstas no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA). O PCMSO tem como uma de suas principais diretrizes a análise de questões relacionadas tanto aos indivíduos quanto à coletividade de trabalhadores, privilegiando abordagens clínico-epidemiológicas (Brasil, 2022).

De acordo com o *Centers for Disease Control and Prevention – The National Institute for Occupational Safety and Health* (2023), o controle das exposições aos riscos ocupacionais é a forma mais eficiente de proteger os trabalhadores. Na hierarquia de controles, geralmente utilizada

para determinar soluções viáveis e eficazes, a ideia é começar com ações que eliminem os riscos e, somente em situações em que o risco não possa ser controlado, implantar EPIs juntamente com medidas administrativas, conforme ilustrado na Figura 1.

A eliminação do risco é o primeiro passo da hierarquia, seguido pela substituição do risco por um processo, material ou equipamento menos perigoso. Se essas medidas não forem possíveis, deve-se adotar o controle do risco na fonte. Caso o risco ainda não possa ser controlado na fonte, medidas administrativas devem ser implementadas, como a limitação do tempo de exposição. Por fim, se nenhuma das medidas anteriores for possível, os EPIs devem ser utilizados para reduzir a exposição aos riscos (Onsafety, 2023).

Figura 1 – Hierarquia de controle de riscos



Fonte: OnSafety (s.d.)¹⁰.

¹⁰ Disponível em: <https://onsafety.com.br/o-que-e-pgr-e-qual-sua-importancia/>. Acesso em: 27 abr. 2023.

NR 9 – Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos

A Norma Regulamentadora nº 9 (NR 9) trata da avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos, sendo fundamental para a proteção da saúde e integridade dos trabalhadores. Com a atualização promovida pela Portaria SEPRT nº 6.735/2020, a norma deixou de contemplar o antigo Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e passou a integrar o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), conforme estabelecido pela nova NR 1.

O PGR é um programa que visa identificar perigos, avaliar e controlar os riscos ocupacionais, estando inserido dentro do Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO). Esse programa deve ser implementado por todos os empregadores, incluindo os do setor da construção civil, onde se exige, além do PGR, o cumprimento do PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção) para obras com mais de 20 trabalhadores, conforme previsto na NR 18.

Os riscos ambientais são definidos como aqueles decorrentes da presença ou exposição a agentes físicos, químicos ou biológicos, que podem prejudicar a saúde dos trabalhadores em função de sua natureza, concentração ou tempo de exposição. A natureza do agente refere-se à sua essência física, química ou biológica, podendo causar diferentes efeitos na saúde do trabalhador, dependendo do

tipo de agente e da forma como ocorre a exposição (Jacinto, 2013). A Figura 2 ilustra a classificação dos grupos de riscos.

Figura 2 – Classificação dos grupos de riscos

GRUPO I: VERDE	GRUPO II: VERMELHO	GRUPO III: MARRROM	GRUPO IV: AMARELO	GRUPO V: AZUL
<i>Riscos Físicos</i>	<i>Riscos Químicos</i>	<i>Riscos Biológicos</i>	<i>Riscos Ergonômicos</i>	<i>Riscos de Acidentes</i>
Ruído	Poeiras	Vírus	Esforço Físico Intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Fumos Metálicos	Bactérias	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção
Radiações ionizantes	Névoas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	Ferramentas inadequadas ou defeituosas
Radiações não ionizantes	Neblinas	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Frio	Gases	Parasitas	Imposição de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor	Vapores	Bacilos	Trabalho em turno e noturno	Probabilidade de incêndio ou explosão
Pressões anormais	Substâncias, compostos ou produtos químicos em geral	Animais peçonhentos	Jornada de Trabalho prolongadas	Armazenamento inadequado
Umidade			Monotonia e repetitividade	Picadas de Insetos Cobras Aranhas, etc.
Temperaturas extremas			Outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico	Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes

Fonte: Segurança do Trabalho Sempre (s.d.)¹¹.

Os agentes físicos, químicos e biológicos presentes nos ambientes de trabalho são considerados fatores de risco que, em função de sua natureza, concentração, intensidade e tempo de exposição, podem causar danos à saúde do trabalhador. Alguns autores também incluem os agentes ergonômicos e mecânicos como fatores de risco, mesmo que não sejam citados na NR 9 como riscos ambientais, pois também podem

11 Disponível em: <https://segurancadotrabalhosempre.com/como-fazer-um-mapa-de-risco-passo-passo/tabela-de-riscos-ambientais-2/>. Acesso em: 28 abr. 2023.

causar danos à saúde do trabalhador e devem ser avaliados no ambiente de trabalho (Barsano, 2015).

NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção

A norma tem como objetivo promover a segurança e a saúde dos trabalhadores que atuam na construção civil, estabelecendo requisitos mínimos para a realização de obras e serviços de construção, desde a preparação do local até a conclusão da obra (Brasil, 2021).

Esta abrange o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), Esse programa tem como finalidade promover a saúde e segurança dos trabalhadores por meio de medidas de controle coletivas e individuais, planejamento e organização do canteiro de obras, abrangendo aspectos como proteções contra quedas, instalações elétricas, transporte de materiais, entre outros (Brasil, 2020).

NR 35 – Trabalho em Altura

Considera-se trabalho em altura toda atividade realizada acima de dois metros do nível inferior, que apresenta potencial para queda. Os acidentes de trabalho relacionados a quedas em altura geralmente ocorrem quando não são adotadas medidas de proteção coletiva adequadas, não são implementadas medidas preventivas de segurança do trabalho, e não se realiza

a capacitação e o treinamento adequados dos trabalhadores envolvidos nessas atividades (Souza, 2017).

NR 6 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

A norma determina que os equipamentos destinados a proteger a saúde e integridade física dos trabalhadores devem ser utilizados quando não for possível controlar os riscos por outros meios. Ela estabelece requisitos mínimos para a seleção, fornecimento, uso, conservação e manutenção dos EPIs, visando garantir sua eficácia na proteção dos trabalhadores (Barsano, 2015).

Existem diversos tipos de EPIs, que variam de acordo com o tipo de atividade e os riscos envolvidos, tais como capacetes, óculos de proteção, luvas, botas, protetores auriculares, máscaras de proteção respiratória, entre outros. A Figura 3 apresenta exemplos de EPIs utilizados na indústria da construção civil, indicando a região do corpo onde cada equipamento deve ser utilizado para garantir a proteção contra acidentes e doenças ocupacionais.

Figura 3 – Exemplos de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)



Fonte: *E-treinare – Facebook* (2023)¹².

De acordo com a norma, cabe ao empregador fornecer gratuitamente todos os EPIs necessários para garantir a integridade física dos colaboradores. Também é responsabilidade do empregador oferecer treinamento e informações sobre o uso adequado dos EPIs, fiscalizar a qualidade e conservação dos equipamentos, além de substituí-los sempre que necessário. A norma lista os equipamentos de proteção individuais e suas funções, determinando que só podem ser vendidos e utilizados após certificação por órgãos

¹² Disponível em: <https://www.facebook.com/etreinare/posts/1180471012452226/>. Acesso em: 29 abr. 2023.

competentes, seguindo as especificações do MTPS (Brasil, 2022).

Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC)

Os EPCs são dispositivos que visam preservar a integridade física e a saúde dos colaboradores em geral, com o objetivo principal de garantir a segurança contra acidentes e doenças ocupacionais. Esses equipamentos são considerados a primeira linha de defesa, devendo ser utilizados antes dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), o que acarreta um aumento da proteção. Além disso, os EPCs não causam desconforto aos colaboradores, pois não estão em contato direto com o corpo (Beltrami; Stumm, 2013).

Na construção civil, há uma ampla variedade de EPCs destinados a proteger o maquinário, a edificação, os equipamentos e o ambiente de trabalho em geral. Alguns exemplos incluem cones de sinalização, sinalização de segurança, extintores de incêndio, redes de proteção, plataformas de proteção, redes de proteção predial, protetores de vergalhão, entre outros. É importante que os EPCs sejam devidamente instalados, mantidos e revisados regularmente para garantir sua eficácia. Além disso, é essencial fornecer treinamento adequado aos trabalhadores para que compreendam a importância dos EPCs, seu uso correto e os procedimentos de segurança relacionados (Baú, 2013).

Prevenção de acidentes e doenças ocupacionais

Para prevenir acidentes e doenças no trabalho, é essencial conscientizar os colaboradores e fornecer informações claras e precisas. Isso é ainda mais crítico na construção civil, um setor com altos índices de incidentes.

Nesse contexto, os programas de capacitação se destacam como uma ferramenta eficaz. A NR 18 já prevê essa capacitação como obrigatória, reforçando a necessidade de que o treinamento seja adaptado a cada atividade e às tecnologias e técnicas específicas utilizadas. Dessa forma, a capacitação será mais bem aproveitada e aplicada corretamente no dia a dia do trabalho, contribuindo significativamente para a segurança dos trabalhadores (Zocchio, 2002).

A prevenção é a maneira mais eficaz de combater acidentes e doenças ocupacionais no ambiente de trabalho. Para isso, é necessário adotar medidas que visem inibir as causas, em vez de apenas lidar com as consequências. É importante informar e conscientizar os colaboradores sobre a importância da segurança no trabalho. A falta de preparação adequada, a falta de informação e um ambiente de trabalho inadequado são fatores que podem agravar o risco de acidentes. Nesse sentido, a utilização de equipamentos de segurança, tanto individual quanto coletiva, é um dos instrumentos mais eficazes para a prevenção de acidentes (Ferreira *et al.*, 2012).

Diálogo Diário de Segurança (DDS)

O DDS é um programa simples e aplicável em diferentes ambientes de trabalho, cujo objetivo é a prevenção de acidentes e a promoção de uma cultura de segurança no ambiente laboral. Ele é composto por diversas ferramentas, como palestras informativas, distribuição de panfletos, vídeos e imagens, que são introduzidas no dia a dia dos trabalhadores. Essas atividades são realizadas em períodos curtos, geralmente no início do expediente, e têm baixo custo para o empregador. O DDS tem eficácia comprovada na redução de acidentes e na conscientização dos colaboradores sobre a importância da segurança no trabalho (Zocchio, 2002).

Segundo Zocchio (2002), o objetivo central do DDS é estabelecer a segurança como uma prática natural no ambiente de trabalho, demonstrando os benefícios do cumprimento das normas de segurança, tanto da empresa quanto da legislação, para os funcionários. É fundamental criar o hábito de prevenir acidentes, e a informação é um componente essencial desse processo. Discutir acidentes que ocorreram e como poderiam ter sido evitados é crucial. Os temas abordados durante o diálogo devem ser amplos e variados. Os benefícios do DDS são inegáveis, incluindo a redução de acidentes e doenças ocupacionais no local de trabalho.

Boas práticas em Saúde e Segurança do Trabalho (SST)

Implantar uma cultura de segurança e adotar boas práticas de Saúde e Segurança do Trabalho (SST) em organizações e empresas pode trazer benefícios significativos tanto para as empresas quanto para seus colaboradores, apesar dos custos financeiros envolvidos. Um plano bem implementado pode resultar na redução de atividades e tarefas desnecessárias, além de ações bem elaboradas e conduzidas sobre esses temas não precisarem ser repetidas posteriormente. Isso faz com que os trabalhadores percebam que medidas de precaução diária são suficientes para garantir sua segurança, tornando-as rotineiras e eliminando a necessidade de controles frequentes.

A redução do número de doenças profissionais e acidentes de trabalho também traz benefícios em termos de melhoria da produtividade, qualidade do trabalho, redução de custos e valorização dos colaboradores (Oliveira *et al.*, 2010; Quelhas, Alves, Filardo, 2003). As boas práticas que as organizações e empresas podem adotar para reduzir o número de acidentes e promover o bem-estar dos colaboradores, melhorando sua autoestima e qualidade de vida, estão resumidas no Tabela 1.

Tabela 1 – Boas práticas de Saúde e Segurança do Trabalho (SST)

Boas Práticas	Descrição	Autores
Comprometimento da alta direção	Definir, documentar e endossar as políticas de SST, de modo a facilitar as iniciativas propostas para melhoria do ambiente de trabalho e a conscientização dos colaboradores.	Oliveira <i>et al.</i> , (2010)
Comunicação interna	Estabelecer e manter a transferência de informações de modo eficaz, disponibilizando-as a todos os colaboradores quando for necessário e oportuno.	
Mapa setorial de riscos	Promover o conhecimento dos colaboradores em relação aos locais com alto potencial de risco de acidentes.	
Minimização da resistência a mudanças	Incentivar a participação dos colaboradores no SGSST, valorizar suas opiniões, disponibilizar informações e capacitá-los de maneira adequada.	
Assistenciabilidade	Estabelecer planos de saúde e assistência médica, odontológica, de modo a abranger todos os colaboradores.	Quelhas, Alves, Filardo (2003)
Investimento nas instalações	Atender as necessidades básicas de infraestrutura no sentido de garantir a segurança dos colaboradores.	
Planos de emergência	Criar planos contendo procedimentos a serem seguidos pelos colaboradores no caso de ocorrência de acidentes.	
Uso de uniformes e acessórios recomendados	Conscientizar os colaboradores sobre a utilização de equipamentos de proteção para realização de suas atividades e tarefas.	
Análise cultural	Levantar informações sobre a organização capazes de influenciar a análise de problemas e a tomada de decisões.	Oliveira <i>et al.</i> , (2010)

Capacitação técnica e gerencial	Identificar em todos os níveis as competências necessárias visando a promoção de capacitações e treinamentos necessários.	Quelhas, Alves, Filardo (2003)
Envolvimento dos colaboradores	Aumentar a participação dos colaboradores nos processos que envolvem a cultura de SST para que sejam menos resistentes a mudanças e colaborem positivamente com as ações necessárias.	
Frequentes inspeções de segurança	Verificar de modo constante as condições das instalações, mantendo o estado de alerta no caso de alterações.	Hajmohammad; Vchon (2014)
Investigação e análise estatística de acidentes	Realizar a análise completa dos acidentes e das estatísticas de ocorrência para auxiliar a detecção de falhas a serem corrigidas.	

Fonte: Elaboração própria (2023).

MATERIAL E MÉTODO

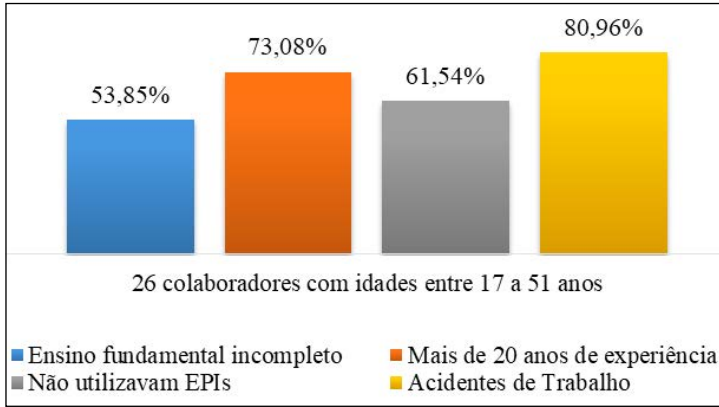
O estudo foi conduzido por meio de uma pesquisa exploratória descritiva, utilizando revisões bibliográficas como método. Foi realizado um levantamento retrospectivo dos últimos anos, utilizando os bancos de dados das plataformas de pesquisa *Scielo*, *Google Acadêmico*, *Periódicos* e sites relacionados. As palavras-chave “construção civil,” “saúde” e “segurança no trabalho” foram utilizadas como parâmetros centrais para a pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A construção civil continua sendo um dos setores com maior número de óbitos relacionados ao trabalho, apresentando uma taxa de incidência duas vezes maior que a média dos demais setores no Brasil. As estatísticas mostram que ocorre um acidente a cada 48 segundos e uma morte a cada 3 horas e 38 minutos (Odsst, 2018). Frequentemente, os empregadores priorizam a produtividade, redução de custos e cumprimento de prazos em detrimento da segurança dos colaboradores, resultando em um aumento alarmante de acidentes nesse setor.

De acordo com um estudo realizado por Oliveira (2021), foram entrevistados 26 colaboradores com idades entre 17 e 51 anos e diferentes níveis de escolaridade, abrangendo desde trabalhadores sem educação formal até aqueles com ensino médio completo. O estudo constatou que a maioria dos entrevistados possuía ensino fundamental incompleto, e muitos tinham mais de 20 anos de experiência profissional na construção. No entanto, mesmo com vasta experiência no setor, muitos dos entrevistados não faziam uso de EPIs. O estudo também identificou que muitos trabalhadores relataram ter sofrido acidentes de trabalho. O Gráfico 1 demonstra os índices desta pesquisa.

Gráfico 1 – Índices da pesquisa de Oliveira (2021)



Fonte: Adaptado de Oliveira (2021).

A baixa escolaridade pode impactar diretamente a capacidade dos trabalhadores de entenderem as informações relacionadas à segurança no trabalho. A compreensão limitada dos perigos existentes no ambiente laboral e a falta de consciência sobre as melhores práticas de segurança contribuem para a ocorrência de acidentes.

Além disso, a dificuldade em ler e interpretar instruções, manuais de equipamentos e avisos de segurança pode levar ao uso incorreto ou à não utilização de EPIs, aumentando ainda mais os riscos. Portanto, os acidentes de trabalho podem ser relacionados à falta de capacitação técnica e profissional dos trabalhadores. A falta de informação sobre segurança no trabalho é um desafio que precisa ser enfrentado para promover ambientes laborais mais seguros.

Segundo a pesquisa de Silva (2019), as reclamações relacionadas ao uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) motivam os colaboradores a não utilizarem esses equipamentos no desempenho de suas funções. Foram relatadas dificuldades comuns no uso de EPIs, tais como luvas que escorregam e/ou rasgam facilmente, diminuição do tato, capacetes que causam desconforto devido ao aquecimento da cabeça e/ou tendem a cair com frequência, cintos que restringem os movimentos e podem causar desconforto no ombro, entre outros.

O estudo evidenciou também que, de um total de 32 funcionários, 40,63% afirmaram ter sofrido acidentes de trabalho, muitas vezes devido à falta de uso de EPIs, desconforto físico ou por não estarem acostumados a utilizá-los.

Visando melhorar o conforto dos trabalhadores, é necessário considerar diferentes aspectos, incluindo a escolha adequada do tamanho e modelo dos EPIs, levando em conta as características físicas de cada indivíduo. É importante que os equipamentos se ajustem corretamente ao corpo do trabalhador, proporcionando liberdade de movimento e evitando pontos de pressão. Outro ponto importante é a seleção de materiais e tecidos de qualidade, que sejam respiráveis e leves, tornando-os mais confortáveis para uso prolongado.

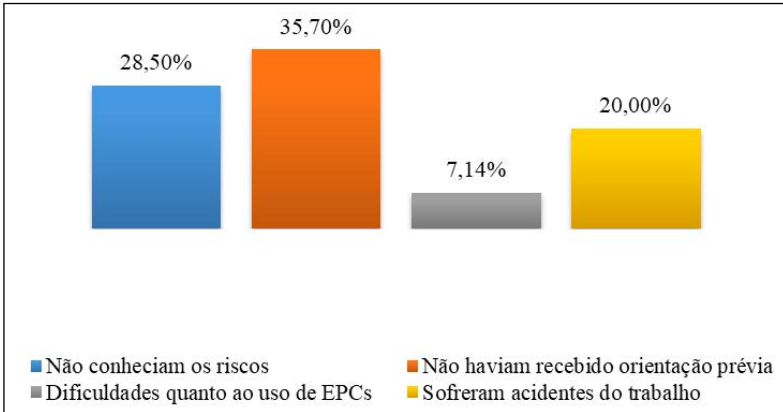
Além disso, é essencial garantir que os EPIs sejam projetados ergonomicamente, considerando as características específicas das tarefas realizadas pelos trabalhadores.

A pesquisa conduzida por Moterle (2014) envolveu 16 colaboradores em uma obra, constatando que todos os colaboradores receberam orientação e treinamento sobre segurança no trabalho, demonstrando a importância desse aspecto. Antes da implementação dessas medidas preventivas, alguns colaboradores afirmaram que não conheciam os riscos no ambiente de trabalho devido à falta de orientação prévia antes de iniciarem suas atividades.

Foi constatado também que alguns colaboradores tinham dificuldades quanto ao uso dos Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) e que alguns já haviam sofrido acidentes de trabalho. O Gráfico 2 demonstra os índices desta pesquisa.

Após a implementação das medidas de segurança, todos os colaboradores consideraram o ambiente de trabalho mais seguro. Deste modo, apesar do reconhecimento de que o trabalho em canteiros de obras apresenta muitos riscos de acidentes, conscientizar os trabalhadores sobre esses riscos ressalta a importância dos treinamentos e orientações sobre a segurança no trabalho, bem como o uso correto dos EPIs e EPCs.

Gráfico 2 – Índices da pesquisa de Moterle (2014)



Fonte: Adaptado de Moterle (2014).

O fato de alguns trabalhadores desconhecerem os riscos e não receberem orientação prévia antes das atividades demonstra a necessidade de investimento em programas eficazes de conscientização. Além disso, a redução do número de acidentes de trabalho por meio da implementação de medidas de segurança contribui para a preservação da saúde dos trabalhadores e da produtividade no ambiente de trabalho.

A conscientização, o monitoramento contínuo e o comprometimento de todas as partes interessadas são essenciais para promover uma cultura de segurança e garantir a proteção dos trabalhadores nos canteiros de obras. Portanto, há necessidade de aprimorar a comunicação, o diálogo e a participação equilibrada entre empregadores e empregados em relação à saúde e segurança no trabalho, a fim de reduzir os índices de acidentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura estudada destaca que as Normas Regulamentadoras (NRs) e demais leis são cruciais para a segurança em canteiros de obras, cobrindo desde o planejamento para prevenir acidentes até as consequências desses eventos. Um fato importante é que o baixo nível de escolaridade e a falta de acesso à informação sobre segurança no trabalho são grandes obstáculos na prevenção de acidentes.

Diante disso, fica claro que oferecer treinamento e capacitação adequados aos trabalhadores é fundamental para elevar o nível de segurança no ambiente de trabalho. Ao investir em educação e conhecimento, as empresas podem reduzir significativamente os riscos e proteger seus funcionários.

Os profissionais de segurança devem possuir a qualificação técnica necessária para cumprir as normas regulamentadoras e garantir ambientes de trabalho seguros. Para os trabalhadores, os programas de segurança e os equipamentos de proteção são cruciais para minimizar os riscos de acidentes e doenças ocupacionais, contribuindo para a preservação da saúde e aumento do bem-estar.

A conscientização sobre os riscos e medidas de segurança é fundamental para reduzir acidentes. A adoção de boas práticas, como o DDS, promove uma cultura de segurança, envolvendo todos os colaboradores na identificação e mitigação de perigos. Além disso, a escolha adequada e o

conforto dos EPIs e EPCs incentivam a adesão e reduzem os riscos de acidentes.

Os resultados reforçam a importância contínua de investir em programas de conscientização, treinamento e educação sobre segurança no trabalho, garantindo que todos os funcionários estejam cientes dos riscos e saibam usar os equipamentos de proteção corretamente. É categórico que as empresas compreendam a importância da informação e qualificação adequada, contribuindo para a produtividade e qualidade do trabalho dos funcionários, sendo responsabilidade legal do empregador garantir a proteção dos colaboradores.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Liliâne Oliveira; RAMOS, Wesley. Importância da prevenção de acidentes no setor de construção civil: um estudo de caso em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. **Revista Conhecimento Online**, Novo Hamburgo, v. 2, a. 4, p. 1 – 22, set. 2012.

BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira. **Segurança do trabalho**: guia prático e didático. 2. ed. São Paulo: Érica, 2018.

BARSANO, Paulo Roberto. **Segurança do trabalho para concursos públicos**: técnico e engenheiro de segurança do trabalho. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

BAÚ, Gelson. **Importância, conscientização e fatores intervenientes ao uso de EPIs na construção civil**: estudo de caso. 2013. 136 f. Monografia (Especialização em Engenharia de

Segurança do Trabalho) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

BELTRAMI, Maíra; STUMM, Sigrid. **EPI e EPC**. Curitiba: Rede e-Tec Brasil, 2013.

BEZERRA, Gerson. **Análise dos riscos ergonômicos e das doenças ocupacionais nos canteiros de obras e formas de prevenção**. 2015. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

BRASIL. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 129, n. 141, p. 1, 25 jul. 1991.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Portaria n.º 3.214, de 08 de junho de 1978**: Normas Regulamentadoras. Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Previdência, 1978.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria n.º 422, de 07 de outubro de 2021**: Aprova a NR 05 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes e de Assédio – CIPA). Brasília, DF: MTE, 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria n.º 3.733, de 10 de fevereiro de 2020**: Aprova a NR 18 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção). Brasília, DF: MTE, 2020.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes**: uma abordagem holística: segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Hierarchy of controls**. Atlanta: NIOSH, 2023. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>. Acesso em: 22 abr. 2023.

CHAGAS, Alexandre de Marinho Ramos; SALIM, Carlos Augusto; SERVO, Luciana Mendes Santos (org.). **Saúde e segurança no trabalho no Brasil: aspectos institucionais, sistemas de informação e indicadores**. 2. ed. São Paulo: IPEA, 2011. p. 15-42.

DERKSEN, André Guilherme. **Ferramenta para avaliação do atendimento do item 4 da NR 18 e cálculo da multa aplicável pela NR 28**. 2017. 47 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

ELSNER, Lissandra de Oliveira. **A aplicação do conceito de trabalho decente da Organização Internacional do Trabalho (OIT) sob a luz dos princípios da igualdade e da dignidade da pessoa humana ao trabalhador com deficiência**. 2015. 94 f. Monografia (Especialização em Direito do Trabalho) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

FERREIRA, Bruna Luísa Andrade; VASCONCELOS NETO, Francisco das Graças; FRANCO, Hildegard Maria Souza Lima; SOUZA, Isis Oliveira Pinto; MOTA, João Daniel Torres; POLIDO, João Alberto; SILVA, Marta de Jesus. **Segurança no trabalho: uma visão geral. Caderno de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v. 1, n. 1, p. 95 – 101, 2012.

FERREIRA, Luana dos Santos; PEIXOTO, Nelson Henrique. **Segurança do trabalho I**. Santa Maria: UFSM, 2012. Disponível em: <http://redeetec.mec.gov.br/>. Acesso em: 25 maio 2023.

JACINTO, Adriano de Castro. **Aplicabilidade do PPRA em empresa de pequeno porte: estudo de caso em marmoraria**

e oficina mecânica. 2013. 41 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MACHADO, Adriane G. S. **Meio ambiente de trabalho na construção civil**: uma análise dos princípios do direito ambiental. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2015.

MORAES, Alberto Bezerra Tomasi; MOULIN, Maria das Graças B. Trabalho, vida e morte no setor de rochas ornamentais: efeitos psicossociais do acidente de trabalho fatal para a família. **Cadernos de Psicologia Social do Trabalho**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 25–40, jun. 2013.

MOTERLE, Nilton. **A importância da segurança do trabalho na construção civil**: um estudo de caso em um canteiro de obra na cidade de Pato Branco – PR. 2014. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

OLIVEIRA, Jorge Oliveira de; OLIVEIRA, Antonio B. de; ALMEIDA, Rodrigo A. de. Gestão da segurança e saúde no trabalho em empresas produtoras de baterias automotivas: um estudo para identificar boas práticas. **Production**, v. 20, n. 3, p. 481–490, set. 2010.

OLIVEIRA, Thiago Áureo Santos. **Segurança do trabalho**: a importância dos programas e equipamentos de segurança em obras na zona urbana da cidade de Canindé de São Francisco (SE). 2021. 69 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário AGES, Paripiranga, 2021.

ONSAFETY. **O que é PGR e qual sua importância?** 2020.

Disponível em: <https://onsafety.com.br/o-que-e-pgr-e-qual-sua-importancia/>. Acesso em: 30 mar. 2023.

PEIXOTO, Nelson Henrique. **Segurança do trabalho**. 3. ed. Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2011.

PROSCURSIN, Pedro. **Compêndio de direito do trabalho**. São Paulo: LTr, 2007.

QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves; ALVES, Márcio S.; FILARDO, Paulo S. As práticas da gestão da segurança em obras de pequeno porte: integração com os conceitos de sustentabilidade. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 4, n. 2, maio 2003.

SILVA, Lucas Fernando da. **Elaboração de PCMAT para canteiro de obra**: estudo de caso. 2019. 65 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

SOUZA, Allysson de Oliveira. **Trabalho em altura na construção civil e as medidas preventivas de segurança do trabalho**. 2017. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

TAVARES, Carlos Roberto G. **Segurança do trabalho I**: introdução à segurança do trabalho. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

ZOCCHIO, Alvaro. **Prática da prevenção de acidentes**: ABC da segurança do trabalho. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ANÁLISE DOS RISCOS AMBIENTAIS E DE ACIDENTES EM CANTEIROS DE OBRAS DE PEQUENO PORTE EM NOVA XAVANTINA – MT

Ana Paula Klaus Locatelli

Tatiane Segalla Zappani

Wallas Alves Pires dos Santos

INTRODUÇÃO

Os estudos sobre saúde e segurança dos trabalhadores tiveram origem durante a Revolução Industrial, época que marcou o começo da legislação voltada à proteção dos operários (Bansi; Martos; Stefano, 2012). Nos dias de hoje, a indústria da construção civil (ICC) é reconhecida como um dos setores mais influentes para o desenvolvimento econômico e geração de empregos. Hansen (2008 *apud* Anjos; Leite, 2019) destaca que este setor contribui com 40% da economia global, embora Costa (2009) aponte para os elevados índices de acidentes. Comprovando isso, dados do Ministério da

Economia (2019) revelam que, somente no Mato Grosso, ocorreram 25.424 acidentes de trabalho entre 2007 e 2017 que não foram adequadamente registrados.

Os acidentes de trabalho são resultantes de uma interação direta e breve entre o agente agressor e o trabalhador, acarretando consequências que impactam não só os diretamente envolvidos, mas também a sociedade e a economia (Menezes, 2015). Conforme Nascimento e Salim (2018), esses incidentes interrompem vidas e causam sequelas duradouras. Apesar de os riscos serem conhecidos em todas as áreas, muitos acidentes poderiam ser prevenidos com a implementação eficaz de programas de segurança e saúde, que incluem a capacitação dos trabalhadores (Severo, 2017).

Especificamente na construção civil, a falta de mão de obra qualificada aumenta a vulnerabilidade aos acidentes. A formação apropriada e o conhecimento das normas de segurança são cruciais para minimizar esses riscos, assegurando melhor qualidade de vida e protegendo a integridade física dos trabalhadores (Brusius, 2010 *apud* Severo, 2017). Tavares (2009) enfatiza que a segurança do trabalho compreende medidas que protegem o trabalhador e melhoram sua capacidade laboral, além de prevenir doenças ocupacionais.

Este estudo, motivado pelo alto índice de acidentes na construção civil e pelas garantias dos direitos fundamentais estabelecidas pela Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988),

visa identificar práticas inseguras e analisar as responsabilidades dos empregadores e empregados na prevenção de riscos. A discrepância entre a prática e as normativas legais exige uma avaliação crítica da eficácia das medidas de segurança nos canteiros de obra.

DESENVOLVIMENTO

Segurança do trabalho

A segurança do trabalho abrange uma série de medidas integradas que incluem técnicas específicas, intervenções psicológicas e ações médicas, ou a combinação dessas abordagens. O objetivo primordial é estabelecer diretrizes de prevenção para as atividades dos colaboradores em seus postos de trabalho, bem como identificar e eliminar condições que possam resultar em insegurança e riscos no ambiente laboral (Vieira, 1994 *apud* Coelho, 2014).

De acordo com Quiesi (2014), a segurança do trabalho envolve um conjunto de tarefas interligadas que garantem a proteção dos trabalhadores, proporcionando-lhes condições seguras para a execução de suas funções. Cardella (2008 *apud* Veronezi, 2014) define segurança do trabalho como um conjunto de medidas preventivas destinadas a minimizar danos e perdas causados por agentes agressivos. Segundo

Ribeiro (2006 *apud* Veronezi, 2014), essas medidas incluem procedimentos administrativos, psicológicos, educacionais e médicos, que asseguram a proteção integral dos colaboradores.

A segurança do trabalho é um campo interdisciplinar das ciências e tecnologias que visa proteger os trabalhadores, evitando e minimizando acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. A promoção da saúde e a manutenção do bem-estar físico, mental e social dos trabalhadores, a prevenção de acidentes e incêndios, entre outras atividades, são componentes fundamentais dessa área (Maia, 2014).

A proteção dos trabalhadores e a prevenção de riscos estão diretamente relacionadas às condições de trabalho, como o uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e coletiva (EPC), o manuseio correto dos equipamentos e ferramentas, entre outros fatores essenciais (Maia, 2014).

Riscos ambientais

A segurança e a higiene do trabalho são conhecidas como a ciência da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos presentes nos locais de trabalho que podem comprometer a saúde e a integridade física dos trabalhadores, além de proteger o meio ambiente e os recursos naturais (Silva, 2016).

O ambiente de trabalho deve ser um local que garanta segurança, higiene e bem-estar aos trabalhadores, permitindo

que desempenhem suas atividades da melhor forma possível. No entanto, isso nem sempre se concretiza. Em áreas como agricultura, escritórios, fábricas e, especialmente, na construção civil, os trabalhadores estão expostos a diversos riscos ambientais, tais como poeira, choques elétricos, quedas de altura, quedas de andaime, vibrações, ruídos, gases, entre outros (Silva, 2016).

Existem muitos riscos no local de trabalho que os trabalhadores enfrentam para manterem seus empregos (Rodrigues, 1986 *apud* Silva; Bemfica, 2015). Esses riscos ambientais são descritos pela NR 9 (Brasil, 1994) e incluem riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos (acidentes).

Acidentes do trabalho e Doenças ocupacionais

Quando se discute acidentes de trabalho, geralmente se imagina que esses eventos ocorrem no local de trabalho, na empresa e durante o horário de expediente. No entanto, essa concepção pode variar conforme a natureza do acidente e suas causas. Conforme Calleri (2007 *apud* Silva e Bemfica, 2015), um acidente de trabalho é definido como qualquer evento que, ao ocorrer durante a execução do trabalho, resulte em perda ou redução das capacidades do trabalhador, provocado por fatores associados ao ambiente laboral.

De acordo com o Artigo 19 da Lei nº 8.213/1991, o acidente de trabalho é aquele que ocorre pelo exercício do

trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, a perda ou redução permanente ou temporária da capacidade para o trabalho (Brasil, 1991).

O acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (Brasil, 1991, art. 19).

Lesões corporais ou perturbações funcionais resultantes de acidentes de trabalho podem levar à morte ou à perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade laboral. Lesões corporais podem variar desde pequenos cortes até amputações, enquanto perturbações funcionais referem-se à perda de funções vitais de órgãos, como a perda da visão devido ao contato com agentes químicos (Platen, 2018).

Segundo Costa (2009 *apud* Silva; Bemfica, 2015), acidentes de trabalho abrangem qualquer dano físico ou doença sofrida pelo trabalhador durante o horário de serviço, almoço ou repouso. Já as doenças ocupacionais são equiparadas a acidentes de trabalho, devendo-se considerar o fator laboral que ocasionou a enfermidade no trabalhador.

Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) são dispositivos ou produtos de uso individual utilizados pelos trabalhadores para proteção contra riscos à segurança e à saúde no trabalho (NR 6). Embora sejam vistos como o principal recurso de proteção, a melhor forma de proteger os trabalhadores é garantir um ambiente de trabalho livre de riscos e adequado à preservação da saúde e do meio ambiente (Rocha, 2009 *apud* Simões, 2010). Os EPIs são regulamentados pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) através da NR 6, que exige que as empresas forneçam esses equipamentos gratuitamente, em perfeito estado de conservação e funcionamento.

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) são projetados para resguardar diversas partes do corpo, incluindo cabeça, tronco, membros superiores e inferiores, pele e o aparelho respiratório. Seja um EPI de fabricação nacional ou importada, é obrigatório que ele possua o Certificado de Aprovação (CA), emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), conforme estabelecido pela Norma Regulamentadora (NR) 6. Conforme a NR 6, cabe ao empregador:

- Adquirir EPIs adequados ao risco de cada atividade;
- Exigir seu uso;
- Fornecer EPIs aprovados pelo órgão competente e registrar o fornecimento;

- Orientar e treinar os trabalhadores sobre uso, guarda e conservação;
- Substituir EPIs danificados ou extraviados imediatamente;
- Responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica;
- Comunicar ao MTE qualquer irregularidade informada.

Os empregados devem:

- Usar os EPIs apenas para a finalidade destinada;
- Responsabilizar-se pela guarda e conservação;
- Informar o empregador sobre qualquer alteração que torne o EPI impróprio para uso;
- Cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.

Legislações pertinentes à segurança do trabalho

Com o aumento do número de trabalhadores nas indústrias e o descaso com a saúde, segurança e bem-estar físico e mental, houve um crescimento significativo nos acidentes de trabalho. Para padronizar a segurança nos locais de trabalho, foram criadas as Normas Regulamentadoras (NRs) (Almeida, 2016 *apud* Moura, 2017). A saúde e segurança do trabalho na construção civil são fundamentadas nas NRs

prescritas pela Portaria nº 3.214 de 8 de junho de 1978 do MTE (Pessoa, 2014).

No início dos anos 1940, foram introduzidas as primeiras leis de segurança do trabalho no Brasil (Lima, 1995 *apud* Simões, 2010). Em 1978, foram elaboradas 28 NRs, sendo a NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção a mais importante para a segurança na construção civil. Esta norma estabelece diretrizes administrativas, de planejamento e organização, e medidas de controle e sistemas preventivos para manter um ambiente de trabalho seguro e higiênico.

A Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), inspirada na Carta del Lavoro promulgada pelo regime fascista em 1927, foi o primeiro código trabalhista brasileiro. As normas de Saúde e Segurança do Trabalho (SST) mais influentes foram elaboradas pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), uma agência multilateral da Organização das Nações Unidas (ONU), com o objetivo de melhorar as condições de vida e proteger a saúde de todos os trabalhadores (Chagas; Salim; Servo, 2012).

Atualmente, o Brasil conta com um total de 38 Normas Regulamentadoras (NRs) em vigor, que estabelecem requisitos e procedimentos relacionados à segurança e saúde no trabalho. Essas normas foram desenvolvidas para atender às diversas atividades econômicas e ocupacionais, contemplando desde aspectos gerais, como as disposições sobre segurança e medicina do trabalho, até temas mais

específicos, como segurança em espaços confinados, trabalho em altura e atividades portuárias. A criação e atualização contínua dessas normas refletem o compromisso do país em promover condições de trabalho mais seguras e saudáveis, acompanhando as mudanças tecnológicas e as demandas sociais.

Descrição do estudo

O estudo foi conduzido por meio de uma pesquisa exploratória descritiva e aplicada, realizada na cidade de Nova Xavantina – MT. Foram entrevistados 100 colaboradores da construção civil utilizando um questionário (Apêndice A), devidamente aprovado pelo Conselho de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat).

Dados de identificação do colaborador

Sexo e Faixa etária

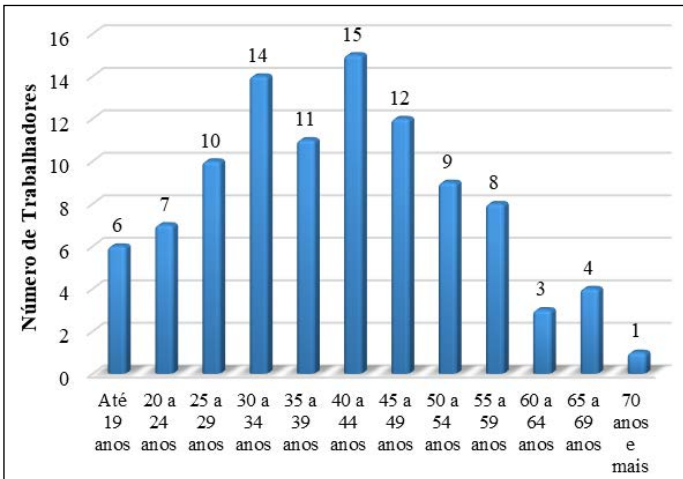
As informações obtidas nas entrevistas revelaram que 100% dos trabalhadores eram do sexo masculino. Essa estatística pode ser explicada pelos esforços físicos intensos que o trabalho no canteiro de obras exige, resultando em uma menor presença de mulheres nesse setor.

A idade dos colaboradores é um fator importante para avaliar se o número de acidentes está relacionado a operários

iniciantes ou com idade mais avançada. Observa-se que a maioria dos trabalhadores nos canteiros de obras está na faixa etária de 40 a 44 anos (Gráfico 1). Operários com até 19 anos representam 6% do total e geralmente atuam como serventes ou aprendizes. Esses jovens buscam incrementar a renda familiar ou seguir carreira na construção civil, frequentemente priorizando o trabalho em detrimento dos estudos.

De acordo com o Ministério da Economia (2019), em 2017, a maioria dos trabalhadores do sexo masculino no Estado de Mato Grosso estava na faixa etária de 25 a 29 anos, totalizando 194 mil colaboradores. A participação de trabalhadores com até 19 anos é relativamente baixa, o que é corroborado pelos resultados da pesquisa deste estudo.

Gráfico 1 – Idade dos colaboradores entrevistados



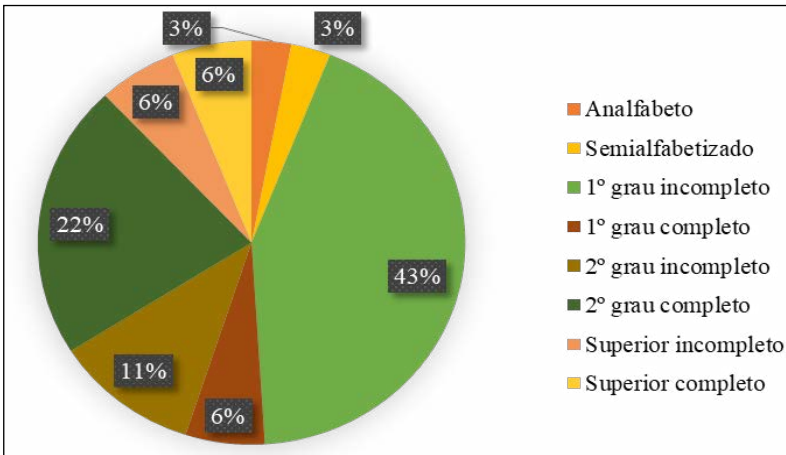
Fonte: Elaboração própria (2019).

Formação escolar

Em relação à formação escolar (Gráfico 2), cerca de 43% dos trabalhadores possuíam apenas o Ensino Fundamental incompleto. Além disso, 22% dos colaboradores finalizaram o Ensino Médio, enquanto 11% não conseguiram concluir esse nível de escolaridade. Apenas 6% dos trabalhadores entrevistados completaram um curso superior. A formação escolar é um dos principais fatores determinantes na obtenção de empregos de melhor qualidade, que oferecem salários mais altos e condições de trabalho mais satisfatórias (Iriart, 2008; Oliveira; Iriart, 2008 *apud* Anjos; Leite, 2019).

A pesquisa também revelou um índice de analfabetismo de 3% entre os trabalhadores nos canteiros de obras, um número preocupante considerando o total de entrevistados. Este dado destaca a necessidade de investimentos em educação e capacitação profissional, especialmente no setor da construção civil, onde a escolaridade pode ter um impacto significativo na segurança e eficiência dos trabalhadores.

Gráfico 2 – Formação escolar dos trabalhadores entrevistados



Fonte: Elaboração própria (2019).

Dados Ocupacionais

Categoria do trabalho

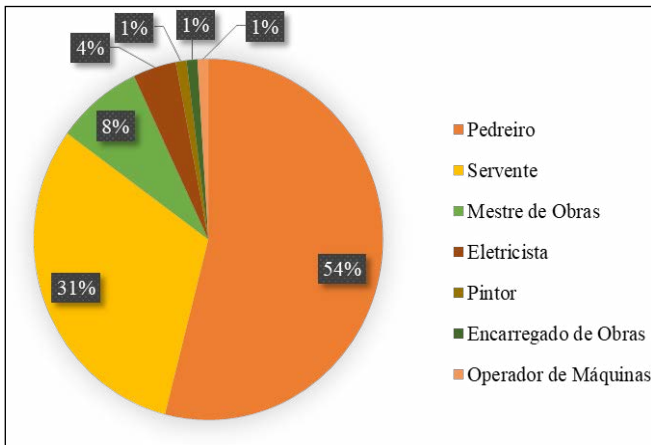
A maioria dos trabalhadores entrevistados atua como autônomo (87%), enquanto uma pequena parcela é composta por contratados (13%). Gomes (2011) explica que o crescimento da construção civil não está necessariamente relacionado à qualificação dos profissionais. Grande parte da mão de obra, especialmente nas grandes cidades, é composta por trabalhadores terceirizados, contratados temporários ou prestadores de serviços. Essa situação frequentemente resulta em altos índices de acidentes de trabalho, devido à falta de qualificação e treinamento adequados.

Categoria funcional

Entre os 100 entrevistados, verificou-se que a maioria dos profissionais é composta por pedreiros (54%) e serventes (31%), totalizando 85% do grupo. A minoria dos entrevistados inclui mestres de obras (8%) e eletricistas (4%), enquanto pintores, encarregados de obras e operadores de máquinas representam igualmente 1% cada, somando 3% (Gráfico 3).

A predominância de pedreiros e serventes indica a necessidade constante desses profissionais na construção civil, pois desempenham funções essenciais e contínuas. Por outro lado, a menor presença de mestres de obras, eletricistas, pintores, encarregados de obras e operadores de máquinas pode ser atribuída à natureza intermitente de suas tarefas, que são solicitadas em fases específicas do projeto.

Gráfico 3 – Categoria funcional dos trabalhadores entrevistados



Fonte: Elaboração própria (2019).

Dados sobre os Riscos Ocupacionais

Tipos de riscos

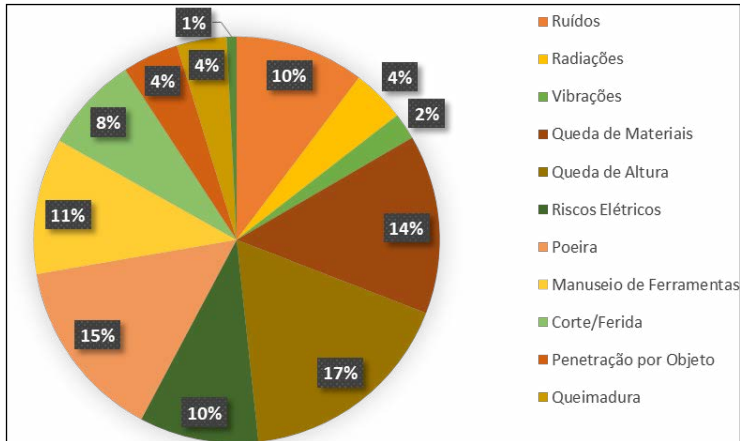
No Gráfico 4, observa-se que os riscos ambientais mais frequentes são os acidentes e os riscos químicos, destacando-se a queda de altura (17%), poeira (15%) e queda de materiais (14%). Esses resultados são consistentes com os dados obtidos por Ferreira *et al.* (1996 *apud* Costella, 1999), onde a queda de materiais representou 19,9%, a queda de altura 18,8%, acidentes com impactos em materiais ou pessoas 17,1%, e a repetição de movimentos e exercícios agravantes 12,1%.

A construção civil no Brasil apresenta um percentual significativo de acidentes de trabalho. Esse alto índice de acidentes está relacionado à má organização do ambiente de trabalho, condições precárias de higiene e segurança, perigos de altura, choques elétricos, alimentação inadequada e falta de treinamentos, entre outros fatores (Brasil, MTE, 2013 *apud* Anjos; Leite, 2019).

Essa análise reforça a necessidade urgente de melhorias na gestão da segurança e higiene nos canteiros de obras. A implementação de programas de treinamento contínuo, a adoção de medidas preventivas e a fiscalização rigorosa são essenciais para reduzir os índices de acidentes. A segurança no trabalho deve ser uma prioridade constante, assegurando que

os trabalhadores atuem em um ambiente seguro e saudável, minimizando os riscos associados às suas atividades diárias.

Gráfico 4 – Agentes de risco ou perigos mais expostos pelos trabalhadores



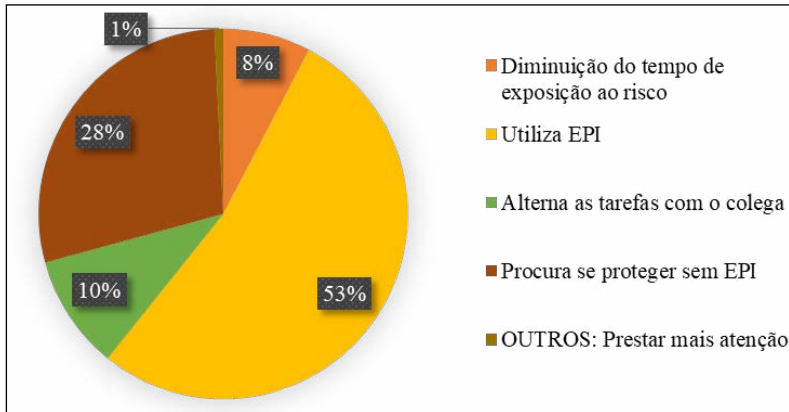
Fonte: Elaboração própria (2019).

Prevenção de riscos

Com um número elevado de riscos que cercam os trabalhadores nos canteiros de obras, frequentemente exacerbados pela alta rotatividade da mão de obra e pela insuficiência de EPIs fornecidos pelos empregadores, foi questionado aos entrevistados como eles se preveniam contra esses riscos (Gráfico 5). Verificou-se que 53% dos entrevistados utilizam EPIs, como luvas, botas, chapéus e óculos de proteção, especialmente ao realizar cortes de materiais. No entanto, um número significativo de operários (28%) respondeu que

não utilizam esses equipamentos, procurando se proteger de outras maneiras.

Gráfico 5 – Prevenção dos riscos

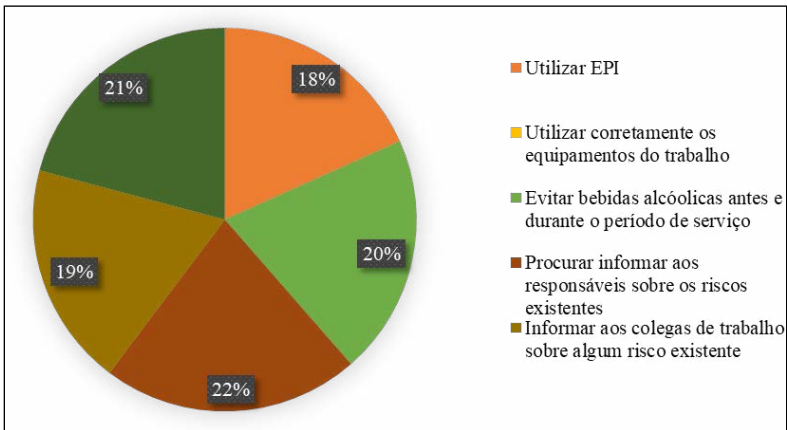


Fonte: Elaboração própria (2019).

Responsabilidades quanto à segurança no trabalho

Ao questionar os trabalhadores sobre suas responsabilidades quanto à segurança, verificou-se que 21% dos entrevistados evitam o consumo de bebidas alcoólicas antes e durante o período de serviço, e 21% procuram informar seus colegas de trabalho sobre riscos existentes (Gráfico 6). Aqueles que informaram utilizar EPIs representam 18% do total. É importante destacar que cada colaborador poderia escolher duas ou mais das opções disponíveis.

Gráfico 6 – Responsabilidades dos trabalhadores quanto à segurança



Fonte: Elaboração própria (2019).

Dados sobre Acidentes e Doenças Ocupacionais

Acidentes de Trabalho

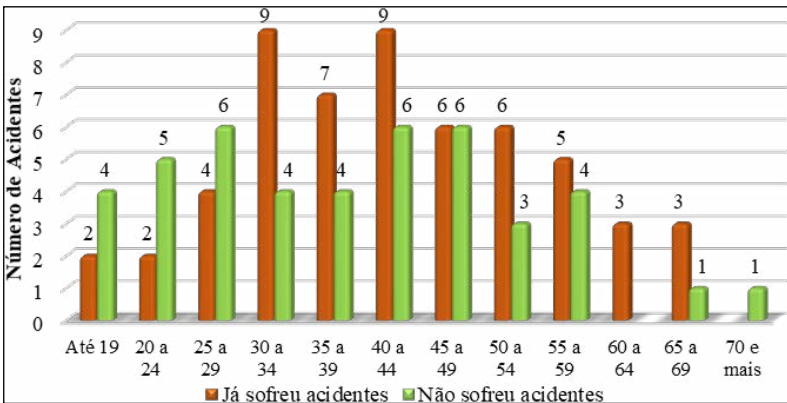
A maioria dos entrevistados, aproximadamente 55%, afirmou ter sofrido algum tipo de acidente no exercício de suas funções. Segundo dados estatísticos do Ministério da Previdência Social (2019), somente no ano de 2016, foram contabilizados 1.566 acidentes de trabalho sem registros na CAT.

A distribuição de acidentes de acordo com a idade dos trabalhadores entrevistados é apresentada no Gráfico 7. Observa-se que o maior número de acidentes ocorreu entre

colaboradores de 30 a 34 anos e de 40 a 44 anos, com 9% do total para ambas as faixas etárias. Nas pesquisas de Costella (1999), a maioria dos acidentes ocorreu entre 20 e 49 anos (76,7%), com destaque para a faixa de 35 a 39 anos, que registrou 14,6%.

Os dados desta pesquisa são consistentes com os obtidos em outras investigações, como a relatada por Kisner e Fosbroke (1994 *apud* Costella, 1999) realizada nos Estados Unidos, onde a maioria dos acidentes ocorreu com operários entre 25 e 34 anos. No entanto, há divergências em relação aos resultados de Dela Coleta (1991 *apud* Costella, 1999), que indicam que os trabalhadores jovens, por terem pouca ou nenhuma experiência e falta de treinamento, são os mais acidentados.

Gráfico 7 – Faixa etária versus distribuição de acidentes



Fonte: Elaboração própria (2019).

Entre os 55% dos trabalhadores que já sofreram algum tipo de acidente, observa-se que 54 colaboradores foram acometidos por acidentes típicos, representando 99% dos casos. Apenas 1% foi atribuído a doenças ocupacionais, que podem causar lesões e riscos à saúde devido à natureza específica das atividades exercidas.

Parte do corpo atingida

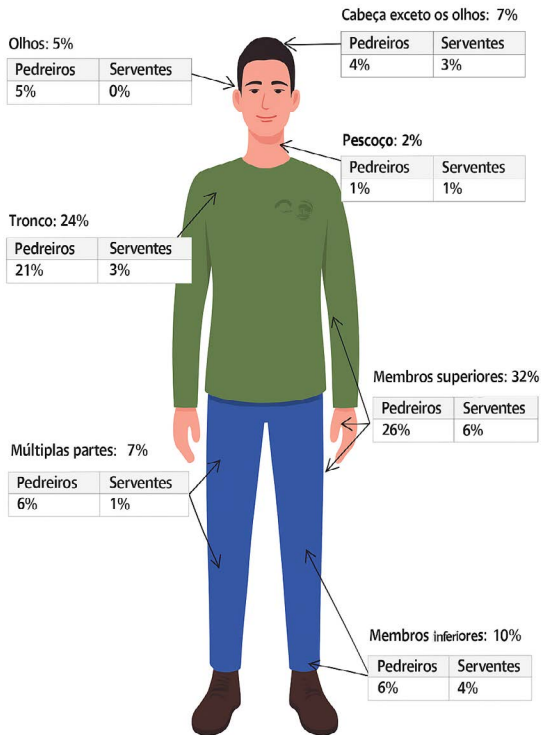
Segundo Costella, Cremonini e Guimarães (1998), as estatísticas de acidentes na construção civil concentram-se principalmente entre pedreiros, serventes e carpinteiros, que apresentam o maior número de acidentes. Observando a Figura 1, verifica-se que as partes do corpo mais afetadas são os membros superiores (32%) e o tronco (24%), constituindo mais de 50% do total de lesões. Entre os riscos mais comuns nessas categorias estão marteladas nos dedos, quedas de andaimes, quedas de telhados, fraturas nos braços, cortes com serras circulares e serras-mármore, perfurações com furadeiras, entre outros.

Costella, Cremonini e Guimarães (1998) explicam que muitas lesões nos dedos são causadas pelo uso inadequado de serras circulares, classificadas como “impacto contra”. Lesões em outras partes do corpo incluem fragmentos de tijolos nos olhos, quedas de tijolos e cimento na cabeça, ciscos de cimento nos olhos, tropeços e perfurações nos pés por pregos. Observa-se que lesões nos olhos causadas por

ciscos de areia, pedaços de tijolos e cimento são sofridas exclusivamente por pedreiros.

Anjos e Leite (2019) destacam que a falta de treinamentos de capacitação para os trabalhadores resulta em uma alta taxa de desqualificação profissional. Isso contribui para o desconhecimento dos processos construtivos e a execução inadequada das tarefas, aumentando a incidência de acidentes.

Figura 1 – Partes do corpo atingidas com lesões entre pedreiros e serventes



Fonte: Elaboração própria (2019).

EPIs

Constatou-se que 85% dos colaboradores que já sofreram algum tipo de acidente não utilizavam nenhum Equipamento de Proteção Individual (EPI) no momento do ocorrido. Esse dado contribui significativamente para as estatísticas de causas de riscos nos canteiros de obras. Anjos e Leite (2019) afirmam que o EPI é um utensílio de uso pessoal destinado a minimizar e neutralizar ações que podem resultar em lesões de pequena, média ou grande gravidade nos operários expostos às condições de trabalho.

A utilização de EPIs é crucial na prevenção de acidentes. No entanto, conforme mencionado, o uso de medidas preventivas nem sempre é suficiente para eliminar completamente os riscos existentes (Votorantim Metais, 2005 *apud* Silva, 2006). Alguns dos EPIs utilizados como medidas de proteção contra acidentes nos canteiros de obras estão ilustrados na Figura 2, junto com as partes do corpo que garantem proteção e segurança (Sampaio, 1998 *apud* Diniz Júnior, 2002).

Figura 2 – Medidas de proteção nos trabalhadores



Fonte: Elaboração própria (2019).

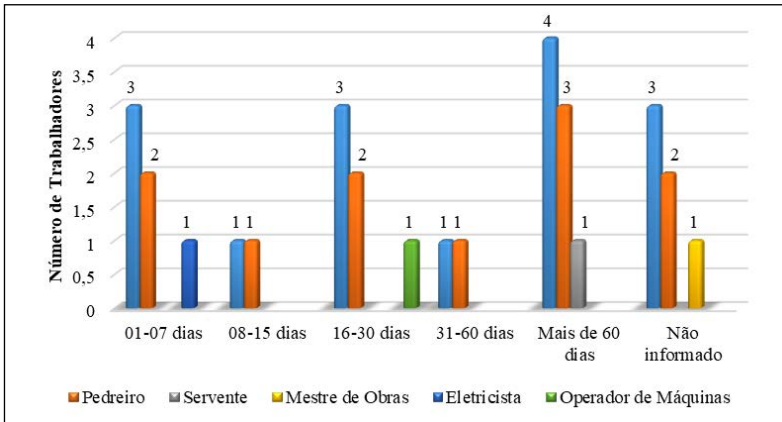
Afastamento e/ou Auxílio

Barroso (2017) menciona que, independentemente de quem tenha sido culpado pelo acidente de trabalho, o trabalhador tem direito à proteção acidentária devido à teoria do risco social. Isso significa que a assistência ao colaborador em

caso de acidente não pode ser negada. No entanto, a maioria dos operários entrevistados afirmou que não precisaram ser afastados ou receber auxílios, totalizando 40 colaboradores, enquanto 14 deles foram afastados e/ou receberam auxílio (Gráfico 8).

Observa-se que a maioria dos afastamentos ocorreu entre pedreiros, devido à alta confiança ao executarem as atividades sem o uso dos EPIs. Os motivos dos afastamentos incluíram acidentes como costela quebrada, deslocamento da clavícula e pedaços de tijolo e cimento no olho (necessitando de raspagem), entre outros.

Gráfico 8 – Afastamento e recebimento auxílio



Fonte: Elaboração própria (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou destacar a importância da Segurança do Trabalho nos canteiros de obras, evidenciando seu papel fundamental na prevenção de riscos à saúde e à integridade física e mental dos trabalhadores. A pesquisa foi realizada em obras de pequeno porte na cidade de Nova Xavantina – MT, com o objetivo de identificar os principais riscos enfrentados pelos trabalhadores da construção civil.

Os principais agentes de riscos ocupacionais identificados foram os riscos de acidentes, incluindo quedas de altura (17%) e quedas de materiais (15%), além dos riscos químicos, como a exposição à poeira (15%). Para reduzir tais riscos, é necessário revisar as atividades desenvolvidas e buscar ferramentas, processos e dispositivos que os minimizem.

A importância do treinamento dos colaboradores, a identificação e mitigação dos principais riscos nos canteiros de obras, e a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) são pontos cruciais para reduzir os índices de acidentes na construção civil, especialmente em obras de pequeno porte.

Conclui-se que há um elevado índice de acidentes de trabalho na indústria da construção civil e que suas consequências impactam não apenas os colaboradores e suas famílias, mas também as empresas, a sociedade e o Estado. Portanto, a adoção de medidas de proteção preventiva é mais

eficaz do que ações corretivas após a ocorrência de acidentes. A implementação de práticas de segurança rigorosas e a promoção de uma cultura de prevenção são essenciais para melhorar as condições de trabalho e reduzir os riscos associados às atividades na construção civil.

REFERÊNCIAS

ANJOS, Bruno Rafael dos; LEITE, Carlos Victor de Azevedo. **O meio ambiente do trabalho no âmbito da construção civil e a responsabilidade civil do empregador**: environmental work under construction and liability of employer. 2019. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=5456133e67453a4c>. Acesso em: 02 fev. 2019.

BANSI, Andreia Cristiane; MARTOS, Sandra Regina; STEFANO, Sílvio Roberto. Acidentes no trabalho e programas de prevenção em uma empresa de construção civil: accidents at work and prevention programs in a construction company. **Revista de Ciências Jurídicas**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 95 – 102, set. 2012.

BARROSO, Heleno de Freitas. A responsabilidade civil do empregador em caso de acidente de trabalho. **Revista Dizer**, Teresina, v. 2, n. 1, p. 130 – 141, 2017.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2026].

BRASIL. **Lei n.º 8.213, de 24 de julho de 1991**. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras

providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1991.
Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8213cons.htm. Acesso em: 13 abr. 2019.

BRASIL. Ministério da Economia. **Acidentes do trabalho por UF, idade e sexo**: base de dados históricos de acidentes de trabalho. Infologo AEAT. 2019. Disponível em: <http://www3.dataprev.gov.br/scripts10/dardoweb.cgi>. Acesso em: 06 abr. 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Portaria GM n.º 3.214, 08 de junho de 1978**: Aprova a NR 06 (Equipamentos de Proteção Individual — EPI). Brasília, DF: Ministério do Trabalho, 1978.

CASTRO, Carlos Alberto Pereira de; LAZZARI, João Batista. **Manual de direito previdenciário**. 20. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2017.

CHAGAS, Alexandre de Marinho Ramos; SALIM, Carlos Augusto; SERVO, Luciana Mendes Santos. **Saúde e segurança no trabalho no Brasil**: aspectos institucionais, sistemas de informações e indicadores. 2. ed. São Paulo: Ipea: Fundacentro, 2012.

COELHO, Bruna Zaccaron. **Segurança do trabalho**: diagnóstico dos riscos ambientais na área de construção civil. 2014. 46 f. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

COSTA, Alana Teles. **Indicadores de acidentes de trabalho em obras da construção civil no Brasil e na Bahia**. 2009. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

COSTELLA, Marcelo Fabiano. **Análise dos acidentes do trabalho e doenças profissionais ocorridos na atividade de construção civil no Rio Grande do Sul em 1996 e 1997**. 1999. 169 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

DINIZ JÚNIOR, José Antônio. **Segurança do trabalho em obras de construção civil**: uma abordagem na cidade de Santa Rosa – RS. 2002. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2002.

GOMES, Hilton P. **Construção civil e saúde do trabalhador**: um olhar sobre as pequenas obras. 2011. 190 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2011.

MAIA, Alana Lúcia de Medeiros. Análise preliminar de riscos em uma obra de construção civil. **Revista Tecnologia & Informação**, Rio Grande do Norte, v. 3, n. 1, p. 55 – 69, jul. 2014.

MENEZES, Gilsara Santos de. **Acidente no trabalho sob forma de concausas e os caminhos para ver satisfeito o direito do trabalhador**. 2015. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) – Universidade Tiradentes, Aracaju, 2015.

MOURA, Luan Matheus G. R. **Construção civil e segurança do trabalho**: um estudo de caso em obras da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2017. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

NASCIMENTO, Filipe Castro; SALIM, Carlos Augusto. Política de prevenção de acidentes na construção civil: uma análise das práticas da inspeção do trabalho. **Revista Psicologia: Organizações e Trabalho**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 299 – 305, jan./mar. 2018.

PESSOA, Larissa Lopes. Riscos de acidente de trabalho na construção civil. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 19, n. 3871, 5 fev. 2014.

PLATEN, Mariana. **Responsabilidade civil do empregador no acidente de trabalho**. 2018. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

QUIESI, Nágila de Souza. **Organização do canteiro de obras: estudo de caso na construção de uma unidade automobilística em Araquari – SC**. 2014. 36 f. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SEVERO, Ramon. **Prevenção de acidentes na construção civil**. 2017. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Anhanguera Educacional, Leme, 2017.

SILVA, Adriana Aparecida Rocha da; BEMFICA, Gisele do Carmo. Segurança no trabalho na construção civil: uma revisão bibliográfica. **Pensar Engenharia**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1 – 18, jan. 2015.

SILVA, Danielle Costa. **Um Sistema de gestão da segurança do trabalho alinhado à produtividade e à integridade dos colaboradores**. 2006. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006.

SILVA, Gustavo Faria. **Metodologia da higiene e segurança do trabalho aplicada à reclamação trabalhista de insalubridade**. 2016. 83 f. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

SIMÕES, Tiago Medeiros. **Medidas de proteções contra acidentes em altura na construção civil**. 2010. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

TAVARES, Carlos Roberto G. **Segurança do trabalho I: introdução à segurança do trabalho**. Rio Grande do Norte: Projeto Gráfico, 2009. Disponível em: <https://redeetec.mec.gov.br/>. Acesso em: 06 abr. 2019.

VERONEZI, Carlos Tiago de Paula. **Análise preliminar de risco na manutenção predial de uma instituição federal de ensino superior**. 2014. 36 f. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

APÊNDICE A – CHECK LIST

1. Dados de Identificação do Colaborador

Nome completo: _____		
Idade: _____	Sexo: () Masculino () Feminino	
Data de nascimento: ____ / ____ / _____		
Estado Civil:		
() Casado/União estável	() Divorciado/Separado	() Viúvo () Solteiro
Formação Escolar:		
() Analfabeto	() Semialfabetizado	() 1º grau incompleto
() 1º grau completo	() 2º grau incompleto	() 2º grau completo
() Superior incompleto	() Superior Completo	() Pós-graduado
Endereço residencial (Rua/Av.): _____		
Nº: _____	Ap.: _____	Bairro: _____
Fone: _____	Cidade: _____	

2. Dados Ocupacionais

Trabalha como: () Contratado () Autônomo
Se Contratado
Nome e endereço da empresa contratante: _____
Há quanto tempo exerce suas atividades nesta empresa: _____
Categoria funcional: _____
Há quanto tempo exerce suas atividades na construção civil: _____
Principais atividades: _____

Se Autônomo

Há quanto trabalha como autônomo:

Categoria funcional:

Endereço do local das atividades:

Há quanto tempo exerce suas atividades na construção civil:

Principais atividades:

3. Dados sobre acidentes e doenças ocupacionais

Já sofreu acidente de trabalho: () Sim () Não () Não respondeu

Em caso afirmativo, quantos e quando:

Tipo de acidente: () Acidente típico () Acidente em trajeto () Doença ocupacional
O que ocorreu:

Onde ocorreu:

Quando ocorreu:

Parte do corpo atingida:

() Cabeça Exceto os olhos () Olhos () Pescoço () Tronco

() Membros inferiores () Membros superiores () Múltiplas partes

() Outros:

Usava algum equipamento de proteção individual – EPI: () Não () Sim

Qual:

O acidente teve testemunhas: () Não () Sim

Precisou ficar afastado das atividades ou recebeu algum auxílio?

Observação:

4. Dados sobre os tipos de riscos ocupacionais

No seu local de trabalho, a que tipo de risco está mais exposto:

- Ruídos Radiações Vibrações Queda de materiais
 Queda de altura Riscos elétricos Poeira Manuseio de ferramentas
 Corte/ferida Penetração por objeto Queimadura Outros

Qual: _____

Como faz para prevenir/evitar esses riscos:

- Diminui o tempo de exposição ao risco
 Utiliza equipamentos de proteção individual
 Alterna as tarefas com o colega
 Procura se proteger sem EPI
 Outros. Qual: _____

As suas responsabilidades quanto à segurança no trabalho:

- Utilizar os equipamentos de proteção individual
 Utilizar os equipamentos de proteção coletiva
 Utilizar corretamente os equipamentos do trabalho
 Evitar bebidas alcóolicas antes e durante o período de serviço
 Procurar informar aos responsáveis sobre os riscos existentes
 Informar aos colegas de trabalho sobre algum risco existente
 Outros. Qual: _____

Fonte: Elaboração própria (2019).

VERIFICAÇÃO DE IRREGULARIDADES EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIAS NA INTEGRIDADE ESTRUTURAL EM UMA OBRA DE PEQUENO PORTE NO MUNICÍPIO DE NOVA XAVANTINA – MT

Cayttano Saul de Sá Zarpellon

Fabiana Lôndero Tirloni

Matheus Vieira Menegat

Rogério Alves de Oliveira

Vitor Franco Rodrigues

Maiara Thaisa Oliveira Rabelo

INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor que está em constante desenvolvimento e contribui de forma expressiva para a economia brasileira. Dados do IBGE (2023), mostram que as empresas de construção apresentam uma receita líquida

superior aos trezentos milhões e que mesmo em um cenário pandêmico continuou sua expansão, apresentando um aumento da receita líquida em relação ao ano de 2019.

O concreto armado é o método construtivo mais utilizado atualmente no cenário brasileiro em edificações, que consiste em vergalhões de aço e concreto convencional, materiais numerosos no mercado e financeiramente atrativos, método este com facilidade de encontrar mão de obra, visto ter sido maior difundido, quando comparando a outros (Klein, 2015).

A Norma Brasileira (NBR) 6118 (ABNT, 2023), aborda projetos de estrutura de concreto armado, apresentando características intrínsecas, como resistência, abordagens de dimensionamento, tal como dimensões mínimas para elementos estruturais. Tanto as vigas quanto os pilares devem cumprir as dimensões prescritas por esta, sendo, portanto, de suma importância para a edificação.

No panorama de edificações de pequeno e médio porte no cenário nacional, corriqueiramente há falhas do cumprimento das normativas construtivas por vícios da mão de obra. Furtado (2012) aponta que nos canteiros de obras é corriqueiro a ausência de domínio técnico por parte dos trabalhadores que por vezes adquirem conhecimento de maneira informal. Portanto, a presente pesquisa verificou a conformidade dos elementos estruturais de uma obra de pequeno porte na cidade de Nova Xavantina – MT, classificada como uma edificação de padrão habitacional, averiguando a conformidade de execução

em relação aos requisitos normativos descritos na NBR 6118 (ABNT, 2023).

DESENVOLVIMENTO

Construção civil

Obras de pequeno porte

A construção civil classifica obras de pequeno porte por fatores como a quantidade de pavimentos, a área construída e a quantidade de colaboradores, entre outros aspectos. De acordo com Costella, Junges e Pilz (2014), são consideradas construções de pequeno porte as residências unifamiliares que tenham até dois pavimentos e não ultrapassem uma área construída de 250 m², levando em consideração que essa definição está voltada para uma região específica.

A Norma Regulamentadora (NR) 5 aborda assuntos voltados à segurança do trabalho, como por exemplo a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), que se trata de um instrumento do Ministério do Trabalho, caracteriza obras de pequeno porte aquelas que possuírem no máximo 19 colaboradores, visto que uma vez ultrapassado esta quantia deverá ser obrigatória a constituição da CIPA. No entanto, com

até 19 operários, torna-se obrigatória apenas a elaboração do Programa de Gerenciamento de Riscos (Brasil, 1978).

Seguindo este ponto de vista, Pinheiro, Muzardo e Santos (2004) definem obras de pequeno porte estruturas regulares simples que apresentem as seguintes características: até quatro pavimentos, ausência de protensão, carga de uso não exceda 3kN/m^2 , pilares com até 4 metros de altura e vãos entre eles que não ultrapassem 6 metros. Além disso, o vão máximo das lajes não deve ser superior a 4 metros. Em casos de balanço, esse vão deve ser de 2 metros.

Mão de obra

A mão de obra no setor de construção, corriqueiramente é negligenciada em termos de ensinamentos técnicos, esses conhecimentos são absorvidos de maneira empírica. Podendo na maior parte das vezes resultar em “vícios” construtivos acarretando patologias nas edificações. Furtado (2012) reforça que a eficiência e o desempenho da construção civil são diretamente influenciados pela falta de instrução profissional.

A carência de mão de obra brasileira especializada no segmento da construção civil é corriqueira em obras, sejam elas de pequeno, médio e grande porte. Suda (2018) relata que, em um *ranking* mundial, o Brasil ocupou a 79ª posição em relação a mão de obra, entre 124 países participantes. No Brasil, existe uma certa tendência de contratar mão de obra desqualificada, frequentemente por ser mais acessível financeiramente. Isso

alimenta um mercado formado por pessoas despreparadas e acarreta inúmeros prejuízos para todos os setores.

De acordo com Garcia e Dias (2011), com o advento tecnológico, novas técnicas estão sendo empregados na construção civil, o que aumenta a procura de colaboradores com conhecimento técnico. Conseqüentemente maximizando a busca de qualificação por parte dos trabalhadores. Além de atrasos no cronograma, retrabalhos, elementos fora de padrão, mudanças no orçamento entre outros prejuízos, a mão de obra desqualificada pode ainda gerar acidentes no canteiro de obra. Costa *et al.* (2018) destacam que, o próprio trabalhador abre mão da sua segurança mesmo tendo conhecimentos dos riscos, um fator que pode influenciar é a baixa escolaridade.

Por fim, Neto *et al.* (2018) mostram que patologias que possam surgir em elementos estruturais, como vigas e pilares, podem ser causadas por mão de obra não especializada, uma vez que os colaboradores não se atentar a detalhes cruciais para integridade da estrutura. Vale ressaltar que há outros fatores que contribuem para o desenvolvimento de patologias.

MATERIAL E MÉTODO

O objeto de estudo é uma edificação de pequeno porte, possuindo uma área construída de aproximadamente 80 m², contando com 2 quartos, um de 13,42 m² (3,05 x 4,40 m) e o outro de 16,19 m² (3,9 x 4,0 m), além de uma cozinha

americana de 22,5 m² (3,0 x 7,50 m) uma área de serviço de 3,60 m² (1,2 x 3,0 m), um banheiro de 4,05 m² (1,5 x 2,80 m) e uma garagem de 15,00 m² (3,0 x 5,0 m). Para fins de habitação (kitnet), executada em concreto armado com cobertura em telha cerâmica. A referida obra conta com Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), possuindo também projeto estrutural, arquitetônico e os demais projetos complementares.

Esta pesquisa focou em uma obra de concreto armado com alvenaria de vedação para delimitação de ambientes. A coleta de dados foi realizada por meio de visitas *in loco*, com a devida autorização da engenheira responsável e do proprietário. Essas visitas se estenderam por vários meses, iniciando em agosto de 2022 e finalizando em dezembro de 2022. Durante esse período, as dimensões dos elementos estruturais, como vigas e pilares, foram identificadas e medidas com trena.

Os dados para esta pesquisa, incluindo as medições e a coleta de concreto para os corpos de prova, foram majoritariamente coletados em 2022. Embora a coleta de dados e as medições de campo tenham sido realizadas em 2022, a análise dos resultados e as discussões foram desenvolvidas com base nas atualizações da NBR 6118 (ABNT, 2023). Isso significa que os dados coletados foram interpretados e confrontados com os requisitos e diretrizes da versão mais recente da norma no momento da análise, garantindo a conformidade e a validade das conclusões. As fotos utilizadas para ilustrar o trabalho também foram tiradas

em 2023, complementando a análise com um registro visual mais atualizado do cenário da obra.

Para verificar o controle tecnológico na produção do concreto, moldou-se corpos de prova para ruptura em 28 dias. A projeção da edificação está demonstrada no Apêndice B através da planta baixa reproduzida a partir das medidas aferidas no canteiro.

Área de estudo

O estudo tem como área o município de Nova Xavantina – MT, de acordo com o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2023 a cidade possui uma população de 24.345 habitantes. Localizada à aproximadamente 658 quilômetros, da capital Cuiabá, com coordenadas geográfica de latitude 14°40'24" sul e longitude 52°21'11" oeste.

Ensaio

Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto

A moldagem dos corpos de prova foi realizada seguindo os procedimentos prescritos na NBR 5738 (ABNT, 2015). No qual o corpo de prova utilizado foi o cilíndrico, com seu diâmetro

de 10 cm e altura de 20 cm. A coleta do concreto para a moldagem dos corpos de prova, ocorreu por visita no canteiro, no dia 29 de agosto de 2022, sendo possível acompanhar somente a concretagem das vigas de respaldo, por motivo da obra já estar em andamento, porém por meio de conversa com os colaboradores foi informado que o traço padrão utilizado na obra era o que tinha sido realizado naquele dia.

O traço utilizado na produção do concreto confeccionado não foi informado. Admitiu-se, assim, que toda a obra tenha sido realizada utilizando o referido traço de concreto. Os materiais utilizados para coleta do concreto que foi utilizado nos elementos estruturais, tratam-se de 15 moldes cilíndricos de PVC, possuindo 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro, por tratar-se de um tubo de 100 mm de PVC e uma colher de pedreiro, uma haste metálica utilizada para o adensamento do concreto. Após a coleta os corpos de provas passaram por um tempo de cura inicial de 24 horas e em seguida, submetidos em solução saturada de hidróxido de cálcio por 28 dias.

Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Após 24 horas, os corpos de prova foram deixados em cura submersa até sua ruptura no município de Barra do Garças – MT, para realização do ensaio de resistência à compressão no laboratório da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário do Araguaia, Laboratório de Estruturas. Sendo utilizado uma prensa elétrica, Figura 1, da

empresa Pavitest. Todos os procedimentos envolvendo o rompimento dos corpos de prova foram realizados de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018). Todos os 15 corpos de provas foram rompidos no dia 27 de setembro de 2022.

A Figura 1, expõe a tipologia da prensa utilizada, juntamente com um corpo de prova já posicionado para realização do teste.

Figura 1 – Prensa elétrica com corpo de prova posicionado



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Verificação de vigas baldrames

Verificou-se *in loco* as dimensões das vigas baldrames presentes na edificação, sendo elas dispostas do V1 ao V11, representadas na Figura 2, apresentando largura de 12 cm e altura de 25 cm com seção transversal de 300 cm². Além disso, utilizou-se 4 barras de aço com 8mm cada, 2 barras dispostas na região de momento positivo e 2 na região de momento negativo, contando com estribos de 4,2 mm, com espaçamento entre eles de 20 cm. As armaduras presentes nas vigas tratam-se de elementos pré-fabricados, popularmente conhecidos como “coluna pronta”, possuindo 7 cm de largura e 14 cm de altura.

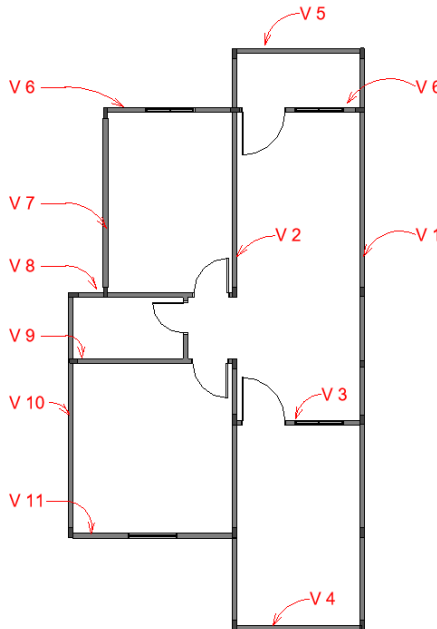
Figura 2 – Tijolo em comparação a viga baldrame



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Na Figura 2, é possível observar a proximidade que o elemento estrutural possui com o tijolo em relação a largura. Nota-se que a viga baldrame é maior alguns centímetros, totalizando 12cm. A NBR 6118 (ABNT, 2023), no item 13.2.2, destaca a importância do dimensionamento dos elementos estruturais, onde vigas não podem apresentar larguras inferiores a 12 cm. A Figura 3, traz a distribuição das vigas baldrames com suas respectivas nomenclaturas.

Figura 3 – Representação das vigas baldrames



Fonte: Elaboração própria (2023).

Ademais, a norma aponta que, para fins estruturais, o concreto utilizado deve apresentar resistência característica

de 20 MPa. Neste aspecto, o concreto executado *in loco* não atendeu à norma, em que sua resistência obtida foi de apenas 5,98 MPa. Como citado anteriormente a obra já estava em andamento, podendo ser acompanhado somente a concretagem das vigas de respaldo, é uma sugestão de que o valor encontrado ocorreu para todos os elementos estruturais.

Além disso, a norma apresenta um valor mínimo da taxa de aço, em relação a área de concreto presente na viga sendo esse valor exposto no item 17.3.5.2.1, onde a taxa de aço mínima que é dada, pela área de aço dividida pela área de concreto, não deve ser inferior a 0,15%. Neste contexto, a taxa de aço mínima relativa à área de concreto foi atendida, em que o resultado foi de 0,15%.

É válido lembrar de que o valor mínimo que deve ser utilizado é a taxa de aço mínima calculada. Com uma simples manipulação na fórmula é possível reescreve-la da seguinte forma $A_s, \min \geq 0,15\% * A_c$ e dessa maneira verificando a área de aço mínima, tem-se o resultado de 0,45 cm² que é atendida pela área de aço presente na viga que é de 1 cm².

O item 18.3.3.2 da NBR 6118 (ABNT, 2023), aponta o diâmetro necessário que elementos estruturais armados com estribos devem ter. O diâmetro da barra que constitui o estribo deve ser maior ou igual 5 mm não podendo ultrapassar 1/10 da seção da alma da viga. Para o referido item da norma os estribos que compõe as armaduras presentes nas vigas não correspondem ao mínimo estabelecido pela norma, apresentando um diâmetro de 4,2 mm.

Podendo reduzir a resistência geral da estrutura, os estribos são responsáveis por vários aspectos na estrutura, como reforço estrutural, prevenção de fissuras, resistência aos esforços cortantes e garantir o posicionamento adequado das barras longitudinais, entre outros.

Além do diâmetro, a norma indica que o espaçamento mínimo entre os estribos, medindo seguindo o eixo longitudinal do elemento estrutural, seja o suficiente para passar o vibrador. O espaçamento máximo a nível de simplificação pode conter até 30 cm, desde que os requisitos do referido item sejam respeitados. Neste sentido, o espaçamento entre os estribos como citado no início do tópico é de 20 cm, sendo utilizados na armadura, respeitando assim o máximo norteado pela norma.

Por fim, a normativa também aborda o espaçamento mínimo entre as barras, sendo estes valores apresentados no item 18.3.2.2. Tendo isso em mente, tratando-se de elementos estruturais em contato com o solo, é descrito um cobrimento mínimo de 3 cm. Logo, é possível notar que este item não foi atendido, uma vez que a largura da armadura utilizada é de 7 cm, da viga é de 12 cm e o cobrimento mínimo 3 cm. Desta forma, o elemento estrutural não possui espaço suficiente para alocar a armadura respeitando as condições de cobrimento mínimo fornecidas pela norma. A falta de cobrimento mínimo das armaduras pode expor as armaduras à agentes agressivos que poderão desenvolver futuras patologias.

Verificação das vigas intermediárias

Constatou-se as vigas intermediárias da edificação, sendo estas V3.1, V5.1, V6.1 e V9. Tais vigas apresentam uma largura de 10 cm para todas as vigas intermediárias e altura podendo variar, de 25 cm a 26 cm. Com seção transversal variando de 250 cm² e 260 cm², apenas para viga V3.1. Para essas vigas utilizou-se treliças, possuindo 12 cm de altura, largura de 8 cm, com banzo superior de 6 mm, diagonal de 4,2 mm e banzos inferiores de 5 mm. A Figura 4 mostra que a largura da forma segue a largura do bloco cerâmico.

Figura 4 – Forma da viga intermediária com armadura posicionada



Fonte: Acervo pessoal (2023).

A Figura 4 retrata a forma seguindo a largura do tijolo como referência. Após a desforma, a largura da viga foi aferida, apresentando o valor de 10 cm. Como abordado no tópico anterior, concretos com resistência característica a compressão inferior a 20 MPa não são considerados estruturais. O resultado obtido pelo ensaio foi de apenas 5,98 MPa. Logo, não atendendo ao valor mínimo estipulado pela NBR 6118 (ABNT, 2023).

A NBR 6118 (ABNT, 2023) descreve que para ambientes urbanos, o cobrimento mínimo da armadura deve ser de 3 cm. Neste aspecto, a edificação não cumpre o mínimo especificado pela norma, em que a armadura apresenta 8 cm de largura e o elemento estrutural não possui espaço para comportar a mesma, respeitando o cobrimento mínimo.

A NBR 6118 (ABNT, 2023) especifica que vigas não podem apresentar larguras inferiores a 12 cm. No entanto, relata que esse valor pode ser reduzido, respeitando um mínimo absoluto de 10 cm, desde que seja atendido as exigências de vibração, espaçamentos e cobrimentos estabelecidos pela norma.

Este requisito não foi atendido pela edificação por não respeitar o cobrimento mínimo da armadura, uma vez que a largura da treliça utilizada possui 8 cm e a viga possui 10 cm de largura, não possuindo espaço para comportar a treliça respeitando o cobrimento mínimo, onde o mesmo deveria apresentar valores de 3 cm de cada lado, sobrando

somente 1 cm de cada lado de cobrimento, esse resultado afeta diretamente a durabilidade da estrutura, pois os agentes externos poderão comprometer com maior facilidade a armadura com o passar do tempo, podendo causar a ruína da edificação.

O item 18.3.3.2 da norma diz que os estribos devem ser fechados através de um ramo horizontal envolvendo as barras longitudinais de tração e ancorados na face oposta. Em outras palavras para que se tenha armaduras em vigas, é necessário a presença de estribos, em que a armadura longitudinal e a transversal estão vinculadas.

Para que se mantenha a estabilidade dos estribos, é necessário que se tenha ao menos duas barras inferiores e duas barras superiores, ou seja, uma barra em cada vértice. A treliça não teria como dispor estribos, por não apresentar estabilidade para os mesmos. Logo, o uso de treliça não é indicado pela norma para a composição das armaduras de vigas.

O item 18.3.3.2 da NBR 6118, também aborda que para elementos estruturais armados com estribos, o diâmetro da barra que constitui o estribo deve ser maior ou igual 5 mm não podendo ultrapassar 1/10 da seção da alma da viga. Para este item as treliças presentes nas vigas intermediárias não correspondem ao mínimo estabelecido pela norma, pelos motivos supracitados, e que mesmo considerando o banzo

diagonal como um estribo o mesmo possui apenas 4,2 mm (ABNT, 2023).

O espaçamento mínimo entre os estribos, medindo seguindo o eixo longitudinal do elemento estrutural, deve ser o suficiente para passagem do vibrador. O espaçamento máximo, a nível de sintetização pode conter até 30 cm, desde que os requisitos da NBR 6118 sejam respeitados. Neste sentido, o espaçamento entre os estribos utilizados na armadura não é atendido, uma vez que a utilização de treliças não garante a estabilidade dos estribos, por não garantir um fechamento horizontal (ABNT, 2023).

Verificação de vigas de respaldo

Averiguou-se as vigas de respaldo (Apêndice A), contabilizando 18 estando dispostas no Apêndice D, com suas respectivas nomenclaturas, dimensões, comprimentos, seções transversais e taxas de armadura mínima. As larguras de tais vigas apresentam as mesmas dimensões das vigas intermediárias, 10 cm, com altura podendo variar de 25, 26 e 27 cm. Sua seção transversal apresenta valores entre 250, 260 e 270 cm², como é possível conferir no Apêndice A, onde estão localizadas cada uma das vigas.

Somente nas vigas V1, V4 e V7 usou-se 4 barras de 8mm, sendo 2 delas dispostas no momento positivo e as outras 2 no momento negativo da viga, contando com estribos

de 4,2 mm, com espaçamento entre ele de 20 cm. Armadura em coluna pronta possuindo 7 cm de largura e 14 cm de altura.

As larguras inferiores a 12 cm só podem ser usadas, quando respeitarem as prescrições contidas na NBR 6118 no item 13.2.2, que se trata da vibração, espaçamentos e cobrimentos. Logo, é notório o não cumprimento deste regulamento, uma vez que o elemento possui a largura de 10 cm e a armadura 7 cm, necessitando de um espaçamento mínimo entre as barras de 2 cm, como citado no item 18.3.2.2 da NBR 6118. Além do cobrimento mínimo de 3 cm, apresentando valores iguais aos das vigas intermediárias (ABNT, 2023). As Figuras 5, 6 e 7 expõem a armadura utilizada nas vigas V1, V4 e V7.

Figura 5 – Armadura presente na viga V1



Fonte: Acervo pessoal (2023).

A Figura 5 exhibe a armadura utilizada na viga V1. Nota-se que a falta de cobrimento mínimo, tanto lateral quanto inferior, é algo recorrente.

Figura 6 – Armadura presente na viga V4



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Na Figura 6 é retratada a armadura utilizada na viga V4. Nota-se também a falta de cobertura mínimo tanto lateral quanto inferior.

Figura 7 – Armadura presente na viga V7



Fonte: Acervo pessoal (2023).

A Figura 7, evidencia a armadura utilizada na viga V7, o problema presente nas vigas anteriores permanece. Na Figura 8, são retratadas as armaduras utilizadas nas vigas V8, V10 e V15, porém todas as demais vigas apresentam as mesmas armaduras, exceto a V1, V4 e V7.

Figura 8 – Armaduras presentes nas vigas V8, V10 e V15



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Na Figura 8 é observável a falta de cobrimento mínimo lateral, isso se deve a utilização do tijolo como referência para a forma. Assim como o cobrimento inferior por estar apoiada diretamente na alvenaria. A taxa de aço mínima não pode ser inferior a 15 %, como o exposto no item 17.3.5.2.1 da NBR 6118, a área de aço mínima verificada foi de $0,38 \text{ cm}^2$. E para

a taxa de aço obteve-se o valor de 0,15%. Sendo assim, as vigas V1, V4 e V7, atendem a este item, possuindo uma taxa de aço mínima de 0,15% e uma área de aço de 1 cm^2 , sendo que o mínimo seria de $0,38 \text{ cm}^2$, como verificável no Apêndice A (ABNT, 2023).

Porém, nas demais vigas de respaldo, esse requisito não foi contemplado, pois o uso de treliças como armadura para vigas não garante a estabilidade dos estribos, além de não conter área de aço mínima suficiente, onde eles devem ser fechados em ramos horizontais. Além disso como citado nos tópicos anteriores as barras que constituem os estribos devem conter no mínimo 5 mm de diâmetro e mesmo que considerando os banzos diagonais como estribos, os mesmos não atendem a exigência da norma, sendo que apresentam apenas 4,2 mm de diâmetro.

Por fim, para o espaçamento mínimo dos estribos deve ser o suficiente para que a passagem do vibrador possa ser realizada. No que diz respeito ao espaçamento máximo, pode-se adotar de modo simplificado o valor de 30 cm, desde que as exigências do item 18.3.3.2. Logo, é possível verificar que as armaduras utilizadas cumprem o estabelecido pela norma apenas nas vigas V1, V4 e V7, apresentado espaçamento entre estribos de 20 cm. Nas demais vigas de respaldo não é contemplado o determinado pela norma, visto que a utilização de treliças não é abordada para composição de armaduras de viga.

Verificação de pilares

Verificou-se os pilares presentes na edificação totalizando 24 pilares. Todos os pilares possuem dimensão no eixo x de 10 cm, podendo variar sua dimensão no eixo y. Ademais, confeccionou-se os pilares utilizando armaduras compostas de 4 barras de 8 mm cada, possuindo 7 cm no eixo x e 14 no eixo y. As seções transversais de cada pilar variam de 200 cm² à 250 cm². Como existem pilares que surgem tanto na fundação quanto em vigas, suas respectivas posições estão expostas no Apêndice C. As Figuras 9 e 10 evidenciam as dimensões do eixo x e y do pilar P18.

Figura 9 – Dimensão no eixo x, P18



Fonte: Acervo pessoal (2023).

A Figura 9 retrata a dimensão no eixo x do pilar 18, apresentando o valor de 10 cm, sendo que esta dimensão é válida para todos os outros pilares.

Figura 10 – Dimensão no eixo y, P18



Fonte: Acervo pessoal (2023).

Já a Figura 10 mostra a dimensão no eixo y do pilar 18 com 25 cm. A NBR 6118, no item 13.2.3, explana que, seja qual for o caso, o pilar não deve apresentar seção transversal inferior a 360 cm^2 . Para este item, nenhum dos pilares executados atenderam a prescrição mínima da norma. Uma vez que, a seção transversal dos pilares varia de 150 a 250 cm^2 . Seguindo está ideia, a norma também aborda o diâmetro mínimo que a armadura deve ter, no item 18.4.2.1, sendo este diâmetro não podendo ser inferior a 10 mm. Visto que as barras

utilizadas nos pilares foram de 8 mm, tais barras não cumprem o mínimo estabelecido pela norma (ABNT, 2023).

A NBR 6118 (ABNT, 2023) estabelece valores de cobrimento mínimo, no qual os pilares não atendem o mínimo imposto, por tratar-se de uma armadura já confeccionada possuindo valor no eixo x de 7 cm e no eixo y de 14 cm, a dimensão do pilar não tem espaço para comportar a armadura respeitando a norma.

As não conformidades normativas estão presentes em toda a edificação. No que diz respeito as dimensões, nenhum dos elementos estruturais obedeceu a norma com exceção das vigas baldrames, contendo 12 cm de largura, o restante dos elementos estruturais apresentou somente 10 cm de largura. Isso ocorreu basicamente pela utilização dos blocos cerâmicos como apoio para as vigas e pilares a fim de não deixar dentes nas paredes.

A presente obra verificada, em nenhum de seus elementos estruturais, respeitou o cobrimento mínimo estabelecido pela NBR 6118. Isso ocorreu pela utilização de armaduras em colunas pré-fabricadas, tendo dimensão com padrões pré-determinados, não sendo possível modificações. Além disso, os elementos estruturais não possuem espaço para alocar tais armaduras respeitando o cobrimento mínimo, pois possuem quase a mesma largura dos tijolos (ABNT, 2023).

No quesito de espaçamento entre estribos, a obra atendeu parcialmente ao que é estabelecido pela norma. Por

utilizar a armadura em coluna pronta nas vigas baldrame e em 3 vigas de respaldo, o espaçamento entre os estribos é padrão de 20 cm, e o máximo exigido pela norma é 30 cm.

O diâmetro do estribo também foi insuficiente, uma vez que apresenta 4,2 mm e o mínimo estabelecido pela norma é 5 mm. Isso se dá pela utilização de armadura pronta. Para as demais vigas utilizou-se treliças, e a utilização de treliças não é indicada pela norma, uma vez que os estribos devem ser fechados em ramos horizontais. Sendo assim, as treliças não garantem a estabilidade necessária aos estribos.

Por fim, as taxas e áreas de aço mínimas das vigas, foram verificadas e apresentam resultado positivo, como citado anteriormente deve ser feito o cálculo da área de aço mínima e se essa for superior ao exposta pela normativa, então essa passa a ser a mínima. Sendo a taxa de aço de 0,15% alcançada pelas armaduras prontas e não verificadas para as treliças, pela a norma não indicar a utilização de treliças para a confecção de vigas.

As áreas de aços mínimas foram aferidas, apresentando valores superiores ao mínimo, em relação a área de concreto presente nas vigas, para vigas em que se utilizou as armaduras prontas.

Para os pilares, em nenhum dos requisitos abordados pela pesquisa, apresentaram resultados satisfatórios. A seção transversal de nenhum dos pilares alcançou o mínimo imposto pela norma. Este resultado insatisfatório deve-se à

confecção das formas, utilizando como referência a largura do bloco cerâmico, a fim de não deixar dentes nas paredes. As armaduras presentes nos pilares apresentam valores inferiores ao requerido pela norma. Este problema atrela-se à tentativa de economizar com armaduras.

Para o cobrimento mínimo, o resultado também não foi alcançado pelos pilares. Isso se deve a pequena dimensão que o mesmo apresenta no eixo x, não contendo espaço suficiente para respeitar o cobrimento mínimo da armadura, que se trata de uma coluna pronta possuindo dimensões estabelecidas de fábrica. Os requisitos levantados pela pesquisa estão expostos na Figura 11, a um nível de análise global da edificação, onde é possível verificar quais foram os itens atendidos e os não atendidos pela obra.

Figura 11 – Análise global dos elementos estruturais

			Estribos			
	Seção transversal	As, mín	Diâm. Mín.	Espaçamento	Cob. mín.	fck
Vigas baldramas						
Vigas Intermediárias						
Vigas de respaldo						
Pilares						
		Atende.				
		Não Atende.				
		Parcialmente.				

Fonte: Elaboração própria (2023).

A Figura 11 retrata os elementos abordados na edificação, relacionados aos itens da norma abordados. Em que a cor verde representa que determinado item é atendido,

a cor amarela apresenta resultado parcial e a cor vermelha o item não é atendido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa analisou por meio de visita *in loco* as falhas nos processos construtivos, onde observou-se que quase todos os elementos estruturais abordados pela pesquisa apresentam não conformidades em seus processos construtivos executivos. Ademais as condicionantes estabelecidas pela norma, são deixadas de lado em boa parte dos elementos da obra analisada. Isto atrela-se principalmente a fatores como a falta de conhecimento técnico por parte dos colaboradores e tentativas de economizar, fugindo quase que completamente aos requisitos impostos pela norma.

Quando os resultados obtidos são comparados com os prescritos na normativa é verificável a não conformidade quase que completa da edificação com os requisitos mínimos estabelecidos pela norma. Portanto, os problemas encontrados na edificação não poderiam ser solucionados no estágio atual da obra. Estas não conformidades a longo prazo, poderão gerar patologias principalmente nos elementos estruturais. Como trincas, vulnerabilidade as condições ambientais, deformações excessivas, corrosão das armaduras, e conseqüentemente falhas críticas na edificação.

Visto que o engenheiro civil possui atribuições legais para com a edificação sendo responsável por um período determinado pela mesma, o não cumprimento das normativas pode ser oneroso para o engenheiro responsável, visto que, o profissional técnico possui deveres sobre a edificação, estando sujeito a punições legais, como sanções, multas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estrutura de concreto: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria n.º 422, de 07 de outubro de 2021**: aprova a NR 05 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes e de Assédio – CIPA). Brasília, DF: MTE, 2021.

COSTA, Bruno Henrique Rosa; GUELBERT, Marcelo; PRADO, Maurício Roberto do; GUELBERT, Edilson Yanagihara; CANDIDO,

Jeferson. Dificuldades encontradas em obras de pequeno porte na construção civil para a utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs). *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 38., 2018, Maceió. **Anais** [...]. Maceió: ABEPRO, 2018.

COSTELLA, Marcelo Fabiano; JUNGES, Fernanda Carolina; PILZ, Silvana Erlo. Avaliação do cumprimento da NR-18 em função do porte de obra residencial e proposta de lista de verificação da NR-18. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 87 – 102, 2014.

FURTADO, Bruna F. **Estrutura de concreto armado de pequeno porte**: comparativo técnico e de custos diretos entre dimensionamento segundo a NBR 6118/2007 e através de definições empíricas sem cálculo estrutural. 2012. 96 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

GARCIA, Fernanda; DIAS, Elizabeth Costa de Oliveira. Perfil do trabalhador da construção paulista. **Conjuntura da Construção**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 4 – 6, 2011.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IBGE. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 26 nov. 2023.

KLEIN, Tiago André. **Estudo comparativo entre edificações com estrutura em concreto armado e alvenaria estrutural**. 2015. 93 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015.

NETO, João Inácio; SILVA, Matheus Soares; GAMA, Matheus Ferreira; SANTOS, Rodrigo Aparecido. **Utilização do aço na construção civil**. 2021. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Edificações) – Escola Técnica Estadual Júlio de Mesquita, Santo André, 2021.

PINHEIRO, Libânio Miranda; MUZARDO, Cassiane Dotto; SANTOS, Sérgio Pinheiro. Características do concreto. *In*: PINHEIRO, Libânio Miranda; MUZARDO, Cassiane Dotto; SANTOS, Sérgio Pinheiro. **Estruturas de concreto**: capítulo 1. São Carlos: USP, 2004. p. 1 – 9.

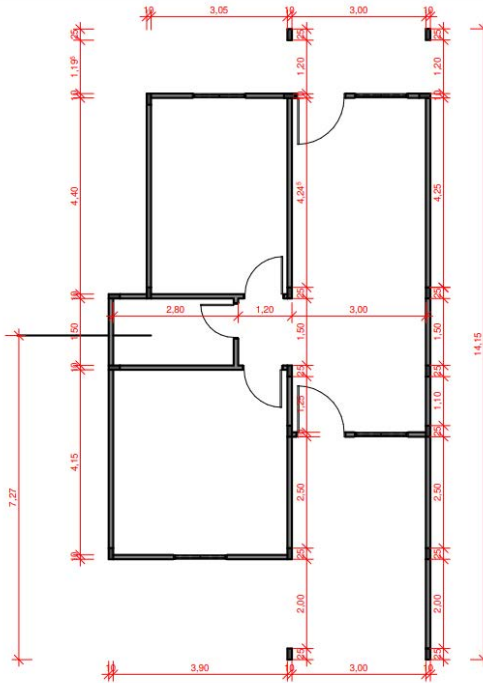
SUDA, Milton Kiniti Enokibara. **A problemática da qualificação de mão de obra na construção civil**. 2018. 12 f. Artigo (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.

APÊNDICE A – VIGAS DE RESPALDO

Apêndice A – Vigas de Respaldo								
Vigas	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (m)	Seção Transversal (cm ²)	As	As (cm ²)	As min(cm ²)	ρ min
V1	10	25	4,00	250	4 \emptyset 8	1,0	0,38	0,0015
V2	10	26	5,85	260	TR12645	–	–	–
V3	10	26	5,85	260	TR12645	–	–	–
V4	10	25	5,78	250	4 \emptyset 8	1,0	0,38	0,0015
V5	10	25	4,00	250	TR12645	–	–	–
V6	10	25	3,15	250	TR12645	–	–	–
V7	10	25	4,35	250	4 \emptyset 8	1,0	0,38	0,0015
V8	10	26	6,19	260	TR12645	–	–	–
V10	10	25	4,42	250	TR12645	–	–	–
V11	10	27	3,10	270	TR12645	–	–	–
V12	10	25	3,10	250	TR12645	–	–	–
V13	10	26	3,10	260	TR12645	–	–	–
V14	10	27	2,25	270	TR12645	–	–	–
V15	10	25	4,42	250	TR12645	–	–	–
V16	10	27	1,38	270	TR12645	–	–	–
V17	10	27	1,38	270	TR12645	–	–	–
V18	10	26	2,25	260	TR12645	–	–	–

Fonte: Elaboração própria (2023).

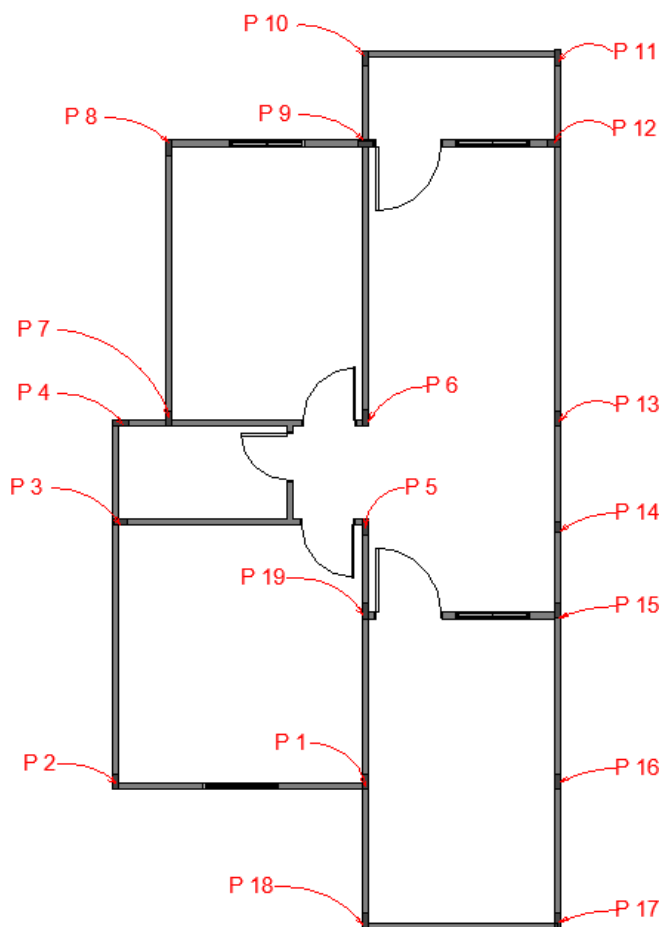
APÊNDICE B – PLANTA BAIXA DA EDIFICAÇÃO



5 Térreo
 ESCALA 1 : 100

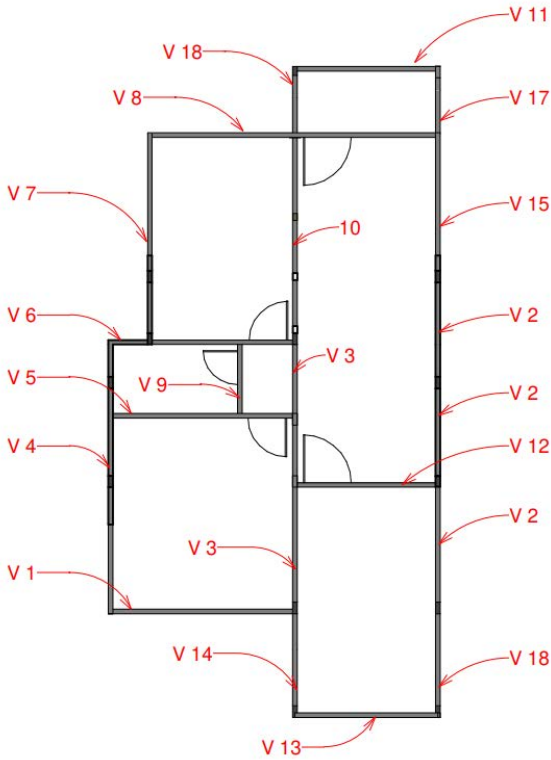
Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE C – PLANTA DOS PILARES/ PROJEÇÕES



Fonte: Elaboração própria (2023).

APÊNDICE D – PLANTA DAS VIGAS DE RESPALDO



Fonte: Elaboração própria (2023).

PROPOSTA DE AÇÕES BASEADAS NOS 11 PRINCÍPIOS LEAN CONSTRUCTION PARA IMPLANTAÇÃO EM UM CANTEIRO DE OBRAS NO MUNICÍPIO DE NOVA XAVANTINA – MT

*Maiara Thaisa Oliveira Rabelo
Dyonathan Junior Souza Alves
Jhonatan Silva Santana
Ana Paula Klaus Locatelli
Cayttano Saul de Sá Zarpellon
Luana Ramalho Vieira*

INTRODUÇÃO

A construção civil é fundamental para a humanidade, desde a concepção de abrigos temporários até edificações mais complexas (Ribeiro, 2011). As primeiras construções não militares, foram edificadas utilizando dos materiais locais, como, barro e pedras, sempre buscando refúgio e segurança contra os animais da região ou fenômenos da naturais (Queiroz, 2019).

Os métodos construtivos e a análise de determinados projetos eram definidos de acordo com as condições ambientais das regiões e técnicas pré-estabelecidas, baseando-se em métodos generalizados e erros cometidos no passado.

O ramo da construção civil no Brasil encontra-se cada vez mais exigente, tornando-se necessário inovar os processos de gerenciamento e garantir uma mão de obra cada vez mais especializada, para se destacar no quesito competitividade (Costa, 2010). O gerenciamento de um projeto, os prazos a serem cumpridos e os custos pré-determinados exigem bastante atenção e causam preocupação constante por parte do engenheiro civil. Gerenciar e controlar essas variáveis é um desafio para os engenheiros civis e suas equipes que precisa ser superado para garantir que o trabalho seja entregue no prazo e dentro do custo (Da Silva *et al.*, 2019).

Nesse contexto, a filosofia *Lean* na construção civil oferece diretrizes para organização e ao planejamento estratégico das atividades a serem desenvolvidas, visando um maior controle de qualidade do empreendimento (Hengen, 2023). Isso vai ao encontro das construtoras que investem em projetos unifamiliares com o intuito de racionalizar, diminuir custos e aumentar a produtividade. Contudo, o gerenciamento estratégico permite direcionar os processos construtivos corretamente garantindo que todas as fases do projeto sejam executadas dentro dos requisitos e metas estabelecidas (Lobato, 2012).

A partir do exposto esta pesquisa propõe uma investigação prática e teórica voltada para a grande quantidade de atividades a serem desenvolvidas e controladas nos canteiros de obras, a fim de identificar os problemas no sistema organizacional e administrativo para propor soluções através da implementação da filosofia *Lean* aplicada a construção civil, visando eliminar as problemáticas oriundas de uma má gestão e otimizar a produção.

DESENVOLVIMENTO

Contexto histórico da implantação da qualidade

Segundo Silva (2003), as organizações adotam a perspectiva estratégica para mensurar seu desempenho. Desde o fim do século XIX, na França, o Tableau de Bord – criado por engenheiros para melhorar os processos produtivos e compreender as relações de causa e efeito, vinha sendo utilizado como sistema estratégico. Em 1955, foi lançado o *Management by Objectives* (MBO), que integrava a organização com objetivos e metas claras, encorajando a participação dos funcionários, mas não teve sucesso devido ao enfoque tático-operacional e não estratégico (Fernandes *apud* Silva, 2003).

De acordo com Kaplan e Norton (*apud* Silva, 2003), as organizações procuravam métodos que estivessem alinhados com a estratégia adotada, desenvolvendo abordagens

fundamentadas em sua perspectiva estratégica, conectando-as com a missão e a visão da empresa. Para comunicar a estratégia de modo a claro e com impacto no desempenho da organização, dessa forma, surgem o BSC – *Balanced Scorecard* (Prieto *et al.*, 2006). A gestão do conhecimento exige o uso adequado das informações para criar novos produtos, processos e serviços. Segundo Leite *et al.* (2009), a GQT – Gestão da Qualidade Total representa uma opção para a reorientação gerencial das empresas contemporâneas.

A gestão do conhecimento se constitui em um processo de articulação entre novos modos de organizar o trabalho e a formação, facilitando a produção de mudanças individuais e coletivas. A geração de conhecimento favorece a disseminação do fluxo de informação que se potencializa associada às experiências garantidas com a colaboração e a troca de informações. As comunidades de prática se articulam nas trocas de experiências como solução para a resolução de problemas (Schommer, 2005).

Ferramentas da qualidade

Na busca contínua por melhoria na era da qualidade total é necessário a implementação de métodos, programas, técnicas e ferramentas para facilitar o gerenciamento da qualidade (Paliska; Pavletić; Sokovic, 2007). Dentre todas as ferramentas possíveis de aplicação, neste estudo daremos uma atenção especial a ferramenta 5W2H e ao programa 5S, caracterizados a seguir.

Método 5W2H

O método caracteriza-se pelo uso de sete perguntas básicas em inglês: *What, Where? Who? Why? When? How? E How Much?* Que traduzidas para o português significam: O que? Onde? Quem? Por que? Quando? Como? E quanto?

Este método propõe perguntas que auxiliam no processo do planejamento, permitindo pressupor a qualquer momento a identificação de informações relevantes em um projeto, como falhas e soluções de forma rápida e eficaz (Grosbelli, 2014).

Daychoum (2018) afirma que não existem perguntas prontas, pois estas podem sofrer variações dependendo do contexto e da aplicação. Portanto, é fundamental conhecer todas as fases de execução, abrangendo o planejamento, o processo produtivo e entrega do produto.

Programa 5S

A implementação do Sistema de Qualidade melhora a organização e eficiência das atividades na empresa. O Programa 5Ss (Figura 1), essencial para esse sistema, é baseado em cinco atividades designadas por termos japoneses (*seiri, seiton, seiso, seiketsu e shitsuke*), que inclui a organização ou ordenação racional da empresa, das ferramentas, arrumação, limpeza geral, limpeza pessoal e disciplina (Takahashi; Osada, 1993).

Figura 1 – Programa 5S



Fonte: Grupo Voitto (2020).

As “atividades dos 5Ss” são componentes básicos para implementação da Gestão da Qualidade e podem fornecer um meio de diagnóstico para avaliar até que ponto os planos de implementação foram aceitos como parte de um ambiente de trabalho bem-sucedido (Takahashi; Osada, 1993).

Este é o ponto de partida e um requisito básico para o controle da qualidade, uma vez que proporciona vários benefícios ao setor. A ordem, a limpeza, o asseio e a autodisciplina são essenciais para a produtividade. Porém, este programa implantado sozinho, não assegura o Sistema da Qualidade Eficiente. É necessário haver melhorias contínuas, treinamentos e conscientização do pessoal quanto à filosofia da qualidade.

Este programa tem como objetivo principal promover a alteração do comportamento das pessoas, proporcionando total reorganização da empresa através da eliminação de materiais obsoletos, identificação dos materiais, execução constante de limpeza no local de trabalho, construção de um ambiente que proporcione saúde física e mental e manutenção da ordem implantada. Aponta para a melhoria do desempenho global da organização. Sabe-se que a maior dificuldade da implantação efetiva de um programa de qualidade é a mudança cultural das pessoas que compõem a organização, em todos os níveis hierárquicos (Rebello, 2005, p. 169).

As empresas japonesas consideram indispensável à aplicação do Programa 5S para a plena consolidação do gerenciamento pela Qualidade Total de seus empreendimentos. Foi desenvolvido com o objetivo de transformar as atitudes das pessoas, dos ambientes das organizações e ocasionar melhor qualidade de vida dos funcionários, redução de custos e desperdícios e aumento da produtividade das organizações (Rebello, 2005).

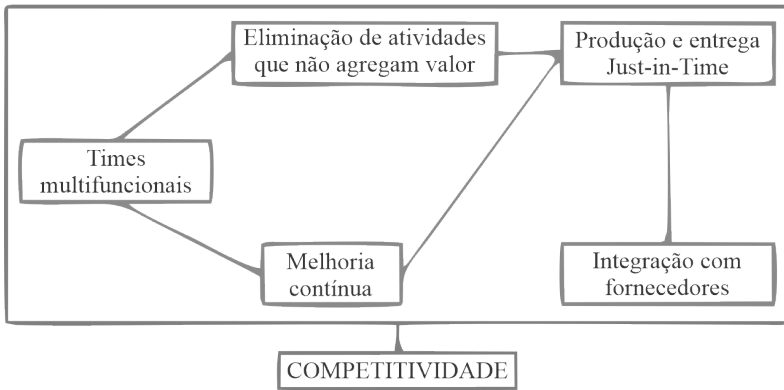
Avaliação da ideia de manufatura enxuta

A avaliação da aplicação do sistema de *lean manufacturing* pode ser obtida através de diversas formas. A eficiência do conceito de manufatura enxuta não se dá apenas com a adoção das práticas enxutas, mas também a adoção da filosofia enxuta por todas as esferas da companhia. Desta forma, para lograr uma análise viável da manufatura enxuta

deve-se levar em conta as perspectivas das práticas e dos princípios.

Sánchez e Pérez (2001) desenvolveram metodologias para avaliar a eficiência do sistema, apresentando um modelo de manufatura enxuta como mostrado na Figura 2. Eles analisaram a aderência aos princípios por meio de um *checklist* com seis grupos de indicadores a serem avaliados. A aplicação dos grupos deve ser feita passo a passo, e a mudança é avaliada através do *checklist*.

Figura 2 – Modelo de manufatura enxuta



Fonte: Sánchez e Pérez (2001).

Foi definido um conjunto reduzido de indicadores, escolhidos de forma a garantir que, em conjunto, sejam eficazes na avaliação da aderência ao modelo de manufatura enxuta. É importante destacar que esses indicadores possuem caráter predominantemente quantitativo, priorizando a mensuração objetiva dos resultados em vez de análises qualitativas. Foram

utilizadas as legendas ↑ e ↓ para indicar se o indicador deverá aumentar ou diminuir no intuito da implementação do modelo de manufatura enxuta.

Redução de custo pelo *Lean Manufacturing*

A alta administração das empresas chegou à conclusão de que o controle do custo é essencial para o seu sucesso. Então, algumas empresas da área de produção de álcool e açúcar têm adotado uma visão moderna que inclui o processamento eletrônico de dados de manutenção, ferramentas e dispositivos de medição e consultoria.

Uma ferramenta importante é o programa denominado Manutenção Produtiva Total (TPM), que segundo Smalley (2007), é essencial para maximizar a disponibilidade de máquinas e melhorar o fluxo na manufatura intensiva em equipamentos. No entanto, muitas empresas, fábricas e indústrias ainda não extraíram todo o potencial da *Lean* e, assim, sustentem-se com somente uma parte dos benefícios.

Segundo Rodrigues e Rodrigues (2007), TPM significa não só a gestão inteligente dos métodos de manutenção e tecnologias disponíveis, mas principalmente, das atitudes das pessoas frente aos problemas, ou melhor, às oportunidades, que os equipamentos e os processos oferecem. Na verdade, trata-se de uma evolução do conceito de manutenção, que visa à máxima utilização dos ativos industriais e agrícolas,

através da eliminação de todas as falhas ou perdas, sendo elas crônicas ou esporádicas, percebidas ou não.

Em muitas empresas, os departamentos de manutenção focam apenas na resolução de falhas, prejudicando o planejamento e a execução eficaz das atividades. Isso resulta em um trabalho constante e acumulado. No Brasil, muitos departamentos de manutenção enfrentam um ambiente em que o controle do desempenho dos equipamentos é perdido e o foco é exclusivamente em problemas, gerando um ciclo vicioso de falhas e estresse. As equipes enfrentam horas-extras, emergências constantes e dificuldades com pedidos de materiais, comprometendo seu bem-estar e orçamento. Assim, esses departamentos buscam sair desse ciclo e se reorganizar.

Filosofia da *Lean Construction*

A construção enxuta é uma forma de projetar sistemas de produção para minimizar o desperdício de materiais, tempo e esforço, a fim de gerar o máximo possível de valor. A construção enxuta está usando os mesmos princípios da produção enxuta para reduzir o desperdício e aumentar a produtividade e eficácia no trabalho de construção (Ferreira, 2016).

A produção tem três tipos de objetivos. Em primeiro lugar, existe o objetivo de obter os produtos pretendidos produzidos em geral (isso pode parecer tão evidente que muitas vezes não é mencionado explicitamente). Em segundo lugar, existem metas relacionadas às características da própria produção, como

minimização de custos e nível de utilização (metas internas). Terceiro, existem metas relacionadas às necessidades do cliente, como qualidade, confiabilidade e flexibilidade (metas externas). Além disso, a teoria da produção deve cobrir todas as áreas essenciais da produção, especialmente a produção adequada e o *design* do produto (Ferreira, 2016).

Do ponto de vista da prática da gestão da produção, o significado da teoria é crucial; a aplicação da teoria deve levar a um melhor desempenho. Por outro lado, a falta de aplicação da teoria deve resultar em desempenho inferior. A frase ‘sistema de entrega do projeto’ tem sido tradicionalmente usada para indicar a estrutura contratual do projeto, por exemplo, *design*-licitação-construção ou *design*-construção. ‘Entrega’, neste contexto, é entendida como um tipo de transação e uma questão chave é como estruturar a transação (Ahrens, 2017).

Na área da construção, a entrega envolve projetar e fazer instalações importantes – edifícios, pontes, fábricas e assim por diante. A construção difere de outros tipos de sistemas de produção baseados em projetos pelo tipo de produtos que produz, cuja característica diferenciadora é que eles eventualmente se enraízam no lugar. Os produtos de construção compartilham com aviões e navios a característica de que, no processo de montagem, eles se tornam muito grandes para se moverem pelas estações de trabalho, portanto, as estações de trabalho devem ser movidas pelos produtos. Conseqüentemente, edifícios, aviões e navios são feitos usando manufatura em posição fixa. Ao contrário de

aviões e navios, no entanto, edifícios e pontes são enraizados no lugar e são projetados para um local específico, muitas vezes técnica e esteticamente (Martins, 2019).

Novas soluções para a construção sustentável

Araújo (2008) afirma que quanto mais sustentável for uma obra sua responsabilidade aumenta sobre o que ela consumirá, gerará, processará e descartará. Nesse contexto, a Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta reconhecida globalmente, sendo considerada uma base legítima para comparar materiais, tecnologias, componentes e serviços utilizados ou prestados. Este parâmetro tem boa aceitação por toda a comunidade internacional.

Quadro 1 – Normas ISO para a Sustentabilidade

Análise de Ciclo de Vida – ACV Normas ISO 14000	
ISO 14040/98	Gestão Ambiental, ACV, Princípios e Estruturas
ISO 14041/98	Gestão Ambiental, ACV, Definição de Objetivos, Alcance e Análise de Inventários
ISO 14042/00	Análise do Impacto de Ciclo de Vida
ISO 14043/00	Interpretação do Ciclo de Vida
Normas Próprias no Âmbito da Sustentabilidade	
ISO 21930/07	Sustentabilidade na construção civil – Declaração ambiental de produtos para construção
ISO 15392/08	Sustentabilidade na construção civil – Princípios gerais

Fonte: Adaptado de Araújo (2008).

As normas da série ISO 14040, que abrangem a Análise do Ciclo de Vida (ACV), são fundamentais para estabelecer um padrão global de certificação e identificação de produtos e serviços no segmento ambiental. Elas incluem a ISO 14040:2006, que trata dos princípios e da estrutura da ACV; a ISO 14044:2006, que detalha os requisitos e diretrizes; e as versões anteriores, como as citadas ISO 14040:1998, ISO 14041:1998, ISO 14042:2000 e ISO 14043:2000, que foram substituídas pelas edições de 2006, mas que estabeleceram as bases para a metodologia (International Organization For Standardization, 2006a, 2006b).

Mais recentemente, o sistema ISO desenvolveu normas específicas para regulamentar as atividades da construção civil. Dentre elas, destacam-se a ISO 21930:2017, que estabelece os princípios para declarações ambientais de produtos de construção, e a ISO 15392:2019, que aborda a sustentabilidade em edifícios e obras de engenharia civil, fornecendo princípios gerais (International Organization For Standardization, 2017, 2019).

O conceito de construção sustentável é a síntese originária de várias filosofias, escolas e concepções que associam a arte de edificar e de habitar com a consciência em preservar o meio ambiente e a qualidade de vida e saúde dos seres vivos.

Um estudo realizado por Silva e Costa (2008) detectou as razões que os condôminos apresentam para residir em condomínios e loteamentos fechados mostrando que há uma

hierarquia e entre os principais fatores de motivação para investirem nesse tipo de moradia, dentre os quais preponderava o item segurança:

[...] pediu-se que os fatores segurança, tranquilidade, qualidade de vida, proximidade de áreas verdes e valor do terreno fossem avaliados, numa escala de 1 a 5, sendo a nota 1 o principal fator e a nota 5, o fator menos relevante (Figura 3). Entre os fatores que receberam nota 1, destaca-se a segurança com 71%, sendo citado por 47 dos 67 entrevistados como principal fator, ordenadamente a busca por qualidade de vida aparece com 14%, os que disseram procurar por tranquilidade somam 12%, 3% dos entrevistados atribuíram nota 1 para o valor do terreno e 2% para proximidade de áreas verdes como fator principal para adotar os Enclaves Fortificados como estilo de vida (Silva; Costa, 2008, p. 14).

Quanto aos espaços para lazer, 70% dos moradores aprovaram as áreas existentes, enquanto 30% consideraram que são insuficientes e precisam de ampliação e manutenção cuidadosa. A satisfação com o paisagismo foi alta, com 95% dos moradores expressando contentamento.

Dacanal e Guimarães (2005) destacam que condomínios horizontais, por definição, são áreas fechadas divididas em lotes residenciais e incluem áreas de circulação, verdes e de entretenimento exclusivas para os condôminos. Essa estrutura visa proporcionar uma experiência residencial agradável e bem-organizada, com áreas comuns que devem ser adequadas e bem mantidas para atender às necessidades dos residentes.

Armazenamento de materiais no canteiro de obras

A NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, aborda uma série de diretrizes a serem consideradas ao criar o plano de armazenamento dos materiais no canteiro de obras. Estes devem ser dispostos em local que não prejudique a segurança, a circulação dos trabalhadores e não limitem o acesso a outros equipamentos (Brasil, 2024). Abaixo, alguns dos pontos materiais fixados pela norma:

- Os materiais, empilhados a granel ou embalados, devem ter forma e altura que garantam a sua estabilidade e facilitem o seu manuseio.
- Tubos, vergalhões, perfis, barras, pranchas e outros materiais de grande comprimento ou dimensão devem ser arrumados em camadas, com espaçadores e peças de retenção, separados de acordo com o tipo de material e a bitola das peças.
- Os materiais não podem ser empilhados diretamente sobre piso instável, úmido ou desnivelado.
- As madeiras retiradas de andaimes, tapumes, fôrmas e escoramentos devem ser empilhadas, depois de retirados ou rebatidos os pregos, arames e fitas de amarração (Brasil, 1975, p. 33).

Agregados

De acordo com a NBR 12655 – Concreto – Preparo, controle e recebimento, para o correto armazenamento dos agregados (areias e britas) é necessário a construção de baias cobertas quando possível e com divisas de cerca de um metro e vinte de altura para que não ocorra a mistura indesejada de diferentes materiais. Deve-se evitar que os agregados fiquem em contato direto com o solo natural, portando recomenda-se que o fundo das baias seja revestido com manta plástica ou tijolos, para assegurar a qualidade dos materiais e evitar desperdícios (ABNT, 1996).

Tijolos

Os tijolos devem ficar em local plano e livre de umidade. Para facilitar o fluxo de trabalho esses insumos precisam ser armazenados separadamente levando em consideração as dimensões de cada tipo de bloco, podendo ser empilhados a uma altura de até dois metros, respeitando o espaçamento mínimo de oitenta centímetros entre uma pilha e a outra.

Cimento, cal e argamassa

Tratando-se de materiais perecíveis em contato precoce com água, os sacos de cimento, cal e argamassa devem ficar em local arejado, seco e coberto evitando se o contato com

umidade. Para o processo de armazenamento recomenda-se a utilização de assoalhos com pelo menos trinta centímetros de altura acima do piso e o mesmo espaçamento com relação as paredes. Segundo a ABNT/CB-018 (Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados), algumas diretrizes devem ser seguidas para o correto empilhamento desses materiais, sendo o empilhamento máximo de dez sacos de cimento, vinte sacos de argamassa e quinze sacos de cal, seguindo um padrão de altura e largura de no máximo dois metros por um metro e meio.

Vergalhões de aço

Segundo a NR 18 (2020), o aço é um material suscetível a corrosão e por consequência a perda de suas propriedades mecânicas, portando deve ser armazenado de maneira correta, e para isso é recomendado depositá-las em local fechado e livre de umidade. Separar as peças de acordo com a bitola é um procedimento simples que otimiza a logística organizacional.

Tubos de PVC

Por se tratar de um material resistente e durável, as preocupações com relação ao armazenamento dos tubos de PVC são mais simples, bastando que sejam armazenados em local coberto e posicionados em pilhas horizontais sem contato direto com o solo.

MATERIAL E MÉTODO

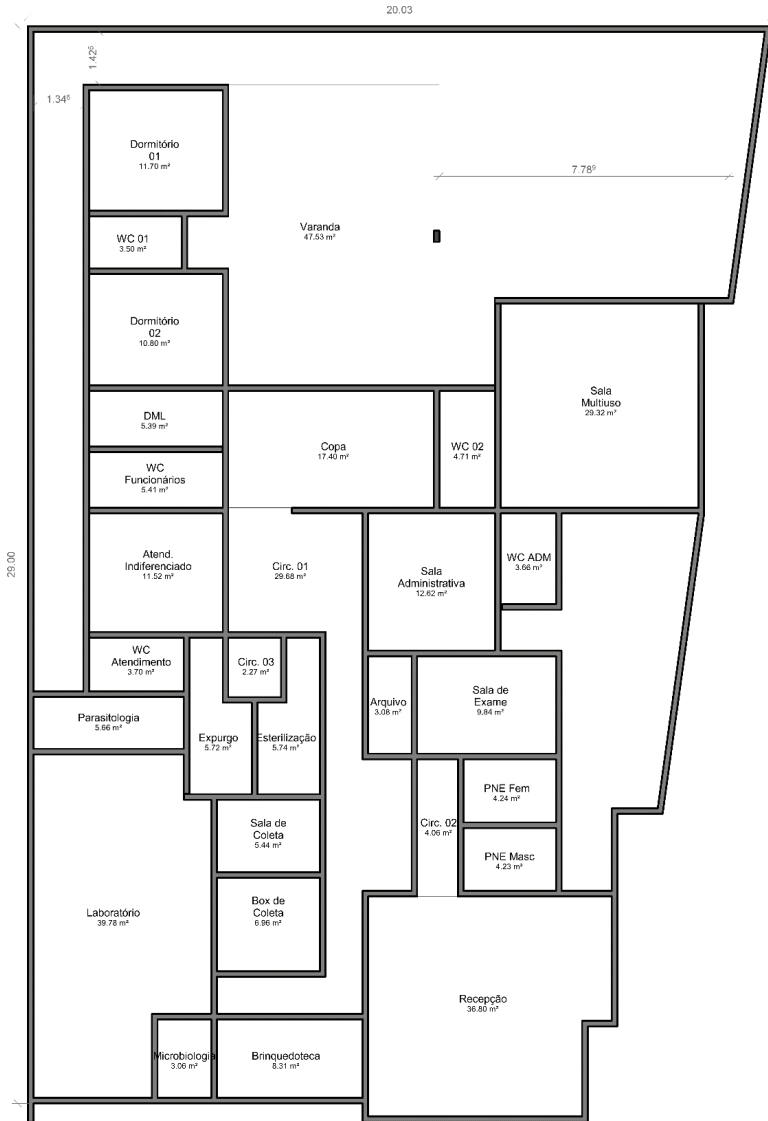
Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi realizado um levantamento bibliográfico em materiais relacionados à implementação do sistema *Lean Construction*. Posteriormente, foi realizado um estudo de caso em um empreendimento localizado no município de Nova Xavantina – MT. As visitas ao canteiro de obras ocorreram nos finais de semanas em horário matutino entre os dias 15 de abril à 28 de maio de 2023, em que a obra se encontrava na fase de detalhamento. A coleta de dados se deu a partir de registros fotográficos e observação *in loco*, que possibilitaram a identificação das falhas existentes e também a sistemática da gestão utilizada pela empresa responsável pela execução.

Com base na identificação das falhas registradas *in loco*, foi possível propor soluções de melhorias embasadas no sistema *Lean Construction* para o empreendimento em estudo.

O empreendimento

O empreendimento avaliado está localizado em Nova Xavantina – MT, o qual trata-se da construção de um edifício comercial com 409,43 m² de área construída (Figura 3). O canteiro da obra em questão é classificado como restrito, que é o tipo onde a construção ocupa grande parte dos espaços, dificultando o acesso, a movimentação e a disposição dos materiais (Ilingworth, 1993 *apud* Saurin; Formoso, 2006).

Figura 3 – Planta baixa do empreendimento



Fonte: Elaboração própria (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O corpo técnico responsável pelas atividades no canteiro de obras estudado é constituído por somente um engenheiro civil e conta com oito colaboradores. Há vistorias periódicas sem cronograma definido por parte do engenheiro, sendo normalmente semanalmente, os colaboradores eram parcialmente responsáveis pelo andamento da obra, na qual os colaboradores são livres para tirar dúvidas com a engenheira responsável, através de ligações e/ou mensagens de texto pelo WhatsApp.

O trabalho de diagnóstico foi feito durante a fase de concretagem do piso, para posteriormente assentar as cerâmicas. O *layout* do canteiro de obras deste empreendimento (Figura 4) apresenta-se com inúmeras falhas pela falta ou erros de planejamento que dificultam a circulação e atrapalham o bom fluxo de trabalho.

No canteiro de obras, observamos várias irregularidades que afetam a segurança dos trabalhadores e a comunidade. O estoque de cascalho, tábuas, ferragens e tijolos sobre a calçada externa restringe a circulação de pedestres. Essa prática representa um risco significativo e vai contra os princípios de segurança em vias públicas.

Além disso, em desacordo com a NR 18 (Brasil, 2024), que estabelece as condições e o meio ambiente de trabalho na indústria da construção, o local não possui bebedouro, sendo a água potável oferecida em garrafas térmicas. O canteiro também não dispõe de banheiros para os colaboradores, o que viola as diretrizes higiênicas e sanitárias básicas. Por fim, a ausência de armários para a guarda de itens pessoais dos trabalhadores também contraria as recomendações da norma.

A betoneira utilizada na preparação do concreto, juntamente ao estoque de areia grossa, está posicionada para minimizar a movimentação desnecessária dos colaboradores, facilitando o descarregamento de materiais como os agregados.

O estoque de aço, foi posicionado diretamente sobre o solo, além de estar exposto as intempéries, o que pode acarretar corrosão do aço, corroborando com uma possível perda de materiais. Além disso, apresenta risco de acidentes de trabalho aos colaboradores por estar próximo ao local de trânsito da obra e não possuir proteção em suas pontas. Foi identificado ainda, que a madeira havia sido armazenada em local descoberto, sujeita a intempéries, acarretando possíveis

empenos e danos. Adicionalmente, a madeira se encontra em um local de grande fluxo de pessoas, dificultando a movimentação no canteiro de obras.

Elaboração do plano de ações *Lean*

Para realizar a correção dos problemas encontrados no canteiro de obra em estudo, elaborou-se um plano de ações baseado nos 11 princípios da construção enxuta, apresentado na Quadro 2.

Quadro 2 – Ações para implantação da filosofia *Lean* no canteiro de obras em estudo

Princípio	Atividade	Objetivo
1.Reduzir as atividades que não agregam valor	Planejar o <i>layout</i> do canteiro de obras	Definir local para descarga e armazenagem de materiais e vias de circulação
	Mapeamento dos processos	Reduzir o tempo ocioso na obra e as atividades que não agregam valor
	Planejar atividades semanalmente	Elaborar cronograma do fluxo trabalho e orçamento de materiais
	Treinamento de mão de obra	Qualificação, reduzir tempo e elevar qualidade final do serviço
	Plano de ação 5W2H	Auxiliar no desdobramento das atividades
	Programa 5S	Otimizar o sistema organizacional, a limpeza e a padronização no canteiro

2. Aumentar o valor do produto	Mapear os processos	Eliminar atividades que não agregam valor, eliminar as perdas de materiais
	Inspeção de prazos e qualidade do serviço	Elevar a qualidade final dos produtos e serviços
	Planejamento de longo e médio prazo	Definir o fluxo de trabalho e a mão de obra, cronogramas e orçamentos
	Gerenciamento visual	Garantir a qualidade do produto final através do <i>Total Quality Control</i>
	Programa 5S	Otimizar o sistema organizacional, a limpeza e a padronização no canteiro
	Plano de ação 5W2H	Auxiliar no desdobramento das atividades
3. Reduzir a variabilidade	Controle da produção	Gerenciar a mão de obra, o estoque de materiais, os prazos e a qualidade
	Padronização dos processos	Treinamento para uniformizar os produtos e estabilizar a produção
	Treinar mão de obra polivalente	Reduzir a rotatividade de mão de obra e garantir as frentes de trabalho
	Plano de ação 5W2H	Auxiliar no desdobramento das atividades
	Padronizar elementos construtivos	Simplificar o processo de produção e reduzir desperdícios

4. Reduzir o tempo do ciclo de produção	Planejar atividades semanalmente	Definir prazos, fluxo de atividades e materiais necessários
	Padronização dos processos	Padronizar técnicas e processos executivos
	Execução de atividades paralelas	Mão de obra polivalente atuando em várias frentes de trabalho
	Treinar mão de obra polivalente	Reduzir a rotatividade de mão de obras e garantir as frentes de trabalho
	Controle da produção	Gerenciar a mão de obra, o estoque de materiais, os prazos e a qualidade
	Plano de ação 5W2H	Auxiliar no desdobramento das atividades
5. Simplificar através da redução	Inclusão de sistemas construtivos racionalizados	Utilização de elementos pré-moldados
	Planejar atividades semanalmente	Definir prazos, fluxo de atividades, prazos e materiais necessários
	Usar serviços oferecidos por fornecedores	Diminuir processos onerosos dentro do canteiro
	Programa 5S	Otimizar o sistema organizacional, a limpeza e a padronização no canteiro
	Plano de ação 5W2H	Auxiliar no desdobramento das atividades

6. Aumentar a flexibilidade na execução do produto	Gerenciamento visual	Garantir a qualidade do produto final através do <i>Total Quality Control</i>
	Controle da produção	Gerenciar a mão de obra, o estoque de materiais, os prazos e a qualidade
	Indicadores de desempenho da produção	Avaliar o desempenho das equipes e cobrar melhorias quando necessário
	Planejar atividades semanalmente	Definir prazos, fluxo de atividades, prazos e materiais necessários
7. Aumentar a transparência do processo	Controle da produção	Gerenciar a mão de obra, o estoque de materiais, os prazos e a qualidade
	Planejamento de longo e médio prazo	Definir o fluxo de trabalho e a mão de obra, cronogramas e orçamentos
	Notificar os clientes sobre a conclusão de cada etapa	Para fins de acompanhamento da situação do empreendimento ou fazer modificações
	Dispositivos visuais informativos	Sinalizações na obra, regras para visitantes
	Gerenciamento visual	Difundir informações pertinentes aos serviços
	Programa 5S	Organizar o <i>layout</i> do canteiro de obras e manter a limpeza

8. Focar o controle no processo global	Mapeamento dos processos	Eliminar atividades que não agregam valor, eliminar as perdas de materiais
	Treinar mão de obra polivalente	Reduzir a rotatividade de mão de obra e garantir as frentes de trabalho
	Planejamento de longo e médio prazo	Definir o fluxo de trabalho e a mão de obra, cronogramas e orçamentos
	Plano de ação 5W2H	Auxiliar no desdobramento das atividades
9. Introduzir melhoria contínua no processo	Gestão participativa	Melhorar o processo administrativo, estratégico e tomadas de decisões
	Institucionalizar a metodologia <i>Lean</i>	Difundir os conceitos os princípios e as técnicas da metodologia
	Valorização da mão de obra	Gratificar os trabalhadores mais produtivos pelo cumprimento de metas
	Estabelecer planos de carreira	Eliminar a rotatividade de mão de obra
	Planejamento de longo e médio prazo	Definir o fluxo de trabalho e a mão de obra, cronogramas e orçamentos
	Plano de ação 5W2H	Auxiliar no desdobramento das atividades
10. Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	Mapeamento dos processos	Identificar pontos fortes e fracos internos e externos
	Investir em novas tecnologias	Utilizar a tecnologia e a inovação a favor da produção
	Planejamento de longo e médio prazo	Definir o fluxo de trabalho e a mão de obra, cronogramas e orçamentos
	Programa 5S	Organizar o <i>layout</i> do canteiro de obras e manter a limpeza

11. Fazer Benchmarking	Plano de ação 5W2H	Auxiliar no desdobramento das atividades
	Gestão participativa	Melhorar o processo administrativo, estratégico e tomadas de decisões
	Planejamento de longo e médio prazo	Definir o fluxo de trabalho e a mão de obra, cronogramas e orçamentos
	Controle da produção	Gerenciar a mão de obra, o estoque de materiais, os prazos e a qualidade

Fonte: Elaboração própria (2022).

Recomendações para adequação do canteiro de obras

A Norma Regulamentadora NR 18 (Brasil, 2024), atualizada pela Portaria MTE nº 1.420, de 27 de agosto de 2024, estabelece diretrizes administrativas, de planejamento e organização essenciais para o controle dos processos e a segurança em canteiros de obras. Um ponto crítico abordado pela NR 18 diz respeito ao armazenamento de materiais sobre calçadas. Essa prática é expressamente contraindicada pela norma, pois representa um alto risco de acidentes para pedestres e para os próprios trabalhadores da obra. Além dos riscos à segurança, o armazenamento inadequado em calçadas aumenta a probabilidade de perda de materiais devido a intempéries como chuva e, também, a furtos.

Foi possível observar a necessidade de um espaço para que os colaboradores na obra, possam fazer suas necessidades. Para este canteiro a instalação sanitária deve

ser constituída minimamente de um lavatório para higienização das mãos e um vaso sanitário com dispositivo de descarga. Uma solução prática e eficiente, seria a instalação de sanitário químico para a obra.

A destinação correta dos resíduos da obra é algo que deve ser planejado antes mesmo de iniciar as atividades no canteiro, garantindo o descarte adequado desses resíduos. Os problemas com a movimentação e a circulação no canteiro podem ser resolvidos através de limpezas periódicas para remoção de resíduos de tijolos, concreto, argamassa, recortes de madeira, PVC, blocos de EPS, entre outros itens provenientes do desperdício na construção. A locação de caçambas para resíduos e entulho de obra é uma alternativa para resíduos desse tipo que não são retirados pela coleta de lixo municipal.

Proposta de *Layout*

Foi elaborada uma nova proposta de *layout* (Figura 5) para o canteiro de obras visando otimizar o processo construtivo como um todo através do planejamento das instalações provisórias e do armazenamento dos materiais.

Figura 5 – Proposta de *layout* para o canteiro de obras

Fonte: Elaboração própria (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo de caso realizado, foi possível comprovar que ainda existem muitas negligências em canteiro de obras, o empreendimento em estudo apresentou falhas como, falta de controle da qualidade de produção, movimentações desnecessárias, risco a saúde e segurança do colaborador, ociosidade de mão de obra e desperdício de materiais. A

sugestão de implantação da metodologia *Lean Construction* objetiva a qualificação da empresa de construção civil para um diferencial perante as concorrentes.

O planejamento do canteiro de obras visa otimizar os processos de execução do empreendimento através da organização e bom aproveitamento dos espaços. Esse planejamento proporciona um ambiente de trabalho visualmente agradável, seguro e produtivo. Não foi possível aplicar precisar cada uma das ferramentas e particularidades da filosofia *Lean*, mas se entende que o objetivo geral foi alcançado, porque foi possível demonstrar a importância de implementar ferramentas de gerenciamento de obras no âmbito da construção civil, garantindo que o sistema funcione em todas as etapas do processo, não como rotina, mas como parte da cultura da empresa em busca do aperfeiçoamento contínuo.

REFERÊNCIAS

AHRENS, Ricardo de Barros (org.). **Coletânea nacional sobre engenharia de produção 3: gestão da produção**. Curitiba: Atena, 2017. *E-book*. Disponível em: <https://url.gratis/FyXMC>. Acesso em: 26 dez. 2022.

ARAÚJO, Márcio Augusto. **Produtos ecológicos para uma sociedade sustentável**. 2008. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/pdf/sociedade.pdf>. Acesso em: 29 out. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria n.º 3.733, de 10 de fevereiro de 2020**: aprova a nova redação da Norma Regulamentadora n.º 18. Brasília, DF: MTE, 2020.

COSTA, Leonardo de Menezes. **Compatibilização de projetos e gerenciamento de resíduos como condições primordiais para a sustentabilidade das construções**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

DA SILVA, Daiane Priscila; FONSECA, Gislene; SANTOS, Daniel; MOREIRA, Letícia; LIMA, Rosineide. Planejamento e gerenciamento de obras: variáveis que ocasionam atraso na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 12, p. 31190 – 31204, 2019.

DACANAL, Cristiane; GUIMARÃES, Solange Teresinha Lima. A imagem de condomínios horizontais. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE GEOGRAFIA, PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO DO MEIO AMBIENTE, 2005, Londrina. **Anais** [...]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2005. p. 1 – 17.

DAYCHOUM, Merhi. **40 + 20 ferramentas e técnicas de gerenciamento**. 6. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2018.

FERREIRA, Elton Alysson de França. **Construção enxuta**: uma ferramenta para o enfrentamento do cenário atual de crise econômica. 2016. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20 – 29, 1995.

GROSBELLI, Ana Cláudia. **Proposta de melhoria contínua em um almoxarifado utilizando a ferramenta 5W2H**. 2014. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

HENGEN, Mateus Filipe; SAUL, Felipe; SILVA, Angela; COSTA, Gerson. Análise de gestão de qualidade visando lean construction em três canteiros de obras residenciais no Rio Grande do Sul: estudo de caso. **Revista Infinity**, v. 8, p. 115 – 130, 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14040**: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. Geneva: ISO, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14044**: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. Geneva: ISO, 2006. (Nota: Substitui as normas ISO 14041, 14042 e 14043 para maior precisão técnica).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 21930**: Sustainability in buildings and civil engineering works – Core rules for environmental product declarations of construction products and services. Geneva: ISO, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 15392**: Sustainability in buildings and civil engineering works – General principles. Geneva: ISO, 2019.

LEITE, Júlio; OLIVEIRA, Mauro; SANTOS, Rodrigo; PEREIRA, Anderson. Avaliação da aplicação de sistema de gestão da

qualidade em laboratório. **Sistemas & Gestão**, v. 4, n. 3, p. 205 – 220, set./dez. 2009.

LOBATO, Vinícius José G. R. **Racionalização na construção civil por meio da redução de resíduos**. 2012. 40 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MARTINS, Bianca Camargo (org.). **O essencial da arquitetura e urbanismo 3**. Ponta Grossa: Atena, 2019. *E-book*. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/o-essencial-da-arquitetura-e-urbanismo-3>. Acesso em: 05 jun. 2022.

PALISKA, Gregor; PAVLETIĆ, Duško; SOKOVIĆ, Mirko. Industrial management and organisation: in Quality tools – systematic use in process industry. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, v. 25, p. 79 – 82, 2007.

PRIETO, Valmir C.; PEREIRA, Fernando Luiz A.; CARVALHO, Marly Monteiro de; LAURINDO, Fernando José Barbin. Fatores críticos na implementação do balanced scorecard. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 13, n. 1, p. 81 – 92, 2006.

QUEIROZ, Roberto Chust. **Introdução à engenharia civil**: história, principais áreas e atribuições da profissão. São Paulo: Blucher, 2019.

REBELLO, Maria Alice F. R. Implantação do programa 5S para a conquista de um ambiente de qualidade na biblioteca do hospital universitário da Universidade de São Paulo. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 165 – 182, 2005.

RIBEIRO, Nelson Porto. Contributo para uma história da construção no Brasil. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 26., 2011, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ANPUH, 2011.

RODRIGUES, Carlos; RODRIGUES, Wagner. **TPM: a ferramenta da Toyota aplica-se ao setor?** 2007. Disponível em: <https://url.gratis/clPFO>. Acesso em: 05 nov. 2022.

SÁNCHEZ, Angel Martínez; PÉREZ, Manuela Pérez. Lean indicators and manufacturing strategies. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 11, p. 1433 – 1451, 2001.

SAURIN, Tarcísio Abreu; FORMOSO, Carlos Torres. **Planejamento de canteiros de obras e gestão de processos**. Porto Alegre: ANTAC, 2006.

SCHOMMER, Paula Chies. **Comunidades de prática e articulação de saberes na relação entre universidade e sociedade**. 2005. 344 f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2005.

SILVA, Lucimar C. da. O balanced scorecard e o processo estratégico. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 61 – 73, out./dez. 2003.

SILVA, Regina Lúcia; COSTA, Solange T. M. F. **Segregação sócio-espaical e os enclaves fortificados: tipologias dos condomínios horizontais e loteamentos fechados da cidade São José Dos Campos – SP e o perfil dos seus moradores**. São José dos Campos: UNIVAP, 2008.

SMALLEY, Art. **TPM no coração do lean**. Tradução de Odier Tadashi. 2007. Disponível em: <http://www.lean.org.br/>. Acesso em: 3 nov. 2022.

TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. **TPM/MPT: manutenção produtiva total**. Tradução de Outras Palavras. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.

SOBRE OS ORGANIZADORES E AUTORES

Organizadores



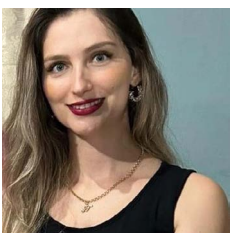
Amintas Nazareth Rossete

Graduado em Geologia pela Universidade Federal do Paraná (1992), mestrado em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas (1996), doutorado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos (2008) e pós doutorado na área de Organização e Gestão do Território pela Universidade Federal do Pará (2017 – 2018). Ingressou no ano de 1998 através de concurso público na Universidade do Estado de Mato Grosso e atualmente é professor adjunto lotado na Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas e Sociais Aplicadas, câmpus universitário de Nova Xavantina. Coordena o Laboratório de Análise Ambiental – LANA.

Orcid: 0000-0002-9486-092X

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1167022119179164>

E-mail: amintas@unemat.br



Ana Paula Klaus Locatelli

Graduada em Engenharia Civil e Mestre em Ciência de Materiais. Também possui especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Geotecnologias e MBA em

Gerenciamento de Obras, Qualidade e Desempenho da Construção. Minha experiência na área de Engenharia Civil abrange Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção, Pavimentação Asfáltica, Segurança do Trabalho, Geotecnologias e Gestão de Obras. Atuo como docente na Universidade do Estado de Mato Grosso, Câmpus de Nova Xavantina, na área de materiais.

Orcid: 0009-0000-5231-4368

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4998904564382920>

E-mail: ana.locatelli@unemat.br



André Luiz Borges Milhomem

Mestre em Educação pela Universidade do Estado de Mato Grosso – Unemat (2012), na linha de pesquisa: Formação de Professores, Políticas e Práticas Pedagógicas. Especialista em Inovações Tecnológicas na Educação pela Unemat (2010). Graduado em Licenciatura Plena em Computação – Unemat (2006). Atualmente é professor efetivo da Universidade do Estado de Mato Grosso. Tem experiência nas áreas de Computação e Educação, atuando principalmente nas seguintes especialidades: Inclusão Digital e Social, Linux Educacional, Ambientes Virtuais de Aprendizagem, Algoritmos, Estágio Supervisionado, Formação de Professores e Metodologia de Ensino.

Orcid: 0000-0001-6271-6512

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6497589440113524>

E-mail: andre80@unemat.br



Cayttano Saul de Sá Zarpellon

Engenheiro Civil, Especialista em Docência no Ensino Superior, Mestre em Ciência de Materiais e Doutorando em Engenharia de Estruturas. Na Universidade do Estado de Mato Grosso, Câmpus de Nova Xavantina,

atuo como professor interino no curso de Engenharia Civil ocupando as cadeiras de Teoria das Estruturas I, Teoria das Estruturas II e Alvenaria Estrutural. Estou colaborando no desenvolvimento deste livro que explana sobre trabalhos de conclusão de curso executados ao longo da história deste bacharelado.

Orcid: 0000-0001-8185-3088

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0702233964996848>

E-mail: engcayttanozarpellon@gmail.com



Maiara Thaísa Oliveira Rabelo

Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental, mestre em Recursos Hídricos e doutora em Ciências Ambientais. Minha experiência na área de Engenharia Civil abrange Gestão de Resíduos Sólidos, Gerenciamento de Recursos Hídricos, Projetos de Sustentabilidade, Segurança do Trabalho, Biotecnologias e Gestão Ambiental, etc. Atualmente, atuo como docente na Universidade do Estado de Mato Grosso, Câmpus de Nova Xavantina, na área de Hidrologia e Sustentabilidade.

Orcid: 0009-0002-1350-960X

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4119967882764916>

E-mail: thaisa.rabelo@unemat.br

Autores



Arthur Afonso Bitencourt Loureiro

Graduado em Engenharia Civil e mestre em ciência de materiais. Minha experiência na área de Engenharia Civil abrange Processos Construtivos, Projetos Complementares, Projeto Arquitetônico, Materiais de Construção,

Segurança do Trabalho, fiscalização de imóveis e Gestão de Obras. Atualmente, atuo como docente na Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Araguaia na área de topografia e instalações prediais.

Orcid: <http://lattes.cnpq.br/1961456243448922>

Lattes: 0009-0009-2267-5694

E-mail: arthurafonsobitencourtloureiro@gmail.com



Brenda Thatielly da Silva a Vital

Engenheira Civil formada pela Universidade Estadual do Mato Grosso Compus de Nova Xavantina no ano de 2023, pós graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho e Legislação pela Universidade Estadual do Mato Grosso. Atualmente trabalho na Construtora JBV com sede na cidade de Confresa – MT e atuo na área de projeto e execução de unidades de armazenamentos de grãos.

Orcid: 0009-0001-6127-7148

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6374456514801406>

E-mail: engbrendavital@gmail.com



Dyonanthan Junior

Graduado em Engenharia Civil. Minha experiência na área de Engenharia Civil inclui Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção, Pavimentação Asfáltica, Segurança do Trabalho, Geotecnologias e Gestão de Obras, etc. Atualmente, atuo como engenheiro civil na área industrial, desde postos de combustíveis a armazéns e secador.

Orcid: 0009-0003-7592-8567

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7920331387812370>

E-mail: dyonanthan.alves@unemat.br



Felipe Morato Lima

Graduado em Engenharia Civil. Minha experiência na área de Engenharia Civil inclui Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção, Pavimentação Asfáltica e Gestão de Obras, etc, Pós Graduado em Projeto, Desempenho e Construção de Estruturas e Fundações. Atualmente, atuo como engenheiro civil na área de Projetos Arquitetônicos e Complementares, Gestão e Gerenciamento de Obras Cíveis.

Orcid: 0009-0003-8305-0627

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3175180715968537>

E-mail: felipelimamorato@hotmail.com



Fabiana Lôndero Tirloni

Graduanda no curso de Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Mato Grosso – Unemat. Antes disso, me formei em Licenciatura Plena em Matemática pela mesma instituição e fiz uma Especialização em Gestão de Cooperativas pela Faculdade de Ensino e Pesquisa do Cooperativismo – I.COOP. Durante a jornada acadêmica em Engenharia Civil, já tive a oportunidade de fazer parte do centro acadêmico do curso e hoje sou integrante da empresa Junior Edificar. Entusiasta pela área da construção civil, tenho estudado a eficiência de diferentes sistemas construtivos, como as estruturas metálicas e a construção modular, buscando menores impactos ambientais e que sejam economicamente viáveis.

Orcid: 0009-0005-8638-4328

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1540228425106774>

E-mail: fabiana.tirloni@unemat.br



Fernanda Ana Maria Dos Santos Neta

Natural de Canarana – MT. Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Mato Grosso (Unemat) e atualmente pós-graduanda em Engenharia de Pavimentação Asfáltica. Sou coautora do artigo Patologias de Pavimentos Asfálticos e Suas Recuperações – Estudo da Avenida Ranufo Paes de Barros, publicado pela Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação – Rease. Minha experiência na área da Engenharia Civil inclui processos construtivos, assim como os processos e etapas envolvidos nos programas de financiamento para construções, adequações e ampliações.

Orcid: <https://lattes.cnpq.br/0570633812438163>

Lattes: 0009-0004-0821-8597

E-mail: fernandaam723@gmail.com



Franciana Sokoloski de Oliveira

Graduada em Engenharia Civil pela Unemat e mestre em Ciências de Materiais pela UFMT. Minha experiência na área de Engenharia Civil abrange Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção, Pavimentação Asfáltica, Segurança do Trabalho, Geotecnologias, Terraplanagem, Infraestrutura, Transportes e Gestão de Obras. Atualmente, atuo como docente na Universidade do Estado de Mato Grosso, Câmpus de Nova Xavantina, na área de Construção Civil, Infraestrutura e Transportes.

Orcid: 0009-0009-6225-3349

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1045530900881572>

E-mail: franciana.sokoloski@unemat.br



Gabriel Roberto Rodrigues Aragão

Engenheiro civil formado na Universidade do Estado do Mato Grosso, Câmpus de Nova Xavantina (2023). Venho ao longo dos anos adquirindo experiência no ramo da engenharia e construção, principalmente na implementação da aplicabilidade de novos métodos de se construir. Atualmente trabalho na BDR Construart, participo da execução de uma obra agroindustrial, onde na mesma contamos com armazéns, base para silos, galpões, sistemas de aeração, tombadores, moegas e etc, visando o tratamento e armazenamento de grãos no município de Água Boa – MT.

Orcid: 0009-0007-8512-4473

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9370557823186477>

E-mail: aragao.engineer@gmail.com



Gabriel Silva Prudencio

Graduado em Engenharia Civil (2017/2021). Minha experiência na área de Engenharia Civil inclui, Estudo e Elaboração de projetos arquitetônicos e complementares, metodologia BIM, orçamento e gestão de obras. Atualmente, atuo como engenheiro civil na área gestão de Projetos e Processos na Forsten Engenharia e Energia Solar.

Orcid: 0009-0002-5936-6202

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7527385718902800>

E-mail: gabrielsprudencio@hotmail.com



Gregory Gomes Rodrigues Cardoso

Graduado em Engenharia Civil. Atualmente, atuo como engenheiro civil na área de Gestor de obras, onde minha função é garantir o bom andamento da construção, aplicando estratégias e fiscalizando, garantindo a qualidade na execução, e garantir o prazo da entrega da obra.

Orcid: 0009-0002-2951-0920

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4396855409316946>

E-mail: gregory.gomes@unemat.br



Hellen Rezende Dantas

Graduada em Engenharia Civil pela Unemat – Nova Xavantina – MT e mestranda do curso de Ciência de materiais pelo PPGMAT UFMT – Araguaia. Em minha carreira já desenvolvi projetos arquitetônicos, projetos de estruturas de concreto, instalações hidráulicas e sanitárias, projetos elétricos, projetos de alvenaria estrutural, estrutura metálica, seguindo sempre no ramo de detalhamentos com o foco em otimização de obras tanto residenciais como comerciais de grande porte. Tenho experiência em gestão de projetos, sou pós-graduada em Formação de novos gestores e atualmente atuo como Engenheira responsável por projetos arquitetônicos na Fratari Arquitetura e Design e como docente do ensino superior na Unicathedral – Barra do Garças.

Orcid: 0009-0001-5029-8269

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0050322122329438>

E-mail: enghellenrezende@gmail.com



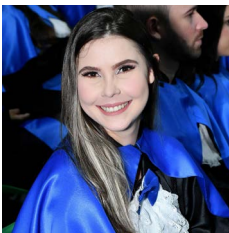
Henrique Bispo Benevides

Graduado em Engenharia Civil e Técnico em Segurança do Trabalho. Minha experiência na área de engenharia civil inclui, Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção, Segurança do Trabalho e Gestão de Obras. Atualmente, atuo como engenheiro civil na área gestão de obras.

Orcid: 0009-0003-8148-2469

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0129540918372973>

E-mail: bispo.benevides@unemat.br



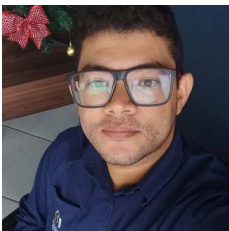
Isadora Nogueira de Figueiredo

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Mato Grosso no câmpus de Nova Xavantina. Minha experiência inclui Processos Construtivos, Projetos Complementares, Terraplenagem, Pavimentação Asfáltica e Gestão de Obras.

Orcid: 0009-0008-4771-5990

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8830996816270449>

E-mail: isadora.nogueira@unemat.br



Jhonatan S. Santana

Graduado em Engenharia Civil. Minha experiência na área de Engenharia Civil inclui Processos Construtivos, Projetos, Materiais de Construção e Segurança do Trabalho. Atualmente, atuo como engenheiro projetista.

Orcid: 0009-0005-0153-1430

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0706317196977014>

E-mail: jhonatanprofcc@gmail.com



João A. D. Dalosto

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da FEC/Unicamp. Especialista em Engenharia de Estruturas em Concreto Armado. Mestre em Planejamento Territorial (Transportes) pela – PUC Goiás (2018). Graduação em Engenharia Civil – UFMT (2015). Atuou como docente na Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT e no Centro Universitário de Mineiros – Unifimes. Atua como docente na Universidade do Estado de Mato Grosso – Unemat/NX. Possui experiência em docência no ensino superior, produção científica e construção modular. Possui conhecimento em Software BIM e Software de Informação Geográfica (QGIS).

Orcid: 0000-0003-1254-9896

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1442338215000591>

E-mail: dunckdalosto@gmail.com



Luana Vieira Rmalho

Graduado em Matemática e mestre em Educação Matemática. Atualmente, atuo como docente na Universidade do Estado de Mato Grosso, Câmpus de Nova Xavantina, na área de Probabilidade e Estatística.

Orcid: 0000-0002-8201-6828

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2823330995778941>

E-mail: luana.ramalho@unemat.br



Lucas Gabriel Ramalho da Silva

Graduado em Engenharia Civil. Minha experiência na área de Engenharia Civil inclui Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção, Pavimentação Asfáltica, Segurança do Trabalho, Geotecnologias e Gestão de Obras. Atualmente, atuo como engenheiro civil na área de Planejamento de Obras.

Orcid: 0009-0009-4948-3836

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0474260460599792>

E-mail: lgramalho22@gmail.com



Luiz Fernando Hencke

Graduado em Engenharia Civil, especialista em engenharia e segurança do trabalho. Minha experiência na área de Engenharia Civil inclui Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção, Segurança do Trabalho, Obras agroindustriais e Gestão de Obras. Atualmente, atuo como engenheiro civil na área de execução de obras industriais na empresa Amaggi.

Orcid: 0009-0002-6695-2023

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0965612540949121>

E-mail: lfernandohencke@gmail.com



Matheus Vieira Menegat

Graduado em Engenheiro Civil pela Unemat. Minha experiência na área de Engenharia Civil inclui Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção e Gestão de Obras.

Orcid: 0009-0004-3344-617X

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/3047382782535072>

E-mail: matheusvm.eng@gmail.com



Rafael Araujo Alves

Engenheiro Civil, formado pela Universidade do Estado de Mato Grosso Câmpus Nova Xavantina no ano de 2023, pós-graduando em orçamentação, planejamento e controle na construção civil pelo centro universitário Uniamérica, assim que formado trabalhei na empresa Prisma Construtora de Obras na cidade de Paracatu MG, como engenheiro de execução de obras agroindustriais, hoje em dia trabalho com projeto, execução, regularização de imóveis e aprovação de projetos em Piranhas GO.

Orcid: 0009-0006-2751-963X

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9412738014016567>

E-mail: rafael20alves.eng@gmail.com



Rogério Alves de Oliveira

Graduado em engenharia civil pela UFMT e mestre em Geotecnia pela UFG. Atualmente sou docente na Unemat e na UNIPORÁ. Atuo na área de pesquisa de infraestrutura geotécnica e mecânica dos solos tropicais com ênfase em fundações.

Orcid: 0009-0000-3579-6828

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8367219668232847>

E-mail: rogerio.oliveira@unemat.br



Sarah Schweig de Melo

Graduada em Engenharia Civil (2017/2021). Minha experiência na área de Engenharia Civil inclui Processos Construtivos, Projetos Arquitetônico, Licenciamento Ambiental, Renders, Orçamentos e Gestão de Obras. Atualmente, atuo como engenheira civil na área de Gerenciamento de Obras públicas e privadas, com utilização de sistema misto de execução, com a utilização de estruturas pré-moldadas, alvenaria convencional, estruturas metálicas e alvenaria estrutural.

Orcid: 0009-0002-5181-877X

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8825359608139023>

E-mail: eng.schweig@gmail.com



Tatiane Segalla Zappani

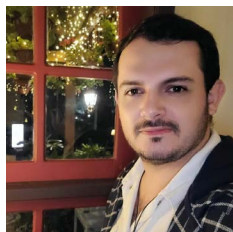
Graduada em Engenharia Civil. Minha experiência na área de Engenharia Civil inclui Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção, Segurança do Trabalho e Gestão de Obras,

etc. Atualmente, atuo como engenheira civil na área de Execução e Projeto de Obras Residenciais, Comerciais, Públicas.

Orcid: 0009-0007-3907-8373

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5961010206115030>

E-mail: tatiane_segalla@live.com



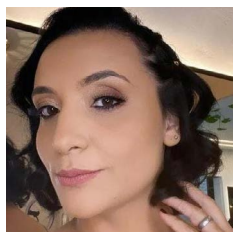
Vítor Franco Rodrigues

Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Mineiros – Unifimes (2016) e com especialização em Gestão de Sala de Aula no Ensino Superior pela mesma instituição (2017). Concluí o Mestrado em Educação para Ciências e Matemática pelo Instituto Federal de Goiás – Câmpus Jataí (2021). Minha experiência profissional inclui a atuação como secretário escolar na rede municipal de Mineiros – GO (2012 – 2016), professor substituto no curso de Engenharia Civil da Unifimes (2017 – 2018) e atualmente, professor substituto no curso de Engenharia Civil da Unemat, em Nova Xavantina – MT (2023 – atual). Além disso, desenvolvo projetos, execuções e reformas de construções residenciais de forma autônoma. Meus principais campos de pesquisa são modelagem matemática, projetos de concreto armado e edifícios sustentáveis. Tenho formação complementar em projetos de interiores, Eberick e técnicas avançadas de cálculo estrutural.

Orcid: 0009-0009-6429-0223

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1711596741894948>

E-mail: vitor.franco@unemat.br



Walkíria Pederiva Ferreira

Graduada em Arquitetura e Urbanismo (2013) e em Engenharia Civil (2023) pela Unemat e mestra em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade (2023) pelo Instituto Federal Goiano. Minha experiência abrange gestão de

obras, processos construtivos, projetos complementares, projetos estruturais, materiais de construção (convencionais e sustentáveis), projeto arquitetônico, projetos de preservação de edificação de interesse histórico cultural, projetos urbanísticos, planejamento urbano, conforto ambiental, paisagismo e interiores. Atualmente, atuou como docente na Universidade Estadual de Mato Grosso, Unemat.

Orcid: 0009-0007-6468-6637

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1572635363154474>

E-mail: arqpederiva@gmail.com



Wallas Alves Pires dos Santos

Graduado em Engenharia Civil pela PUC – GO, Engenharia Ambiental/Sanitária pela Unigran e Engenharia Agrônômica pela Unemat. Possui mestrado em Ciência de Materiais pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Minha trajetória profissional na Engenharia Civil é marcada por uma ampla experiência que inclui Processos Construtivos, Projetos Complementares, Materiais de Construção, Segurança do Trabalho, Patologia das Construções, Saneamento Básico e Instalações Hidráulicas. Atualmente, exerço a função de docente na área de Hidráulica e Saneamento no câmpus de Nova Xavantina da Universidade do Estado de Mato Grosso.

Orcid: 0000-0001-6669-4453

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0418974485306887>

E-mail: wallas.alves@unemat.br

Esta obra, organizada por docentes e pesquisadores da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), reúne dezesseis capítulos que oferecem uma visão técnica e contemporânea sobre os pilares fundamentais da engenharia moderna: segurança, sustentabilidade e inovação. O livro aborda desde a implementação da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) e tecnologias de planejamento digital, como o *Autodesk Navisworks* e *Revit*, até soluções práticas para desafios estruturais e de infraestrutura. Com um olhar atento ao meio ambiente, os estudos exploram a viabilidade da reciclagem de resíduos da construção e demolição (RCD), o uso de materiais sustentáveis — como fibras de coco e borracha de pneus — e estratégias para eficiência energética e conforto térmico. Além disso, o livro dedica capítulos essenciais à segurança do trabalho e à gestão eficiente em canteiros de obras por meio dos princípios da *Lean Construction*, analisando falhas comuns e propondo melhorias que visam garantir a integridade estrutural e a proteção dos trabalhadores. É uma referência indispensável para acadêmicos e profissionais que buscam alinhar produtividade com responsabilidade técnica e socioambiental.

