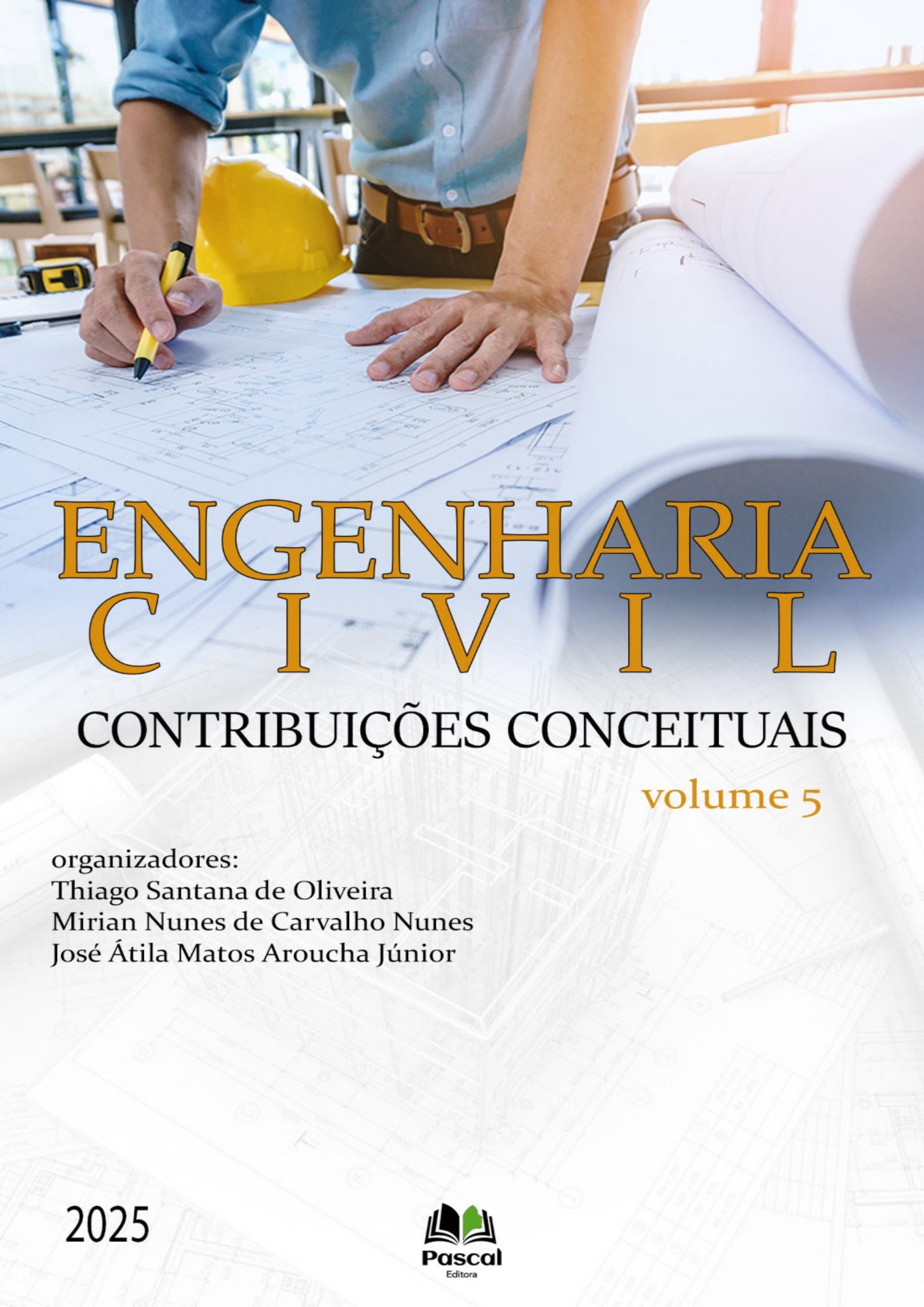




ENGENHARIA CIVIL

CONTRIBUIÇÕES CONCEITUAIS

volume 5

organizadores:

Thiago Santana de Oliveira

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

José Átila Matos Aroucha Júnior

2025

Thiago Santana de Oliveira
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
José Átila Matos Aroucha Júnior
(Organizadores)

ENGENHARIA CIVIL
CONTRIBUIÇÕES CONCEITUAIS
VOLUME 5

EDITORA PASCAL
2024

Editor Chefe: Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr. Glauber Túlio Fonseca Coelho

Dr. André Leonardo Demaison Medeiros Maia

Dr. Moisés dos Santos Rocha

Dr. Wellinton de Assunção

Dr^a Sinara de Fátima Freire dos Santos

Dr. Raimundo Luna Neres

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F118e

Coletânea Engenharia Civil: contribuições conceituais / Thiago Santana de Oliveira, Mirian Nunes de Carvalho Nunes e José Átila Matos Aroucha Júnior (Orgs). São Luís - Editora Pascal, 2025.

338 f. : il.: (Engenharia Civil: contribuições conceituais; v. 5)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-6068-176-7

D.O.I.: 10.29327/5630999

1. Engenharia Civil. 2. Conceitos. 3. Profissionalização. 4. Miscelânea. I. Oliveira, Thiago Santana de. II. Nunes, Mirian Nunes de Carvalho. III. Aroucha Júnior, José Átila Matos. IV. Título.

CDU: 624+373.6

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2025

APRESENTAÇÃO

A engenharia civil, considerada uma das áreas mais antigas e essenciais da engenharia tem um importante papel na sociedade moderna. Assim como outras áreas, está em constante evolução e inovação. Seu aporte vai além da construção de edificações e infraestrutura, sua responsabilidade está em projetar, construir e manter seguro as estruturas responsáveis pelas necessidades básicas da sociedade como moradia, transporte, saneamento básico e água potável.

Na economia, a engenharia civil impacta diretamente pois tem sua responsabilidade também em projetos de grande porte, como pontes, rodovias, ferrovias, portos e aeroportos. Dessa forma geram investimentos em infraestrutura e criam empregos diretos e indiretos e, assim impulsiona a economia e o desenvolvimentos social.

Suas responsabilidades estão voltadas também para área da segurança, do bem-estar da sociedade, com vista para as questões ambientais com o fim de garantir que as normas de regulamentação sejam aplicadas corretamente. Devido às alterações climáticas e a necessidade de construir estruturas mais sustentáveis, os projetos são desenvolvidos para serem seguros e duráveis, de maneira a diminuir riscos para a população. A engenharia civil está cada vez mais voltada para a implementação de soluções sustentáveis e ecológicas.

A engenharia civil em situações de emergência é primordial, como em desastres naturais ou pandemias, por atuar na infraestrutura danificada e trabalhar na reconstrução ou adaptação para atender às novas necessidades. Em resumo, a engenharia civil é uma área fundamental para o desenvolvimento sustentável da sociedade, garantindo que as necessidades básicas da população sejam atendidas de forma segura e eficiente.

A tecnologia também exerce uma função primordial na engenharia civil hoje, com o uso de software avançado de modelagem e simulação, permitindo análises mais precisas e eficientes de estruturas e projetos. Além disso, novos materiais de construção, como materiais compósitos com excelente resistência e durabilidade, estão sendo desenvolvidos e aplicados. A digitalização também está mudando a forma como os projetos de engenharia civil são gerenciados, desde o conceito até a execução e a manutenção. A utilização de ferramentas BIM (Building Information Modeling) permite uma colaboração mais eficaz entre as equipes de projeto e construção, e a coleta de dados em tempo real pode ajudar a melhorar o gerenciamento e a eficiência do projeto.

Este livro reúne informações acerca de vários temas relacionados a Engenharia Civil, é uma fonte de informação aos interessados sobre o assunto que desejam ampliar seus conhecimentos e compreender a relevância da área para a sociedade. Aproveite e aprenda com esta obra.

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

*Especialista em Arte, Educação e Tecnologias Contemporâneas.
Professora dos cursos de Engenharia da Faculdade Anhanguera*

ORGANIZADORES

Thiago Santana de Oliveira

Bacharel em Engenharia Mecânica pelo Instituto Federal do Maranhão (2004), com mestrado em Engenharia de Materiais (2016), na mesma instituição. Atuou como profissional nas áreas de siderurgia e gerenciamento de frota de veículos e equipamentos a diesel, com bons conhecimentos nas ferramentas de gestão da manutenção e produção. Ministra aulas desde 2005, sendo a experiência inicial no ensino médio e técnico. Atualmente, trabalha no ensino superior, onde possui experiência de 10 anos, e técnico, ocupando os cargos de docente e coordenador de curso. Responsável pela organização de eventos na instituição e gestão de documentação dos cursos que coordeno. Possui importantes publicações na área.

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Graduada em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA. Graduada em Formação Pedagógica de Docentes para as áreas do Ensino Médio e Profissionalizante pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. Pós-Graduada Gestão Educacional pela Faculdades Integradas Potencial - FIP - Cotias - SP; em Arte, Educação e Tecnologias Contemporâneas pela Universidade de Brasília - UnB e em Docência do Ensino Superior pela Universidade Candido Mendes RJ. Exerce cargo de Professora na Faculdade Anhanguera São Luís - MA, ministrando as disciplinas de Desenho Técnico, Desenho Técnico Mecânico no programa computacional Inventor da Autodesk, Desenho Técnico Projetivo no programa computacional AutoCAD da Autodesk e Orientação de TCC. Atuou como Professora EaD da disciplina de Desenho Técnico de 2013 a 2020 no Curso de Segurança do Trabalho pela UEMANET.

José Átila Matos Aroucha Júnior

Graduado em Engenharia Civil na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. Doutorado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano na área de atuação em Estruturas, Construção Civil e Materiais. Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano na área de atuação em Estruturas, Construção Civil e materiais - Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará - UFPA. Especialista em Estruturas Metálicas - FATEC. Tenho experiência com Projetos em 3D - Revit; Trabalho com análise de licitação na área de Engenharia. Tenho experiência em Avaliação de Imóveis por inferência Estatística. Trabalho com consultoria em trabalhos acadêmicos com ênfase na área estrutural ; Avaliação e Perícia e Gerenciamento de obras.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
ANÁLISE DA VIABILIDADE DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Dhyan Carlos Sousa Gomes	
CAPÍTULO 2.....	23
OS IMPACTOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO PARA O SANEAMENTO BÁSICO: DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL	
Wanderson Maycon Rocha da Silva	
José Hélio Oliveira Santos Sobrinho	
CAPÍTULO 3.....	35
ESTUDO DE PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Beethoven Kubitschek de Oliveira Pereira	
José Hélio Oliveira Santos Sobrinho	
Paulo José Pinto Souza	
CAPÍTULO 4	48
A IMPORTÂNCIA DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO NAS OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO	
Carlos Eduardo Trindade dos Reis	
José Átila Matos Aroucha Junior	
Mirian Nunes de Carvalho Nunes	
Pedro Higor Rodrigues de Matos	
CAPÍTULO 5.....	60
PATOLOGIAS CAUSADAS POR VÍCIOS CONSTRUTIVOS EM OBRAS	
Adão de Oliveira Andrade	
Flávio Henrique de Jesus Campos	
Francisco Levi Sousa Vieira	
CAPÍTULO 6.....	69
INOVAÇÃO E TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO: IMPRESSÃO 3D	
Anna Beatriz Lima Sampaio	
CAPÍTULO 7.....	77
SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL	
Wandson Holanda De Andrade	
José Átila Matos Aroucha Júnior	
Mirian Nunes de Carvalho Nunes	
Tania Santos Pereira	

José de Ribamar Nunes de Sousa
Pedro Higor Rodrigues de Matos
Flavio Henrique de Jesus Campos

CAPÍTULO 889

AS PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS

José de Ribamar Nunes de Sousa
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Tania Santos Pereira
Wandson Holanda de Andrade

CAPÍTULO 9.....98

EFEITOS PATOLÓGICOS DA INFILTRAÇÃO EM ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES

Werbeth de Vales Silva
José Átila Matos Aroucha Junior
Matheus Victor dos Santos Dias
Flavio Henrique de Jesus Campos

CAPÍTULO 10110

A IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Natal de Jesus Marques Neto
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

CAPÍTULO 11121

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA ENGENHARIA CIVIL

Flavio Henrique de Jesus Campos
Adão de Oliveira Andrade
Brunno Marinho de Almeida Costa
Francisco Levi Sousa Vieira
Wandson Holanda de Andrade
Pedro Higor Rodrigues de Matos
Maçula Oliveira do Nascimento Monteles
Werbeth de Vales Silva
Gabriel Cruz Menezes

CAPÍTULO 12130

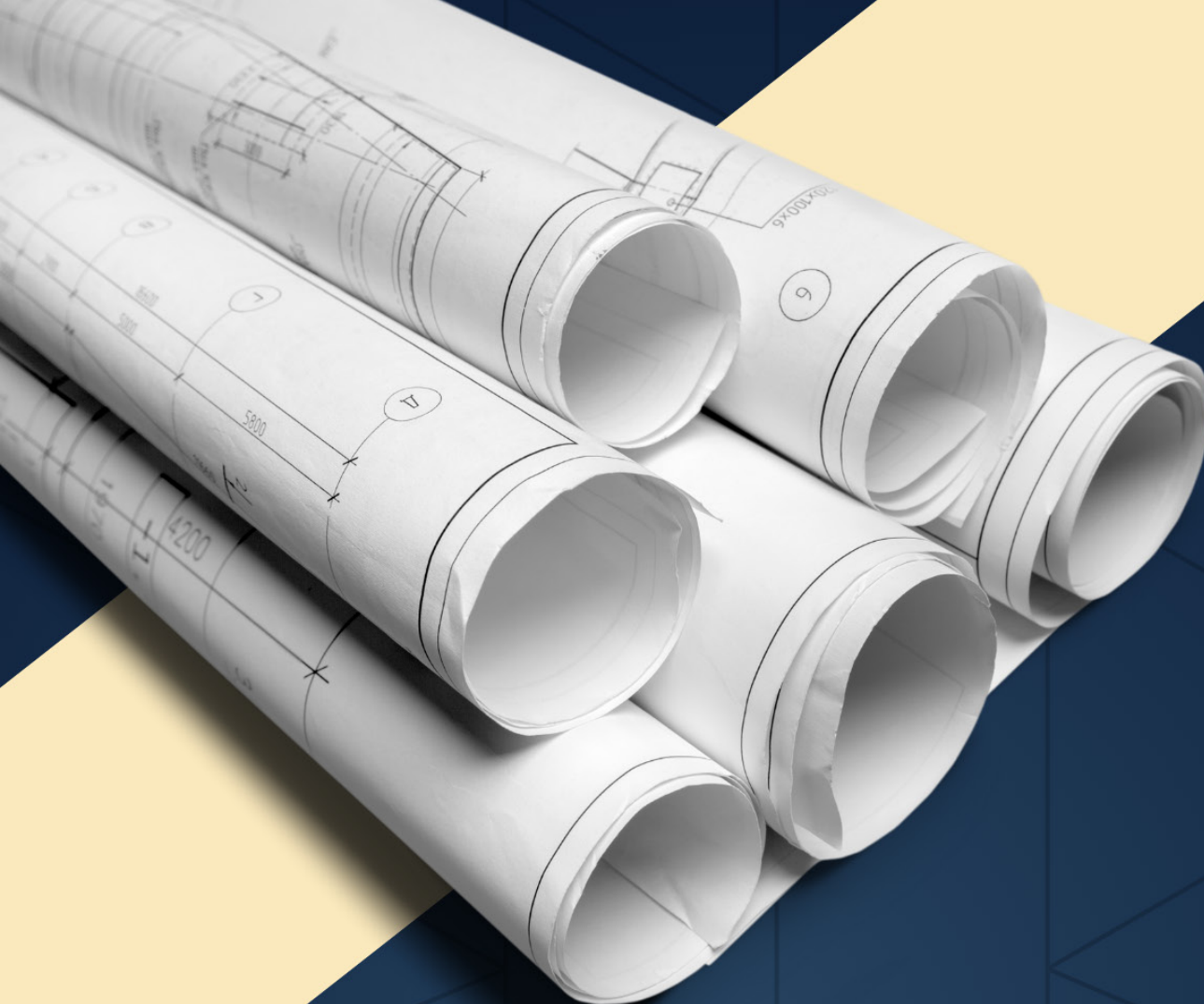
SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS

Gustavo Chagas de Sousa
José Átila Matos Aroucha Júnior

CAPÍTULO 13	139
O IMPACTO DA FIBRA DE CARBONO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO	
Maçula Oliveira do Nascimento Monteles	
Flavio Henrique de Jesus Campos	
CAPÍTULO 14.....	149
SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO ARMADO COM FÔRMAS MONTADAS <i>IN LOCO</i>	
Pedro Higor Rodrigues de Matos	
José Hélio Oliveira Santos Sobrinho	
Mirian Nunes de Carvalho Nunes	
Ferdinanda Costa Barbosa	
Wandson Holanda de Andrade	
Tania Santos Pereira	
Carlos Eduardo Trindade dos Reis	
Flavio Henrique de Jesus Campos	
José de Ribamar Nunes de Sousa	
CAPÍTULO 15	159
IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES	
Ayrton Silva Andrade	
CAPÍTULO 16	168
SEGURANÇA DO TRABALHO ASSOCIADA AO CANTEIRO DE OBRAS: BENEFÍCIOS DO CUMPRIMENTO DA NR18	
Matheus da Silva Azevedo	
Roney Stellion de Brito	
CAPÍTULO 17	177
PATOLOGIAS NAS CONSTRUÇÕES: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO DAS INCIDÊNCIAS PATOLÓGICAS E SUAS PRINCIPAIS CAUSAS NA EDIFICAÇÃO	
Kenard Pablo Silva Mineiro	
José Átila Matos Aroucha Júnior	
CAPÍTULO 18	189
MÉTODO SUSTENTÁVEL PARA RECICLAR AGLOMERANTES DE ESTRUTURA DE CONCRETO	
Francisco Willame Silva de Amorim	
José Athila Matos Aroucha Junior	

CAPÍTULO 19	200
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE CONCRETO	
Tânia Santos Pereira	
José Átila Matos Aroucha Junior	
Pedro Higor Rodrigues de Matos	
Wandson Holanda de Andrade	
José de Ribamar Nunes de Sousa	
 CAPÍTULO 20	 211
REAPROVEITAMENTO DO CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Roney Stellion de Brito	
Matheus da Silva Azevedo	
 CAPÍTULO 21	 219
GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Matheus Victor dos Santos Dias	
Werbeth de Vales Silva	
 CAPÍTULO 22	 228
PRINCIPAS PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Jerônimo da Silva Sales	
José Átila Matos Aroucha Júnior	
 CAPÍTULO 23	 240
PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: INFILTRAÇÃO	
Rhuan Nasser Froz de Sousa	
 CAPÍTULO 24	 250
A UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS	
Emilly Rodrigues da Silva	
José Átila Matos Aroucha Júnior	
 CAPÍTULO 25	 259
MÉTODOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES DE CONCRETO	
Hemille Alves Carvalhal	
 CAPÍTULO 26	 271
EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE NO TRATAMENTO DE EFLUENTES: O PAPEL DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO COMPACTAS EM GRANDES CORPORAÇÕES	
Samuel Silva Nascimento Filho	
José Átila Matos Aroucha Júnior	

CAPÍTULO 27	279
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE: UMA ANÁLISE DA SUA APLICAÇÃO À CONSTRUÇÃO CIVIL	
José Reginaldo de Carvalho Junior	
Mirian Nunes de Carvalho Nunes	
José Átila Matos Aroucha Júnior	
 CAPÍTULO 28	 290
APLICAÇÃO E TÉCNICAS DE OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO	
Ricardo Bruno Diniz Cantanhede	
José Átila Matos Aroucha Júnior	
Mirian Nunes de Carvalho Nunes	
 CAPÍTULO 29	 301
GESTÃO DA QUALIDADE APLICADO A CANTEIRO DE OBRAS	
Ana Priscila Moraes Alves Abreu dos Santos	
Mirian Nunes de Carvalho Nunes	
José Átila Matos Aroucha Júnior	
 CAPÍTULO 30	 313
GESTÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: METODOLOGIAS E MELHORIA DE PROCESSOS	
Pablo Mariano Silva Silva	
Mirian Nunes De Carvalho Nunes	
José Átila Matos Aroucha Júnior	
 CAPÍTULO 31	 325
ERROS TÉCNICOS EM FUNDAÇÕES E SEUS IMPACTOS NA ESTRUTURA DE EDIFICAÇÕES	
José Lira Silva Neto	
Mirian Nunes de Carvalho Nunes	
José Átila Matos Aroucha Júnior	



1

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF SUSTAINABLE
MATERIALS IN CIVIL CONSTRUCTION**

Dhyan Carlos Sousa Gomes

Resumo

A construção civil é um dos setores mais impactantes para o meio ambiente, devido ao uso intensivo de recursos naturais e à geração significativa de resíduos e emissões de gases de efeito estufa. Com a crescente conscientização ambiental, torna-se fundamental repensar as práticas tradicionais, adotando materiais sustentáveis como estratégia para mitigar esses impactos. Este estudo, baseado em uma revisão bibliográfica, busca analisar a viabilidade de integrar materiais inovadores e sustentáveis nos processos construtivos, considerando seus benefícios ambientais, econômicos e técnicos. A pesquisa explora os principais desafios enfrentados nessa transição, como a resistência à mudança, os custos iniciais e a disponibilidade desses materiais. Além disso, propõe soluções para superar esses obstáculos, visando uma adoção mais eficaz e eficiente. A relevância do estudo transcende a mitigação ambiental, abordando a crescente demanda por edificações que promovam eficiência energética, o bem-estar dos usuários e a resiliência às mudanças climáticas. Conclui-se que, apesar dos desafios, a adoção de materiais sustentáveis é viável e necessária, contribuindo significativamente para um futuro mais sustentável na construção civil, alinhado às demandas globais por soluções ambientalmente responsáveis e socialmente justas.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Construção civil. Materiais inovadores. Eficiência energética. Resiliência climática.

Abstract

The construction industry is one of the most impactful sectors on the environment due to the intensive use of natural resources and the significant generation of waste and greenhouse gas emissions. With increasing environmental awareness, it becomes essential to rethink traditional practices by adopting sustainable materials as a strategy to mitigate these impacts. This study, based on a literature review, aims to analyze the feasibility of integrating innovative and sustainable materials into construction processes, considering their environmental, economic, and technical benefits. The research explores the main challenges faced in this transition, such as resistance to change, initial costs, and the availability of these materials. Furthermore, it proposes solutions to overcome these obstacles to ensure more effective and efficient adoption. The relevance of the study goes beyond environmental mitigation, addressing the growing demand for buildings that promote energy efficiency, user well-being, and resilience to climate change. It concludes that, despite the challenges, the adoption of sustainable materials is viable and necessary, significantly contributing to a more sustainable future in the construction industry, aligned with global demands for environmentally responsible and socially equitable solutions.

Keywords: Sustainability. Construction industry. Innovative materials. Energy efficiency. Climate resilience.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel crucial no desenvolvimento econômico e social das nações, sendo um setor vital para a infraestrutura e o crescimento urbano. No entanto, seu impacto ambiental é significativo, uma vez que envolve o consumo intensivo de recursos naturais, a geração de grandes volumes de resíduos e a emissão de gases de efeito estufa. Com o aumento da conscientização global sobre a necessidade de práticas mais sustentáveis, torna-se essencial repensar as metodologias tradicionais empregadas na construção civil. A adoção de materiais sustentáveis surge como uma estratégia promissora para mitigar os efeitos negativos desse setor sobre o meio ambiente.

A justificativa para a pesquisa em materiais sustentáveis na construção civil está ancorada na necessidade de desenvolver práticas que reduzam os danos ambientais. Contudo, essa transição enfrenta desafios substanciais, incluindo a resistência às mudanças nas práticas estabelecidas, além de questões relacionadas ao custo e à disponibilidade desses materiais. A viabilidade de integrar materiais sustentáveis nos processos construtivos pode realmente proporcionar benefícios que vão além dos aspectos ambientais, abrangendo também vantagens econômicas e técnicas?

Para abordar essa questão, este estudo tem como objetivo geral analisar a viabilidade de utilização de materiais sustentáveis na construção civil. Especificamente, pretende-se investigar as propriedades desses materiais, os custos envolvidos, os benefícios potenciais e os obstáculos que podem surgir durante sua adoção. A pesquisa busca oferecer uma visão abrangente e prática sobre como esses materiais podem ser integrados de maneira eficaz e eficiente no setor, promovendo uma construção civil mais sustentável.

Além dos benefícios ambientais, a pesquisa em materiais sustentáveis também se justifica pela crescente demanda por edificações que ofereçam eficiência energética, bem-estar aos seus usuários e resiliência às mudanças climáticas. Esse contexto evidencia a urgência por soluções construtivas que sejam não apenas ambientalmente responsáveis, mas também economicamente viáveis e socialmente justas.

Em suma, ao investigar a viabilidade dos materiais sustentáveis, este estudo almeja contribuir para o desenvolvimento de uma construção civil que esteja em harmonia com o planeta, assegurando que o setor continue a ser um pilar do desenvolvimento humano, mas de forma sustentável e alinhada às necessidades atuais e futuras.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Neste estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de analisar os desafios associados à adoção de materiais sustentáveis na construção civil. A pesquisa, de natureza qualitativa e descritiva, não exploratória, não quantitativa, não experimental, e sem a proposição de intervenções, abrangeu publicações dos últimos dez anos (2014 a 2024), com o intuito de reunir estudos relevantes e atualizados sobre o tema. A coleta de dados foi realizada em diversas bases de dados, incluindo artigos científicos, livros, monografias, dissertações e outras publicações disponíveis em websites especializados em construção civil e sustentabilidade. Entre as principais fontes consultadas estão o Google Acadêmico, a Scientific Electronic Library Online (SciELO), o Portal de Periódicos da CAPES, além de bibliotecas virtuais e repositórios institucionais de universidades brasileiras.



Para refinar as buscas, foram selecionadas palavras-chave relacionadas ao tema, como “Materiais Sustentáveis”, “Construção Civil”, “Sustentabilidade”, “Tecnologia da Construção” e “Eficiência Energética”. Esses termos foram combinados para garantir uma abordagem ampla e específica em relação aos objetivos do estudo. A análise das fontes encontradas foi realizada de forma sistemática, avaliando-se a relevância de cada uma em relação ao tema proposto, e identificando-se os principais desafios e oportunidades descritos na literatura para a integração de materiais sustentáveis nos processos construtivos. Os resultados foram então sintetizados e discutidos, oferecendo uma visão detalhada sobre os obstáculos e as possibilidades no avanço da sustentabilidade no setor da construção civil.

2.2 Resultados e Discussão

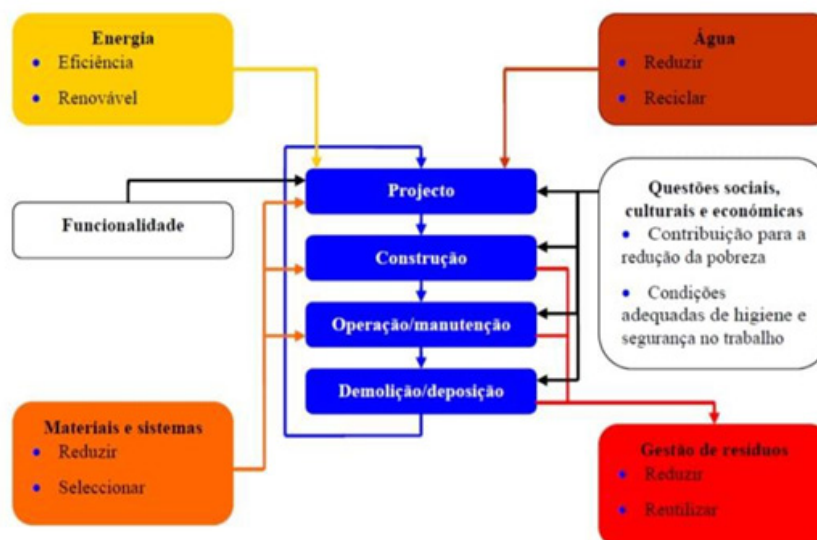
A adoção de materiais sustentáveis na construção civil tem se destacado como uma estratégia crucial para mitigar os impactos ambientais do setor, conhecido por seu consumo intensivo de recursos naturais e pela emissão significativa de gases de efeito estufa. Silva (2020) aponta que a escolha de materiais sustentáveis não apenas contribui para a redução desses impactos, mas também promove maior eficiência energética nas edificações. O autor também ressalta que o uso desses materiais pode melhorar o bem-estar dos ocupantes, criando ambientes mais saudáveis e confortáveis. Apesar dos avanços, Silva (2020, p. 45) observa que ainda há desafios na popularização de práticas sustentáveis, especialmente em regiões onde o custo inicial dos materiais é uma barreira para a adoção mais ampla. Nesse contexto, é essencial aprofundar a análise sobre os desafios e as oportunidades que envolvem a integração desses materiais nos processos construtivos.

Os resultados das pesquisas indicam que, embora muitos avanços tenham sido alcançados na tecnologia de materiais sustentáveis, a adoção ampla desses materiais ainda enfrenta barreiras consideráveis. Souza (2021) destaca que entre os principais obstáculos estão a resistência à mudança por parte dos profissionais da construção, a percepção de altos custos iniciais e a limitada disponibilidade de materiais adequados em algumas regiões. No entanto, o autor também aponta que a literatura evidencia que, quando bem implementados, os materiais sustentáveis podem gerar economias significativas a longo prazo, tanto em termos de energia quanto de manutenção, além de contribuírem para a valorização das propriedades (SOUZA, 2021, p. 78).

Ao comparar os dados coletados com a literatura existente, observa-se que a integração de materiais sustentáveis no setor da construção civil exige uma abordagem multidisciplinar. É necessário considerar não apenas os aspectos técnicos e econômicos, mas também as políticas públicas e a educação dos profissionais envolvidos. Autores como Silva (2019) e Ferreira (2020) destacam a importância de programas de incentivo e de capacitação para superar as resistências e difundir o conhecimento sobre os benefícios dos materiais sustentáveis.

A análise dos resultados também revela que o impacto positivo dos materiais sustentáveis vai além da redução das emissões de carbono. Segundo Lopes (2021), esses materiais têm o potencial de melhorar significativamente a qualidade do ar interno nas edificações, contribuindo para a saúde e o bem-estar dos ocupantes. Além disso, a utilização de materiais locais e reciclados pode fortalecer as economias regionais e reduzir os custos de transporte, como discutido por Moreira (2018).

Segundo Mateus (2018) propõe uma abordagem integrada e sustentável as fases do ciclo de uma construção conforme a figura abaixo:

Figura 1. Forma integrada e sustentável dos ciclos de vida de uma construção

Fonte: Mateus (2019)

A ideia de construção sustentável deve ter como objetivo alcançar a autossuficiência e, eventualmente, a auto sustentabilidade. Esse é o nível mais elevado da construção sustentável, que deve ser considerado ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, desde o planejamento até a demolição. É essencial detalhar as ações que podem ser realizadas em cada etapa da obra, destacando os aspectos e impactos ambientais e como esses devem ser abordados para que o projeto se torne verdadeiramente sustentável. Em sala de aula, as informações apresentadas indicam que o desperdício de materiais pode chegar a cerca de 30%. Em outras palavras, de cada três edifícios construídos, um acaba se transformando em entulho.

Barros (2019) relata que, no Brasil, a preocupação com o tratamento de resíduos sólidos começou a ganhar destaque em 1989, após a criação da Lei 354. O autor também menciona que, em 2003, foi instituído o programa de resíduos sólidos urbanos. Contudo, somente após 20 anos tramitando como projeto de lei no Congresso Nacional, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi oficialmente implementada pela Lei nº 12.305 em 02 de agosto de 2010 (BARROS, 2019, p. 13). Apesar dos esforços legislativos, ainda se observa um desafio significativo relacionado ao acúmulo de entulhos gerados pelas construções, o que resulta em custos elevados para os cofres públicos, além de contribuir para o desperdício e a proliferação de animais peçonhentos e insetos.

Figura 2. Descarte de Entulho e proliferação de insetos



Fonte: Barros (2019)

No entanto, para que esses benefícios sejam plenamente alcançados, é necessário um esforço coordenado entre governos, indústria e academia. A implementação de normativas que incentivem o uso de materiais sustentáveis, aliada a investimentos em pesquisa e desenvolvimento, pode acelerar a transição para uma construção civil mais sustentável. Estudos como o de Almeida (2022) sugerem que, com o apoio adequado, os materiais sustentáveis podem se tornar a norma na construção civil, em vez de uma exceção.

Os dados mais relevantes apontam que a viabilidade técnica dos materiais sustentáveis já está bem estabelecida em muitos casos, mas sua aceitação no mercado depende de uma mudança cultural e de políticas públicas que promovam seu uso. A comparação com outras pesquisas e teorias mostra que, enquanto alguns países já avançaram consideravelmente nessa área, o Brasil ainda enfrenta desafios significativos, o que reforça a necessidade de mais estudos e iniciativas voltadas para a promoção da sustentabilidade no setor da construção civil.

As telhas ecológicas é um sistema modular composto por substratos que fornecem nutrientes essenciais, permitindo a retenção de água e a drenagem do excesso. Esse sistema vem plantado e enraizado, o que facilita seu transporte. Com dimensões de 35 cm de largura, 68 cm de comprimento, e 6 cm de espessura, cada unidade saturada de água pesa aproximadamente 12,5 kg. Para cobrir um metro quadrado, são necessárias quatro telhas ecológicas, resultando em um peso total de 50 kg/m². A manutenção é simples, pois as plantas crescem lentamente e não requerem irrigação ou poda frequente.

Figura 3. Aplicação da telha ecológica na cobertura de uma Residência.

Fonte: Mateus (2019)

Por ser considerado um telhado vivo, o Eco telhado oferece diversas vantagens em comparação aos telhados convencionais. Primeiramente, em relação à qualidade do ar, os telhados verdes funcionam como purificadores, utilizando a fotossíntese e a aderência de poluentes ao substrato para melhorar a qualidade do ar urbano. Um exemplo disso é sua capacidade de filtrar partículas suspensas no ar, como poeira e fumaça, que são capturadas e decompostas pela vegetação (SILVA, 2020).

Na proteção das edificações, a cobertura vegetal reduz a concentração de calor na superfície do telhado, evitando a dilatação dos materiais e protegendo a estrutura contra trincas. Além disso, o substrato absorve chuvas ácidas, prolongando a vida útil da construção. Um exemplo notável é a capacidade dos telhados verdes de reduzir a temperatura interna das edificações, diminuindo a necessidade de ar-condicionado e prolongando a durabilidade das coberturas tradicionais (SOUZA, 2021).

No controle pluvial, os telhados verdes retêm água, reduzindo o fluxo de escoamento e ajudando a mitigar enchentes urbanas. Essa retenção pode ser especialmente útil em áreas urbanas densamente construídas, onde a pavimentação reduz a infiltração natural da água no solo (ALMEIDA; COSTA, 2022).

Em termos de biodiversidade, a cobertura vegetal oferece um refúgio para espécies de plantas e animais que foram deslocadas pela urbanização. Esses telhados podem criar micro-habitats que ajudam a preservar a fauna e a flora locais, proporcionando áreas de alimentação e reprodução para pássaros, insetos e pequenos mamíferos (SILVA, 2020).

No controle acústico, o telhado verde atua como um isolante natural, absorvendo e reduzindo a propagação de ruídos, o que é particularmente benéfico em áreas urbanas movimentadas. Além disso, a vegetação ajuda a diminuir o impacto sonoro de tempestades e outros fenômenos meteorológicos (SOUZA, 2021).

Por fim, na mitigação do aquecimento global, os telhados verdes reduzem significativamente a demanda por energia para climatização de ambientes, contribuindo para a diminuição das emissões de CO₂. Um exemplo disso é a redução do efeito de ilha de calor em cidades, onde a vegetação ajuda a baixar as temperaturas ao redor, aliviando a carga sobre os sistemas de ar-condicionado e diminuindo o consumo energético geral (ALMEIDA; COSTA, 2022).

O tijolo ecológico representa uma inovação significativa no segmento de alvenaria,

especialmente no contexto de construções sustentáveis. Diferente dos tijolos convencionais, ele é fabricado sem a necessidade de queima, eliminando a emissão de gases poluentes e contribuindo para a preservação do meio ambiente. Além disso, o processo de produção do tijolo ecológico evita o desmatamento, uma vez que não requer madeira como combustível, tornando-o uma alternativa mais ecológica em comparação aos métodos tradicionais (SOUZA, 2021).

Outra vantagem importante do tijolo ecológico é a eficiência no uso de recursos durante a construção. Devido ao seu design, que permite um encaixe preciso, a necessidade de argamassa é significativamente reduzida, o que minimiza o desperdício de materiais. Isso não apenas reduz o impacto ambiental, mas também pode resultar em economia de custos para os construtores. Além disso, o tijolo ecológico é mais fácil de manusear e instalar, o que pode acelerar o processo de construção e diminuir o tempo de obra (ALMEIDA; COSTA, 2022).

Em termos de desempenho, o tijolo ecológico oferece excelentes propriedades térmicas e acústicas, contribuindo para o conforto dos ambientes internos. Ele ajuda a manter a temperatura interna estável, reduzindo a necessidade de sistemas de aquecimento ou resfriamento, o que, por sua vez, diminui o consumo de energia. Da mesma forma, suas características acústicas reduzem a propagação de ruídos, criando um ambiente mais silencioso e agradável (SILVA, 2020).

A utilização de tijolos ecológicos em projetos de construção sustentável vai além dos benefícios ambientais e econômicos; ela também promove a conscientização sobre práticas de construção mais responsáveis. À medida que cresce a demanda por soluções que minimizem o impacto ambiental, o tijolo ecológico se destaca como uma escolha que combina inovação, eficiência e sustentabilidade. Sua adoção em larga escala pode representar um passo importante em direção a um futuro onde a construção civil desempenhe um papel fundamental na preservação do planeta (SOUZA, 2021).

No Brasil, a técnica dos telhados verdes ainda é relativamente recente e pouco difundida, especialmente devido a barreiras financeiras e culturais. Apesar dos benefícios evidentes que os telhados verdes proporcionam, como a melhora da qualidade do ar, controle da temperatura e gestão de águas pluviais, sua adoção em larga escala enfrenta resistência. Muitas vezes, a percepção de que a implantação de telhados verdes é custosa e complexa impede que essa solução sustentável se popularize no país. No entanto, o cenário está começando a mudar com o surgimento de leis de incentivo promovidas pelo governo, que têm como objetivo ampliar a utilização desse sistema construtivo nas grandes metrópoles brasileiras (BARROS, 2019).

A incorporação de telhados verdes nas edificações brasileiras tem demonstrado impactos positivos também no controle de enchentes em áreas urbanas. As coberturas vegetadas são capazes de absorver e reter parte da água da chuva, reduzindo a quantidade de água que escoar para o sistema de drenagem. Esse efeito contribui para a diminuição das enchentes, especialmente em cidades como São Paulo, onde o crescimento urbano acelerado muitas vezes sobrecarrega os sistemas de escoamento. Estudos apontam que essa capacidade de retenção pode chegar a 70% da precipitação em áreas com telhados verdes, minimizando o impacto das chuvas fortes (FERREIRA; MORENO, 2021).

Outro benefício relevante é a melhoria da qualidade do ar, já que as plantas presentes nos telhados verdes capturam poluentes e partículas em suspensão, purificando o ar ao seu redor. Esse fator é especialmente importante em centros urbanos onde a poluição atmosférica atinge níveis críticos. Ao mesmo tempo, os telhados verdes promovem a captura de carbono, colaborando para a redução das emissões de gases de efeito estufa, ainda

que de forma incremental. Esse benefício pode ser ampliado se o uso de coberturas vegetadas for incorporado em políticas públicas de incentivo à sustentabilidade (MACHADO; PEREIRA, 2019).

A biodiversidade urbana também se beneficia com a implementação de telhados verdes, pois eles criam habitats para espécies de aves, insetos e outros animais. A presença de flora local nos telhados vegetados atrai polinizadores e favorece a sobrevivência de pequenos animais, mesmo em ambientes urbanizados. Dessa forma, as coberturas vegetadas funcionam como microecossistemas, proporcionando um refúgio natural que ajuda a integrar o ambiente construído à natureza, além de educar a população urbana sobre a importância da preservação da fauna e flora (SANTOS; LIMA, 2022).

Apesar das inúmeras vantagens, o custo de instalação de um telhado verde ainda é um dos principais desafios para sua popularização. O investimento inicial é significativamente maior do que o de um telhado convencional, o que desestimula pequenos empreendedores e proprietários de residências a adotarem essa tecnologia. Entretanto, com o avanço das tecnologias e o crescimento das empresas especializadas em sistemas de coberturas verdes, os custos têm gradualmente diminuído, tornando essa alternativa mais acessível para uma parcela maior da população (RIBEIRO; SOUZA, 2020).

A longo prazo, os telhados verdes podem trazer benefícios econômicos que compensam o custo inicial, como a redução das despesas com energia elétrica e a valorização do imóvel. Estudos indicam que, em edifícios com telhados verdes, a economia de energia pode alcançar até 30%, devido à redução da necessidade de sistemas de climatização. Em países onde essa prática já é regulamentada e incentivada, como Alemanha e Canadá, os telhados verdes são considerados um diferencial competitivo no mercado imobiliário, o que mostra o potencial econômico desse investimento também no contexto brasileiro (ALMEIDA; SANTANA, 2023).

A partir da década de 2000, o conceito de telhados verdes começou a ganhar maior visibilidade e aceitação no Brasil, principalmente em cidades de grande porte como São Paulo e Rio de Janeiro. Projetos pioneiros em edifícios comerciais e residenciais foram implementados, contando com incentivos fiscais e políticas públicas voltadas para a sustentabilidade. Esses telhados vegetados não só ajudam na redução da temperatura urbana, mas também contribuem para a melhoria da qualidade do ar, oferecendo vantagens ambientais significativas em áreas densamente povoadas (RODRIGUES, 2018).

Além das funções ecológicas, os telhados verdes passaram a ser vistos como uma solução estética e funcional, integrando-se ao paisagismo urbano e proporcionando áreas de lazer e descanso em meio ao concreto das grandes cidades. O desenvolvimento de novas tecnologias, como sistemas de irrigação automatizados e substratos leves, ajudou a superar algumas das barreiras iniciais, como o peso e a manutenção dessas estruturas. O uso de plantas nativas também tem sido incentivado, reduzindo a necessidade de irrigação constante e contribuindo para a biodiversidade local (NUNES; ARAÚJO, 2021).

Estudos recentes destacam que os telhados verdes, além de trazerem benefícios ambientais, também ajudam a economizar energia nos edifícios, uma vez que atuam como isolantes térmicos, reduzindo a necessidade de sistemas de aquecimento e resfriamento. Em regiões com climas tropicais e subtropicais, como o Brasil, esses sistemas são especialmente vantajosos, pois ajudam a manter uma temperatura interna mais estável e agradável ao longo do ano, o que contribui para a sustentabilidade energética e a redução de custos operacionais (FONSECA, 2020).

Nos últimos anos, a academia e os profissionais da construção civil têm intensificado pesquisas e propostas de regulamentação para facilitar a adoção de telhados verdes em

projetos de médio e grande porte. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) começou a desenvolver diretrizes específicas, que orientam desde a instalação até a manutenção das coberturas verdes, visando assegurar sua segurança e eficácia a longo prazo. Essas regulamentações são um passo essencial para a popularização e a segurança das instalações, além de representar um avanço para a incorporação de práticas sustentáveis no setor (OLIVEIRA, 2019).

Dessa forma, a tendência é que os telhados verdes se tornem cada vez mais comuns no Brasil, auxiliando na mitigação dos impactos das mudanças climáticas e na revitalização dos centros urbanos. O uso dessa tecnologia permite a criação de espaços urbanos mais saudáveis e resilientes, integrando ecossistemas e infraestrutura de forma harmônica e funcional. Com o contínuo apoio de políticas públicas, incentivos fiscais e conscientização popular, é provável que os telhados verdes se estabeleçam como um componente essencial na arquitetura das cidades do futuro (MENDES; LIMA, 2022).

Os registros históricos mostram que a introdução dos telhados verdes no Brasil data de 1936, com o primeiro projeto realizado no prédio do Ministério da Educação e Cultura (MEC), no Rio de Janeiro, obra do paisagista Roberto Burle Marx, um dos mais renomados arquitetos paisagistas do mundo. Esse projeto pioneiro não apenas inaugurou o conceito de telhado verde no país, mas também serviu como um exemplo significativo de como a arquitetura pode integrar o ambiente construído com a natureza de maneira harmônica e funcional (BARROS, 2019).

Mais de cinco décadas depois, em 1988, o telhado verde foi utilizado novamente em um grande projeto: a sede do Banco Safra, em São Paulo. Esse empreendimento marcou a segunda grande implementação dessa técnica no Brasil e ajudou a consolidar a viabilidade dos telhados verdes em estruturas urbanas de grande porte. Posteriormente, em 1992, a arquiteta Rosa Grená Kliass, juntamente com Jamil Kfourri, projetou os jardins do Vale do Anhangabaú, também em São Paulo, fortalecendo ainda mais o uso de coberturas vegetadas em áreas urbanas e trazendo à tona a importância da preservação de espaços verdes dentro das cidades (ALMEIDA; COSTA, 2022).

Esses exemplos iniciais, embora esparsos, abriram caminho para o reconhecimento dos telhados verdes como uma prática viável e benéfica na construção civil brasileira. A influência de arquitetos e paisagistas como Roberto Burle Marx, Rosa Grená Kliass e Jamil Kfourri foi crucial para demonstrar que, apesar das dificuldades iniciais, os telhados verdes poderiam ser integrados de forma eficaz em projetos arquitetônicos e urbanísticos. Com o avanço das políticas de incentivo e a crescente conscientização sobre a necessidade de soluções sustentáveis para os desafios urbanos, espera-se que o uso de telhados verdes no Brasil se torne mais comum, ajudando a mitigar os impactos ambientais e a promover a sustentabilidade nas cidades (BARROS, 2019).

Figura 4. Utilização do telhado verde.



Fonte: Barros (2019)

Essa discussão aponta para a necessidade de um entendimento mais profundo das implicações econômicas, sociais e ambientais da adoção de materiais sustentáveis. Ao integrar essas perspectivas, é possível desenvolver estratégias mais eficazes para superar os desafios e maximizar os benefícios, contribuindo para um futuro onde a construção civil desempenhe um papel central na promoção da sustentabilidade global.

3. CONCLUSÃO

Ao longo desta revisão bibliográfica, evidencia que a adoção de materiais sustentáveis na construção civil é uma estratégia viável e necessária para mitigar os impactos ambientais do setor. Os objetivos propostos foram alcançados ao identificar e discutir os principais desafios e oportunidades relacionados à integração desses materiais nos processos construtivos. A pesquisa demonstrou que, embora existam barreiras significativas, como a resistência à mudança e os custos iniciais percebidos, os benefícios a longo prazo, tanto em termos ambientais quanto econômicos, justificam o esforço de implementação.

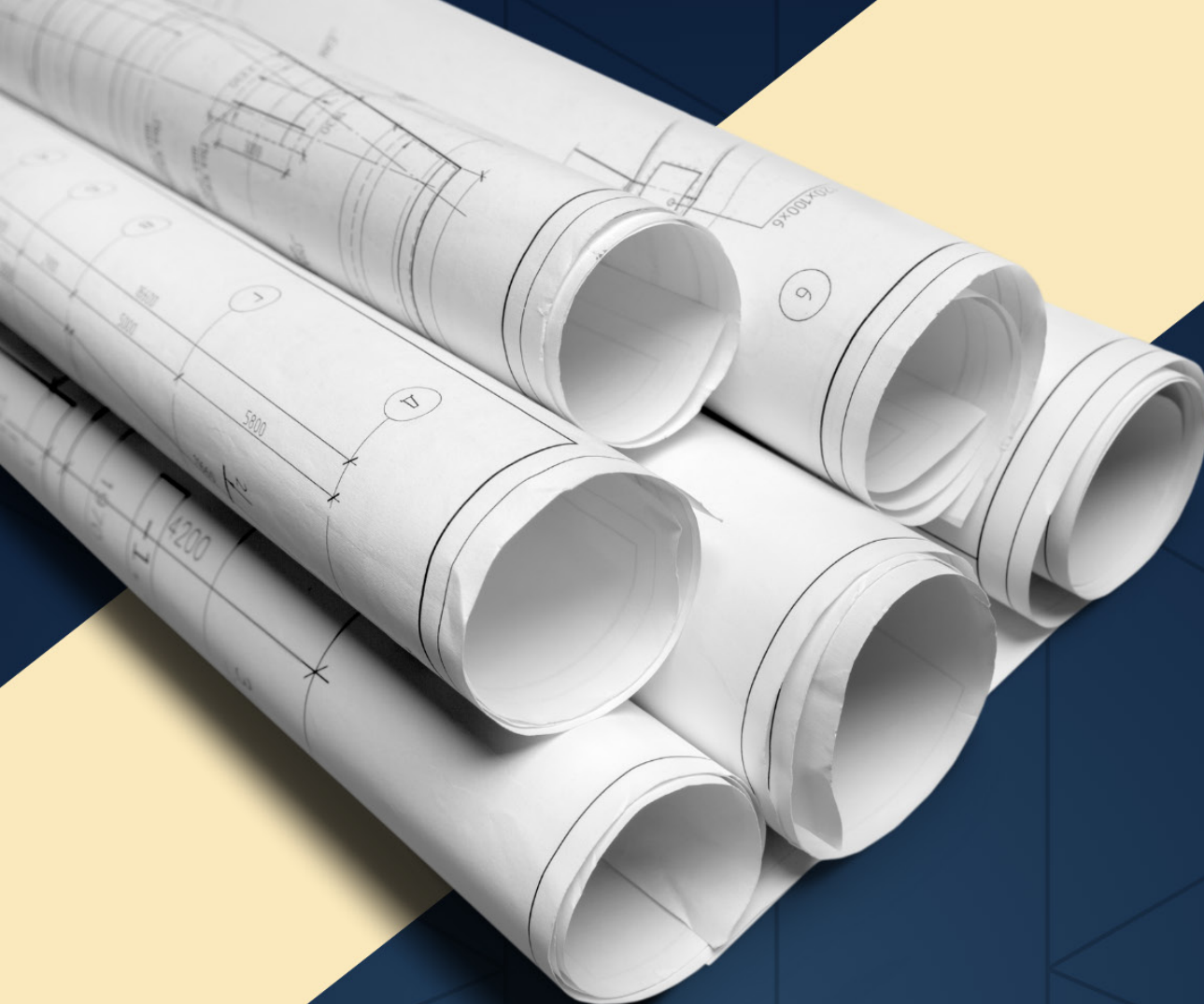
O estudo também revelou que, para superar os desafios identificados, é crucial que haja uma mudança cultural e o fortalecimento de políticas públicas que incentivem o uso de materiais sustentáveis. Além disso, a educação e a capacitação dos profissionais da construção civil são fundamentais para promover a aceitação e o uso desses materiais de forma ampla e eficaz. A pesquisa também destacou a importância de considerar as especificidades regionais e a disponibilidade de materiais locais, o que pode contribuir para uma construção civil mais sustentável e adaptada às realidades locais.

Apesar de os objetivos do trabalho terem sido atingidos, algumas limitações foram identificadas, como a falta de dados específicos sobre a viabilidade econômica de alguns materiais em contextos regionais e a necessidade de estudos mais aprofundados sobre o impacto social da adoção desses materiais. Para pesquisas futuras, sugere-se explorar a implementação prática de materiais sustentáveis em projetos de construção civil, além

de investigar a eficácia de políticas públicas que incentivem sua adoção. Essas iniciativas podem contribuir para o desenvolvimento de soluções mais eficazes e integradas, que ampliem o uso de materiais sustentáveis e consolidem a construção civil como um setor alinhado com os princípios da sustentabilidade global.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, João; COSTA, Maria. **Construção sustentável: práticas e desafios**. São Paulo: Atlas, 2022.
- BARROS, H. T. G. **Resíduos de Construção e Demolição: Aspectos e Diretrizes**. 3. ed. Ouro Preto: UFOP, 2019.
- FERREIRA, Carla; MORENO, Júlio. **Infraestrutura verde e gestão de águas pluviais**. São Paulo: Editora Atlas, 2021.
- FONSECA, Lucas. **Eficiência energética e telhados verdes**. Salvador: EdUFBA, 2020.
- JOSÉ, Bruno; SANTANA, Luiz. **Sistemas de telhado verde e valorização imobiliária**. Curitiba: Appris, 2023.
- LOPES, Ricardo. **Inovações tecnológicas e sustentabilidade no setor de construção**. Florianópolis: UFSC, 2020.
- MACHADO, Fernando; PEREIRA, Sandra. **Mudanças climáticas e sustentabilidade urbana**. Recife: Editora Universitária, 2019.
- MATEUS, Ricardo. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. Bookman, 2022.
- MENDES, Fabiana; LIMA, José. **Arquitetura e sustentabilidade nas cidades**. Curitiba: Appris, 2022.
- MOREIRA, Cláudia; PEREIRA, Daniel. **Políticas públicas para a sustentabilidade na construção civil**. Porto Alegre: Bookman, 2022.
- NUNES, Maria; ARAÚJO, Gustavo. **Paisagismo e sustentabilidade em áreas urbanas**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
- OLIVEIRA, Patrícia. **Diretrizes para construções sustentáveis**. Brasília: Instituto Brasileiro de Construção Sustentável, 2019.
- RIBEIRO, Paulo; SOUZA, Ana. **Economia sustentável na construção civil**. Salvador: EDUFBA, 2020.
- RODRIGUES, Paulo. **Soluções sustentáveis para telhados urbanos**. São Paulo: Pioneira, 2018.
- SANTOS, Raquel; LIMA, João. **Biodiversidade em ambientes urbanos**. Rio de Janeiro: IBAMA, 2022.
- SILVA, FERREIRA. **Gestão de resíduos na construção civil**. Recife: Editora Universitária, 2017.



2

OS IMPACTOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO PARA O SANEAMENTO BÁSICO: DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL

**THE IMPACTS OF SOIL WATERPROOFING FOR BASIC
SANITATION: RAINWATER DRAINAGE**

**Wanderson Maycon Rocha da Silva
José Hélio Oliveira Santos Sobrinho**

Resumo

Durante o crescimento populacional decorrente da evolução industrial e a necessidade de crescimento das cidades para acomodar e garantir os direitos constitucionais de toda uma população que até o presente momento ansiava por oportunidades, melhores condições de trabalho e ganho de produtividade por parte dos empresários. Foram gerados impactos diretos na qualidade de vida das pessoas e em contrapartida o planeta que era virgem começou a sobre com as mudanças, mesmo que inconsciente, pois na época os efeitos adversos eram mínimos a respeito da impermeabilização do solo, comparado com o tempo atual, hoje busca-se soluções para mitigar as diversas modificações causadas pelo homem em prol do seu desenvolvimento. Perceber tais impactos e a partir desse ponto estudar possibilidades de propostas eficazes visando o melhoramento não só para a sociedade mais também para o planeta terra. Utilizando a revisão bibliográfica, estudos já comprovados citam que é possível reduzir os impactos da impermeabilização através de medidas de controle estruturais e não estruturais

Palavras-chave: Planeta Virgem. Revolução Industrial. Drenagem Urbana. Planejamento de Drenagem de Águas Pluviais. Medidas de Controle.

Abstract

During population growth resulting from industrial evolution and the need for the growth of cities to accommodate and guarantee the constitutional rights of an entire population that until now yearned for opportunities, better working conditions and gains in productivity on the part of entrepreneurs. Direct impacts were generated on people's quality of life and in contrast, the virgin planet began to cope with the changes, even if unconsciously, as at the time the adverse effects were minimal in terms of soil waterproofing, compared to today., today we are looking for solutions to mitigate the various modifications caused by man in favor of his development. Understand such impacts and from that point on, study possibilities for effective proposals aimed at improving not only society but also planet Earth. Using the literature review, proven studies cite that it is possible to reduce the impacts of waterproofing through structural and non-structural control measures

Keywords: Virgo Planet. Industrial Revolution. Urban Drainage. Stormwater Drainage Planning. Control Measures.

1. INTRODUÇÃO

Durante anos quando o planeta era virgem, o sistema natural de escoamento e drenagem das águas de chuva trabalhavam de forma natural sem saturação/alagamentos, pois não constituía da presença de construções impermeabilizantes do solo. A presença de edificações em geral como: casas, indústrias, prédios residenciais e corporativos, vias, praças etc., impossibilitam a ação correta do solo sobre as chuvas, pois impossibilita o curso natural das águas, considerando a hidrologia da água são 8 (oito) fases: precipitação; interceptação; evaporação; evapotranspiração; infiltração; escoamento superficial e o escoamento subterrâneo. Assim todo volume de água é transferido para os seus efluentes naturais e por fim é desaguado no mar.

No princípio não havia sobre cargas nos afluentes, poluição dos rios, mangues, lagos, mares e contaminação da atmosfera entre outras ações de poluição disseminada pela evolução humana. Na primeira revolução industrial observou-se um grande crescimento na contribuição da poluição de gás carbônico na atmosfera, com a expansão das indústrias no processo de construção de novos centros urbanos devido ao aumento da taxa de crescimento da populacional, o que acarretou a perda da impermeabilidade do solo pela criação de indústrias, casas, hospitais, centros, escolas, praças entre outras benfeitorias necessárias para continuidade da vida humana na época.

Observa-se que o crescimento desordenado, impacta na contribuição de absorção perdida pela impermeabilização local do solo, colaborando para possíveis alagamentos devido ao solo está saturação por falta de espaço, e sem opção de escoamento natural da água que possibilita a alagamentos pelo solo já impermeabilizado. Tais perigos provocados pelo crescimento industrial gerou diversas consequências e discursões em relação as taxas de impermeabilização do solo e de como foi executado, nos dias atuais debate-se métodos e modelos de minimizar esses danos.

O Saneamento básico constitui pilares muito importantes para o bem comum da sociedade: Distribuição de água potável; Esgotamento Sanitário; Tratamento de resíduos sólidos e Drenagem de águas pluviais. Visto que essa não é uma temática de muita relevância pelas organizações, pois requer estudos aprofundados e custos elevados. Mas garante além de tudo bons índices de saúde, reduz taxas de mortalidade, controle epidemiológico pois consegue-se controlar os vetores de disseminação de doença.

Todos esses impactos caudados pelo crescimento desordenado das cidades e da população sem que o Saneamento Básico andasse em conjunto, logo, impermeabilização do solo, a taxa de solo permeável reduziu drasticamente impossibilitando o escoamento e infiltração natural das águas, trazendo consigo diversas problemáticas para mobilidade urbana e principalmente para saúde pública com a proliferação de doenças.

Desta maneira para o saneamento básico, sendo a drenagem de água pluvial, o que a impermeabilização do solo e um dos principais vilão das enchentes, desmoronamentos, aumento da temperatura atmosfera, queda dos níveis dos reservatórios de água das hidrelétricas, doenças, lixo depositados em locais impróprios etc.

Logo compreender o gerador das causas atuais de diversas catástrofes que acontecem no planeta terra, que comprometem a camada do solo impossibilitando de forma apropriada o seu funcionamento natural é o primeiro passo para a busca de soluções que vão permitir o melhoramento das atribuições principais da camada de solo.



2. DESENVOLVIMENTO

O tipo de pesquisa foi realizado uma Revisão de Literatura, onde foram pesquisados livros, revistas, sites, monografias, teses, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: “tese”, “revista”, “livro”, “artigo científico”, “monografia”. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos “22” anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: “impermeabilização do solo”, “saneamento básico” e “drenagem pluvial”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Impermeabilização do solo

Desde o princípio, as civilizações procuravam se assentar nos arredores dos rios, em um primeiro momento pelas necessidades básicas de consumo, higiene, agricultura e artesanato, mas em seguida para possibilitar o exercício do comércio externo. No entanto, a concentração e densificação da população nas cidades, feita muitas vezes da forma inadequada, encadeou os problemas ambientais e socioeconômicos provenientes das inundações (BAPTISTA, CARDOSO; 2013).

O crescimento populacional nas grandes cidades do Brasil, impulsionado principalmente pelo desenvolvimento industrial do país a partir da década de 1950, ocorreu dentro do processo de formação das grandes regiões metropolitanas com consequente ocupação desordenada do solo urbano, gerando impactos ambientais até o presente. A população urbana que era de 30% do total na década de 1940 passou para mais de 84% nos dias atuais causando uma grande densidade populacional nem sempre ordenada (BRITO, 2006; TUCCI, 2007; CE, 2012; IBGE, 2012).

A impermeabilização não planejada das áreas urbanas é responsável por alterações significativas na hidrologia local, visto que ocorre a redução em demasia na infiltração da água da chuva, o aumento exacerbado do pico de vazão de cheia, a antecipação no tempo desta vazão máxima até uma seção de destino e o aumento do volume escoado sobre a superfície, levando ao aumento na frequência de inundações. Desta forma, grandes impactos são causados sobre o meio ambiente elevando os custos para a sociedade (MCT/CGE, 2002; JHA *et al.*, 2012; CE, 2012). Como exemplo tem-se o aumento da produção de sedimentos, que leva a redução na capacidade dos condutos e canais, e a queda na qualidade da água pluvial associada aos resíduos sólidos e contaminantes presente na superfície (TUCCI, 2000; BIRD *et al.*, 2001; PHILIPPI *et al.*, 2005; NEVES; TUCCI, 2011).

De acordo com estudo divulgado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), intitulado População em Área de Risco no Brasil, mais de 8 milhões de pessoas viviam em áreas com risco potencial de enchentes e deslizamentos de terra em 2010, em 872 municípios no país (GEOCIÊNCIAS, 2021). Outro levantamento do Instituto constatou que, entre 2008 e 2013, 2.276 cidades foram atingidas por inundações graduais e/ou enxurradas bruscas. Apenas as enxurradas foram responsáveis por deixar 1.406.713 pessoas desabrigadas ou desalojadas (GRID, 2021).

A atual dinâmica de ocupação das áreas disponíveis para expansão da cidade vem produzindo impactos cada vez maiores sobre os recursos hídricos da capital. Isto ocorre como consequência das alterações na taxa de ocupação do solo, aumento do volume de efluentes produzidos, além da ampliação dos problemas de mobilidade, entre outros, que comprometem a manutenção do ecossistema local, que a exemplo dos manguezais, pas-

sam a compor ilhas em pleno cenário urbano (WORLD BANK, 2011).

3.2 Os impactos da impermeabilização do solo

A urbanização provoca a impermeabilização do solo, reduzindo a infiltração e elevando o volume e a velocidade do escoamento superficial. Como resultado, os picos dos hidrogramas de cheias sobem e sofrem antecipação. Agrava o quadro, a canalização dos cursos d'água, que tornam as inundações mais recorrentes devido às limitações do sistema de drenagem, com impacto maior nas áreas ribeirinhas (BAPTISTA; CARDOSO; 2013).

No ambiente urbano, a impermeabilidade do terreno pode modificar o ciclo hidrológico nas fases de escoamento superficial e de infiltração, onde podem-se citar modificadores, como a pavimentação asfáltica, construção de obras para acessos públicos e obras de drenagem e saneamento. Esses modificadores podem potencializar fatores que contribuem para as inundações, sendo eles, o aumento do escoamento superficial e o impedimento da infiltração de água no solo (FRITZEN; BINDA, 2011).

A ocupação e o uso dos espaços urbanos, desde o início do seu desenvolvimento, vêm se caracterizando pela ausência de preocupação com os impactos ao meio ambiente, como variação no uso do solo, as características do relevo, a dinâmica da desocupação, o modo de vida predominante, os diferentes materiais utilizados nas construções, intenso processo de pavimentação (impermeabilização) e excessiva temperatura, que interferem nos microclimas das cidades (MINAKI; AMORIM, 2012).

O solo é considerado um dos principais recursos naturais, no entanto, a partir do crescimento urbano desordenado, ele tem se tornado um recurso secundário, onde não são consideradas suas características e potencial de uso, inviabilizando-os para o desenvolvimento vegetal. Dessa forma, o processo de urbanização acelerado tem provocado um excesso de superfícies impermeabilizadas, o que produz uma redução da infiltração de águas das chuvas, aumentando os riscos de erosão, compactação e deslizamentos de solos, assim como alagamentos de córregos e ruas (CADORIN; MELLO, 2011).

O acrescentamento de áreas impermeáveis eleva o escoamento superficial, Segundo Tucci (2000), a impermeabilização de 7% da área dos lotes já acarreta a duplicação do escoamento superficial e que casos mais extremos, como a impermeabilização de 80% do lote, geram um volume de escoamento superficial oito vezes maior. Motta Jr e Tucci (1984) e Campana e Tucci (1994) relacionam os índices de impermeabilização com a densidade habitacional, por ser esta uma informação disponível através dos censos, e também, para que se possa caracterizar cenários futuros de impermeabilização, através das estimativas de crescimento populacional.

Segundo os Dados do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), do ano 2000, mostraram que o Brasil apresentava uma taxa de população urbana de aproximadamente 82%, próxima à saturação, sendo que 13 cidades já possuíam mais de um milhão de habitantes. Segundo Popclock (2009) a população mundial de nossos tempos já é de 6.789.901.681 habitantes e deverá dobrar até o ano de 2100. Este crescimento populacional é altamente preocupante, principalmente se analisarmos a população urbana separadamente.

De acordo com a figura 1, a evolução da Ilha de São Luís-MA, representada pelos municípios de São Luís, Paço do Lumiar, Raposa e São Jose de Ribamar, no tocante a impermeabilização do solo, com “delay” apresentado de 30 (trinta) anos onde demonstram a Ilha de São Luís no ano de 1990, figura 1, no início, porém já com grande avanço do crescimento urbano, e em 2020, figura 2, onde claramente tem-se uma grande mudança na topografia

original como é representado a diferença visual nas imagens, o crescimento da camada impermeabilizante do solo está conectado diretamente com o crescimento populacional e consequentemente urbano, pois necessidade da ocupação do solo para comportar a comunidade, dessa forma traz consequências catastróficas como inundações, proliferação de doenças etc.

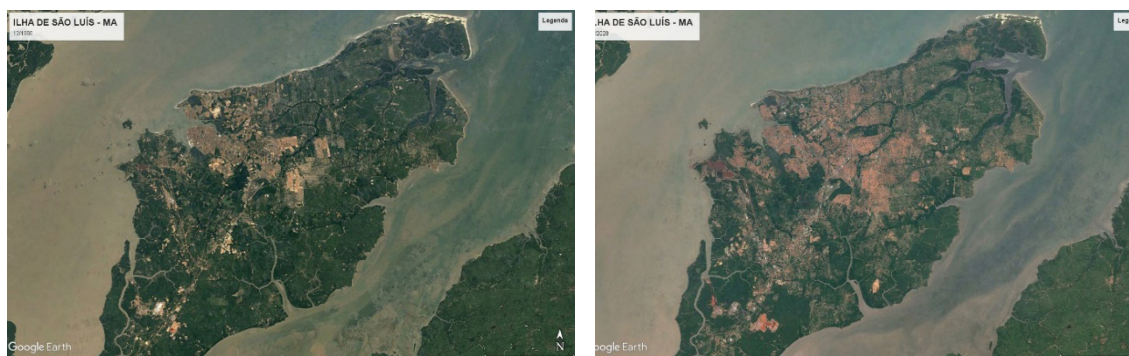


Figura 1. Ilha de São Luís-MA, 1990 (esquerda) e 2020 (direta)

Fonte: Google Earth Pro (2024)

As causas das inundações urbanas, a quase total impermeabilização dos solos nas zonas urbanas, os sistemas de drenagem de águas pluviais ineficientes, acúmulo de lixos e outros detritos em bocas de lobo e corpos d'águas que impedem o escoamento normal das águas, sistema de alertas lentos, pouco abrangentes e ineficientes e à gerência inadequada ou a não existência de Planejamento de Drenagem de águas pluviais pelos municípios (CANHOLI, 2005).

As tendências de crescimento e concentração da população em áreas urbanas, sem a adequada infraestrutura, e com degradação ambiental e desigualdades sociais apontam um crescimento significativo das populações expostas e das perdas econômicas relacionadas às enchentes, assim como a intensificação das mudanças climáticas, que representam um aumento na frequência e na gravidade desses eventos (WORLD BANK, 2010).

As enchentes encontram-se entre os desastres naturais que se caracterizam por alta frequência e baixa severidade em termos de óbitos, mas sendo responsáveis por grande proporção de danos à infraestrutura das cidades, envolvendo as habitações, as condições de vida das comunidades e as sociedades de baixa renda (FREITAS; XIMENES, 2012).

Maus (2007) salienta que na aplicação dos modelos hidrológicos relacionados à drenagem urbana necessita-se conhecer a área impermeável e as modificações das condições do escoamento superficial provocadas pela ocupação do solo urbano. Segundo Mota (1997), a água que infiltra no solo contribui para a formação e recarga de aquíferos subterrâneos. A infiltração também vai auxiliar na redução de processos de inundações, pois quanto maior a área permeável para infiltração das águas pluviais menor será o escoamento superficial.

Os fatores que influenciam o escoamento superficial podem ser de ordem climática, relacionados à precipitação ou de natureza fisiográfica ligados às características físicas da bacia. Dentre os fatores climáticos destacam-se a intensidade e a duração da precipitação, pois quanto maior a intensidade, mais rápido o solo atinge a sua capacidade de infiltração provocando um excesso de precipitação que escoará superficialmente. A duração também é diretamente proporcional ao escoamento, pois para chuvas de intensidade constante, haverá maior oportunidade de escoamento quanto maior for a duração (TREVISO, 2002).

Uma das principais causas de enchentes ocorre através da intervenção humana, como por exemplo, a ocupação irregular das áreas inundáveis. Muitas dessas ocupações ocorreram no passado como um meio de facilitar o transporte fluvial e o consumo de água pelas populações, onde as cidades passaram a se desenvolver em áreas ribeirinhas através da observação da variação dos níveis de água (CASTILHO; PINTO; OLIVEIRA, 2005).

3.3 Possíveis soluções mitigatórias para os impactos da impermeabilização do solo

Barbosa (2006, p. 39), afirma que “Para o controle de inundação de forma eficiente torna-se necessária a associação de medidas estruturais e não-estruturais, de modo que garanta à população o mínimo de prejuízo’ além de possibilitar uma convivência harmônica com o rio”. Bertoni e Tucci (2003, p. 63) reafirmam tal ideia quando colocam que “O controle da inundação é obtida por um conjunto de medidas estruturais e não-estruturais, permitindo a população ribeirinha minimizarem suas perdas e manter uma convivência harmônica com o rio.”

Apesar das medidas estruturais associadas às medidas não estruturais poderem ser aplicadas para a mitigação de inundações em bacias urbanizadas, “as ações públicas, em muitas cidades brasileiras, estão indevidamente voltadas para medidas estruturais de visão pontual.” (BARBOSA, 2006, p. 15)

As medidas estruturais dizem respeito às obras envolvidas no processo da drenagem, englobando as obras para aceleração do escoamento, como canalizações e afins, obras de retardamento de fluxo como os reservatórios de contenção, assim como as obras para restauração das calhas naturais e de desvio do escoamento como túneis e canais, auxiliando a edificação na proteção contra enchentes (CANHOLI, 2014).

As medidas de controle estruturais caracterizam-se por obras de engenharia que podem vir a alterar as características dos rios e diminuir os riscos a enchentes (TUCCI, 2007; CANHOLI, 2005). As medidas estruturais são medidas de controle de enchentes e inundações que são essencialmente construtivas, como represas, reservatórios de retenção, melhoramento de canal de rio, canais de desvio e barragens. Essas medidas “não são projetadas para dar uma proteção completa, pois isso exigiria uma proteção contra a maior enchente possível.” (ENOMOTO, 2000, p. 76). De forma sucinta, um sistema de aproveitamento da água de chuva compreende basicamente, a coleta da água pluvial através de áreas de captação, o dimensionamento através de calhas e condutores, e o armazenamento em reservatórios de acumulação (ANA, 2005).

As medidas não estruturais estão voltadas ao planejamento, com ações de regulamentação do uso e ocupação do solo, direcionado ainda a uma educação ambiental, disciplinando a ocupação do território, o comportamento de consumo das pessoas e as atividades econômicas. Envolve também a criação de zoneamentos para áreas propensas a inundações, impedindo construções que possam prejudicar a impermeabilização do solo (CANHOLI, 2014).

As medidas não estruturais têm como principal objetivo a redução ao máximo de prejuízos causados por possíveis alagamentos, orientando a população quanto aos fatores que geram as inundações ou alagamentos, criando um centro de previsão, um sistema de informações de tempo, o que pode ocorrer em parceria com a Defesa Civil nas esferas municipal e estadual, através de programas de prevenção, mapeamento de locais críticos e treinamento da população principalmente em locais com risco de ocorrência de evento adverso (ALMEIDA, 2014).

Os jardins de chuva são estruturas que utilizam a atividade biológica de plantas e microrganismos para remover os poluentes das águas pluviais, e contribuem para a infil-

tração e retenção dos volumes de água precipitados. Em geral, podem ser descritos como rasas depressões de terra, que recebem águas do escoamento superficial. Os fluxos de água se acumulam nas depressões formando poças, e gradualmente a água é infiltrada no solo. Os poluentes são removidos por adsorção, filtração, volatilização, troca de íons e decomposição. A água limpa pode ser infiltrada no terreno para recarga do lençol freático ou coletada em um dreno e descarregada no sistema de drenagem pluvial das ruas. Faz-se necessário o desvio da água dos jardins de chuva para as galerias quando ocorrem eventos de chuva que excedem a capacidade para a qual a estrutura foi projetada. O uso dos jardins de chuva é recomendado em áreas de planícies, o solo do local deve ter capacidade de infiltração entre 7 e 200 mm/h, o nível máximo do lençol freático deve ser de até 1m, deve haver saneamento para evitar a contaminação da água antes da infiltração e a área que terá suas águas pluviais direcionadas para cada jardim deve ser menor do que 1 ha, ou seja, 10.000 m² (YASAKI *et al.* 2013). Os Jardins de Chuva têm como característica um design bastante flexível, permitindo sua aplicação em diversas situações e escalas, como: canteiros e calçadas em vias públicas, lotes, parques, praças. Podem ser projetados no formato de valas, bacias, ou pequenos espaços retangulares com estrutura elevada ou encaixada em calçadas como ilustrado na figura 03. (DELETIC *et al.*, 2011).



Figura 3. Jardim de Chuva em calçadas

Fonte: Monash University, (Deletic *et al.*, 2011)

Os pavimentos permeáveis como revestimentos dotados de superfície permeável que permitem a infiltração e a detenção temporária da água pluvial. Este revestimento tem grande potencial de aplicabilidade, visto que não necessita de espaço urbano extra para seu uso, além de atender a dupla função de melhorar qualidade da água como de reduzir a quantidade do escoamento superficial. Eles estão disponíveis no mercado sob duas formas: estrutura modular e monolítico, conforme figura 04 (YAZAKI, 2013).



Figura 4. Pavimento permeável monolítico

Fonte: Melbourne Water (2005).

Contudo, a impermeabilização do solo é um processo que foi se desenvolvendo ao longo dos anos no crescimento das cidades, como visto na revisão bibliográfica, a camada do solo impermeável afeta diretamente as cidades de forma negativa pelo acúmulo de água superficial, aquecimento global que acarreta aumento da temperatura da terra que por consequência dispara o número de foco de queimadas. O ciclo vicioso negativo da impermeabilização do solo pelo avanço do homem, em um planeta que era virgem, causou catástrofes conhecidas mundialmente, tais feitos criou um alerta para o futuro, onde diversos pesquisadores se debruçaram em prol de uma solução que fosse capaz de mitigar os efeitos causados pela ocupação do solo, dentre essas soluções chegou-se do modelo de medida de controle estrutural e não-estrutural, que dependendo da circunstância tem a capacidade de auxiliar a camada impermeabilizada na condução que era natural as águas. A pesquisa destacou alguns elementos que são apropriadas para impactar diretamente na impermeabilização do solo no que tange a drenagem de água pluvial.

4. CONCLUSÃO

O início da impermeabilização se deu de for consciente e tímida ao mesmo tempo, não havia a necessidade abrangente de grandes espaços para acolher a população, existia o respeito com o ecossistema, tudo era devolvido e preservado para a natureza, utilizava-se da própria floresta para construção das edificações que nesta época as estruturas eram em formado de tentas, barracas em solo firme apenas para proteção das chuvas e dormida, montavam sua colônia próximo de fonte de água limpa, rios e lagos, não existia poluição do solo e seus afluentes, logo o saneamento básico, temática fundamental para uma sociedade, funcionada de maneira natural, as chuvas caíam e seguiam normalmente seu curso, seja no escoamento superficial ou absorção do solo. Mesmo após o homem, no início da impermeabilização o solo continuava a executar seu papel fundamental na produção de alimentos, no habitat, em filtrar e escoar as águas de chuva.

A partir do crescimento populacional e as novas tecnologias, foi-se necessária uma ampliação das camadas impermeabilizantes, porém de forma inadequada, desta vez um crescimento sem consciência e voraz, em busca da expansão urbana das cidades proporcionando um impacto direcional na camada do solo que recebe todo esse arcabouço, iso-

lando desta maneira o solo e suas funções, dito anteriormente. Desta maneira o solo perde a capacidade de absorção da água pois a água da chuva não penetra no solo, logo se torna impermeável, causando consequências graves para o saneamento básico de uma sociedade.

Alinhando as técnicas da engenharia como medias de controle estrutural não-estrutural consegue-se grandes resultados na captação dessa água superficial, aumentando a capacidade do escoamento.

As medidas tomadas para mitigar o acúmulo de água superficial destacou-se em duas vertentes como controle estrutural como represas, reservatórios de retenção, canais, desvios etc., e não estrutural como o disciplinamento do uso e ocupação do solo, jardins de chuva, conscientização da população etc. todo esse arcabouço de opções visa captar a água e transportar para seus afluentes naturais. Soluções surgidas na revisão de literatura que visou propor as alternativas para suavizar tais catástrofes referente aos conflitos gerados pela impermeabilização do solo no que tange a drenagem de água pluvial.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. **A drenagem urbana das águas pluviais e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública no município de Santana**. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Pró-Reitoria de Ensino de Graduação, Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais. Macapá, 2014.
- ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 21-29, jul./set. 2000.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conservação e Reúso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, jun. 2005.
- BARBOSA, Francisco de Assis dos Reis. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br:8080/handle/tede/5490>> Acesso em: 13 mai. 2017.
- BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. (2013). Rios e Cidades: uma Longa e Sinuosa História. **Revista UFMG**, Belo Horizonte, V. 20, N. 2, P. 124-153, julho / dezembro de 2013.
- BERTONI, Juan Carlos; TUCCI, Carlos E.M. (org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. Disponível em: <<http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf>> Acesso em: 12 mai. 2024.
- BIRD, S.L; ALBERTY, S.W.; EXUM, L.R., 2001. Generating high quality impervious cover data. **Journal of Quality Assurance** 8, 91-103.
- BRITO, F.O., 2006. Deslocamento da população brasileira para as metrópoles. **Estudos Avançados** 20, 221-236.
- CADORIN, D. A.; MELLO, N. A. EFEITOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO DOS SOLOS SOBRE A ARBORIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO-PR. **Synergismusscientifica** UTFPR, Pato Branco, n. 6, 2011.
- CAMPANA, N.A.; TUCCI, C.E.M. Estimativa de área impermeável de macro-bacias urbanas. Rio Janeiro. RBE: Revista Brasileira de Engenharia. **Caderno de Recursos Hídricos**, v.12, n.2, p. 79 – 94, Dez, 1994.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e controle de enchentes**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CASTILHO, A. S.; PINTO, E. J. DE A.; OLIVEIRA, G. S. R. Utilização de modelo hidráulico associado a um SIG para a definição de áreas inundáveis na cidade de Governador Valadares, Minas Gerais. **XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. ABRH: João Pessoa, 2005.
- CE. Comissão Europeia., 2012. **Orientações sobre as melhores práticas para limitar, atenuar ou compensar a impermeabilização dos solos**. Bélgica: Ambiente.

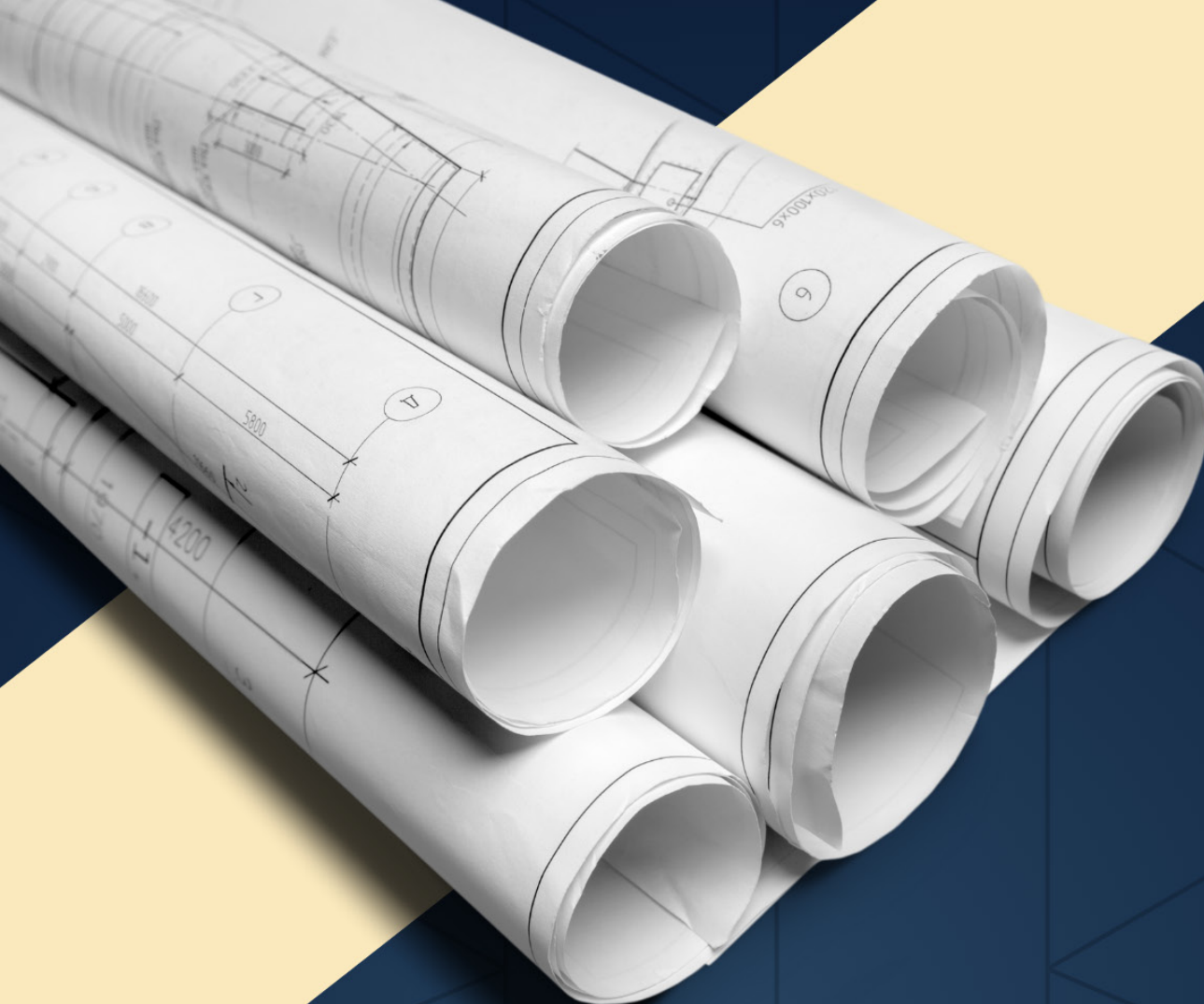
- DELETIC A., Brown R.R., Wong T.H.F. An Interdisciplinary Research Program for Building Water Sensitive Cities. **Anais da 12ª Conferência Internacional de Drenagem Urbana**. Porto Alegre, Brasil, 2011.
- ENOMOTO, Carolina Ferreira. Estudo de medidas não-estruturais para controle de inundações urbanas. **Públicatio** UEPG: Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. v. 6, n. 1, p. 69-90, 2000. Disponível em: <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas/article/view/747/664>> Acesso em: 19 mai. 2024.
- FREITAS, C. M.; XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública – uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1601-1615, 2012.
- FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Revista eletrônica Ateliê Geográfico**, v.5, n. 3, p. 239 254, dez. 2011.
- GEOCIÊNCIAS. (2021). **Agência IBGE Notícias**. Acesso em 24 de junho de 2021, disponível em IBGE: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21565-em-2010-brasil-tinha-8-3-milhoes-de-pessoas-morando-em-areas-com-risco-de-desastres-naturais>.
- GRID. (2021). **Gestão de Riscos de Desastres - UFRGS**. Acesso em 24 de junho de 2021, disponível em UFRGS: <http://www.ufrgs.br/grid/noticias/ibge-desastres-naturais-atingiram-40-9-dos-municipios-do-pais-nos-ultimos-anos>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de geografia e Estatística - **Sinopse do censo demográfico 2010**. Estimativas/Contagem da População, 2010. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_sinopse.shtm>. Acesso em 20 de maio de 2024.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Sistema de Indicadores de Percepção Social**. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: fev. 2011.
- JHA, A.K., Bloch, R., Lamond J., 2012. **Cidades e Inundações** – Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI. 1. ed. GFDRR, São Paulo.
- MAUS, V. W.; RIGUES, A. A.; BURIOL, G. A. Pavimento permeável e Escoamento Superficial da água em áreas urbanas. **I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste**. Cuiabá, 2007.
- MCT/CGE. Ministério de Ciência e Tecnologia/Centro de Estudos e Gestão Estratégica, 2002. Brasília Disponível:<http://www.ana.gov.br>. Acesso: 30 set. 2015.
- MEDAUAR, Odete (org.). **Constituição Federal**. Coletânea de Legislação Ambiental. São Paulo, Editora Revista dos Tribunais, 2002.
- MINAKI, C.; AMORIM, M. C. C. T. Análise da qualidade ambiental urbana. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 11, n. 24, 2012.
- MOTTA Jr, J. C.; TUCCI, C. E. M. Simulation of the urbanization effect in flow Oxford. **Hidrological Sciences Journal**, v.29, n.2, p. 131 – 147, jun, 1984.
- MOTA, S. Introdução à engenharia ambiental. Rio de Janeiro: ABES,1997.
- Neves, M.G.F.P., Tucci, C.E.M., 2011. Composição de resíduos de varrição e resíduos carreados pela rede de drenagem, em uma bacia hidrográfica urbana. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental** 16, 331-336.
- POPCLOCK: estimativa da população. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: set. de 2009.
- Philippi, A., 2005. **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 1 ed, Editora Manole, Barueri.
- TREVISOL, R. G. **Avaliação de medidas físicas para recuperação de área de empréstimo da Mata Atlântica**: Diques. 66 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, UFRRJ. Seropédica, 2002.
- TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: ABRH, EDUSP, 1993.
- TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima das bacias urbanas. Porto Alegre: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.1, p.61-68, jan/mar, 2000.
- TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 2007. 389 p.
- World Bank Integrated Urban Water Management Project. 2011. **Estratégias para gestão integrada de**

águas urbanas Aracaju. Versão consolidada 1.0. Aracaju.

WORLD BANK (WB), UNITED NATIONS (UN). **Natural hazards, unnatural disasters:** the economics of effective prevention. Washington DC: WB, UN; 2010.

YAZAKI, L. F. O. L. et al. **Projeto Técnico:** Jardins de Chuva. Soluções para Cidades. 2013. Disponível em: [http://solucoeparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins de-Chuva-online.pdf](http://solucoeparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins-de-Chuva-online.pdf) Acesso em :01 de abril 2024.

YAZAKI, L. F. O. L. et al. **Projeto Técnico:** Pavimentos Permeáveis. 2013. Disponível em: [http://www.solucoeparacidades.com.br/wp content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf](http://www.solucoeparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf)>Acesso em: 01 de abril 2024.



3

ESTUDO DE PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

STUDY OF PATHOLOGIES IN CIVIL CONSTRUCTION

**Beethoven Kubitschek de Oliveira Pereira
José Hélio Oliveira Santos Sobrinho
Paulo José Pinto Souza**

Resumo

Este artigo aborda as patologias na construção civil, definidas como defeitos que surgem em diferentes partes da estrutura ou em toda a edificação, com potencial para comprometer a integridade da construção. A pesquisa sobre este tema é justificada pela necessidade de garantir que as edificações atendam aos padrões de qualidade e segurança esperados, prevenindo danos que possam impactar negativamente a vida útil das construções e a segurança dos usuários. A compreensão das patologias e a busca por soluções para mitigar seus efeitos são essenciais para a evolução das práticas na engenharia civil, especialmente considerando o cenário atual de aumento das demandas por construções mais eficientes e sustentáveis. O objetivo geral da pesquisa foi analisar o conceito de patologias da construção civil, visando compreender suas causas e consequências, além de propor medidas corretivas. Para isso, foi adotada a metodologia de revisão bibliográfica, na qual foram reunidos estudos de diversos autores, baseando-se em normas e métodos reconhecidos na literatura especializada. Os resultados obtidos evidenciaram a importância de identificar precocemente as patologias, a fim de mitigar seus efeitos e garantir a durabilidade das edificações. Além disso, o estudo ressaltou a necessidade de atualização contínua dos profissionais de engenharia civil, destacando que a capacitação é fundamental para a aplicação eficaz de intervenções e estratégias de prevenção. As considerações finais indicam que o fortalecimento das ações e contribuições no campo das patologias é essencial para promover a qualidade na construção civil.

Palavras-chave: Patologia. Concreto. Construção Civil. Agregados.

Abstract

This article addresses pathologies in civil construction, defined as defects that arise in different parts of the structure or throughout the building, with the potential to compromise the integrity of the construction. Research on this topic is justified by the need to ensure that buildings meet the expected quality and safety standards, preventing damage that could negatively impact the useful life of buildings and the safety of users. Understanding pathologies and finding solutions to mitigate their effects are essential for the evolution of practices in civil engineering, especially considering the current scenario of increasing demands for more efficient and sustainable constructions. The general objective of the research was to analyze the concept of pathologies in civil construction, aiming to understand their causes and consequences, in addition to proposing corrective measures. For this purpose, the methodology of bibliographic review was adopted, in which studies by several authors were gathered, based on standards and methods recognized in the specialized literature. The results obtained highlighted the importance of early identification of pathologies in order to mitigate their effects and ensure the durability of buildings. Furthermore, the study highlighted the need for continuous updating of civil engineering professionals, emphasizing that training is essential for the effective implementation of interventions and prevention strategies. The final considerations indicate that strengthening actions and contributions in the field of pathologies is essential to promote quality in civil construction.

Keywords: Pathology. Concrete. Civil Construction. Aggregates

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das indústrias mais importantes e fundamentais para o desenvolvimento econômico e social de um país. No entanto, ao longo do processo de construção e manutenção de estruturas, uma variedade de patologias pode surgir, representando desafios significativos para engenheiros, arquitetos e demais profissionais envolvidos no setor.

O objetivo realizar uma revisão de literatura abrangente sobre as patologias na construção civil, explorando os principais tipos de problemas que podem ocorrer, suas causas subjacentes, métodos de detecção e diagnóstico, bem como as estratégias de prevenção e mitigação disponíveis. Ao compreender melhor as origens e características das patologias comuns na construção civil, os profissionais do setor poderão tomar medidas proativas para minimizar seus impactos e garantir a durabilidade e segurança das estruturas construídas.

As patologias do concreto representam um desafio significativo na engenharia civil, pois comprometem a integridade estrutural das edificações. Essas falhas podem surgir devido a uma variedade de fatores, como má qualidade dos materiais, erros de projeto ou execução inadequada.

Este artigo se destaca pela sua relevância no contexto da engenharia civil, pois visa preencher lacunas teóricas sobre as patologias do concreto, fornecendo insights valiosos que podem orientar práticas de construção mais seguras e eficientes. Ao compreender melhor as causas e os mecanismos das patologias do concreto, os profissionais da área podem desenvolver estratégias mais eficazes para preveni-las e remediar seus efeitos, contribuindo para a qualidade e a sustentabilidade das obras civis.

O referente artigo visa preencher lacunas teóricas no entendimento das patologias do concreto, fornecendo conclusões baseadas em evidências que não apenas são de interesse geral e específico para a engenharia civil, mas também podem servir como base para pesquisas futuras. Nesse sentido, orientamos nossa investigação pela seguinte pergunta central: Quais são os conceitos fundamentais envolvendo o concreto e suas anomalias estruturais?

O objetivo geral deste estudo é analisar as principais patologias que afetam o concreto, buscando compreender os problemas recorrentes e suas implicações na construção civil. Por meio dessa análise, pretende-se identificar os fatores que contribuem para a deterioração do concreto, proporcionando uma visão mais ampla sobre os desafios enfrentados nesse setor.

2. DESENVOLVIMENTO

A construção civil é uma atividade presente na humanidade desde os primórdios da civilização, com métodos construtivos que foram sendo transmitidos e aprimorados ao longo do tempo. Assim como qualquer produto, as edificações também têm uma vida útil, que é o período durante o qual se espera que a construção mantenha um certo nível de desempenho (Santos; Beckhauser, 2018).

De acordo com Santos e Beckhauser (2018), é essencial desenvolver um sistema que garanta a durabilidade das edificações em conformidade com a vida útil estipulada no



projeto. Contudo, patologias construtivas de diversas origens podem surgir, e a relação entre a vida útil e o desempenho da edificação pode ser prejudicada com o uso diário e constante.

Essa noção de desempenho é crucial na construção civil, especialmente para os projetistas, pois orienta a escolha de soluções adequadas para cada tipo de estrutura. Além disso, os órgãos reguladores e as normas técnicas em vigor exercem uma forte fiscalização quanto à qualidade e ao desempenho exigido dos produtos no mercado (Zuchetti, 2015).

O concreto é uma substância fundamental na indústria da construção, tanto no Brasil quanto globalmente. Seu uso predominante é justificado por uma série de vantagens. De acordo com Lapa (2018), embora não seja tão resistente e tenaz quanto o cimento, o concreto destacam-se por sua versatilidade, durabilidade e custo acessível. Essas características o tornam essencial em uma variedade de aplicações.

Conforme Pedroso (2019), o concreto emerge como uma substância versátil, comparável a uma “pedra artificial”, capaz de ser esculpida de acordo com as demandas e criatividade humanas. Essa definição ressalta sua robustez e resistência após o endurecimento, além de realçar sua notável capacidade de enfrentar os desafios impostos pela água, o que o torna um material primordial em variadas estruturas de construção.

Segundo Valin Jr *et al.* (2014), o conceito de “concreto” é definido de forma precisa, destacando duas características fundamentais que o distinguem de outros materiais. Primeiramente, sua notável resistência à água é uma qualidade distintiva, pois quando exposto a esse elemento, o concreto mantém sua integridade estrutural, ao contrário da madeira que pode sofrer deterioração.

Além disso, a acessibilidade econômica do concreto é ressaltada como um aspecto significativo, uma vez que seu custo é relativamente baixo em comparação com outras alternativas. Essas características fundamentais solidificam a posição do concreto como um material essencial e versátil na construção civil (Valin Jr *et al.*, 2014).

Conforme Valin Jr *et al.* (2014), em seu estado inicial, o concreto é uma mistura maleável que se presta à manipulação em uma variedade infinita de formas e dimensões. Assim, os seres humanos transformaram uma simples matéria-prima em uma pedra artificial que rivaliza em força e durabilidade com as próprias rochas naturais.

Conforme ilustrado na Figura 1, as principais fases de origem das manifestações patológicas mostram que um percentual significativo dessas patologias tem início durante a fase de projeto e planejamento. A elevada incidência de problemas patológicos nas fases iniciais de uma obra é atribuída à falta de investimento por parte dos proprietários em projetos mais detalhados e bem elaborados, o que acaba gerando a necessidade de adaptações e correções em etapas posteriores (Brito, 2017).

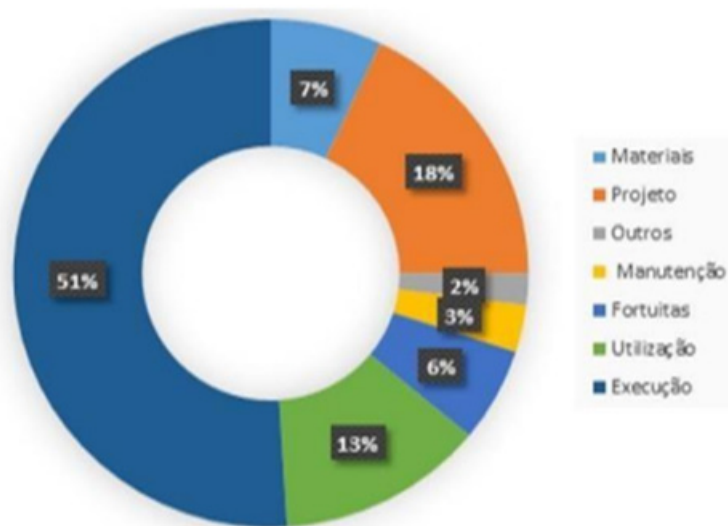


Figura 1. Exemplo de figura Manifestações patológica

Fonte: Gomes (2016).

Camargo (2017) argumenta que as patologias que surgem durante a fase de execução também estão relacionadas ao não cumprimento das especificações estabelecidas no projeto. Esses problemas podem ser decorrentes de erros de interpretação, do uso inadequado de materiais de baixa qualidade ou de falhas no manejo desses materiais.

De acordo com Pedroso (2019), o concreto se torna mais do que apenas um material de construção; ele é uma manifestação tangível da capacidade humana de dar forma ao ambiente ao seu redor. De uma massa informe, surge uma estrutura sólida e imponente, incorporando as aspirações e necessidades da sociedade que a concebeu.

Ao observar uma estrutura de concreto, é impossível não pensar no poder transformador da mente humana. Trata-se da materialização literal de ideias abstratas, sendo uma prova do imenso potencial criativo presente em cada pessoa. Dessa forma, cada edificação em concreto vai além de uma simples construção; ela representa um tributo à engenhosidade e às habilidades humanas (Pedroso, 2019).

Portanto, o concreto não se limita a ser um material de construção; ele simboliza a capacidade humana de moldar e transformar o ambiente ao seu redor. É uma pedra artificial que não reflete apenas a resistência física, mas também a criatividade construtiva que faz parte da essência humana (Lima *et al.*, 2014).

Pereira (2018) destaca a diversidade de variações no universo do concreto, abrindo um panorama fascinante sobre suas composições e capacidades moldáveis. Dentro desse cenário multifacetado, emergem dois protagonistas principais: o concreto convencional e o Concreto Usinado.

O concreto convencional, proverbial na engenharia civil, desempenha um papel fundamental nas construções contemporâneas. Sua aplicação frequente requer o emprego de vibradores, instrumentos essenciais para assegurar o adensamento adequado durante o processo de moldagem. Esse método tradicional, embora confiável, demanda habilidade e cuidado para alcançar os padrões desejados de resistência e durabilidade (Pereira, 2018).

Por outro lado, o Concreto Usinado surge como uma alternativa marcada por um controle tecnológico meticuloso em todas as fases de produção. Sob este escrutínio minucioso, cada componente é selecionado e dosado com precisão, resultando em uma mistu-

ra de alta qualidade e uniformidade. Uma das características mais notáveis desse tipo de concreto é sua oferta com garantia pelo fornecedor, conferindo uma camada adicional de segurança e tranquilidade aos empreendimentos que o utilizam (Castro, 2020).

Assim, a escolha entre o concreto convencional e o Concreto Usinado transcende a mera preferência pessoal, envolvendo considerações técnicas, econômicas e de segurança. Cada um desses materiais possui suas vantagens e limitações, cabendo aos profissionais da construção civil avaliar cuidadosamente suas necessidades específicas e optar pela solução mais adequada para cada projeto (Castro, 2020).

Assim, o Concreto Usinado, também conhecido como Concreto Pronto, não apenas aborda questões de segurança, dada sua elaboração mais cuidadosa e aspectos tecnológicos avançados, mas também traz benefícios econômicos, sendo produzido com custos menores.

Segundo Pereira. (2018) apresentam uma definição esclarecedora do termo “Concreto Armado”, que representa o tipo mais difundido e utilizado do material. Este composto engloba barras de aço em seu núcleo, essenciais para fortalecer suas propriedades estruturais.

Essa união é cuidadosamente planejada e executada, assegurando uma aderência perfeita entre os materiais. A disposição estratégica das barras de aço, envoltas pelo concreto, confere ao composto uma resistência intrínseca aos esforços mecânicos aos quais é submetido (Gomes, 2016).

Essas forças especiais são cuidadosamente calculadas e aplicadas, criando uma condição de tensão prévia no concreto. Quando submetido às cargas permanentes e variáveis durante o uso da estrutura, o concreto não é exposto a tensões de tração, ou se for, isso ocorre dentro de limites considerados seguros (Zuchetti, 2015).

Essa abordagem inovadora confere ao Concreto Protendido uma série de vantagens em relação às estruturas convencionais. A ausência de tensões de tração no concreto aumenta sua durabilidade e resistência, reduzindo o risco de fissuras e deformações ao longo do tempo (Gaia, 2018).

A utilização de agregados leves não apenas reduz o peso do concreto, mas também oferece vantagens adicionais, como melhor isolamento térmico e acústico. Essas propriedades tornam-no especialmente adequado para construções que exigem eficiência energética e conforto ambiental (Camargo, 2017).

Por outro lado, o Concreto de Alta Resistência representa um avanço notável na tecnologia do concreto. Ao contrário do concreto convencional, essa categoria é caracterizada por uma complexidade significativa em relação aos parâmetros de dosagem que influenciam suas características. A formulação precisa do Concreto de Alta Resistência requer um entendimento aprofundado das proporções de materiais e técnicas de mistura (Muniz, 2020).

O concreto estrutural leve utiliza agregados leves, resultando em uma massa que tem aproximadamente dois terços da densidade de um concreto com agregado natural. Já o concreto de alta resistência se diferencia do concreto convencional devido à sua complexidade, especialmente em relação aos parâmetros de dosagem que afetam diretamente suas propriedades (Rohden, 2015).

2.1 Tipologia das Patologias

De acordo com Martins e Martins (2018), os principais tipos de patologias observadas em estruturas de concreto incluem fissuras, trincas, rachaduras, corrosão do concreto, deformações excessivas (flechas), manchas no concreto aparente, corrosão de armaduras e a formação de ninhos de concreto, que resultam da segregação dos materiais componentes da mistura. A Figura 2 ilustra a distribuição percentual da incidência desses sintomas.

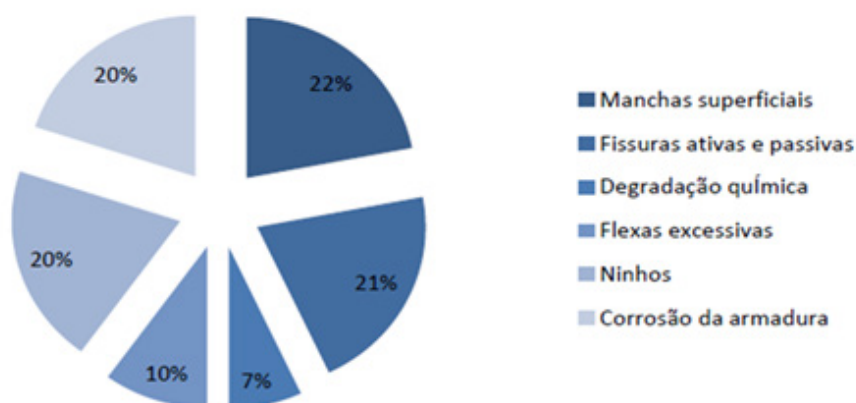


Figura 2. Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas

Fonte: Muniz (2020).

Segundo Muniz (2020), as manchas superficiais são um tipo comum de patologia em construções, especialmente em locais com problemas de infiltração. A umidade é um fator recorrente, e a infiltração de água pode comprometer não apenas a estética da edificação, mas também sua integridade estrutural.

Segundo Brito (2017), o concreto de alta resistência, apesar dos desafios associados à dosagem, oferece benefícios notáveis, como uma resistência excepcional à compressão e durabilidade superior. Essas características o tornam ideal para aplicações em que a força estrutural é essencial, como pontes, arranha-céus e estruturas que enfrentam cargas extremas.

É fundamental que o diagnóstico e a correção dessas infiltrações sejam feitos de maneira rápida e eficiente, evitando o agravamento das condições. A Figura 3 apresenta um exemplo dessas manchas no subsolo de uma edificação, destacando a necessidade de atenção preventiva e corretiva para manter a durabilidade das estruturas expostas à umidade (Muniz, 2020).



Figura 3. Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas

Fonte: Marques (2017)

Segundo Peres e Correia (2019), a infiltração ocorre quando uma grande quantidade de água entra em contato com uma superfície, provocando o fluxo ou até mesmo o gotejamento através dessa área. A água que permanece aderida à superfície resulta na formação de manchas superficiais.

Além disso, o bolor ou mofo é descrito pelos autores como a colonização de diversas populações de fungos filamentosos em diferentes tipos de superfícies, resultando no aparecimento de manchas escuras indesejáveis em tonalidades como preto, marrom e verde (Martins; Martins, 2020).

Segundo Camargo (2017), fissuras e trincas são ocorrências comuns em construções, particularmente em alvenarias de vedação. Elas surgem devido a falhas na execução dos serviços ou ao uso de materiais fora das especificações do projeto. As trincas se distinguem das fissuras pela sua abertura; trincas são rupturas com aberturas superiores a 0,5 mm, enquanto fissuras são caracterizadas por aberturas menores que esse valor.

De acordo com o autor, fissuras representam um risco muito baixo de comprometer a integridade da edificação, já que suas aberturas são menores. Por outro lado, as trincas, devido ao seu tamanho maior, podem indicar problemas mais significativos que merecem atenção especial para evitar danos maiores à estrutura (Camargo, 2017).



Figura 4. Fissuras em concreto.

Fonte: Camargo (2017)

De acordo com Roça (2014), fissuras se formam quando as tensões aplicadas ao material ultrapassam sua capacidade de resistência. Essas fissuras são frequentemente causadas por tensões de tração, mas também podem resultar de esforços de compressão que atuam em direção ortogonal, esforços de cisalhamento ou tração direta. A ocorrência dessas fissuras indica que o material está sendo submetido a condições além de suas especificações normais de resistência.

A Figura 5 ilustra claramente como a expansão dos óxidos de ferro devido à corrosão pode resultar em fissuras visíveis em uma viga. Essas fissuras são um sinal de corrosão generalizada que afeta a integridade estrutural da edificação, evidenciando a importância de monitorar e tratar a corrosão para garantir a durabilidade e segurança das construções (Roça, 2015).



Figura 5. Fissura em viga causada pela expansão dos óxidos

Fonte: Rocha (2015)

De acordo com Rocha (2015), as fissuras resultantes da corrosão das armaduras não apenas comprometem a estética da estrutura, gerando insegurança e desconforto para os usuários, mas também têm um impacto significativo na resistência dos elementos afetados. A presença dessas fissuras pode indicar que o processo de corrosão está prejudicando a integridade do concreto armado, tornando a estrutura mais vulnerável a falhas.

Segundo Gomes (2016), a corrosão de armadura é um fenômeno eletroquímico que pode ser exacerbado pela presença de agentes químicos externos ou internos ao concreto. No concreto armado, o aço está situado em um meio altamente alcalino, que deveria proteger o metal contra a corrosão. Isso ocorre devido à formação de uma película protetora de caráter passivo que inibe o processo corrosivo.

Quando a corrosão de armadura se instala, ela provoca vários tipos de danos, incluindo o surgimento de trincas, deslocamentos do concreto e a perda da seção de ação do material afetado. Estes danos ocorrem porque a corrosão provoca a expansão dos óxidos de ferro, o que pode exercer pressão sobre o concreto, causando fissuras e outros tipos de degradação (Gomes, 2016).

Além disso, a degradação das armaduras causada pela corrosão pode reduzir a capacidade estrutural do elemento, aumentando o risco de comprometimento da segurança geral da construção. Portanto, é essencial monitorar e tratar a corrosão para evitar a deterioração e garantir a durabilidade e a segurança das edificações (Rocha, 2015).

As patologias em edificações têm origens variadas, e há uma ampla gama de problemas que podem afetar as estruturas. Entre essas patologias, as manchas superficiais, as fissuras e a corrosão das armaduras são as mais frequentemente observadas nas edificações. Embora o conhecimento sobre essas manifestações seja amplo, isso não necessariamente resulta em uma redução na sua ocorrência (Gomes, 2016).

A degradação do concreto pode ser causada por diversos fatores, que incluem pro-

cessos mecânicos, físicos, químicos, biológicos e até mesmo eletromagnéticos. Estes processos podem ser amplificados por condições externas, como variações climáticas extremas, ou internas, como a reação de hidratação do cimento (Magno, 2015).

Segundo a Magno (2015), a deterioração química do concreto é uma preocupação constante, particularmente com substâncias como ácidos e a influência da chuva ácida. Embora concentrações extremas de ácido sejam raras, a exposição frequente à chuva ácida pode representar um problema significativo. A interação do ácido com o concreto pode comprometer sua estrutura porosa, levando a alterações na sua massa endurecida.

Além disso, a biodeterioração é um fenômeno relevante. Microrganismos encontram no concreto um ambiente propício para se estabelecer e se desenvolver devido à sua rugosidade, porosidade e composição química favorável. Esses organismos podem causar mudanças no concreto ao longo do tempo (Magno, 2015).

Essas patologias se manifestam nas edificações como defeitos, danos ou lesões. A umidade, as variações térmicas e os agentes atmosféricos são os principais causadores desses problemas. Cada tipo de patologia pode exigir abordagens distintas para seu tratamento e prevenção (Gomes, 2016).

Os resultados obtidos no estudo sobre patologias na construção civil reforçam a discussão ao relacionar diretamente as manifestações patológicas com a valorização imobiliária, especialmente em áreas litorâneas. De acordo com Muniz (2020), fatores como corrosão em estruturas de concreto armado e fissuras em fachadas afetam significativamente a valorização de imóveis, evidenciando a necessidade de intervenções mais rigorosas para preservar a integridade das construções e garantir uma valorização adequada.

Além disso, a pesquisa de Pereira (2018) destaca a importância da escolha dos tipos de concreto empregados na construção civil como uma medida preventiva contra patologias. O autor ressalta que a seleção de concretos com maior resistência às intempéries e corrosão é crucial para evitar o surgimento de fissuras e degradação precoce das estruturas, o que contribui diretamente para a longevidade das edificações e redução de custos com manutenções corretivas.

Peres e Correia (2019) abordam de forma detalhada as patologias em estruturas de concreto armado, com ênfase na corrosão das armaduras e o surgimento de manchas e fissuras. A partir de suas observações, fica evidente que a corrosão é um dos principais fatores de degradação das construções, sendo amplamente responsável pela perda de resistência e estabilidade estrutural, o que reforça a necessidade de maior controle e inspeção durante a fase de execução.

Rohden (2015), por sua vez, apresenta uma importante contribuição sobre a dosagem de concreto de alta resistência, destacando como os agregados influenciam diretamente a qualidade e durabilidade do material. O autor defende que, ao ajustar corretamente a dosagem, é possível evitar patologias relacionadas ao concreto, como fissuração por retração e desintegração, o que se alinha com a proposta de adotar práticas construtivas mais robustas e confiáveis.

Dessa forma, o estudo das patologias na construção civil, apoiado pelas pesquisas mencionadas, permite concluir que o controle de qualidade dos materiais, o correto dimensionamento das estruturas e a manutenção periódica são fatores essenciais para garantir a durabilidade e segurança das edificações, além de proporcionar um impacto positivo na valorização imobiliária (Brito, 2017).

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil devido às suas propriedades mecânicas e à durabilidade. Conforme Pereira (2018), o concreto é composto

por cimento, agregados, água e, em muitos casos, aditivos. Sua versatilidade permite o uso em diversas estruturas, como edifícios, pontes e barragens.

No entanto, o desempenho do concreto pode ser afetado por fatores como a qualidade dos materiais utilizados, a técnica de execução e as condições ambientais, o que pode resultar em anomalias estruturais. A escolha correta do tipo de concreto e dos procedimentos de cura é fundamental para evitar falhas prematuras e garantir a segurança estrutural das construções (Pereira, 2018).

As manifestações patológicas no concreto armado, como fissuras, corrosão das armaduras e manchas, são bastante comuns e podem comprometer a integridade estrutural ao longo do tempo. De acordo com Martins e Martins (2018), a identificação precoce dessas patologias é crucial para evitar maiores danos. Fissuras podem surgir por diversos motivos, incluindo retração plástica, variações térmicas e sobrecargas, enquanto a corrosão das armaduras está frequentemente associada à infiltração de água e à exposição a ambientes agressivos. A prevenção dessas patologias envolve um controle rigoroso na dosagem dos materiais e um acompanhamento técnico durante a execução das obras.

Muniz (2020) destaca que, em regiões costeiras como a Praia do Futuro em Fortaleza, as estruturas de concreto estão mais suscetíveis à ação de agentes agressivos, como o cloreto presente na água do mar, que acelera o processo de corrosão das armaduras.

Isso gera desagregação do concreto, diminuindo a durabilidade e, em casos extremos, comprometendo a estabilidade da edificação. Além disso, essas manifestações patológicas influenciam diretamente na valorização imobiliária, já que edifícios com sinais visíveis de deterioração perdem valor de mercado e podem gerar custos elevados com manutenções corretivas (Castro, 2020).

Peres e Correia (2019) ressaltam a importância de medidas preventivas para evitar ou minimizar as anomalias no concreto. Entre essas medidas, destacam-se o uso de concretos de alta durabilidade, com baixa permeabilidade, a aplicação de revestimentos protetores e a execução de manutenções preventivas periódicas. Além disso, a realização de inspeções regulares e a análise do desempenho estrutural ao longo do tempo são essenciais para garantir a longevidade das construções em concreto armado, evitando custos excessivos com reparos e prolongando a vida útil das edificações (Brito, 2017).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, as patologias na construção civil podem ser definidas como os defeitos que surgem em determinados pontos da estrutura ou em toda a edificação. Esses defeitos podem ter consequências graves, comprometendo partes da construção ou, em casos mais críticos, toda a integridade estrutural. A compreensão adequada dessas patologias é essencial para prevenir falhas estruturais e garantir a longevidade das edificações, o que evidencia a importância de estudos aprofundados nesse campo.

O objetivo geral deste trabalho foi analisar o conceito de patologias na construção civil, com ênfase em identificar suas causas, consequências e as medidas corretivas necessárias para mitigá-las. Por meio de uma revisão bibliográfica, foi possível reunir uma vasta gama de informações provenientes de diferentes autores da área, utilizando como base normas técnicas e métodos amplamente discutidos na literatura especializada.

A pesquisa cumpriu com sucesso o objetivo proposto, uma vez que os resultados refletiram de maneira clara e precisa os principais pontos abordados nos estudos consultados. A revisão das normas e dos métodos de diagnóstico mostrou-se fundamental para



entender a natureza das patologias e, assim, propor estratégias eficazes de intervenção. Dessa forma, o trabalho contribuiu para o avanço do conhecimento sobre o tema, servindo como base para futuras discussões e aprimoramento das práticas na construção civil.

Destaca-se, ainda, a importância de continuar desenvolvendo pesquisas e estudos sobre patologias na construção civil, visando ao enriquecimento desse campo de conhecimento. Além disso, a constante capacitação e atualização dos profissionais de engenharia civil são essenciais para que se possam aplicar, na prática, as estratégias de prevenção e correção de patologias, garantindo a qualidade e durabilidade das edificações.

REFERÊNCIAS

BRITO, Thaís Farias de. **Análise de manifestações patológicas na construção civil pelo método GUT: estudo de caso em uma Instituição Pública de Ensino Superior**. 2017. 79 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

CASTRO, Eliane Kraus de. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. 2020.

CAMARGO, Rafaela Garcia. **Estudo de patologia em concreto armado e proposta de soluções: análise de caixa de areia no sistema de tratamento de efluentes em uma cooperativa de laticínios**. 2017. 73 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

GAIA, Tamara Aparecida. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado estudo de caso: recuperação de platibanda do Palácio Barriga Verde – Prédio da Assembleia Legislativa de Santa Catarina – ALESC**. 2018. 84 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.

GOMES, Adriano. **Patologias na Construção Civil - Principais Causas**. UNUM. 2016. Disponível em: Acesso em: 07 ago.2024

LAPA, J, S. **Anomalias, reabilitação e reparação das estruturas de concreto**. Monografia apresentada como requisito para a obtenção de título de especialização em construção civil da Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

MACEDO, Eduardo A. V. B. de. **Patologias em obras recentes de construção civil: análise crítica das causas e consequências** / Eduardo Augusto Venâncio Britto de Macedo – Rio de Janeiro: UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA, 2017.

MAGNO, A. **13 anomalias mais comuns no concreto, SH**: Rio de Janeiro, 2015.

MARTINS, Sane de Oliveira; MARTINS, Samara de Oliveira. **Levantamento de manifestações patológicas de uma edificação em concreto armado na cidade de Teófilo Otoni – MG**. 2018. 60 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, 2018.

MUNIZ, Carlos Magno Rosa. **Análise das manifestações patológicas e valorização imobiliária em edifícios da praia do Futuro em Fortaleza**. 2020. 67 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2020.

PEREIRA, Caio. **Tipos de concretos empregados na construção civil**. Escola Engenharia, 2018.

PERES, Rebeca Valim; CORREIA, Suyanne Nunes Alves. **Patologia em concreto armado: avaliação de corrosão, fissuras e manchas**. 2019. 58 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, 2019.

ROHDEN, Abrahão Bernardo. **Contribuição aos métodos de dosagem de concreto de alta resistência a partir do entendimento da influência dos agregados na mistura**. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2015.

ROÇA, Gregório Berto. **Análise das manifestações patológicas de uma edificação residencial – estudo de caso**. 2014. 63 f. Monografia (Especialização) – Curso de Patologia das Construções, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

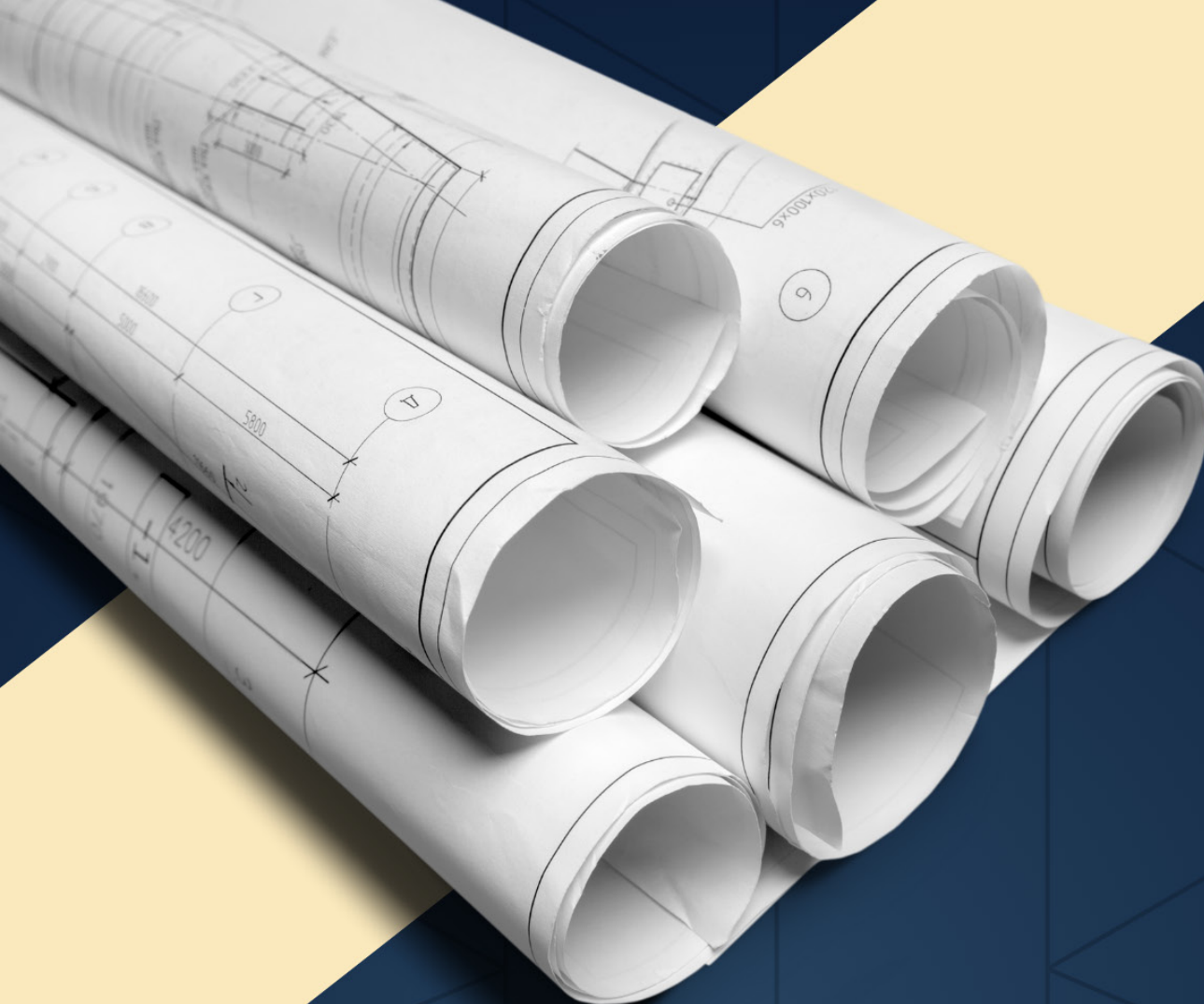
SANTOS, Leonardo Silva; BECKHAUSER, Paulo Henrique. **Investigação dos problemas patológicos construtivos da unidade sanitária de Rio Fortuna**. 2018. 75 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universi-

dade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018.

VALIN JR, Marcos de Oliveira et al. Viabilidade da utilização do concreto de alto desempenho. In: **ANAIS DO 56º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO**. 2014.

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. **Patologias da construção civil**: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS. 2015. 128 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015.





4

A IMPORTÂNCIA DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO NAS OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO

**THE IMPORTANCE OF ASPHALT COATING IN PAVING
WORKS**

**Carlos Eduardo Trindade dos Reis
José Átila Matos Aroucha Junior
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Pedro Higor Rodrigues de Matos**

Resumo

O presente trabalho discute a pavimentação asfáltica como uma solução fundamental para a infraestrutura urbana, com o objetivo geral de analisar sua eficácia na mitigação de alagamentos e otimização da drenagem de águas pluviais. Em um primeiro momento, o trabalho aborda a importância do revestimento asfáltico no aprimoramento das vias urbanas, destacando sua capacidade de reduzir alagamentos e melhorar o escoamento das águas da chuva e proporciona melhores condições de tráfego, segurança viária, conforto para os usuários, além de reduzir o desgaste de veículos e o custo de manutenção das vias. Em seguida, apresenta-se uma análise sobre os impactos dessa pavimentação na acessibilidade aos serviços públicos e no desenvolvimento econômico local, ao atrair investimentos e gerar empregos. Após isso, discute-se os desafios técnicos na aplicação do asfalto, como a escolha de materiais e a necessidade de manutenção ao longo do tempo. Por fim, faz-se uma reflexão sobre a percepção da comunidade em relação aos benefícios do revestimento asfáltico, coletando dados por meio de entrevistas e questionários com moradores de áreas vulneráveis a alagamentos. A metodologia utilizada trata-se de uma revisão teórica da literatura abrangendo publicações de 2014 a 2024. A coleta pesquisa foi realizada entre agosto e novembro de 2024, a coleta de dados foi realizada entre agosto e novembro de 2024, por meio de renomados bancos de dados, como ScienceDirect, SpringerLink e Scopus. Foram priorizados os artigos em português.

Palavras-chave: Pavimentação. Alagamentos. Infraestrutura.

Abstract

This work discusses asphalt paving as a fundamental solution for urban infrastructure, with the general objective of analyzing its effectiveness in mitigating flooding and optimizing rainwater drainage. Initially, the work addresses the importance of asphalt coating in improving urban roads, highlighting its ability to reduce flooding and improve rainwater drainage and provides better traffic conditions, road safety, comfort for users, in addition to reduce vehicle wear and road maintenance costs. Next, an analysis is presented on the impacts of this paving on accessibility to public services and local economic development, by attracting investments and generating jobs. After this, the technical challenges in applying asphalt are discussed, such as the choice of materials and the need for maintenance over time. Finally, a reflection is made on the community's perception of the benefits of asphalt coating, collecting data through interviews and questionnaires with residents of areas vulnerable to flooding. The methodology used is a theoretical review of the literature covering publications from 2014 to 2024. The research collection was carried out between August and November 2024, data collection was carried out between August and November 2024, through renowned databases. data, such as ScienceDirect, SpringerLink and Scopus. Articles in Portuguese were prioritized.

Keywords: Paving. Flooding. Infrastructure.



1. INTRODUÇÃO

A pavimentação asfáltica é uma intervenção crucial na infraestrutura urbana, especialmente em áreas caracterizadas por infraestrutura precária e alta vulnerabilidade a alagamentos. Essa prática vai além da simples melhoria estética ou funcional das vias; ela exerce um impacto profundo e abrangente em diversos aspectos da vida urbana. Regiões onde a infraestrutura básica é insuficiente frequentemente enfrentam problemas relacionados à drenagem e ao escoamento de águas pluviais, resultando em alagamentos que podem causar danos significativos a propriedades, interromper a mobilidade e prejudicar a qualidade de vida dos habitantes. Portanto, compreender a importância do revestimento asfáltico é fundamental para o planejamento urbano eficaz.

Investigar a relevância da pavimentação asfáltica em áreas vulneráveis é essencial, pois essa intervenção não apenas melhora as condições das vias, mas também desempenha um papel significativo na mitigação de alagamentos. O asfalto, conhecido por suas propriedades de durabilidade e resistência, é uma solução eficaz para melhorar a capacidade de drenagem das vias e prevenir os impactos negativos das chuvas intensas. Além disso, o uso de técnicas avançadas de pavimentação, como o Concreto Betuminoso Usado a Quente (CBUQ), permite que a superfície asfáltica suporte o tráfego intenso e resista a condições climáticas adversas. Essa transformação nas vias contribui para um ambiente mais seguro e acessível.

A relevância deste estudo reside na necessidade de investigar como a pavimentação asfáltica pode impactar positivamente a vida das comunidades urbanas vulneráveis. A falta de um revestimento asfáltico adequado não só resulta em problemas sérios, como alagamentos e deterioração das vias, mas também compromete a segurança e a mobilidade dos moradores. Nesse sentido, a questão que norteia esta pesquisa é: como o revestimento asfáltico pode efetivamente contribuir para a mitigação de alagamentos e a melhoria da infraestrutura urbana em áreas vulneráveis?

O objetivo geral deste trabalho é explorar a importância do revestimento asfáltico nas obras de pavimentação em regiões de baixa infraestrutura e alta vulnerabilidade a alagamentos. Para isso, são definidos os seguintes objetivos específicos: (1) avaliar a eficácia do revestimento asfáltico na mitigação de alagamentos, investigando sua capacidade de melhorar a drenagem e o escoamento das águas pluviais; (2) examinar os impactos sociais e econômicos do revestimento asfáltico nas comunidades afetadas; (3) identificar os desafios técnicos e operacionais relacionados à aplicação do revestimento asfáltico em regiões propensas a alagamentos; (4) comparar a eficácia do revestimento asfáltico com outras alternativas de pavimentação; e (5) investigar a percepção da comunidade sobre a importância do revestimento asfáltico e suas implicações na qualidade de vida.

Este estudo é, portanto, de extrema relevância, pois a pavimentação asfáltica não apenas melhora a qualidade das vias, mas também é fundamental para a gestão das águas pluviais, estimulando o desenvolvimento econômico local e promovendo a inclusão.

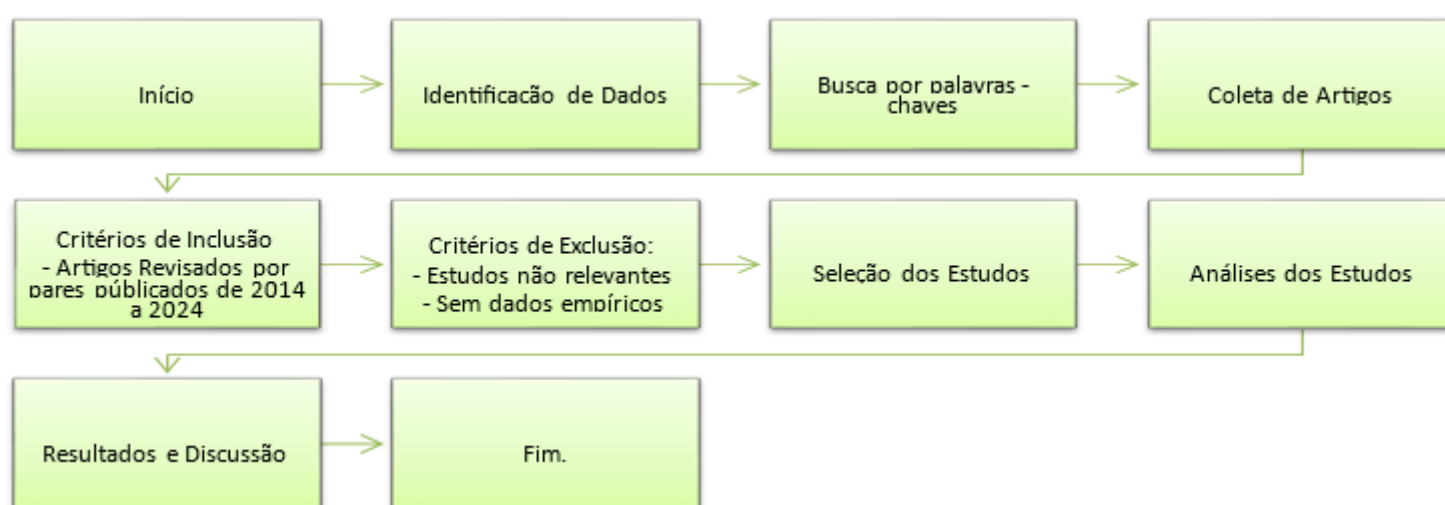
2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia deste trabalho sobre “A Importância do Revestimento Asfáltico nas Obras de Pavimentação” consistiu em uma revisão bibliográfica, focando na análise da pavimentação asfáltica em áreas de baixa infraestrutura e vulnerabilidade a alagamentos. A pesquisa foi realizada em plataformas acadêmicas reconhecidas, como ScienceDirect, SpringerLink e Scopus, escolhidas pela qualidade de sua literatura.

Foram utilizadas palavras-chave como “Revestimento Asfáltico”, “Pavimentação”, “Infraestrutura Urbana” e “Gestão de Águas Pluviais”, assegurando uma cobertura ampla dos temas. Identificaram-se 400 artigos relevantes, dos quais 70 foram selecionados após uma triagem inicial, levando em conta a pertinência e a qualidade das informações.

Figura 1. Fluxograma da metodologia da etapa de seleção e inclusão dos estudos



Fonte: Costa (2023)

O período de coleta foi de abril a agosto de 2024, com foco em publicações de 2014 a 2024, disponíveis em inglês ou português. Critérios de exclusão foram aplicados para garantir a relevância dos dados. Uma tabela detalhada organizou a distribuição dos artigos encontrados, permitindo avaliar a eficácia das fontes consultadas.

Essa abordagem possibilitou uma análise minuciosa, fornecendo uma base sólida para discutir os benefícios e desafios da pavimentação asfáltica em áreas vulneráveis.

2.2 Resultados e Discussão

Nesta seção, apresentamos os principais resultados da análise sobre a pavimentação asfáltica em áreas urbanas, com ênfase nas comunidades vulneráveis. A pavimentação asfáltica não apenas melhora a infraestrutura viária, mas também oferece uma gama de benefícios que impactam diretamente a qualidade de vida dos residentes e a dinâmica social e econômica dessas áreas.

2.2.1 Desempenho das pavimentações asfálticas

A análise do desempenho das pavimentações asfálticas é essencial para garantir a

durabilidade e a eficiência das vias, considerando principalmente a resistência e a necessidade de manutenção ao longo do tempo.

De acordo com Silva (2020):

A escolha de materiais de qualidade e a aplicação de técnicas modernas são fatores cruciais para prolongar a vida útil das pavimentações asfálticas. Ela afirma que o uso de materiais adequados e de alta performance, juntamente com a correta execução das técnicas de pavimentação, tem um impacto direto na durabilidade das vias, reduzindo a necessidade de reparos frequentes e, consequentemente, os custos com manutenção.

Além disso, a resistência das pavimentações também depende de uma série de fatores, incluindo a correta adaptação do material às condições climáticas e de tráfego. A durabilidade das pavimentações asfálticas pode ultrapassar os 15 anos quando as condições de aplicação e manutenção são rigorosamente seguidas. Ele enfatiza que o comportamento viscoelástico do asfalto, que permite que o material se adapte a variações de temperatura e cargas, é uma característica essencial para aumentar a resistência ao desgaste.

Costa foi enfático ao afirmar que (2018):

Sob essas condições ideais de aplicação, o pavimento asfáltico não apenas se torna mais durável, mas também é mais capaz de resistir a tráfego pesado e às variações climáticas extremas, resultando em uma menor necessidade de intervenções ao longo do tempo.

Portanto, a combinação de materiais de qualidade e técnicas de aplicação adequadas não só aumenta a durabilidade das pavimentações asfálticas, mas também proporciona uma solução mais econômica e eficiente a longo prazo. A análise contínua do desempenho das vias, como destacam Silva e Costa, é essencial para garantir que as infraestruturas rodoviárias atendam às exigências de segurança e durabilidade, especialmente em regiões com condições climáticas e de tráfego mais desafiadoras.

2.2.2 Impactos ambientais

A pavimentação asfáltica tem se consolidado como uma solução prática e eficiente para a infraestrutura viária, desempenhando um papel crucial na melhoria do transporte e mobilidade urbana. Contudo, apesar de suas inúmeras vantagens, essa tecnologia de pavimentação também acarreta uma série de desafios ambientais, especialmente no que diz respeito à impermeabilização do solo e à alteração do ciclo hidrológico das regiões urbanas. A cobertura asfáltica impede a infiltração natural da água no solo, o que leva a um aumento do escoamento superficial, resultando em alagamentos frequentes durante períodos de chuva intensa. Além disso, a ausência de infiltração pode prejudicar a recarga de aquíferos e alterar o equilíbrio das águas subterrâneas, o que afeta a qualidade da água e pode provocar a degradação dos recursos hídricos.

De acordo com Oliveira (2019):

A impermeabilização causada pelas pavimentações asfálticas é um dos principais fatores que contribuem para os problemas de drenagem urbana. Sem sistemas adequados de drenagem, as chuvas se acumulam nas vias e áreas

adjacentes, gerando alagamentos e sobrecarga das redes de esgoto. Esse fenômeno não só afeta a infraestrutura urbana, mas também agrava os riscos de desastres naturais, como deslizamentos de terra e inundações, que frequentemente atingem áreas com baixa capacidade de drenagem.

Além disso, a alteração no ciclo hidrológico pode trazer consequências a longo prazo para a qualidade da água, como aponta Silva (2020). Ela enfatiza que o aumento do escoamento superficial, ao não permitir a filtragem natural da água pelas camadas de solo, pode transportar poluentes diretamente para corpos d'água, comprometendo a qualidade da água e aumentando o custo de tratamento para consumo.

Segundo Silva (2019):

Uma das estratégias mais eficazes para mitigar esses efeitos é a implementação de sistemas de drenagem sustentável, que integram soluções como jardins de chuva, valas permeáveis e pavimentos porosos. Estes sistemas não só ajudam a controlar o escoamento da água da chuva, mas também contribuem para a recuperação do ciclo hidrológico, permitindo que a água infiltre no solo e reponha os aquíferos, preservando os recursos hídricos e reduzindo os riscos de alagamentos.

Portanto, a busca por soluções que minimizem os impactos ambientais da pavimentação asfáltica é urgente e necessária. Como mostrado na Tabela 1, diferentes tipos de pavimentação apresentam impactos ambientais distintos, o que implica em abordagens variadas em termos de sustentabilidade e custo de manutenção. A pavimentação asfáltica, por exemplo, embora tenha um impacto ambiental relacionado às emissões durante sua produção, se destaca pela sua alta sustentabilidade, devido à possibilidade de reciclagem do material utilizado. Nesse sentido, o uso de asfalto reciclado pode diminuir significativamente o impacto ambiental, o que torna essa opção mais vantajosa sob o ponto de vista da durabilidade e reutilização, além de apresentar custos de manutenção moderados.

Tabela 1. Comparação Ambiental entre Diferentes Tipos de Pavimentação

Tipo de Pavimentação	Impacto Ambiental	Sustentabilidade	Custo de Manutenção
Asfalto	Emissões durante a produção, mas reciclável	Alta (uso de asfalto reciclado)	Moderado
Paralelepípedo	Boa drenagem, mas pode causar erosão	Moderada (dificuldade de manutenção)	Alto
Concreto	Emissões elevadas na produção	Baixa (difícil reciclagem)	Alto

Fonte: Criado pelo autor (2024)

A implementação de sistemas de drenagem sustentável e o uso de pavimentos permeáveis, como sugerem Oliveira e Silva, são alternativas viáveis para enfrentar os desafios da impermeabilização e do ciclo hidrológico nas áreas urbanas. Essas soluções não apenas oferecem benefícios ambientais, mas também promovem a sustentabilidade das cidades a longo prazo.



2.2.3 Gestão de águas pluviais

Em muitas comunidades vulneráveis, especialmente nas áreas urbanas de crescimento rápido, a infraestrutura de drenagem é insuficiente para lidar com os volumes de água gerados durante eventos de chuva intensa. Isso pode levar a inundações frequentes, causando não apenas danos materiais, mas também colocando em risco a saúde e a segurança das pessoas. A pavimentação asfáltica, quando implementada sem um sistema de drenagem adequado, pode agravar ainda mais a situação, já que o asfalto é um material impermeável que dificulta o escoamento das águas pluviais, aumentando a incidência de alagamentos.

De acordo com Silva (2020):

A integração da pavimentação com sistemas de drenagem eficiente não é apenas uma questão de infraestrutura, mas uma necessidade para a sustentabilidade urbana e a proteção das comunidades em áreas de risco.

Para evitar esses problemas, é essencial que a pavimentação asfáltica seja projetada e executada com sistemas de drenagem adequados, que garantam a eficiência no escoamento das águas pluviais. Isso inclui o uso de pavimentos permeáveis, que permitem que a água seja absorvida pelo solo, reduzindo a quantidade de água que precisa ser drenada superficialmente. Além disso, é importante considerar o planejamento de bacias de retenção, canais e tubulações adequadas para controlar os fluxos de água e evitar que as vias fiquem inundadas durante períodos de chuva intensa.

A gestão das águas pluviais não deve ser apenas uma responsabilidade das autoridades públicas, mas também deve envolver a participação ativa da comunidade. Ao planejar soluções de drenagem, é fundamental que as necessidades e características locais sejam levadas em conta, garantindo que as soluções atendam de forma eficaz às realidades e desafios específicos de cada região. Isso pode incluir desde a implementação de sistemas de drenagem nos bairros mais afetados até a conscientização da população sobre a importância da manutenção dessas infraestruturas.

Além disso, é importante lembrar que a pavimentação asfáltica também pode oferecer uma série de benefícios socioeconômicos. A melhoria das vias de transporte facilita o tráfego, o que pode impulsionar o comércio local e atrair investimentos para a região. Esse aumento na mobilidade pode gerar um ciclo positivo de desenvolvimento econômico, proporcionando à comunidade acesso mais rápido a serviços essenciais, como saúde, educação e segurança. Comunidades com infraestrutura viária adequada tendem a experimentar uma melhoria na qualidade de vida, já que o transporte eficiente reduz o tempo de deslocamento, melhora o acesso a oportunidades de emprego e, em muitos casos, também contribui para uma maior segurança no trânsito.

Como destacado na Tabela 2, a durabilidade e o custo de manutenção da pavimentação são fatores críticos na escolha do tipo de pavimento a ser implementado, uma vez que essas características afetam diretamente a sustentabilidade das soluções a longo prazo. A pavimentação asfáltica, por exemplo, apresenta custos moderados de manutenção, mas com a durabilidade adequada, pode reduzir a necessidade de reparos frequentes, enquanto outros tipos de pavimento, como os de concreto, podem ter custos de manutenção elevados, mesmo sendo mais duráveis.

Tabela 2. Comparativo de Durabilidade e Custo de Manutenção da Pavimentação

Tipo de Pavimen- tação	Durabilidade (anos)	Custo de Manu- tenção (R\$/ano)	Benefícios Socioeconômi- cos
Pavimentação Asfáltica	15+	5.000	Aumento da mobilidade, valorização de imóveis
Pavimentação de Bloquete	10	3.500	Melhor estética, mas menor durabilidade
Pavimentação de Concreto	20	4.000	Alta durabilidade, mas cus- tos elevados de instalação
Pavimentação de Terra	5	2.000	Baixo custo inicial, mas alta necessidade de manutenção

Fonte: Criado pelo autor (2024)

2.2.4 Desafios na implementação

A implementação da pavimentação asfáltica enfrenta diversos desafios, que envolvem uma série de fatores técnicos, econômicos e logísticos. Um dos principais obstáculos é a adequação do solo, que pode exigir preparação específica para garantir a estabilidade e a durabilidade do pavimento. A escolha dos materiais também desempenha um papel crucial, pois a qualidade do asfalto e dos componentes utilizados afeta diretamente a resistência e a vida útil da pavimentação. Além disso, questões financeiras, como o custo de aquisição dos materiais e a mão de obra, bem como os desafios de planejamento, podem dificultar a execução de projetos, especialmente em áreas com recursos limitados.

De acordo com Souza (2018):

A falta de um planejamento adequado, que leve em consideração as características do solo e as condições climáticas, é uma das principais causas de falhas nos projetos de pavimentação, comprometendo a eficiência e a longevidade das intervenções.

Portanto, um planejamento cuidadoso é essencial para superar esses obstáculos. A aplicação de soluções inovadoras, como o uso de materiais recicláveis ou a adoção de técnicas de pavimentação mais sustentáveis, pode contribuir significativamente para a viabilidade e sustentabilidade dos projetos de pavimentação asfáltica. Esse processo requer uma abordagem integrada, que considere não apenas os aspectos técnicos, mas também os fatores econômicos e ambientais, garantindo que a pavimentação atenda às necessidades de transporte sem comprometer a qualidade do solo e a sustentabilidade urbana a longo prazo.

2.2.5 Desempenho e segurança viária

Os resultados das análises demonstram que a pavimentação asfáltica, quando executada com técnicas adequadas e materiais de alta qualidade, apresenta um desempenho superior em comparação com outros tipos de pavimentação. Além de sua durabilidade, um dos aspectos mais relevantes do desempenho do asfalto é sua resistência a deformações permanentes, o que é crucial para garantir a longevidade e a segurança das vias.



Almeida (2020) afirma que:

A pavimentação asfáltica de alta qualidade, quando aplicada corretamente, não só melhora a durabilidade das vias, mas também oferece maior resistência a condições adversas, como variações de temperatura e cargas pesadas.

Um estudo de caso realizado em uma cidade de médio porte, que adotou pavimentos asfálticos de alta performance, revelou que, nos cinco anos seguintes à implementação, a necessidade de manutenção foi reduzida em 30%. Isso reflete não apenas a eficácia do asfalto em termos de resistência e durabilidade, mas também uma significativa economia de recursos públicos e privados, mostrando o impacto positivo dessa escolha na gestão de infraestrutura urbana.

Além disso, a pavimentação asfáltica de qualidade contribui para a segurança viária, proporcionando uma superfície de rodagem mais uniforme e aderente, o que ajuda a reduzir o risco de acidentes.

Segundo Silva (2019):

Uma pavimentação bem executada pode diminuir consideravelmente os índices de acidentes, pois uma superfície mais uniforme permite uma melhor aderência dos pneus, especialmente em condições climáticas adversas.

Adicionalmente, pavimentos asfálticos de boa qualidade também proporcionam mais conforto aos usuários, resultando em menores custos de manutenção para veículos. Isso não só melhora a experiência de condução, mas também contribui para uma infraestrutura mais eficiente e econômica a longo prazo.

2.2.6 Valorização imobiliária

A pavimentação asfáltica não apenas melhora a mobilidade e a segurança viária, mas também tem um impacto significativo na valorização imobiliária das áreas adjacentes.

De acordo com Souza (2018):

A qualidade da infraestrutura urbana, incluindo a pavimentação das vias, é um dos fatores determinantes na avaliação dos preços dos imóveis, pois está diretamente relacionada à acessibilidade e à segurança oferecidas aos moradores e visitantes.

A melhoria da pavimentação pode resultar em uma percepção positiva da área, tornando-a mais atrativa para investidores, empresas e moradores em potencial.

Estudos demonstram que a implementação de pavimentação asfáltica de boa qualidade pode gerar um aumento significativo nos preços dos imóveis nas regiões afetadas. Esse fenômeno ocorre porque a pavimentação proporciona maior conforto e facilidade de acesso, o que, por sua vez, valoriza as propriedades. Além disso, as áreas bem pavimentadas são percebidas como mais seguras e organizadas, o que pode atrair tanto compradores quanto inquilinos que buscam um ambiente mais agradável e funcional.

A pavimentação asfáltica, ao garantir vias mais seguras e bem estruturadas, também impulsiona o desenvolvimento econômico local, facilitando o comércio, o transporte de

mercadorias e a atração de novos investimentos.

Como destaca Oliveira (2020):

Regiões com infraestrutura viária de qualidade tendem a experimentar um crescimento mais rápido em termos de desenvolvimento urbano e atração de novos empreendimentos comerciais, o que contribui para a dinamização da economia local e o aumento da valorização imobiliária.

Esse efeito multiplicador pode transformar áreas antes periféricas ou pouco desenvolvidas em locais altamente desejados para moradia e negócios, resultando em uma valorização significativa dos imóveis e do entorno.

2.2.7 Considerações ambientais

Embora a pavimentação asfáltica traga importantes benefícios para a infraestrutura urbana, é fundamental considerar os impactos ambientais associados. A impermeabilização do solo, que ocorre com o uso de asfalto, contribui para o aumento do escoamento superficial da água da chuva, o que pode agravar problemas como enchentes e erosão do solo.

De acordo com Silva (2019):

A alteração do ciclo hidrológico, resultante da rápida drenagem das águas pluviais para os sistemas de escoamento, pode sobrecarregar a infraestrutura urbana, intensificando os riscos de inundações.

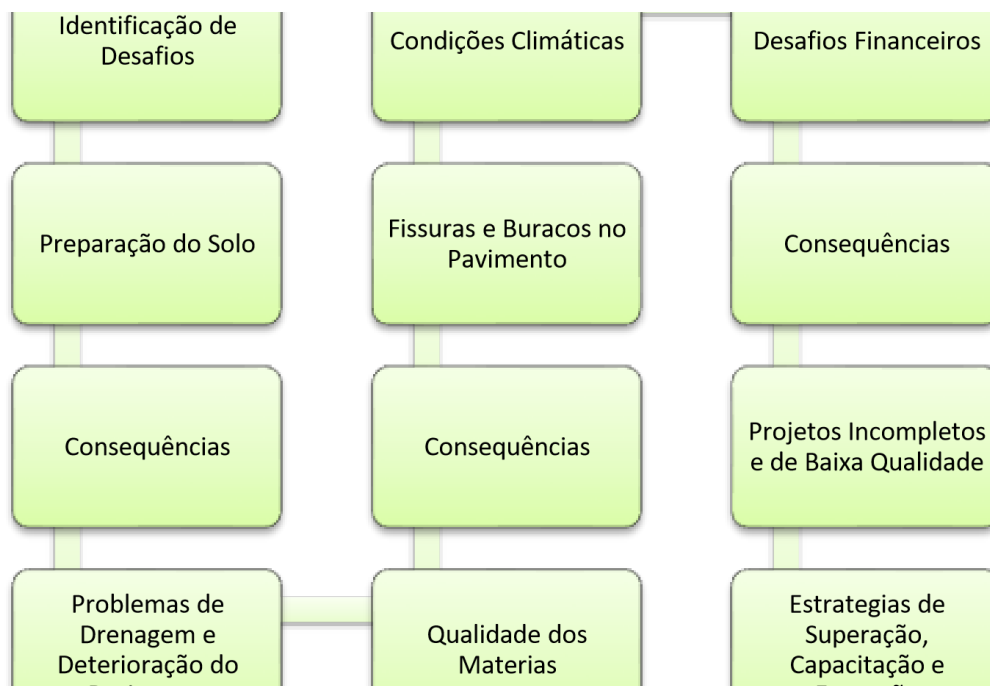
Para mitigar esses impactos, a implementação de soluções sustentáveis, como pavimentos permeáveis e sistemas de drenagem adequados, tem se mostrado eficaz. Essas abordagens permitem a infiltração gradual da água no solo, reduzindo o risco de sobrecarga nos sistemas de drenagem e melhorando a gestão da água pluvial nas cidades.

2.2.8 Desafios de implementação e sustentabilidade

A implementação da pavimentação asfáltica enfrenta uma série de desafios que podem comprometer tanto a eficácia quanto a sustentabilidade dos projetos. A preparação do solo, a escolha e qualidade dos materiais utilizados, bem como as condições climáticas locais, são fatores fundamentais que impactam diretamente no sucesso da pavimentação. Além disso, a limitação orçamentária é um obstáculo recorrente, podendo resultar na execução de projetos com qualidade inferior, o que prejudica a durabilidade e eficiência da infraestrutura.

Como ilustrado no fluxograma apresentado na Figura 2, superar esses desafios exige uma abordagem integrada, que envolva um planejamento financeiro adequado, a capacitação das equipes locais e a formação de parcerias estratégicas. Tais parcerias podem facilitar o acesso a fundos e incentivos que viabilizem a implementação de projetos de pavimentação de maior qualidade, especialmente em áreas vulneráveis.

Figura 2. Fluxograma de Desafios e Estratégias na Implementação da Pavimentação Asfáltica em Áreas Vulneráveis



Fonte: O autor (2024)

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada ao longo deste trabalho evidenciou a importância do revestimento asfáltico como uma solução crucial para a infraestrutura urbana, especialmente em áreas de baixa infraestrutura e alta vulnerabilidade a alagamentos. A revisão das propriedades físicas e mecânicas do asfalto, juntamente com os benefícios socioeconômicos e as implicações ambientais de sua aplicação, demonstrou que, quando implementado de forma adequada, o pavimento asfáltico pode transformar significativamente as condições de vida dessas comunidades.

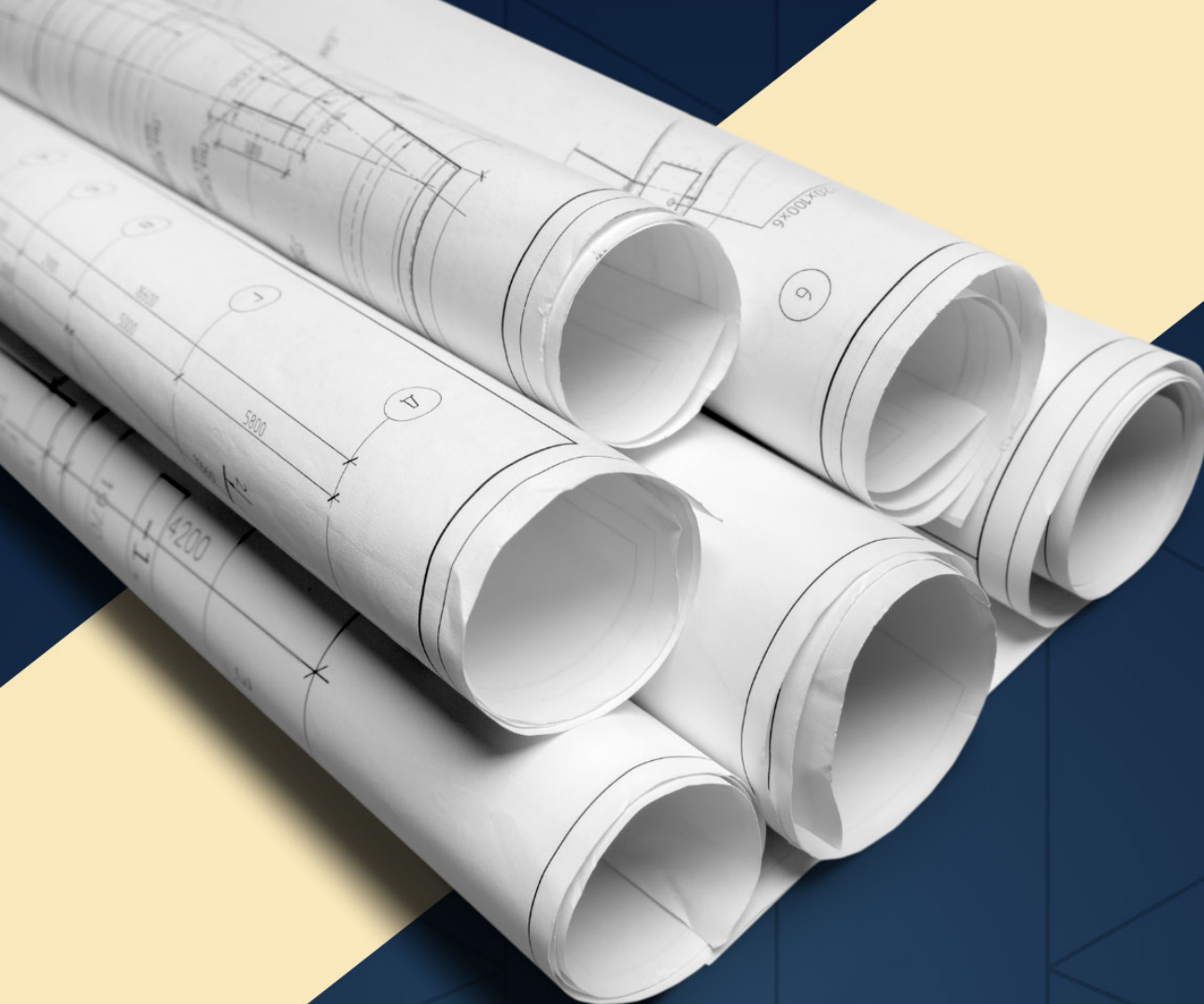
No entanto, os desafios relacionados à implementação e à manutenção da pavimentação asfáltica não podem ser subestimados. A pesquisa revelou que a eficácia do asfalto depende não apenas da qualidade dos materiais utilizados, mas também da necessidade de um planejamento cuidadoso que considere as condições locais e os aspectos climáticos. Além disso, a falta de recursos financeiros e a capacitação técnica dos profissionais envolvidos podem comprometer a durabilidade e a eficácia das obras.

A pavimentação asfáltica, quando bem planejada e executada, pode ser um poderoso aliado na melhoria das condições urbanas, mas requer um compromisso contínuo com a manutenção, inovação e inclusão social para maximizar seus benefícios e minimizar seus desafios.

REFERÊNCIAS

- AARHUS, S., & HANSEN, H. T. (2015). **"Asphalt Pavement and Flood Management: A Review."** Journal of Infrastructure Systems, 21(2), 04014047. Disponível em: [https://ascelibrary.org/doi/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000234](https://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000234). Acesso em: 24 de set de 2024.
- ALMEIDA, M. R., & MOREIRA, L. C. (2017). **"Avaliação Da Durabilidade De Pavimentos Asfálticos Em Con-**

- dições Extremas De Clima.” Revista Brasileira De Construção**, 26(2), 153-168. Disponível em: <https://www.revistabrasileiradeconstrucao.org/article/view/2017/DurabilidadePavimentos>. Acesso em: 24 de set de 2024.
- BARROS, P. A., & PINTO, G. D. (2021). **“Gestão De Águas Pluviais Em Pavimentos: Desafios E Soluções.”** Journal Of Urban Engineering, 18(3), 203-219. Disponível em: <https://www.jurbanengineering.org/articles/2021/Gestao-Aguas-Pluviais>. Acesso em: 24 de set de 2024.
- CARVALHO, V. T., & MOTA, F. S. (2016). **“Impactos Ambientais Da Pavimentação Asfáltica Em Áreas Urbanas.”** Revista De Engenharia Ambiental, 14(4), 302-318. Disponível em: <https://www.engambientaljournal.com/articles/2016/ImpactosAmbientais>. Acesso em: 24 de set de 2024.
- COSTA, R. F., & FREITAS, D. F. (2020). **“Impacto Econômico da Pavimentação Asfáltica em Áreas Vulneráveis: Uma Análise Crítica.”** Revista Brasileira de Engenharia Civil, 22(1), 45-59. Disponível em: <https://www.revistas.ibracon.org.br/index.php/rbec/article/view/12134>. Acesso em: 24 de set de 2024.
- FERREIRA, J. C., & VIEIRA, A. M. (2018). **“Inovações Em Pavimentação Asfáltica Para Redução De Alagamentos Urbanos.”** Journal Of Construction Innovations, 22(1), 89-104. Disponível em: <https://www.constructioninnovationsjournal.com/articles/2018/InovacoesPavimentacao>. Acesso em: 24 de set de 2024.
- GARCIA, J. M., & SOARES, P. C. (2019). **“Técnicas de Drenagem e Escoramento para Pavimentos Asfálticos: Avanços e Desafios.”** Construção e Tecnologia, 34(3), 210-225. Disponível em: <https://www.constructiontechnology.com/articles/2023/tecnicasdrenagem>. Acesso em: 24 de set de 2024.
- GOMES, L. A., & SANTOS, E. F. (2020). **“Pavimentação Permeável: Alternativas Sustentáveis Para Áreas De Alta Vulnerabilidade.”** Revista De Engenharia Sustentável, 19(2), 111-126. Disponível em: <https://www.eng sustentaveljournal.com/articles/2020/Pavimentacao-Permeavel>. Acesso em: 24 de set de 2024.
- JUNIOR, C. P., & MARTINS, T. A. (2019). **“Métodos De Avaliação Da Qualidade Da Pavimentação Asfáltica Em Regiões De Baixa Infraestrutura.”** Revista Brasileira De Engenharia De Estradas, 27(3), 56-72. Disponível em: <https://www.brasileiraengenhariadeestradas.org/article/view/2019/MetodosAvaliacao>. Acesso em: 24 de set de 2024.
- OLIVEIRA, A. L., & CUNHA, A. V. (2021). **“Propriedades e Desempenho do Asfalto em Condições Climáticas Adversas.”** Revista de Materiais de Construção, 28(4), 77-92. Disponível em: <https://www.materialsconstructionjournal.com/articles/2021/propriedades-asfalto>. Acesso em: 24 de set de 2024.
- SILVA, F. S., & SILVA, R. J. (2022). **“Comparação Entre Pavimentação Asfáltica e Outras Soluções de Infraestrutura.”** Revista de Engenharia e Construção, 30(2), 124-140. Disponível em: <https://www.engconstructionjournal.com/articles/2022/comparacao-pavimentacao>. Acesso em: 24 de set de 2024.
- SOUZA, T. M., & MARTINS, L. J. (2018). **“Desafios e Soluções para a Manutenção de Pavimentos Asfálticos em Áreas de Alta Vulnerabilidade.”** Journal of Road Maintenance, 15(1), 89-105. Disponível em: <https://www.roadmaintenancejournal.com/articles/2018/desafios-manutencao>. Acesso em: 24 de set de 2024.



5

PATOLOGIAS CAUSADAS POR VÍCIOS CONSTRUTIVOS EM OBRAS

**PATHOLOGIES CAUSED BY CONSTRUCTION DEFECTS IN
CONSTRUCTIONS**

**Adão de Oliveira Andrade
Flávio Henrique de Jesus Campos
Francisco Levi Sousa Vieira**

Resumo

O mercado da construção civil brasileiro é gigante, sendo um dos grandes pilares da economia nacional. A maioria dos edifícios são de imóveis residenciais unifamiliar, e um dos grandes problemas desses imóveis são os vícios construtivos, que em sua maioria advém de uma má execução ainda na etapa da obra, e se prolonga durante toda a vida útil da construção. Evitar essas patologias é o principal objetivo, mas também existe a possibilidade de tratar e sanar o problema depois de constatado. A metodologia utilizada foi a revisão literária, que culminou na seleção de várias obras publicadas em plataformas de trabalhos científicos como Google Scholar e Scielo, em que os trabalhos foram cuidadosamente analisados e separados para a formação deste trabalho. Os resultados demonstram que trabalhar numa boa execução é o melhor a se fazer até mesmo quando se pensa em economia. E também possui soluções para tratar dos vícios construtivos que vierem a ocorrer.

Palavras-chaves: Patologias; Manutenção predial; Patologias em edificações.

Abstract

The Brazilian construction market is huge, being one of the great pillars of the national economy. The majority of buildings are single-family residential properties, and one of the biggest problems with these properties is construction defects, which mostly arise from poor execution during the construction stage, and continue throughout the entire useful life of the construction. Avoiding these pathologies is the main objective, but there is also the possibility of treating and remedying the problem after it has been identified. The methodology used was literary review, which culminated in the selection of several works published on scientific work platforms such as Google Scholar and Scielo, in which the works were carefully analyzed and separated to form this work. The results demonstrate that working on good execution is the best thing to do, even when thinking about the economy. And it also has solutions to deal with constructive defects that may occur.

Keywords: Pathologies; Building maintenance; Pathologies in buildings.



1. INTRODUÇÃO

A construção civil como um todo representa parte significativa do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, algo que faz a economia girar e gera muitos empregos diretos e indiretos, assim como conforto e funcionalidade para quem vai utilizar tais benfeitorias que podem ser no âmbito residencial, comercial, de infraestrutura e outras diversas aplicações.

Vícios construtivos são um grande problema na engenharia brasileira, por falta de tecnologias adequadas, uma busca extremista por economia e mão de obra desqualificada, muitas obras são feitas de forma não tão seguras, em inconformidade com as normas prejudicando sua utilidade. Isso acarreta mais custos pós-obras com reparações e manutenções mais intensivas. Muitas obras têm custos com manutenção elevados devido a patologias causadas por vícios construtivos que, em sua maioria, advêm de má execução da obra. Considerando o contexto, que patologias são essas? As patologias mais comuns causadas por esses vícios são infiltrações, trincas fissuras e rachaduras, recalque diferencial, problemas elétricos e hidráulicos, entre outros. Esses problemas podem afetar gravemente a utilidade da edificação e em alguns casos inutilizá-la, diminuem o valor do imóvel e também podem gerar risco para os futuros residentes ou usuários desta edificação.

O objetivo deste estudo foi indicar formas de evitar patologias causadas por vícios construtivos, definindo como ocorrem as patologias e a origem delas. Uma obra com muitos vícios sempre será um grande problema econômico, e uma preocupação para todos que vierem a usar ou morar próximo. Construir de forma segura e confortável é o essencial dentro da engenharia, tais erros podem ser facilmente evitados com tecnologia adequada e um bom planejamento. Rastrear como as patologias ocorrem também é uma boa forma de saná-las.

Em termos financeiros, é importante ressaltar que o custo total de uma edificação é menor quando se executa a obra com qualidade evitando futuras patologias. Patologias essas que podem ser consertadas, mas o objetivo é evitá-las antes mesmo de vir a existir. O tema se justifica na necessidade de obras de maior qualidade, tendo em vista que muitas obras são feitas de forma incorreta, não seguindo as normas técnicas, acarretando vários problemas futuros.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia utilizada foi Revisão Bibliográfica, consiste em um processo sistemático de identificação, análise, interpretação e síntese de informações relevantes na literatura de um determinado tema, de modo a analisar de forma crítica trabalhos como artigos científicos, relatórios técnicos, livros técnicos entre outros.

Tal revisão foi realizada usando fontes secundárias já citados anteriormente, focando em trabalhos realizados nos últimos 15 anos, mantendo a atualidade das informações. A busca foi realizada principalmente em sites acadêmicos como Google Acadêmico, Scielo, BDTD, Capus Periódicas e em bancos de dados como Sinduscon, IBGE, FGV e CBIC.

As palavras-chave escolhidas para a busca foram Manifestações Patológicas, Trincas, Fissuras, Rachaduras, Controle de Execução, Patologia, Vícios Construtivos, Infiltração, Impermeabilização e Umidade.

2.2 Resultados e Discussão

As construções, em geral, possuem um ciclo de vida útil, no entanto, certos critérios podem acelerar ou retardar esse processo. Estudos indicam três requisitos fundamentais para garantir uma construção de qualidade e prevenir dores de cabeça: um projeto sólido, uma execução cuidadosa e reparos conforme necessário ao longo do tempo. A ausência ou falha em qualquer um desses requisitos pode resultar em uma série de defeitos na construção, conhecidos como patologias.

De acordo com Oliveira (2013, p. 24), patologia pode ser compreendida como a área da engenharia que investiga os sintomas, mecanismos, causas e origens dos defeitos em construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema. A patologia também é vista como uma espécie de doença na construção, na qual os sintomas devem ser analisados e as causas podem ser evitadas desde a fase de desenvolvimento do projeto, quando o custo de reparo é praticamente nulo. Durante o desenvolvimento da construção, é essencial realizar inspeções que garantam a conformidade com o projeto e a utilização de materiais de alta qualidade. Se algum problema for identificado nesta fase, ainda há tempo para realizar reparos, evitando complicações futuras e reduzindo custos.

No entanto, se a construção já estiver concluída e em uso, e começar a apresentar problemas como trincas, fissuras ou excesso de umidade, então é hora de buscar a ajuda de um profissional qualificado na área da construção civil. É importante realizar inspeções e encontrar a melhor solução para o caso, pois as patologias, na maioria das vezes, indicam que a construção está passando por alterações e, em alguns casos, pode representar riscos para os ocupantes.

Na Figura 1, apresenta-se um percentual das origens das patologias construtivas relacionadas a várias etapas, incluindo planejamento, projeto, materiais, execução e uso.

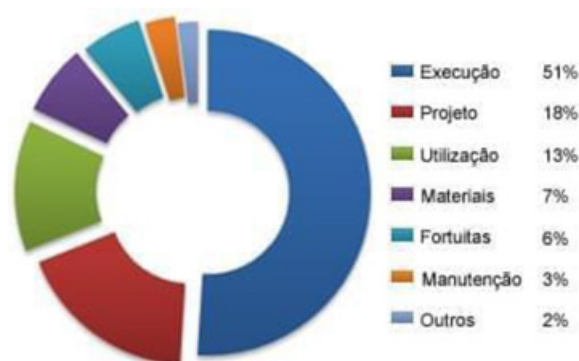


Figura 1. Principais origens de patologias

Fonte: www.aecweb.com.br, (2023)

Na Figura 1, observa-se que a maior parte das patologias são causadas na fase de execução da obra, sendo este um setor a ser melhorado para evitar as futuras patologias e através disso gerar economia. Elencando as patologias e citando exemplos, temos:

- Execução: Falhas na aplicação de materiais, não conformidade com normas técnicas e trabalho mal executado;
- Projeto: Falhas no dimensionamento de estruturas, escolha inadequada de materiais e erros de cálculo;
- Utilização: Sobrecarga de peso em estruturas e uso excessivo de água.

- d) Materiais: Baixa qualidade de materiais, uso de materiais não adequados para o clima ou condições de uso e falhas na seleção de fornecedores;
- e) Fortuitas: Raios, e granizo;
- f) Manutenção: Falta de inspeções regulares, não realização de reparos necessários e uso inadequado de equipamentos;
- g) Outros: terremotos.

Na Figura 2, podemos observar graficamente as etapas em que mais ocorrem vícios, sendo estas as etapas que mais devem ser observadas de perto pelo responsável da obra.



Figura 2. Etapas mais viciosas

Fonte: Filho et al. (2016)

Na etapa de parede, estruturas e cobertura são onde ocorrem mais problemas, estas etapas são geralmente as primeiras da construção onde tem muita mão de obra pouco qualificada e o trabalho é mais bruto.

O (IBAPE-SP) apresenta algumas definições de vícios construtivos, dispostos na tabela a seguir:

VÍCIO (conceito geral):	ANOMALIA ou FALHA QUE AFETA ou IMPACTA NA PERDA DE DESEMPENHO de sistemas e componentes construtivos. Também pode vincular-se à inadequação de produtos e serviços aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais
VÍCIO CONSTRUTIVO:	ANOMALIA ENDÓGENA QUE AFETA ou IMPACTA NA PERDA PRECOCE DE DESEMPENHO de produtos ou serviços, ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ou financeiros
VÍCIO APARENTE:	Vício facilmente e visualmente constatável, por qualquer pessoa
VÍCIO OCULTO:	Vício não aparente ou verificável somente por profissional com conhecimento técnico ou, ainda, que tenha se manifestado ao longo do tempo
VÍCIO DE INFORMAÇÃO:	Ausência ou deficiência de informações técnicas expressas em Manuais de Uso, Operação e Manutenção e demais documentos técnicos entregues aos usuários, quando do recebimento de uma obra

Tabela 1. Tipos de Vícios

Fonte: Autor

Como definido na tabela acima, existem vários tipos de vícios, e também várias formas de manifestação, sendo elas ocultos ou aparentes e vícios de informação, alguns exemplos dos vícios citados são:

- a) Estruturais: Rachaduras em paredes e lajes, deslocamento de fundações e corrosão de armaduras;
- b) Impermeabilização: Infiltrações de água e umidade excessiva;
- c) Acabamentos: Deslocamento de revestimentos e rachaduras em pisos e paredes;
- d) Instalações: Vazamento em tubulações e problemas elétricos.
- e) Os locais mais comuns onde esses vícios são identificados são:
- f) Fundações e estruturas: Alicerces, pilares e vigas;
- g) Paredes e lajes: Junções entre paredes e lajes, cantos e esquinas;
- h) Coberturas; telhados e lajes de cobertura;
- i) Áreas úmidas: Banheiros, cozinhas e áreas de serviço;
- j) Interface entre materiais: Junções entre materiais diferentes (ex.: madeira e concreto).

As patologias advindas de vícios construtivos são causadas em sua maioria por erros no projeto, execução, uso e matérias (Fórum da Construção Civil, 2019). Um erro pode levar até mesmo ao colapso da estrutura, mas os problemas mais comuns são infiltrações, fissuras, trincas, rachaduras, problemas hidráulicos e elétricos. Esses problemas vêm de um material isolante de má qualidade, de uma trinca no esqueleto estrutural, que pode gerar infiltração e corrosão da armadura, nichos na concretagem, eflorescência, entre outros.

Outro problema que pode ser evitado com um bom projeto e execução são os gastos futuros com manutenção, segundo a Lei de Sitter, chamada também de Lei da Evolução dos Custos, as intervenções têm um custo inicial de 1, mas à medida que a tomada de decisão é postergada, os custos aumentam. Na fase de execução, o custo torna-se 5 vezes maior, e caso seja implementada uma manutenção preventiva, o custo aumenta para 25 vezes o valor inicial. Por fim, na ausência de manutenção preventiva, a intervenção entra na fase da manutenção corretiva, com um custo 125 vezes maior, conforme Figura 3.

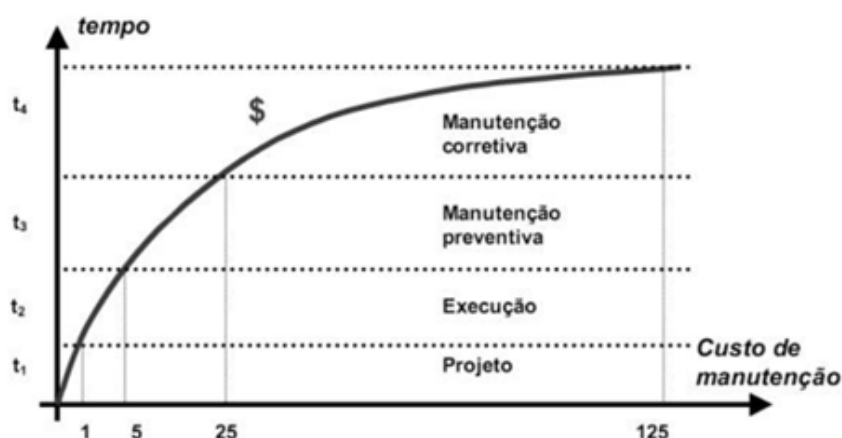


Figura 3. Lei de Sitter

Fonte: Sitter (1984)

Considerando a proporção de 5 vezes, uma correção preventiva e/ou corretiva possui valor exponencialmente maior que a fase de execução, tornando mais barato financeira-

mente uma boa execução da obra. Fora isto, ainda tem a questão do desconforto gerado por manutenções feitas em edificações ocupadas.

A melhor forma de evitar patologias causadas por vícios construtivos é aumentar o controle na execução da obra, de modo que cada etapa possua um alto controle de qualidade de execução, com os produtos corretos nas dosagens corretas. Um bom projeto também é de alta importância para mitigar esses vícios, uma vez que é nessa fase em que os materiais e a forma de fazer são decididos.

Segundo Nichele (2014, p. 53) a compatibilização entre os projetos é uma grande causa de vícios, uma vez que a não coincidência dos pontos elétricos e hidráulicos nos locais certos podem levar a pontos de fragilidade por toda a estrutura. O correto recebimento dos materiais, transporte e armazenamento são de fundamental importância, tendo em vista que o material pode até ser de boa qualidade, mas esses fatores podem deteriorar o material antes mesmo dele ser empregado na obra.

A impermeabilização do baldrame também se faz necessária, segundo Gonçalves et al. (2019, p. 16), as principais causas da aparição de patologias advindas de infiltração se dão por falta de impermeabilização do baldrame, seja por desconhecimento do construtor, por falta de mão de obra qualificada ou mesmo na busca por economia.

Existe uma metodologia específica para estudar e resolver patologias na construção civil, dividida em três etapas: Levantamento de informações, Diagnóstico e Definição de conduta. Esta última etapa define a solução para o problema e os trabalhos necessários, incluindo materiais, mão-de-obra, equipamentos e tecnologias. Durante essa fase, é feito o prognóstico da situação, que inclui a avaliação das hipóteses relativas à evolução futura do problema e das alternativas de intervenção, cada uma com sua evolução prevista (ConstruFacilRJ, 2009).

Os exames são necessários quando a vistoria e o histórico não são suficientes para o diagnóstico ou quando é preciso confirmar as informações. Esses exames podem ser realizados no local ou em laboratórios. Os exames feitos no local geralmente envolvem o uso de equipamentos, que podem ser simples ou complexos. Um exemplo de exame simples realizado no local é o “bate-choco”, comumente utilizado para patologias de revestimentos. Consiste em bater com um martelo (normalmente de borracha) na superfície do revestimento. Segundo ConstruFacilRJ (2009), se o som produzido for “choco” (fofo, não metálico), tecnicamente conhecido como “som cavo”, indica que o revestimento naquele ponto está sem aderência com a parede e pode se descolar.

Ainda segundo ConstruFacilRJ (2009), uma vez realizado o diagnóstico, é feito o prognóstico e definida a solução para o problema. Escolhe-se, entre as alternativas possíveis, aquela que apresenta a melhor relação custo/benefício. A intervenção requerida geralmente envolve tecnologia dominada, mas em algumas situações pode ser necessário desenvolver novas tecnologias por meio de pesquisas. Para solucionar manchas no “Pé da parede”, causadas pela percolação e umidade ascendente, uma alternativa é utilizar impermeabilizante, este vem na forma de um pó e na forma líquida, para ser misturado *in loco* e obter as propriedades impermeabilizantes, conforme Gonçalves et al. (2019, p. 16), esta solução requer a remoção dos revestimentos e a aplicação do material, conforme mostra as imagens 4, 5, 6 e 7.



Figuras 4, 5, 6 e 7: aplicação de impermeabilizante

Fonte: Gonçalves et al. (2019, p. 14)

Nas imagens acima podemos ver o processo de resolução do problema de infiltrações, sendo este um processo mais oneroso e que poderia ter sido evitado caso houvesse impermeabilização do baldrame.

3. CONCLUSÃO

Como visto nos resultados e discussões, as principais patologias são facilmente evitáveis em uma construção, o cuidado ao evitar patologias na fase de construção é de suma importância para uma boa obra, sendo esta a principal etapa onde é mais fácil de evitar e também onde a manutenção é mais barata.

As principais patologias causadas por vícios construtivos são: infiltrações, fissuras, trincas, rachaduras, problemas hidráulicos e elétricos, podendo ocorrer em qualquer fase da obra e gerando diversos problemas. A principal origem de patologias numa obra é justamente a fase de execução, pois é nessa fase que projeto, materiais, mão de obra e fortuitas se encontram, e a parte prática de uma obra sempre é mais difícil.

Uma vantagem de focar os esforços nessa fase é a questão financeira, sendo que é mais barato fazer as devidas correções ainda nessa fase, e no futuro muitos gastos que seriam gerados passam a nem mesmo existir. Segundo a Lei de Sitter, quanto mais a obra avança mais caro se torna qualquer manutenção.

Caso as patologias de toda forma se manifestem, dever-se-á buscar profissionais que possam primeiramente buscar a origem do problema, e em seguida buscar as melhores soluções tendo em vista a particularidade de cada edifício e cada patologia manifestada. Neste trabalho foi apresentado uma forma de solucionar patologias, mas para cada tipo de patologia há uma solução específica.

REFERÊNCIAS

CONSTRUÇÃO FACIL RJ. Porta da Construção Civil, 2013. Disponível em: <https://construfacilrj.com.br/patologia-da-construcao-civil-principais-causas/>. Acesso em: 14 maio 2024.

FILHO, Osmar; RIVELINI, Adrieli; **Vícios construtivos em obras públicas: um estudo de caso em 27 obras**. Maringá, Revista UNINGÁ, 2016.

GONÇALVES, Beatriz; BORGES, Eliomar. **Estudo de patologias causadas por infiltração em paredes de alvenaria devido à falta ou má execução de impermeabilização**. 2019. 19 f. Bacharelado para obtenção do título de Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, Uni-ANHANGUERA, Goiânia, 2019.

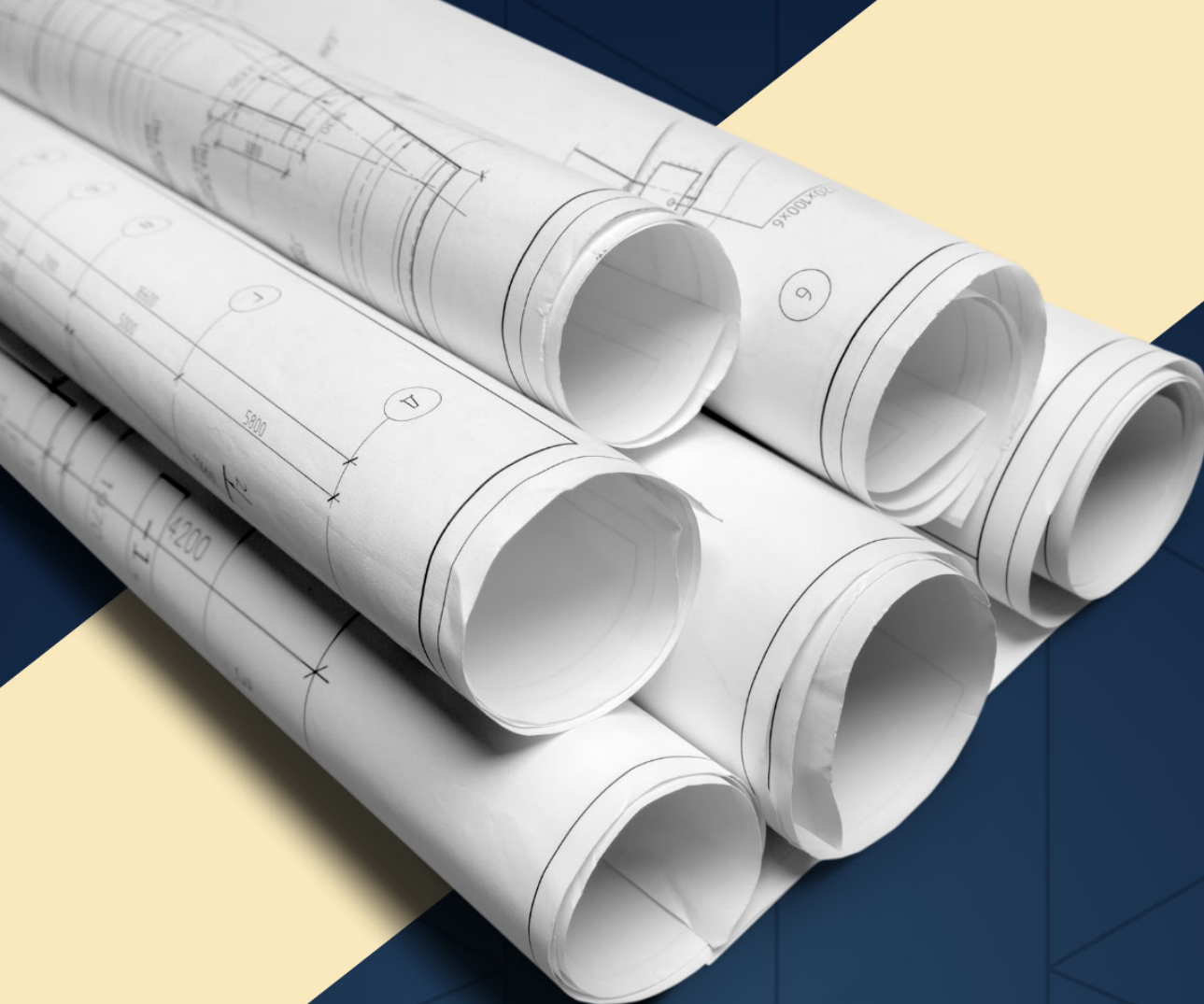
IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. **Aspectos relevantes das perícias judiciais de engenharia e arquitetura**. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ibapesp.org.br/adm/upload/uploads/1665681567Painel%25202_Dra.%2520Flavia%2520Zoega%2520A%2520Pujadas.pdf&ved=2ahUKEwia6MCunl6GAxVnILkGH-ZSmCM8QFnoECCsQAQ&usg=AOvVaw0Bc1gESiOEfkSzc8Gr5e5v. Acesso em: 14 maio 2024.

NICLHELE, Bruno. **Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos: controle na execução para evitar manifestações patológicas**. 2014. 83 f. Diplomação para obtenção do título de Engenheiro Civil. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007893.pdf. Acesso em: 28 maio 2016.

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. **Patologias do concreto**. 2017. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/content/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0. Acesso em 15 de Outubro de 2024.

QUAIS são as causas mais comuns de fissuras nas construções. Disponível em: www.forumdaconstrucao.com.br. Data de acesso: 15/10/2024.



6

INOVAÇÃO E TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO: IMPRESSÃO 3D

**CONSTRUCTION INNOVATION AND TECHNOLOGY: 3D
PRINTING**

Anna Beatriz Lima Sampaio

Resumo

A presente pesquisa apresenta uma revisão de literatura sobre as inovações e tecnologias no campo das construções civil, visando tornar mais acessível a posse de moradias para pessoas de baixa renda. Os avanços tecnológicos viabilizaram a redução de desperdícios, otimização de prazos e melhorar a precisão das obras para que contribua para um setor mais eficiente e sustentável. Para elaboração deste estudo, foi utilizada a Revisão de Literatura como metodologia, viabilizando a discussão sobre: o uso atual da impressão 3D na construção de habitações de baixo custo; os benefícios dessa tecnologia; e os desafios que ela apresenta no contexto da construção civil. Assim, os resultados da pesquisa evidenciam que a tecnologia de impressão 3D pode ser uma solução viável para enfrentar o crescente déficit habitacional, especialmente no que diz respeito à qualidade e durabilidade das habitações de baixo custo. Além disso, o estudo ressalta a importância do controle rigoroso nos métodos de impressão, assegurando que as construções atendam a padrões mínimos de segurança e conforto. Essa abordagem pode otimizar não só a eficiência na edificação, mas também contribuir para a redução de desperdícios e custos, promovendo um ciclo de vida mais consciente dos materiais utilizados na construção civil.

Palavras-chave: Habitações de Baixo Custo. Construção Sustentável. Materiais Alternativos.

Abstract

This research presents a literature review on innovations and technologies in the field of civil construction, aiming to make housing ownership more accessible to low-income people. Technological advances have made it possible to reduce waste, optimize deadlines and improve the accuracy of works to contribute to a more efficient and sustainable sector. To prepare this study, the Literature Review was used as a methodology, enabling the discussion on: the current use of 3D printing in the construction of low-cost housing; the benefits of this technology; and the challenges it presents in the context of civil construction. Thus, the results of the research show that 3D printing technology can be a viable solution to address the growing housing deficit, especially with regard to the quality and durability of low-cost housing. In addition, the study highlights the importance of strict control over printing methods, ensuring that buildings meet minimum standards of safety and comfort. This approach can optimize not only building efficiency, but also contribute to reducing waste and costs, promoting a more conscious life cycle of the materials used in civil construction.

Keywords: Low-Cost Housing. Sustainable Construction. Alternative Materials.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho aborda a utilização da tecnologia de impressão 3D como uma solução viável para enfrentar o desafio da escassez de habitações seguras para pessoas de baixa renda. A pesquisa explora como as inovações tecnológicas na construção civil, especialmente a impressão 3D, têm simplificado os processos de construção, visando aumentar a eficiência na edificação de casas e prédios. Dados recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revelam que o Brasil enfrenta um déficit habitacional alarmante, com mais de 6,3 milhões de moradias inadequadas até setembro de 2021. Este cenário evidencia não apenas a falta de quantidade, mas também a deficiência na qualidade das habitações disponíveis, muitas das quais não atendem aos padrões mínimos de segurança estabelecidos pela construção civil. A impressão 3D emerge como uma promissora alternativa para enfrentar esse desafio, oferecendo soluções inovadoras e acessíveis para melhorar as condições de vida das comunidades necessitadas. O estudo aborda os fundamentos da impressão 3D na construção civil, incluindo os materiais empregados e exemplos de habitações de baixo custo já implementadas com sucesso. Além disso, são apresentadas estratégias para garantir a resistência, durabilidade e eficácia das estruturas construídas por meio desta tecnologia.

Justifica-se a presente pesquisa pois, o ramo da construção civil enfrenta diversos desafios antes, durante e após a execução de uma obra, tais como custo elevado, prazos apertados e desperdício de materiais. Antigamente, estimava-se que a cada três prédios construídos, um acabava sendo desperdiçado. Pesquisas recentes da Escola Politécnica da USP revelaram que cerca de 8% dos materiais utilizados na construção são desperdiçados, enquanto as perdas financeiras, incluindo custos de retrabalho, chegam a até 30%. Esses dados indicam uma quantidade significativa de materiais e dinheiro sendo desperdiçados durante o processo de construção, o que representa uma preocupação séria para o setor. custos adicionais, prejuízos na qualidade do projeto e insatisfação dos clientes. Para amenizar essas dificuldades no setor da construção civil, a tecnologia avançou significativamente com o uso de impressoras 3D. A tecnologia de impressão 3D permite a criação rápida e precisa de objetos físicos a partir de modelos digitais. As impressoras 3D funcionam de duas maneiras principais: uma delas utiliza uma “caneta” que derrete e deposita um filamento plástico para construir o objeto camada por camada; a outra usa luz para solidificar um material líquido, criando o objeto também camada por camada. Métodos comuns incluem o uso de lasers para fundir materiais, a utilização de vácuo para moldar materiais, ou a injeção de material em um molde. Para que um projeto seja efetivamente construído a partir de um modelo 3D, é necessário criar um modelo digital em um software de CAD. Esse modelo deve ser fatiado em camadas, uma função que alguns softwares CAD já possuem, embora existam programas especializados disponíveis no mercado para essa finalidade. O uso de impressoras 3D na construção civil promete reduzir desperdícios, otimizar prazos e melhorar a precisão das obras, contribuindo para um setor mais eficiente e sustentável.

Esta pesquisa visou responder ao seguinte questionamento: Como a impressão 3D pode melhorar a qualidade e durabilidade das habitações de baixo custo? Tendo como objetivo geral, identificar estratégias para aplicação de tecnologia de impressão 3D com o intuito de melhorar a qualidade e a durabilidade de habitações de baixo custo. Tornando mais acessível a posse de moradias para pessoas de baixa renda, e como objetivos específicos: pesquisar materiais de impressão 3D adequados e de baixo custo para habitações, com o objetivo de reduzir os gastos desnecessários frequentemente associados às cons-

truções civis; analisar métodos de impressão 3D que garantam a resistência das estruturas das habitações, incluindo a identificação dos materiais, equipamentos e técnicas necessários para tornar a construção rentável; identificar estratégias de construção e design das habitações impressas em 3D, assegurando que sejam duráveis, eficazes, esteticamente agradáveis e de fácil execução.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho consistiu em uma Revisão de Literatura, caracterizada como uma pesquisa qualitativa e descritiva. O foco principal foi investigar o uso atual da impressão 3D na construção de habitações de baixo custo, com o objetivo de identificar não apenas os benefícios dessa tecnologia, mas também os desafios que ela apresenta no contexto da construção civil.

A pesquisa foi conduzida por meio de uma consulta a diversas fontes, incluindo livros, dissertações e artigos científicos. A seleção dos materiais foi realizada a partir de buscas nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, SciELO e Periódicos CAPES. Para garantir a relevância e a atualização das informações, o período dos artigos pesquisados foi limitado a trabalhos publicados nos últimos dez anos.

As palavras-chave que guiaram as buscas foram “impressão 3D”, “habitações de baixo custo” e “construção sustentável”. Essas palavras foram escolhidas de forma estratégica para garantir a abrangência e a precisão na identificação de estudos relevantes que abor-dessem a interseção entre tecnologia e construção habitacional acessível.

Os critérios de inclusão estabelecidos para a seleção dos textos focaram em artigos publicados em português e inglês que discutissem diretamente a temática da impressão 3D na construção de habitações de baixo custo. Por outro lado, os critérios de exclusão abrangeram textos que não se enquadrassem nos parâmetros definidos, como resumos, artigos de revisão e primeiras impressões, assegurando que apenas conteúdos substanciais fossem considerados.

A análise dos dados coletados foi realizada de maneira sistemática, com o objetivo de identificar padrões e tendências que elucidassem a influência da impressão 3D na qualidade e durabilidade das habitações. O processo de análise envolveu a codificação e a categorização das informações, permitindo a identificação de temas recorrentes. Essa abordagem facilitou a elaboração de conclusões detalhadas sobre o potencial da impressão 3D em aprimorar a qualidade das construções e a durabilidade das habitações de baixo custo.

Com essa metodologia, a pesquisa proporcionou uma compreensão abrangente e fundamentada do uso da impressão 3D na construção de habitações de baixo custo, contribuindo significativamente para o avanço do conhecimento na área. Além disso, as percepções obtidas oferecem insights valiosos para profissionais e pesquisadores interessados em explorar as possibilidades que essa tecnologia inovadora pode trazer para o setor da construção civil.

2.2 Resultados e Discussão

Neste capítulo, será apresentada a fundamentação teórica deste Trabalho de Conclusão de Curso, com o objetivo de promover reflexões que identifiquem estratégias para a

aplicação da tecnologia de impressão 3D, visando melhorar a qualidade e a durabilidade das habitações de baixo custo, tornando-as mais acessíveis para pessoas de baixa renda. Para tanto, serão discutidos os seguintes tópicos: Materiais de Impressão 3D para Habitações de Baixo Custo, Métodos de Impressão 3D e Garantia de Resistência Estrutural e, por fim, Estratégias de Construção e Design de Habitações Impressas em 3D.

2.2.1 Materiais de Impressão 3D para Habitações de Baixo Custo

A impressão 3D surge como uma solução inovadora e promissora para a construção de habitações de baixo custo, especialmente em cenários de urbanização acelerada e na crescente demanda por moradias. Nesse contexto, a adoção de novas tecnologias construtivas é não apenas desejável, mas fundamental para atender às necessidades habitacionais de populações em expansão. Segundo Silva *et al.* (2021), pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), a utilização de concretos especiais e materiais reciclados na impressão 3D pode trazer benefícios significativos, tanto na redução dos custos de construção quanto na promoção da sustentabilidade. A pesquisa destaca a importância da combinação eficiente de materiais com propriedades específicas, essencial para garantir a eficiência das construções.

De acordo com os autores, ao integrar materiais alternativos, como resíduos reciclados, é possível otimizar o desempenho estrutural das edificações e contribuir para a sustentabilidade ambiental. Essa abordagem cria um ciclo de vida útil mais eficiente para os materiais utilizados, reduzindo desperdícios e promovendo um uso mais consciente dos recursos. A integração de materiais reciclados é uma resposta necessária ao problema do descarte inadequado de resíduos da construção, transformando o que antes era lixo em matéria-prima valiosa para novas construções.

Além disso, Gomes e Almeida (2020), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), investigam a viabilidade do uso de resíduos da construção civil na impressão 3D. Eles afirmam que a incorporação de resíduos na fabricação de novos materiais pode reduzir os custos de produção e mitigar os impactos ambientais da construção civil, um setor notoriamente responsável pela geração de resíduos e pela emissão de poluentes. A pesquisa sugere que, ao desenvolver compósitos que atendem a critérios rigorosos de resistência e durabilidade, a impressão 3D se torna uma alternativa viável e necessária para o setor habitacional. Esses novos compósitos foram projetados para suportar as exigências estruturais enquanto incorporam práticas sustentáveis, sinalizando uma mudança na forma de conceber a construção de habitações, que passa a priorizar a eficiência econômica e o respeito ao meio ambiente.

Esses achados ressaltam a importância de soluções que atendam tanto a questões econômicas quanto ambientais, principalmente diante da crescente demanda por habitações acessíveis. A capacidade de reduzir custos e, ao mesmo tempo, promover práticas sustentáveis coloca a impressão 3D como uma ferramenta poderosa para enfrentar os desafios habitacionais do século XXI.

2.2.2 Métodos de Impressão 3D e Garantia de Resistência Estrutural

Os métodos de impressão 3D, especialmente a extrusão, têm evoluído consideravelmente para assegurar a resistência estrutural necessária nas habitações. Pereira e Lima (2019), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), destacam que “o controle pre-

ciso sobre a deposição de materiais durante a impressão é essencial para garantir a integridade estrutural das edificações” (Pereira; Lima, 2019, p. 175). A pesquisa deles revela que a qualidade da impressão e o controle sobre a deposição dos materiais influenciam diretamente a durabilidade e a segurança das estruturas. Estudos demonstram que as construções impressas em 3D podem ter desempenho igual ou até superior às tradicionais, desde que as normas de segurança sejam seguidas rigorosamente.

Complementando essa discussão, Rocha *et al.* (2022), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), apontam que a análise estrutural e a modelagem computacional são fundamentais para prever o comportamento das edificações impressas, garantindo a segurança necessária. A interação entre a tecnologia de impressão e a engenharia estrutural é essencial para o sucesso das habitações impressas em 3D. A implementação de simulações e modelagens computacionais não apenas melhora o entendimento do desempenho das estruturas, mas também permite identificar falhas potenciais antes da construção. Essa abordagem exige rigor técnico e inovação constante, sendo crucial para garantir que as edificações atendam aos requisitos de segurança e qualidade.

2.2.3 Estratégias de Construção e Design de Habitações Impressas em 3D

Os métodos de impressão 3D, como a extrusão, têm evoluído para garantir a resistência estrutural necessária nas habitações. Pereira e Lima (2019) afirmam que “o controle preciso sobre a deposição de materiais durante a impressão é essencial para garantir a integridade estrutural das edificações” (Pereira; Lima, 2019, p. 175). A pesquisa deles revela que a qualidade da impressão e o controle sobre a deposição dos materiais podem influenciar diretamente a durabilidade e a segurança das estruturas. Estudos demonstram que as estruturas impressas em 3D podem ter desempenho similar ou até superior às construções tradicionais, desde que normas de segurança sejam rigorosamente seguidas.

A pesquisa de Rocha *et al.* (2022) complementam esse ponto, destacando que a análise estrutural e a modelagem computacional são essenciais para prever o comportamento das edificações impressas e garantir a segurança das mesmas. Eles argumentam que a interação entre a tecnologia de impressão e a engenharia estrutural é fundamental para o sucesso das habitações impressas em 3D. A implementação de simulações e modelagens computacionais permite um entendimento mais aprofundado do desempenho das estruturas, além de possibilitar a identificação de falhas antes da construção. Essa abordagem exige rigor técnico e inovação constante, sendo crucial para garantir que as edificações atendam aos requisitos de segurança e qualidade.

As informações discutidas revelam o grande potencial da impressão 3D para enfrentar a crise habitacional, principalmente em contextos de baixa renda. A utilização de materiais reciclados e inovadores, como concretos especiais, não só reduz custos, mas também promove a sustentabilidade, um fator crítico em um setor frequentemente associado ao desperdício e à degradação ambiental. A ênfase na resistência estrutural, conforme mencionado por Pereira e Lima (2019) e Rocha *et al.* (2022), destacam a necessidade de rigor técnico na implementação da impressão 3D. A capacidade das estruturas impressas em 3D de atingir desempenhos semelhantes ou superiores às construções tradicionais, desde que seguidas as normas de segurança, reforça a viabilidade dessa tecnologia. Com os investimentos certos em pesquisa e desenvolvimento, a impressão 3D pode se estabelecer como uma alternativa confiável e eficaz na construção civil.

Além disso, a flexibilidade no design, conforme sugerido por Costa e Ferreira (2021), indica que a impressão 3D pode ser adaptada para atender às necessidades específicas das

comunidades. Essa adaptabilidade é essencial, especialmente em contextos de grande diversidade cultural e social. O design paramétrico permite a criação de habitações personalizadas, respeitando as particularidades dos usuários. A abordagem centrada no usuário é crucial não apenas para melhorar a qualidade de vida, mas também para promover um senso de pertencimento e identidade nas comunidades.

As implicações dessas descobertas são vastas. A impressão 3D não só tem o potencial de revolucionar a construção de habitações, mas também pode servir como uma ferramenta poderosa para enfrentar desigualdades habitacionais. Ao combinar inovação tecnológica com foco nas necessidades humanas, a impressão 3D pode contribuir significativamente para um futuro mais sustentável e equitativo no setor da construção civil. O investimento em pesquisa e desenvolvimento nessa área é, portanto, fundamental para liberar o pleno potencial da impressão 3D na habitação de baixo custo, respondendo de maneira eficaz à crescente demanda habitacional e às questões sociais associadas.

3. CONCLUSÃO

O presente estudo trouxe à tona a utilização da tecnologia de impressão 3D como uma solução viável para o crescente déficit habitacional que enfrentamos atualmente. A relevância desse tema se justifica pela necessidade urgente de combater a carência de habitações adequadas, especialmente para a população de baixa renda, que bastante afetada por essa crise. Essa questão habitacional não se resume apenas à quantidade de moradias, mas também à qualidade das mesmas, que deve atender a padrões mínimos de segurança e conforto.

Nesse contexto, a pesquisa buscou responder à seguinte questão: como a impressão 3D pode melhorar a qualidade e a durabilidade das habitações de baixo custo? O objetivo geral foi identificar estratégias eficazes para a aplicação da tecnologia de impressão 3D, com a finalidade de aumentar a acessibilidade à moradia. Para alcançar esse objetivo, foram elaborados três capítulos, cada um explorando temas centrais para a compreensão da questão: Materiais de Impressão 3D para Habitações de Baixo Custo, Métodos de Impressão 3D e Garantia de Resistência Estrutural, e Estratégias de Construção e Design de Habitações Impressas em 3D.

Sobre o tema do primeiro capítulo, Materiais de Impressão 3D para Habitações de Baixo Custo, pode-se afirmar que a escolha adequada de materiais é fundamental para a eficácia das construções. A pesquisa aponta que o uso de concretos especiais e materiais reciclados não apenas pode reduzir custos, mas também promove a sustentabilidade, transformando resíduos em recursos valiosos para novas construções. Essa abordagem não apenas otimiza o desempenho estrutural das edificações, mas também contribui para um ciclo de vida mais consciente dos materiais na construção civil, minimizando o desperdício e a degradação ambiental.

Em relação ao tema do segundo capítulo, Métodos de Impressão 3D e Garantia de Resistência Estrutural, a discussão destaca que o controle rigoroso sobre os processos de impressão é essencial para assegurar a segurança e a durabilidade das estruturas. Estudos demonstram que, quando seguidas normas de segurança adequadas, as construções impressas em 3D podem ter desempenho semelhante ou até superior ao das construções tradicionais. A inclusão da análise estrutural e a modelagem computacional se mostram cruciais para prever o comportamento das edificações e garantir a integridade necessária, proporcionando maior segurança para os futuros moradores.



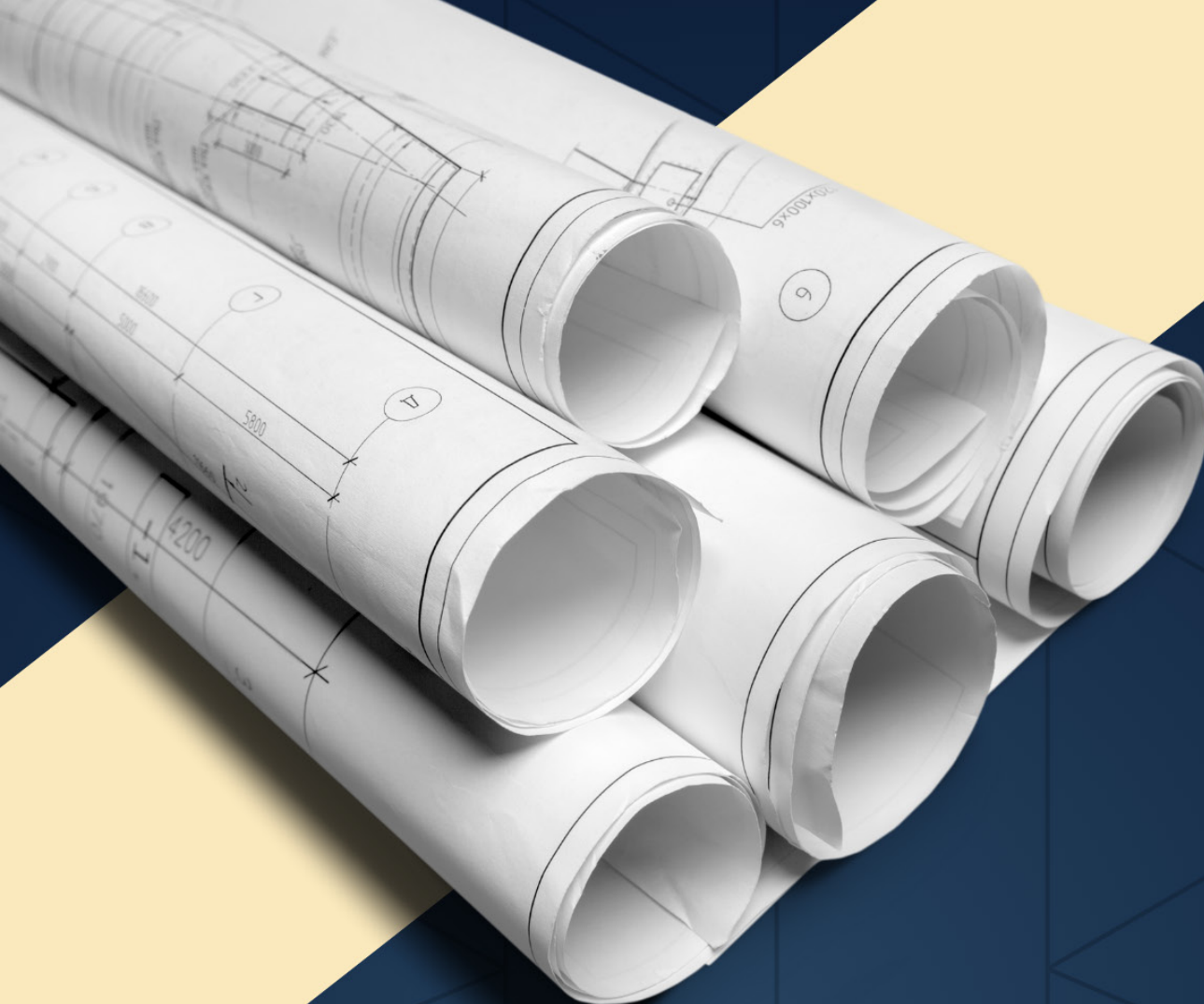
A respeito do tema do terceiro capítulo, Estratégias de Construção e Design de Habitações Impressas em 3D, é importante destacar que a flexibilidade no design oferecida pela impressão 3D permite a criação de habitações adaptadas às necessidades específicas das comunidades. O design paramétrico possibilita a personalização das moradias, respeitando as particularidades culturais e sociais dos usuários. Essa abordagem não apenas é fundamental para promover um senso de pertencimento e identidade nas comunidades, mas também pode melhorar significativamente a qualidade de vida de seus habitantes.

Mediante o estudo realizado e à luz das teorias exploradas na fundamentação teórica desta pesquisa, é possível afirmar que tanto os objetivos específicos quanto o objetivo geral foram alcançados. Embora os benefícios da impressão 3D para as organizações sejam evidentes, este estudo também abre caminho para novas investigações sobre suas aplicações práticas. Assim, propõem-se direções para futuras pesquisas, como: explorar novos materiais de impressão 3D que possam ser ainda mais sustentáveis e acessíveis; analisar o impacto social da impressão 3D na construção de habitações, especialmente em comunidades vulneráveis; e investigar a viabilidade econômica da impressão 3D em diferentes contextos, a fim de entender como essa tecnologia pode ser amplamente efetiva para atender à demanda por moradia de qualidade.

Essas direções não apenas contribuem para o avanço do conhecimento acadêmico, mas também têm o potencial de gerar impactos significativos na sociedade, oferecendo soluções concretas para um problema tão angustiante.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. R.; SANTOS, L. M. Módulos pré-fabricados em impressão 3D: uma alternativa para habitações sociais. **Revista Brasileira de Construção Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 98-112.
- BNSIR. **Casas feitas com impressão 3D**. s.d. Disponível em: <https://blog.bnsir.com.br/lifestyle/casas-feitas-com-impressao-3d/>. Acesso em: 21 set. 2024.
- CAMPOS, André. **O futuro da construção civil no Brasil: Déficit, inovações**. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/o-futuro-da-constru%C3%A7%C3%A3o-civil-brasil-d%C3%A9ficit-inova%C3%A7%C3%B5es-andr%C3%A9-campos-fz9rf>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- COSTA, M. A.; FERREIRA, P. S. Design paramétrico na construção de habitações sociais: possibilidades e desafios. **Revista de Arquitetura e Urbanismo**, v. 15, n. 3, p. 145-160.
- EXAME. **Construção sustentável: erguidas casas impressão 3D**. Disponível em: <https://exame.com/negocios/construcao-sustentavel-erguidas-casas-impressao-3d/>. Acesso em: 04 set. 2024.
- GOMES, T. A.; ALMEIDA, L. D. Reutilização de resíduos na impressão 3D: uma abordagem sustentável. **Revista de Engenharia Civil**, v. 19, n. 2, p. 85-95.
- PEREIRA, F. M.; LIMA, J. D. Impressão 3D na construção: métodos e desafios. **Revista Brasileira de Materiais e Construção**, v. 14, n. 2, p. 175-190.
- ROCHA, R. C.; et al. Análise estrutural de habitações impressas em 3D. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Estrutural**, v. 12, n. 1, p. 200-210.
- SILVA, R. C.; et al. Materiais alternativos para impressão 3D na construção civil: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 19, n. 1, p. 120-134.
- TECNOLOGIA BLOG. **Como funciona impressora 3D?** s.d. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/como-funciona-impressora-3d/>. Acesso em: 24 set. 2024.
- VULCANOEJ. **O que é a impressão 3D?** 2019. Disponível em: <https://vulcanoej.com.br/2019/02/28/o-que-e-a-impressao-3d/>. Acesso em: 14 set. 2024.



SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS

7

**Wandson Holanda De Andrade
José Átila Matos Aroucha Júnior
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Tania Santos Pereira
José de Ribamar Nunes de Sousa
Pedro Higor Rodrigues de Matos
Flavio Henrique de Jesus Campos**

Resumo

O crescimento urbano desordenado e as mudanças climáticas têm exacerbado os desafios da gestão de águas pluviais nas cidades, evidenciando as limitações dos sistemas de drenagem convencionais e destacando a necessidade de abordagens mais sustentáveis. Este estudo analisou os desafios e oportunidades para a integração de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS), que buscam imitar processos naturais para reduzir a pressão sobre as infraestruturas urbanas, promovendo a infiltração, retenção e reutilização da água. Utilizando uma revisão bibliográfica narrativa, a pesquisa explorou técnicas como biovaletas, jardins de chuva, telhados verdes, pavimentos permeáveis, cisternas e bacias de retenção, além de analisar políticas públicas e regulamentações.

Palavras-chave: Urbanização. Drenagem Urbana. Sustentabilidade. Mudança Climática.

Abstract

Disorganized urban growth and climate change have exacerbated the challenges of stormwater management in cities, highlighting the limitations of conventional drainage systems and highlighting the need for more sustainable approaches. This study analyzed the challenges and opportunities for the integration of Sustainable Urban Drainage Systems (SDUS), which seek to imitate natural processes to reduce pressure on urban infrastructures, promoting water infiltration, retention and reuse. Using a narrative literature review, the research explored techniques such as bioswales, rain gardens, green roofs, permeable pavements, cisterns and retention basins, in addition to analyzing public policies and regulations.

Keywords: Urbanization. Urban Drainage. Sustainability. Climate Change.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano desenfreado e as mudanças climáticas exacerbaram os desafios relacionados à gestão de águas pluviais nas cidades contemporâneas. A drenagem urbana convencional, que se baseava principalmente na rápida remoção de água das áreas urbanas, mostrou suas limitações, especialmente em termos de sustentabilidade ambiental, eficácia a longo prazo e capacidade de lidar com eventos extremos de precipitação. Esse cenário evidenciou a necessidade de abordagens mais sustentáveis, justificando a exploração dos Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS) como uma alternativa viável para promover o desenvolvimento urbano resiliente e sustentável.

Este projeto de pesquisa teve como objetivo analisar os principais desafios e oportunidades para a integração de práticas de drenagem urbana sustentável nas cidades contemporâneas. O problema central que norteou este estudo foi identificar quais eram os principais obstáculos e potenciais soluções para a implementação de SDUS que pudessem minimizar os impactos ambientais negativos e promover uma gestão mais eficaz das águas pluviais urbanas. Para alcançar tal objetivo, a pesquisa debruçou-se sobre a análise de técnicas de drenagem sustentável, infraestrutura verde e azul, e soluções baseadas na natureza, além de examinar políticas públicas, legislação e normas técnicas relevantes.

A justificativa para a escolha deste tema residiu em sua relevância tanto para a comunidade científica quanto para a sociedade em geral. Os desafios associados à drenagem urbana não eram apenas técnicos, mas também socioeconômicos e ambientais, exigindo uma abordagem multidisciplinar e integrada para sua resolução. A implementação de SDUS apresentou uma oportunidade para as cidades enfrentarem as mudanças climáticas, reduzirem os riscos de inundações urbanas e melhorarem a qualidade de vida dos seus habitantes, tornando-se assim um tema de grande importância para a pesquisa acadêmica e para a aplicação prática.

A metodologia adotada neste estudo foi a revisão bibliográfica, que permitiu uma análise abrangente e crítica das práticas atuais de drenagem urbana sustentável. Este método possibilitou a identificação de lacunas no conhecimento existente e a sistematização de informações que poderão guiar futuras pesquisas e intervenções práticas na área. Ao focar em uma abordagem baseada na revisão de literatura, o estudo propôs-se a contribuir significativamente para o entendimento e aprimoramento das práticas de gestão de águas pluviais urbanas, oferecendo insights valiosos para pesquisadores, planejadores urbanos e tomadores de decisão.

Dessa forma, o problema de pesquisa foi definido através do seguinte questionamento: “Quais foram os principais desafios e oportunidades para a integração de práticas de drenagem urbana sustentável nas cidades contemporâneas, visando minimizar os impactos ambientais negativos e promover o desenvolvimento urbano sustentável de acordo com a literatura especializada?”

O estudo teve como objetivo geral analisar os principais desafios e oportunidades para a integração de práticas de drenagem urbana sustentável nas cidades contemporâneas, com o propósito de minimizar os impactos ambientais negativos e promover o desenvolvimento urbano sustentável. Especificamente, os objetivos foram: (1) descrever os princípios da sustentabilidade aplicados à drenagem urbana, enfatizando técnicas de drenagem sustentável, infraestrutura verde e azul, e soluções baseadas na natureza; e (2) analisar os impactos ambientais e sociais da drenagem urbana convencional em contraste com os benefícios proporcionados pela implementação de sistemas de drenagem urbana

sustentável.

Em síntese, a relevância desta pesquisa foi justificada pela necessidade de encontrar soluções inovadoras e eficazes para a gestão das águas pluviais urbanas, considerando os desafios impostos pelas mudanças climáticas e pelo crescimento urbano desordenado. A drenagem urbana sustentável se apresentou como uma abordagem essencial para garantir um desenvolvimento urbano mais resiliente e harmonioso, integrando sustentabilidade ambiental, eficiência econômica e justiça social.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Este estudo utilizou uma revisão de literatura do tipo narrativa para explorar os principais desafios e oportunidades na integração de práticas de drenagem urbana sustentável nas cidades contemporâneas. A revisão narrativa é uma abordagem adequada quando se busca uma compreensão ampla e integrativa de um tema, permitindo que diferentes conceitos, técnicas e abordagens sejam sintetizados de forma a gerar novos conhecimentos e insights (Grant; Booth, 2019). Diferentemente das revisões sistemáticas, que seguem protocolos rigorosos para identificar e analisar estudos, a revisão narrativa oferece mais flexibilidade para incluir uma variedade de fontes, desde artigos acadêmicos até relatórios técnicos e documentos de políticas públicas, proporcionando uma visão abrangente do estado da arte sobre o tema estudado.

Os procedimentos metodológicos adotados na revisão incluíram a busca sistemática de literatura nas principais bases de dados acadêmicas, como Scopus, Web of Science, ScienceDirect e Google Scholar. Utilizaram-se palavras-chave específicas, como “drenagem urbana sustentável”, “infraestrutura verde e azul”, “gestão de águas pluviais”, “biovaletas”, “jardins de chuva”, “telhados verdes”, “pavimentos permeáveis” e “cisternas”, combinadas com operadores booleanos (AND, OR) para refinar os resultados e garantir a relevância das fontes selecionadas. Além disso, foram considerados estudos publicados entre os anos 2014 e 2024, a fim de incluir tanto pesquisas clássicas quanto desenvolvimentos mais recentes na área de drenagem urbana sustentável.

Os critérios de seleção das fontes envolveram a análise da relevância, atualidade, qualidade metodológica e aplicabilidade dos estudos revisados. Foram incluídos na revisão artigos que abordassem diretamente o tema da drenagem urbana sustentável e suas práticas associadas, bem como aqueles que oferecessem uma análise crítica das políticas públicas e regulamentações relevantes. Estudos que tratavam de técnicas específicas, como biovaletas, jardins de chuva, pavimentos permeáveis, telhados verdes e cisternas, também foram considerados, desde que apresentassem dados empíricos ou discussões teóricas robustas sobre sua implementação e eficácia. Relatórios técnicos e documentos de políticas que demonstrassem evidências baseadas em práticas de planejamento urbano sustentável também foram incluídos para ampliar a perspectiva da análise.

2.2 Conceitos e Práticas de Drenagem Urbana Sustentável

A seguir será apresentada os resultados da pesquisa bibliográfica através de uma análise detalhada dos conceitos fundamentais e das práticas associadas aos sistemas de drenagem urbana sustentável (SDUS). Inicialmente, define-se o que são os SDUS e sua importância no contexto urbano contemporâneo. Em seguida, realiza-se uma comparação

entre os sistemas de drenagem convencionais e sustentáveis, evidenciando os benefícios e limitações de cada abordagem. A discussão inclui uma revisão das técnicas específicas de drenagem sustentável, como infraestrutura verde e azul, e a integração de soluções baseadas na natureza para a gestão eficiente das águas pluviais.

2.2.1 Definição e Importância dos Sistemas de Drenagem Sustentável

Os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS) são abordagens inovadoras que visam a imitar processos naturais de infiltração, transporte e retenção de água da chuva nas áreas urbanas, reduzindo a pressão sobre os sistemas de drenagem convencionais e promovendo a sustentabilidade ambiental (Rodríguez-Rojas *et al.*, 2016). Diferente dos sistemas tradicionais, que canalizam rapidamente a água para fora das cidades, os SDUS utilizam técnicas como biovaletas, jardins de chuva, telhados verdes e pavimentos permeáveis para gerenciar o escoamento de águas pluviais de forma mais natural e integrada ao meio urbano (Griffiths, 2017).

A importância dos SDUS se torna evidente à medida que as cidades enfrentam desafios crescentes devido à urbanização acelerada e às mudanças climáticas, que aumentam a frequência e a intensidade de eventos extremos de precipitação (Perales-Momparler *et al.*, 2017). Esses sistemas não apenas contribuem para a redução de alagamentos e enchentes, mas também melhoram a qualidade da água e aumentam a resiliência urbana ao incorporar práticas de desenvolvimento sustentável que protegem o meio ambiente e a infraestrutura urbana (Seyedashraf *et al.*, 2021).

Além de seus benefícios ecológicos, os SDUS também oferecem vantagens econômicas, pois podem reduzir os custos de operação e manutenção dos sistemas de esgoto convencionais. Em muitas cidades, a adoção de SDUS tem demonstrado ser uma solução eficaz para minimizar a demanda sobre as infraestruturas de drenagem existentes, evitando a necessidade de expansões dispendiosas e promovendo uma abordagem mais sustentável e econômica para a gestão de águas pluviais (Butler; Parkinson, 2017).

Por fim, é importante destacar que a implementação de SDUS requer um entendimento profundo dos princípios de engenharia e ecologia urbana, além de uma forte colaboração entre planejadores urbanos, engenheiros e gestores ambientais. O sucesso desses sistemas depende de sua adaptação às características locais, tanto físicas quanto socioeconômicas, para maximizar os benefícios e garantir a sustentabilidade a longo prazo (Krebs; Larsen, 2017).

2.1.2. Comparação entre Drenagem Convencional e Sustentável

Os sistemas de drenagem convencionais, amplamente utilizados em áreas urbanas, foram projetados para mover rapidamente a água da chuva para fora das cidades, utilizando uma rede de tubulações e canais para evitar alagamentos locais. No entanto, esta abordagem tem se mostrado limitada ao lidar com os desafios contemporâneos, como eventos de chuva mais intensos e frequentes, frequentemente resultando em inundações e sobrecarga das infraestruturas (Butler; Parkinson, 1997). Por outro lado, os SDUS adotam uma perspectiva mais holística e integrada, que envolve a gestão da água da chuva mais próxima de sua fonte e a promoção da infiltração, retenção e evapotranspiração (Yu, 2013).

Uma das principais diferenças entre as abordagens convencional e sustentável reside na forma como cada sistema lida com a água da chuva. Enquanto os sistemas convencio-



nais se concentram no escoamento rápido, os SDUS procuram controlar o escoamento na fonte e minimizar o impacto no ambiente natural, o que resulta em uma série de benefícios, incluindo a redução do risco de enchentes, a melhoria da qualidade da água e o aumento da biodiversidade urbana (Scholz, 2015). Essa abordagem baseada na natureza, além de ser ecologicamente mais amigável, também é adaptável a diferentes escalas e condições urbanas (Perales-Momparler *et al.*, 2017).

Os SDUS também oferecem maior flexibilidade para se adaptar às mudanças climáticas e ao crescimento urbano. Enquanto a drenagem convencional frequentemente requer grandes projetos de infraestrutura com altos custos de construção e manutenção, os sistemas sustentáveis podem ser implementados de maneira incremental, permitindo adaptações conforme as necessidades e os desafios ambientais evoluem (Rodríguez-Rojas *et al.*, 2016). Isso os torna uma opção mais resiliente e financeiramente viável para muitas cidades ao redor do mundo.

No entanto, apesar dos benefícios, a transição para sistemas de drenagem sustentável enfrenta barreiras significativas, como a falta de conhecimento técnico, a resistência à mudança entre os tomadores de decisão e a ausência de políticas públicas que incentivem sua adoção. Portanto, é crucial que a implementação dos SDUS seja acompanhada de esforços educacionais e de engajamento comunitário para promover uma mudança de paradigma na gestão de águas pluviais urbanas (Perales-Momparler *et al.*, 2017).

2.1.3 Técnicas de Drenagem Urbana Sustentável

Os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS) englobam diversas técnicas que visam reduzir o impacto das águas pluviais nas áreas urbanas, promovendo a infiltração, retenção e reutilização da água. Essas técnicas, que incluem biovaletas, jardins de chuva, pavimentos permeáveis, telhados verdes, cisternas e bacias de retenção, são projetadas para trabalhar em harmonia com o ambiente natural, minimizando a escorrência superficial e melhorando a qualidade da água (McClymont *et al.*, 2020). Ao combinar diferentes técnicas, os SDUS oferecem uma abordagem flexível e adaptável às condições específicas de cada área urbana, aumentando a resiliência das cidades contra eventos extremos de precipitação e reduzindo os riscos de inundação (Gülbaz; Kazezyilmaz-Alhan, 2017).

A eficácia dos SDUS depende da integração adequada dessas técnicas no planejamento urbano, levando em consideração fatores como topografia, tipo de solo e padrões de precipitação. Por exemplo, a aplicação de telhados verdes e pavimentos permeáveis pode ser mais eficaz em áreas de alta densidade populacional, onde a infiltração de água é limitada devido ao excesso de superfícies impermeáveis (Joshi *et al.*, 2020). Já as biovaletas e jardins de chuva são mais indicados para áreas residenciais e espaços verdes, onde há mais espaço disponível para a implementação dessas infraestruturas (Qin; Li; Fu, 2013).

Além de mitigar o impacto das enchentes, as técnicas de SDUS também contribuem para a melhoria da qualidade da água, reduzindo a carga de poluentes e sedimentos que chegam aos corpos d'água urbanos. Estudos demonstram que essas técnicas são eficazes na remoção de nutrientes, metais pesados e sólidos suspensos, proporcionando benefícios adicionais como aumento da biodiversidade e melhoria da estética urbana (Liu; Bralts; Engel, 2015). A seguir, discutiremos as técnicas específicas de biovaletas e jardins de chuva, pavimentos permeáveis e telhados verdes, e cisternas e bacias de retenção.

2.1.3.1. Biovaletas e Jardins de Chuva

Biovaletas e jardins de chuva são técnicas de controle da água da chuva que promovem a infiltração e a retenção da água no local de sua ocorrência. As biovaletas são canais vegetados, geralmente alinhados ao longo de ruas e estacionamentos, que capturam e infiltram o escoamento superficial, enquanto os jardins de chuva são áreas plantadas projetadas para coletar, filtrar e infiltrar a água da chuva (Gülbaz; Kazezyılmaz-Alhan, 2017). Essas infraestruturas utilizam solos permeáveis e vegetação que ajudam na filtração de poluentes e na redução do volume de escoamento superficial.

Os jardins de chuva são altamente eficazes na remoção de poluentes, como metais pesados e nutrientes, devido ao processo de bioretenção que ocorre na matriz do solo e na vegetação que compõe o sistema (Qin; Li; Fu, 2013). Além disso, estas técnicas proporcionam benefícios adicionais, como a criação de habitats para a fauna urbana e a melhoria da qualidade estética e do microclima local (McClymont *et al.*, 2020). No entanto, a eficácia das biovaletas e dos jardins de chuva pode ser limitada por fatores como a capacidade do solo de infiltrar água e o espaço disponível para sua instalação.

A figura 1 demonstra um esquema de uma biovaleta:



Figura 1. Estrutura de uma biovaleta

Fonte: Adaptado de Ugreen (2024)

A imagem da figura 1, portanto, representa a estrutura de uma biovaleta, um sistema de drenagem urbana sustentável projetado para a gestão de águas pluviais. Esse sistema é composto por uma depressão no solo, conhecida como valeta de biorretenção, que retém temporariamente a água da chuva para infiltração e filtração, reduzindo o escoamento superficial. A biovaleta inclui camadas de vegetação em multicamadas, solo com propriedades de biorretenção e uma base de cascalho, que auxiliam na absorção e filtração de poluentes. A presença de aberturas no meio-fio permite que a água da chuva escoe para a

valeta. O sistema ainda conta com uma canaleta perfurada no fundo, que conduz o excesso de água após a infiltração.

A implementação de biovaletas e jardins de chuva requer planejamento cuidadoso e manutenção regular para garantir sua eficácia a longo prazo. A vegetação deve ser escolhida com base na capacidade de suportar inundações periódicas e na habilidade de remover poluentes. A manutenção, que inclui a remoção de sedimentos e o replantio de vegetação, é essencial para evitar a perda de capacidade de infiltração e garantir a saúde ecológica do sistema (Gülbaz; Kazezyılmaz-Alhan, 2017).

2.1.3.2 Pavimentos Permeáveis e Telhados Verdes

Os pavimentos permeáveis e telhados verdes são técnicas de SDUS que visam reduzir a escorrência superficial e melhorar a infiltração da água da chuva em áreas urbanas densamente construídas. Pavimentos permeáveis são superfícies que permitem a infiltração de água através de camadas porosas, como pavimentos de concreto permeável ou blocos intertravados, que reduzem significativamente o volume de escoamento (Joshi et al., 2020). Telhados verdes, por sua vez, são sistemas vegetados instalados no topo de edifícios que captam e retêm a água da chuva, ajudando a reduzir o fluxo de água para os sistemas de drenagem tradicionais (Qin; Li; Fu, 2013).



Figura 2 - Exemplo de telhados verdes em uma indústria

Fonte: Ecotelhado (2024)

Essas técnicas são particularmente eficazes em áreas urbanas com alta densidade de construção, onde há poucas oportunidades para a infiltração de água no solo. Os pavimentos permeáveis têm demonstrado ser uma solução eficaz para reduzir picos de escoamento e atenuar inundações urbanas, especialmente quando combinados com outras técnicas, como biovaletas e jardins de chuva (Dai et al., 2020). Telhados verdes, além de reduzir o volume de escoamento, oferecem benefícios adicionais, como o isolamento térmico dos edifícios, redução da ilha de calor urbana e aumento da biodiversidade (Liu et al., 2021).

No entanto, a implementação de pavimentos permeáveis e telhados verdes pode envolver custos iniciais elevados e requerer manutenção regular para garantir a sua eficácia. A capacidade de infiltração dos pavimentos permeáveis pode diminuir com o tempo devido à acumulação de sedimentos, enquanto os telhados verdes necessitam de cuidados contínuos com a vegetação e a estrutura de suporte (Rodríguez-Rojas et al., 2018). Por-

tanto, a viabilidade econômica dessas técnicas deve ser cuidadosamente considerada no planejamento urbano.

2.1.3.3 Cisternas e Bacias de Retenção

As cisternas e bacias de retenção são infraestruturas de SDUS projetadas para capturar e armazenar a água da chuva para posterior reutilização ou liberação controlada. Cisternas são tanques de armazenamento instalados em áreas urbanas, que coletam água das chuvas de telhados e outras superfícies impermeáveis, permitindo seu uso para fins não potáveis, como irrigação e limpeza (Joshi *et al.*, 2020). Já as bacias de retenção são reservatórios criados para armazenar temporariamente o escoamento superficial, retardando o fluxo de água para o sistema de drenagem principal e reduzindo o risco de inundações (Cai *et al.*, 2018).

A utilização de cisternas e bacias de retenção pode proporcionar múltiplos benefícios, como a redução do consumo de água potável e a diminuição da carga nos sistemas de esgoto durante eventos de precipitação intensa (García; Pérez; Santamarta, 2021). Essas técnicas também promovem a recarga de aquíferos e a gestão sustentável dos recursos hídricos, contribuindo para a resiliência urbana. Em regiões onde o uso de água é restrito ou caro, essas soluções podem ser especialmente vantajosas do ponto de vista econômico (Wadhwa; Kumar, 2020).

No entanto, a eficácia das cisternas e bacias de retenção depende da sua capacidade de armazenamento e da frequência de manutenção. Quer vejamos a figura 3 que demonstra uma cisterna vertical, com o esquema de captação das calhas já implantado:



Figura 3. Cisterna vertical

Fonte: Tecnotri (2024)

A qualidade da água armazenada em cisternas deve ser monitorada para evitar contaminações, enquanto as bacias de retenção precisam ser geridas para evitar o acúmulo de sedimentos e a proliferação de vetores de doenças (Cai *et al.*, 2018). Dessa forma, a integração dessas técnicas em um plano de SDUS requer uma abordagem holística que con-

sidere a interação entre diferentes tipos de infraestrutura e os requisitos de manutenção contínua.

3. CONCLUSÃO

Os objetivos propostos nesta pesquisa foram alcançados, uma vez que este artigo científico ofereceu uma análise detalhada dos principais desafios e oportunidades para a integração dos SDUS nas cidades contemporâneas. Através da revisão da literatura, foi possível explorar técnicas sustentáveis, como biovaletas, jardins de chuva, telhados verdes, pavimentos permeáveis e cisternas, além de identificar as barreiras que limitam sua implementação, como a falta de conhecimento técnico e a resistência dos tomadores de decisão. A resposta ao problema de pesquisa evidenciou que, apesar dessas barreiras, os SDUS apresentam soluções viáveis para minimizar os impactos ambientais negativos e promover o desenvolvimento urbano sustentável.

No entanto, algumas limitações foram observadas durante a pesquisa. A principal delas foi a carência de estudos empíricos mais abrangentes que analisem a eficácia das técnicas de SDUS em diferentes contextos urbanos, o que restringiu a generalização dos resultados. Além disso, a falta de regulamentações específicas e políticas públicas mais robustas para incentivar a adoção de práticas de drenagem sustentável também representou um obstáculo significativo para a implementação em larga escala. Recomenda-se, portanto, que futuros estudos se concentrem na análise de casos práticos e no desenvolvimento de modelos mais integrados de políticas públicas que incentivem o uso dos SDUS.

Por fim, sugere-se que pesquisas futuras explorem a viabilidade econômica das técnicas de drenagem urbana sustentável em diferentes contextos, além de investigar como a educação ambiental e o engajamento comunitário podem contribuir para a maior aceitação e adoção dessas práticas. Também seria relevante avaliar o impacto dessas técnicas no longo prazo, especialmente em relação à sua capacidade de adaptação às mudanças climáticas e ao crescimento urbano contínuo. Dessa forma, espera-se que este estudo tenha contribuído para uma compreensão mais profunda das potencialidades e desafios dos SDUS, estimulando novas pesquisas e intervenções práticas na área.

REFERÊNCIAS

CAI, Y.; CAI, Y.; LIN, X.; YUE, W.; ZHANG, P. **Inexact fuzzy chance-constrained programming for community-scale urban stormwater management**. Journal of Cleaner Production, v. 182, p. 937-945, 2018. Disponível em: <https://consensus.app/papers/inexact-fuzzy-chanceconstrained-programming-stormwater-cai/2bf3e-393a8a75d20a2712a30db28cb53/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

DAI, Y.; JIANG, J.; GU, X.; ZHAO, Y.; NI, F. **Sustainable Urban Street Comprising Permeable Pavement and Bioretention Facilities: A Practice**. Sustainability, 2020. Disponível em: <https://consensus.app/papers/urban-street-comprising-permeable-pavement-bioretention-dai/1bcd97687de56f09513d083643dcc93/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

ECOTELHADO. **Descubra a diferença entre jardins de chuva e biovaletas**. Blog Ecotelhado, 2023. Disponível em: <https://ecotelhado.com/blog/descubra-a-diferenca-entre-jardins-de-chuva-e-biovaletas/>. Acesso em: 1 nov. 2024.

GARCÍA, A. I. A.; CRUZ PÉREZ, N.; SANTAMARTA, J. C. **Sustainable Urban Drainage Systems in Spain: Analysis of the Research on SUDS Based on Climatology**. Sustainability, 2021. Disponível em: <https://consensus.app/papers/urban-drainage-systems-spain-analysis-research-suds-based-garcía/7bfla3f2b79a5a668b5a-c08b0acff3f1/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

GRIFFITHS, J. **Sustainable Urban Drainage**. In: Water Management. 2017. Disponível em: <https://consensus.app/papers/sustainable-urban-drainage-griffiths/7bfla3f2b79a5a668b5a-c08b0acff3f1/?>

app/papers/urban-drainage-griffiths/978aac45ab8c51e8af28f817e075d1de/? . Acesso em: 20 ago. 2024.

GÜLBAZ, S.; KAZEZYILMAZ-ALHAN, C. M. **An evaluation of hydrologic modeling performance of EPA SWMM for bioretention.** Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research, v. 76, n. 11-12, p. 3035-3043, 2017. Disponível em: <https://consensus.app/papers/evaluation-hydrologic-modeling-performance-swmm-gulbaz/855284280b9859f98a322e64944b879d/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

JOSHI, P.; LEITÃO, J.; MAURER, M.; BACH, P. **Not all SuDS are created equal: Impact of different approaches on combined sewer overflows.** Water research, v. 191, p. 116780, 2020. Disponível em: <https://consensus.app/papers/suds-created-impact-approaches-combined-overflows-joshi/471bae19be935432bc-c440737e554472/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

KREBS, P.; LARSEN, T. A. **Guiding the development of urban drainage systems by sustainability criteria.** Water Science and Technology, v. 35, p. 89-98, 1997. Disponível em: <https://consensus.app/papers/guiding-development-drainage-systems-sustainability-krebs/b8f807b101fe5881b26870cc196a7c21/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

LIU, Y.; BRALTS, V.; ENGEL, B. **Evaluating the effectiveness of management practices on hydrology and water quality at watershed scale with a rainfall-runoff model.** The Science of the total environment, v. 511, p. 298-308, 2015. Disponível em: <https://consensus.app/papers/evaluating-management-practices-hydrology-water-quality-liu/07c1e595274f51f490bb3ebe99497d7e/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

MCCLYMONT, K.; FERNANDES CUNHA, D. G.; MAIDMENT, C.; ASHAGRE, B.; VASCONCELOS, A.; DE MACEDO, M. B.; DOS SANTOS, M. F. N.; GOMES JÚNIOR, M. N.; MENDIONDO, E.; BARBASSA, A.; RAJENDRAN, L.; IMANI, M. **Towards urban resilience through Sustainable Drainage Systems: A multi-objective optimisation problem.** Journal of environmental management, v. 275, 111173, 2020. Disponível em: <https://consensus.app/papers/towards-resilience-drainage-systems-optimisation-mcclymont/60ee58a44ce85a2792eee537fa-5b192b/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

PERALES-MOMPARLER, S.; ANDRÉS-DOMÉNECH, I.; HERNÁNDEZ-CRESPO, C.; VALLÉS-MORÁN, F.; MARTÍN, M.; ESCUDER-BUENO, I.; ANDRÉU, J. **The role of monitoring sustainable drainage systems for promoting transition towards regenerative urban built environments: A case study in the Valencian region, Spain.** Journal of Cleaner Production, v. 163, p. 113-124, 2017. Disponível em: <https://consensus.app/papers/role-monitoring-drainage-systems-promoting-transition-peralesmomparker/4b6bd65d69875232b154a397a4371040/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

QIN, H.; LI, Z.; FU, G. **The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics.** Journal of environmental management, v. 129, p. 577-85, 2013. Disponível em: <https://consensus.app/papers/effects-impact-development-flooding-rainfall-qin/79f9610fd6ec5b0d83493cf4ce14676a/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

RODRÍGUEZ-ROJAS, M. I.; HUERTAS-FERNÁNDEZ, F.; MARTÍNEZ, G.; MORENO, B. **The Use Of Urban Drainage Systems In Sustainable Cities.** Sustainable Development and Planning, v. 210, p. 775-784, 2016. Disponível em: <https://consensus.app/papers/drainage-systems-cities-rodriguezrojas/38d5f7447d4f53dda222ad-7dee687cbc/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

SCHOLZ, M. **Sustainable Drainage Systems.** Water, v. 7, p. 2272-2274, 2015. Disponível em: <https://consensus.app/papers/drainage-systems-scholz/4fce6d46b2315f76aa68d3e14e0e027e/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

SEYEDASHRAF, O.; BOTTACIN-BUSOLIN, A.; HAROU, J. **Many-Objective Optimization of Sustainable Drainage Systems in Urban Areas with Different Surface Slopes.** Water Resources Management, v. 35, p. 2449-2464, 2021. Disponível em: <https://consensus.app/papers/optimization-sustainable-drainage-systems-urban-areas-seyedashraf/d7966f0189ca56feb3760d08049e9570/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

TECNOTRI. **Entenda as diferenças entre cisterna vertical e subterrânea.** Blog Tecnotri Cisternas, 2023. Disponível em: <https://cisternas.tecnotri.com.br/entenda-as-diferencas-entre-cisterna-vertical-e-subterranea/>. Acesso em: 1 nov. 2024.

UGREN. Pin de Ecotelhado em Infraestrutura Verde e Sustentável. Pinterest, 2023. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/289848926022498960/>. Acesso em: 1 nov. 2024.

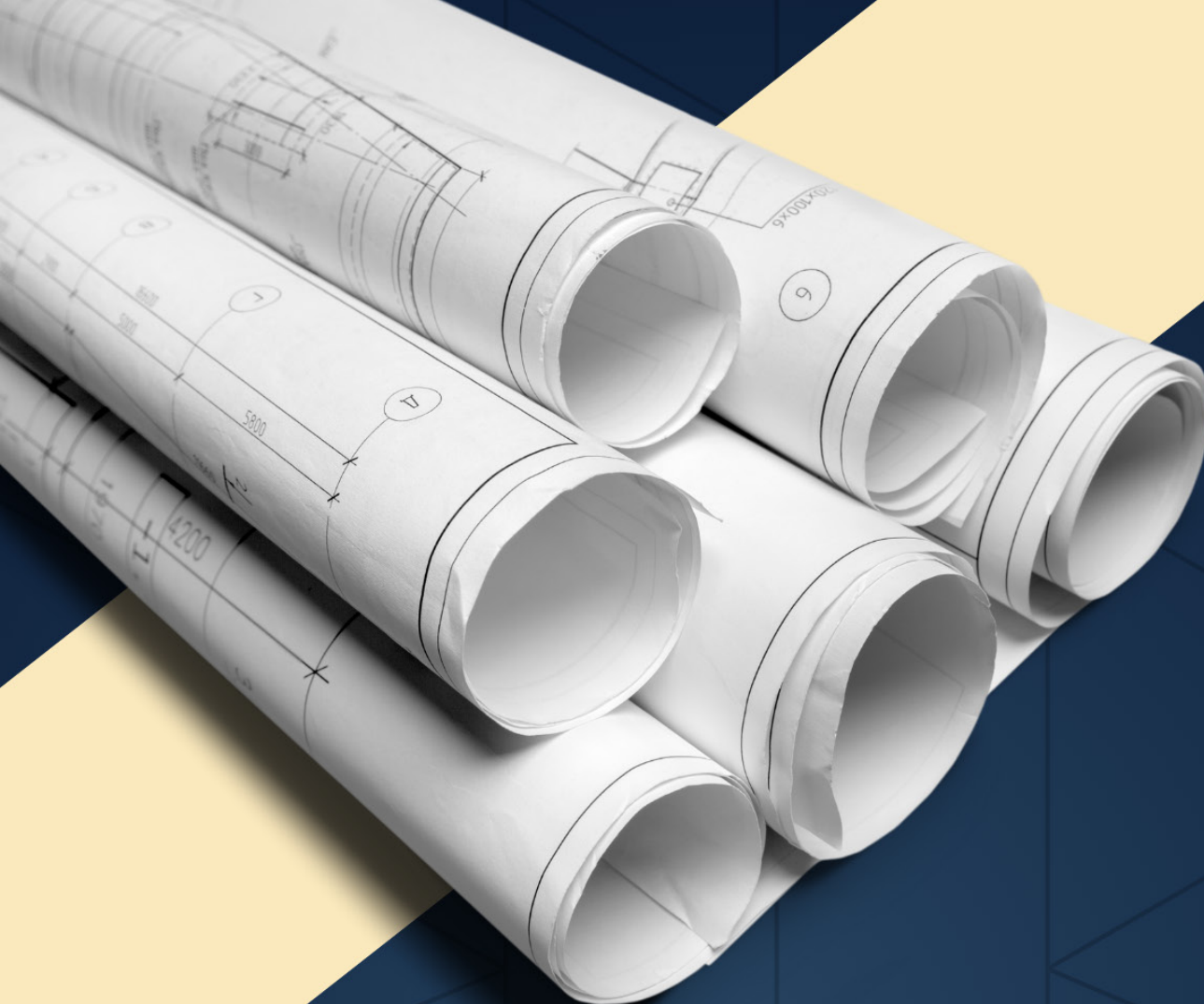
UTLER, D.; PARKINSON, J. **Towards sustainable urban drainage.** Water Science and Technology, v. 35, p. 53-63, 2017. Disponível em: <https://consensus.app/papers/towards-drainage-butler/cc7c98ca002655b99be-70f741c9e0cbc/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.

WADHWA, A.; KUMAR, K. P. **Selection of best stormwater management alternative based on storm control measures (SCM) efficiency indices.** Water Policy, v. 22, p. 702-715, 2020. Disponível em: <https://consen>



sus.app/papers/selection-stormwater-management-alternative-based-storm-wadhwa/c03c1bcfe76852aba-fa794f76dfaa6a9/? . Acesso em: 20 ago. 2024.

YU, C. **Sustainable Urban Drainable Systems for Management of Surface Water**. In: Urban Planning and Development. 2013. Disponível em: <https://consensus.app/papers/urban-drainable-systems-management-surface-water-yu/a64cdaf48fc5542b83f774c2574fc586/?> . Acesso em: 20 ago. 2024.



8

AS PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS

PATHOLOGIES IN BUILDING FACADE COATINGS

**José de Ribamar Nunes de Sousa
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Tania Santos Pereira
Wandson Holanda de Andrade**

Resumo

As Patologias em Revestimentos de Fachadas de Edifícios é um estudo que investiga as diversas falhas e deteriorações que podem ocorrer nos revestimentos externos de edificações. A pesquisa teve como objetivo principal abordar as patologias mais frequentes que ocorrem nos revestimentos executados em edifícios, reforçando com especificamente apresentar as mais frequentes manifestações patológicas que ocorrem nos revestimentos externos das fachadas de edificações, assim como descrever as patologias com maior incidência devido o processo executivo de revestimento destes projetos e relatar as prováveis origens que causam o processo de patologias indesejáveis e como elas são concentradas. A revisão de literatura nesse campo abrange os principais tipos de patologias, suas causas e consequências. O trabalho trata-se de uma revisão de literatura que também discute métodos de diagnóstico, prevenção e tratamento das patologias, enfatizando a importância de uma boa manutenção e a escolha adequada de materiais para garantir a durabilidade e a estética das fachadas. As pesquisas indicam que intervenções precoces podem evitar problemas mais graves e onerosos no futuro. Esse estudo é crucial para profissionais da construção civil, arquitetos e engenheiros, que buscam entender melhor como preservar a integridade e a aparência das edificações ao longo do tempo. Conclui-se que sobre as patologias em revestimentos de fachadas de edifícios, podemos destacar que a compreensão dessas patologias é essencial para a manutenção e a conservação adequada das edificações. As diversas causas, que vão desde fatores ambientais até erros de projeto e execução, evidenciam a complexidade do tema.

Palavras-chave: Patologia, Revestimentos, Fachadas, Edifícios.

Abstract

Pathologies in Building Facade Coatings is a study that investigates the various failures and deteriorations that can occur in the external coatings of buildings. The main objective of the research was to address the most frequent pathologies that occur in coverings carried out in buildings, specifically reinforcing the presentation of the most frequent pathological manifestations that occur in the external coverings of building facades, as well as describing the pathologies with the highest incidence due to the executive process. coating of these projects and report the likely origins that cause the process of undesirable pathologies and how they are concentrated. The literature review in this field covers the main types of pathologies, their causes and consequences. The work is a literature review that also discusses methods of diagnosis, prevention and treatment of pathologies, emphasizing the importance of good maintenance and the appropriate choice of materials to guarantee the durability and aesthetics of facades. Research indicates that early interventions can prevent more serious and costly problems in the future. This study is crucial for construction professionals, architects and engineers, who seek to better understand how to preserve the integrity and appearance of buildings over time. It is concluded that regarding pathologies in building facade coverings, we can highlight that understanding these pathologies is essential for the proper maintenance and conservation of buildings. The various causes, ranging from environmental factors to design and execution errors, highlight the complexity of the issue.

Keywords: Pathology, Coatings, Facades, Buildings.

1. INTRODUÇÃO

A introdução ao tema das patologias em revestimentos de fachadas de edifícios é fundamental para compreendermos os desafios e as soluções associadas ao desempenho e à durabilidade das edificações. As fachadas desempenham um papel crucial não apenas na estética dos edifícios, mas também na sua proteção contra fatores ambientais, como chuva, vento, umidade e variações térmicas. Entretanto, com o passar do tempo e a exposição a essas condições, os revestimentos de fachadas podem apresentar uma série de patologias, que incluem fissuras, descascamento, eflorescências, mofo e deterioração de materiais.

Essas patologias podem ser causadas por diversas razões, como a escolha inadequada de materiais, falhas na execução da obra, manutenção insuficiente e condições climáticas adversas. O reconhecimento precoce e a análise das causas dessas patologias são essenciais para a implementação de medidas corretivas e preventivas, garantindo a integridade estrutural e estética dos edifícios. Além disso, as patologias em fachadas podem impactar diretamente a segurança dos ocupantes, o conforto térmico e a eficiência energética das edificações. Portanto, a pesquisa e o estudo aprofundado dessas questões são cruciais para profissionais da construção civil, arquitetos e engenheiros, que buscam não apenas projetar edifícios visualmente atraentes, mas também garantir sua funcionalidade e durabilidade ao longo dos anos.

A complexidade crescente das construções, diante de fatores como a falta de sistematização do conhecimento, a inexistência de um sistema efetivo de garantias e de seguros, a velocidade exigida ao processo de construção, as novas preocupações arquitetônicas, a aplicação de novos materiais, a inexistência na equipe de projeto de especialistas em física e tecnologia das construções são causas fundamentais da não qualidade dos edifícios.

Percebe-se que as patologias são desencadeadas pelo uso inadequado de materiais, aliado à falta de cuidados na execução e mesmo adaptações, tudo isto somado à falta de manutenção, tem gerado despesas extras desnecessárias aos condomínios de edifícios que até com menos de cinco anos de idade têm que consumir recursos financeiros em reparações que poderiam inteiramente ser evitadas, a partir de um planejamento e execução com maiores detalhes e menos risco.

Enfim, a grande incidência de problemas como que são chamados de eflorescências, bolores, destacamento de pastilhas, fissuras, infiltrações e descolamento de pinturas, mostra cada vez mais que o segmento da construção civil precisa se preocupar e trabalhar de forma minuciosa cada vez mais com o sistema de revestimento de uma edificação compatibilizando mão de obra, sistemas construtivos e a tradição, de maneira condizente à engenharia, conforme cada localidade.

Entretanto a pesquisa traz relatos já vivenciados por estudiosos no intuito de auxiliar no entendimento. Como trabalhar essas patologias de forma simples e adequadas sendo elas identificadas em revestimentos de fachadas de edifícios? O planejamento adequado a ser adotado para obter uma estrutura temporal e conservação destas, tem como objetivo principal abordar as patologias mais frequentes que ocorrem nos revestimentos executados em edifícios, reforçando com especificamente apresentar as mais frequentes manifestações patológicas que ocorrem nos revestimentos externos das fachadas de edificações, assim como descrever as patologias com maior incidência devido o processo executivo de revestimento destes projetos e relatar as prováveis origens que causam o processo de patologias indesejáveis e como elas são concentradas.



Tem como justificativa o estudo das manifestações patológicas no revestimento dos edifícios relacionando alguns fatores aos processos executivos das atividades laborais tanto da parte de engenharia como operacional, descrevendo os problemas de maiores ocorrências nas fachadas deste. Assim como os principais efeitos que causam as patologias, relatar problemas encontrados sendo este resolvidos ou não, assim como também relatar novas formas de adequar-se à realidade local.

2. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos que foram apresentados o trabalho tratará de uma metodologia que onde será realizada uma revisão bibliográfica utilizando materiais como monografias, tese e artigos periódicos referente ao assunto abordado no período compreendido entre 1999 e 2023 retirados das plataforma digital google acadêmico e serão utilizadas as palavras chaves: revestimento, patologias e edifícios, onde os mesmo darão ênfase as finalidade dos revestimentos das fachadas e sua execução, levando em consideração as características dos materiais escolhidos, podendo desta forma discutir as formas existentes de execução e como essas patologias são previamente tratadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que o revestimento cerâmico de fachadas de edifícios seja seguro, é essencial ter um projeto de assentamento desenvolvido por consultores especializados. Nele serão considerados as condições climáticas, o tipo de cerâmica mais apropriada e as interfaces com vigas, caixilhos, varandas e outros revestimentos, de acordo com o trabalho de cada material.

A origem para grande parte das manifestações patológicas presentes nos sistemas de revestimento cerâmico de fachada, segundo (GOMES,1997) é proveniente da falta de planejamento, na etapa de projeto. O descolamento de revestimento cerâmico de fachada também tem origem nos aspectos relacionados com o projeto, desde a concepção da edificação, a falta de coordenação entre projetos, a escolha de materiais inadequados até a negligência quanto a aspectos básicos como o posicionamento das juntas de dilatação e telas metálicas.

Segundo Gomes (1997), a origem do descolamento de revestimento cerâmico em fachadas está diretamente relacionada à falta de planejamento na fase de projeto. Ele aponta que essa patologia pode resultar de falhas que começam já na concepção da edificação, incluindo a falta de coordenação entre os diversos projetos envolvidos, a escolha de materiais inadequados e a negligência em relação a aspectos fundamentais, como o correto posicionamento das juntas de dilatação e o uso de telas metálicas. Esses erros de planejamento e execução podem comprometer a durabilidade e a segurança dos revestimentos, reforçando a necessidade de maior atenção e precisão durante o desenvolvimento dos projetos arquitetônicos e estruturais.

Segundo Medeiros; Sabatini (1998) A implantação de um projeto de produção de revestimentos de fachada, permite evitar uma série de problemas que podem conduzir a falhas nos revestimentos e facilitar as ações de controle e melhoria de qualidade de produção.

De acordo com Medeiros e Sabbatini (1998), a implantação de um projeto específico voltado para a produção de revestimentos de fachada pode prevenir uma série de proble-

mas que, de outra forma, poderiam resultar em falhas nos revestimentos. Além disso, esse tipo de projeto facilita a implementação de ações de controle e melhoria da qualidade na produção. Isso reforça a importância de um planejamento detalhado e de um controle rigoroso durante as etapas de concepção e execução, garantindo que os revestimentos cumpram adequadamente sua função estética e funcional, minimizando a ocorrência de patologias e falhas ao longo do tempo.

Os revestimentos argamassados em fachadas (RAF) são utilizados desde os primórdios, quando as paredes em alvenarias de pedra ou de blocos cerâmicos formavam um sistema de estrutura portante, assentado e revestido com argamassas a base de argila, de cal, de cinza e de areia. Nessas paredes portantes, as cargas provenientes do peso próprio do edifício eram distribuídas de maneira uniforme das alvenarias até as fundações, evitando a concentração de esforços e reduzindo assim o surgimento de fissuras e de rachaduras, pois as deformações eram absorvidas pelas argamassas de assentamento (PETRUCCI, 1975).

Os revestimentos argamassados em fachadas (RAF) têm uma longa história, remontando aos tempos antigos, quando eram aplicados em paredes de alvenaria de pedra ou blocos cerâmicos que também serviam como estruturas portantes. Essas paredes portantes distribuíam de maneira uniforme as cargas do edifício até as fundações, o que evitava a concentração de tensões, minimizando o surgimento de fissuras e rachaduras. As argamassas utilizadas, feitas de materiais como argila, cal, cinza e areia, desempenhavam um papel crucial, pois absorviam as deformações e ajudavam a manter a integridade da estrutura.

Em 1824, iniciou-se na Inglaterra a produção do cimento Portland e, logo após a fabricação de elementos de concreto armado. Essas novas descobertas acarretaram em importantes transformações na construção mundial. As alvenarias deixaram de exercer a função de estrutura e de vedação simultânea em uma grande quantidade de edifícios, passando a exercer somente a função de vedação (GUIMARÃES, 1997).

Thomaz (1992) destaca entre esses problemas os balanços acentuados, os grandes vãos entre os pilares, as estruturas cada vez mais esbeltas, a velocidade excessiva na execução e o controle deficiente, como elementos responsáveis pela grande quantidade de manifestações patológicas que os RAF apresentam.

As argamassas são, de acordo com Petrucci (1975), materiais de construção constituídos pela mistura íntima de um ou mais aglomerantes, agregados miúdos e água, que possuem a capacidade de endurecimento e aderência.

Portanto as argamassas são materiais de construção formados pela mistura de um ou mais aglomerantes, agregados miúdos e água, e apresentam a capacidade de endurecimento e aderência. Esses componentes, quando combinados, resultam em um material coeso que, após a cura, adquire resistência e durabilidade, sendo amplamente utilizado em revestimentos, assentamento de alvenaria e outras funções na construção civil. A função da argamassa é essencial tanto na estabilidade das estruturas quanto na proteção e acabamento das superfícies.

Alves (1987) define aglomerante como um material ativo, em geral pulverulento, que promove a ligação entre os grãos do material inerte (agregados). Os aglomerantes são utilizados para a formação da pasta (aglomerante + água), das argamassas (aglomerante + água + agregado miúdo) e concretos (aglomerante + água + agregado miúdo + agregado graúdo).

Um aglomerante é definido como um material ativo, geralmente em forma pulveru-



lenta, que promove a ligação entre os grãos do material inerte, como os agregados. Os aglomerantes são essenciais para a formação de diversos materiais de construção, a função dos aglomerantes é proporcionar coesão e endurecimento, sendo um componente vital na construção civil.

Denomina-se argila o conjunto de minerais, compostos principalmente de silicatos de alumínio hidratados, que possuem a propriedade de formarem com água uma pasta plástica suscetível de conservar a forma moldada, após secar e endurecer sob a ação do calor (Petrucci, 1975).

Segundo Alves (1987), o gesso lento é utilizado em paredes, já o gesso rápido é o mais utilizado na construção civil para a confecção de forros, porém, o autor recomenda não o utilizar em locais úmidos, visto que, conforme o grau de saturação do ar, o gesso pode desintegrar-se.

O gesso lento é comumente utilizado em paredes, enquanto o gesso rápido é mais empregado na construção civil, principalmente na confecção de forros. No entanto, o autor alerta para a limitação do gesso rápido em ambientes úmidos, pois, dependendo do grau de saturação do ar, o gesso pode sofrer desintegração. Isso ocorre devido à sua alta sensibilidade à umidade, o que pode comprometer sua integridade e durabilidade nesses locais. Portanto, recomenda-se evitar seu uso em áreas sujeitas à umidade excessiva.

Segundo Guimarães (1997), embora haja evidências da presença do uso da cal ao longo da maior parte da existência humana, foi somente a partir da civilização egípcia que o produto começou a aparecer com frequência nas construções.

O clínquer em pó tem a peculiaridade de desenvolver uma reação química em presença de água, na qual ele, primeiramente, torna-se pastoso e, em seguida, endurece, adquirindo elevada resistência e durabilidade (Petrucci, 1975).

Segundo Guimarães (1997), embora o uso da cal tenha sido registrado ao longo de grande parte da história da humanidade, foi somente a partir da civilização egípcia que ela começou a ser utilizada com maior frequência nas construções. A cal desempenhou um papel importante em muitas obras antigas. Petrucci (1975) complementa destacando o clínquer em pó, que tem a peculiaridade de desenvolver uma reação química quando em contato com a água. Nesse processo, o clínquer inicialmente se torna pastoso e, em seguida, endurece, adquirindo alta resistência e durabilidade. Esse material é fundamental na produção de cimentos e concretos modernos, garantindo a solidez e longevidade das edificações.

Os agregados são materiais pétreos, obtidos pela moagem de fragmentos de pedras que possuem propriedades adequadas, possuindo dimensões que variam entre 0,075mm à 152 mm. Atuam nas argamassas e concretos como elemento inerte, pois não sofrem alterações químicas quando da cura do composto (PETRUCCI, 1976).

Selmo (1989), acrescentou uma definição do ponto de vista prático muito expressiva onde, diz que “uma argamassa de revestimento tem boa trabalhabilidade quando se deixa penetrar com facilidade pela colher do pedreiro, sem ser fluida; ao ser transportada para a desempenadeira e lançada contra a base mantém-se coesa, porém sem aderir à colher; e permanece úmida o suficiente para ser espalhada, sarrafeada e ainda receber o tratamento superficial previsto”.

Segundo Selmo (1989), uma argamassa de revestimento tem boa trabalhabilidade quando: facilidade de penetração onde permite que a colher do pedreiro a penetre com facilidade, sem ser excessivamente fluida, coesão ao ser transportada para a desempenadeira e lançada contra a base, mantém-se coesa, mas não adere à colher e umidade ade-

quada quando permanece úmida o suficiente para ser espalhada, sarrafeada e receber o tratamento superficial previsto. Essa definição prática é importante para garantir que a argamassa tenha as propriedades necessárias para uma aplicação eficaz, assegurando que o revestimento seja aplicado de maneira uniforme e durável.

Para Verçosa (1991) a patologia das edificações se resume ao estudo da identificação das causas e dos efeitos de problemas encontrados nas edificações, elaborando seu diagnóstico e correção. Helene (1993), descreve a patologia como sendo o estudo dos sintomas, dos mecanismos, das causas e das origens dos defeitos das construções civis, ou seja, como o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Um diagnóstico adequado de uma manifestação patológica deve indicar em que etapa do processo construtivo teve origem o fenômeno que desencadeou o problema, defende Helene (1993). A origem pode decorrer da falha de projeto (projetista), da má qualidade dos materiais empregados na construção (fabricante), da falha na etapa de construção (mão-de-obra e fiscalização), e da falha na etapa de utilização da edificação por uso inadequado ou falta de manutenção (usuários).

A causa das manifestações patológicas, de acordo com Helene (1993), está relacionada a vários fenômenos que influenciam no surgimento das anomalias. Merecem destaque cargas excessivas, variação de umidades, variações térmicas, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos entre outros.

Um bom diagnóstico deve ter condições de prever as consequências futuras que o problema poderá trazer no comportamento geral do edifício. Helene (1993) separa estes prognósticos em dois tipos: os que afetam as condições de segurança da estrutura (mais urgentes), e os que comprometem somente as condições de higiene e estética, denominadas condições de serviços, associadas aos estados limites de utilização. Segundo Thomas (1992) e Helene (1993), os problemas patológicos são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo, podendo até ser gerado novos problemas em decorrência dos primeiros.

Essa abordagem destaca a importância de um diagnóstico adequado na manutenção e conservação das edificações. Segundo Helene (1993), ao prever as consequências futuras dos problemas identificados, o prognóstico pode ser dividido em dois tipos principais como problemas que afetam as condições de segurança da estrutura, que exigem atenção imediata por seu impacto na estabilidade e funcionalidade do edifício e problemas que afetam condições de higiene e estética, conhecidos como condições de serviços, que comprometem o uso e a aparência, mas sem risco imediato à segurança.

Segundo Helene (1993), a manutenção preventiva é a maneira mais barata e correta de se manter em boas condições de uso uma edificação. A falta de uma manutenção preventiva durante o uso do edifício, pode até quintuplicar o custo para a realização de uma ação.

Tanto Thomas (1992) quanto Helene (1993) reforçam que os problemas patológicos em edifícios tendem a evoluir e se agravar com o tempo, podendo gerar novos problemas se não forem tratados de forma adequada. Isso ressalta a natureza progressiva das falhas estruturais ou estéticas, destacando a necessidade de intervenções preventivas para evitar maiores danos e custos.

As medidas corretivas são os reparos dos problemas levantados durante os trabalhos de diagnóstico, prognóstico e desenvolvimento das formas de intervenção. A essas atividades pode-se associar um custo cento e vinte e cinco vezes superior ao custo das medidas que poderiam ter sido tomadas durante as fases iniciais da construção (HELENE, 1993).



De acordo com Helene (1993), as medidas corretivas, que envolvem reparos após a identificação de problemas na fase de diagnóstico e intervenção, podem ser extremamente onerosas em comparação às ações preventivas. Ele ressalta que o custo das correções pode ser até 125 vezes maior do que o custo das medidas preventivas que poderiam ter sido implementadas nas fases iniciais da construção. Essa citação enfatiza a importância de um planejamento adequado e de medidas preventivas durante o projeto e a execução de uma obra para evitar gastos excessivos com reparos futuros.

Hoje, com o desenvolvimento industrial, os revestimentos cerâmicos para paredes e pisos deixaram de ser privilégio dos recintos e monumentos como as edificações de templos religiosos e dos palácios, passaram também para as fachadas de residências e grandes edificações (COSTA FRANCO, 2009).

Exatamente! Com o avanço da indústria e da tecnologia, os revestimentos cerâmicos tornaram-se mais acessíveis e versáteis, permitindo sua utilização em uma variedade muito maior de edificações, desde residências até grandes prédios comerciais. A frase citada de Costa Franco (2009) destaca essa transição, onde a cerâmica, antes associada a templos religiosos e palácios, se tornou um material comum em fachadas de edificações modernas, devido às suas propriedades estéticas, de durabilidade e fácil manutenção. Isso reflete a democratização do uso desses materiais na arquitetura cotidiana.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que sobre as patologias em revestimentos de fachadas de edifícios, podemos destacar que a compreensão dessas patologias é essencial para a manutenção e a conservação adequada das edificações. As diversas causas, que vão desde fatores ambientais até erros de projeto e execução, evidenciam a complexidade do tema.

A identificação precoce das manifestações patológicas, como fissuras, infiltrações e descolamentos, permite intervenções mais eficazes e a implementação de medidas preventivas. Além disso, a literatura destaca a importância de materiais de qualidade e técnicas construtivas adequadas para mitigar problemas futuros.

Além disso, a escolha de materiais de qualidade e a adoção de técnicas construtivas adequadas são fundamentais. Isso garante que a estrutura tenha maior resistência a fatores externos e desgaste ao longo do tempo. Investir em planejamento e execução cuidadosos é crucial para evitar problemas e garantir a segurança das edificações.

Assim, é fundamental que profissionais da área continuem a pesquisar e compartilhar conhecimentos, contribuindo para a melhoria da durabilidade e da estética das fachadas urbanas.

Portanto, identificar patologias em revestimentos de fachadas e garantir a conservação adequada envolve uma série de passos e práticas como integrar a identificação de patologias com um plano de conservação eficaz é essencial para a durabilidade das fachadas. O uso de tecnologia, aliado a um planejamento cuidadoso e à escolha de materiais adequados, pode garantir que os edifícios mantenham sua integridade e estética ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. D. **Materiais de construção**. 6. ed. Goiânia: Editora da UFGO, 1987.

ANDRADE, J. J. O. **Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras**: iniciação por cloretos. Relatório de Qualificação para o Doutorado na UFRGS, Porto Alegre, 2000.

GUIMARÃES, J. E. P. A cal. **Aplicações na engenharia civil**. São Paulo: Ed. PINI, 1997.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1993.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. Porto Alegre: Globo, 1975.

SABBATINI, F. H. **Tecnologia de execução de revestimento de argamassas**. In. 13º Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto. São Paulo, 1990.

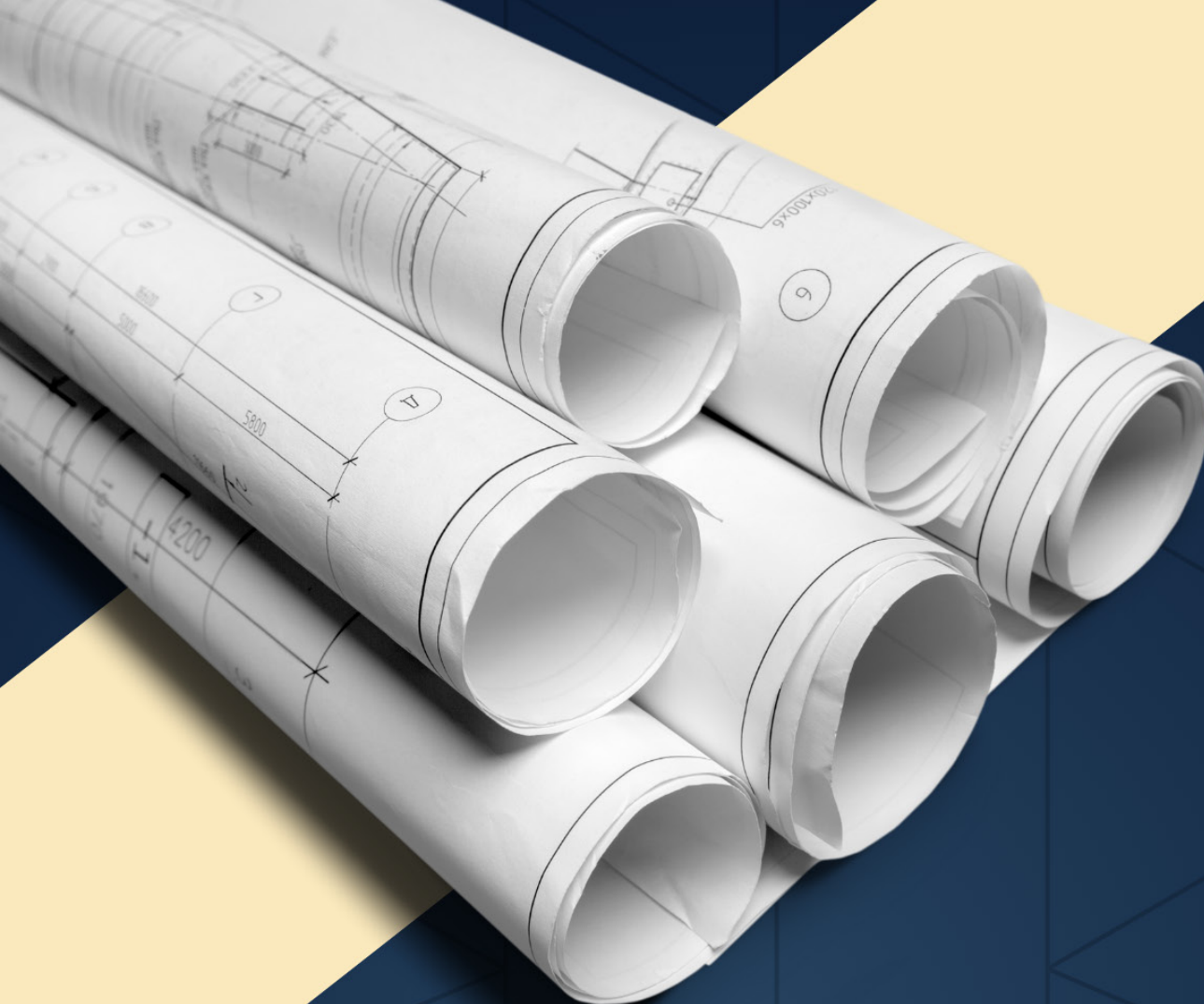
SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. S. B. **Recomendações para produção de revestimento cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. São Paulo, Convênio EPUSP/CqDCC, 1990.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios**. São Paulo, EPUSP, 1989, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – CP-GECC/ Escola Politécnica da USP.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, Ed. PINI, 1992.

VERÇOSA, E.J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre, Ed. Sagra, 1991.





9

EFEITOS PATOLÓGICOS DA INFILTRAÇÃO EM ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES

**PATHOLOGICAL EFFECTS OF INFILTRATION IN BUILDING
STRUCTURES**

**Werbeth de Vales Silva
José Átila Matos Aroucha Junior
Matheus Victor dos Santos Dias
Flavio Henrique de Jesus Campos**

Resumo

Este trabalho aborda os efeitos patológicos da infiltração em estruturas de edificações, um problema que afeta a integridade física dos imóveis e a saúde dos ocupantes. O objetivo geral foi investigar as causas e consequências da infiltração, bem como propor soluções para sua prevenção e reparo. Para isso, foi realizado uma revisão bibliográfica e um estudo de casos em edificações afetadas por infiltração, analisando as condições que favorecem o surgimento do problema e as estratégias de manutenção aplicadas. Os resultados indicaram que a infiltração é um fenômeno complexo, influenciado por fatores como deficiências construtivas, condições climáticas e falta de manutenção adequada. As principais considerações finais ressaltam a importância de intervenções preventivas e do uso de materiais adequados para mitigar os efeitos da infiltração. Além disso, o estudo destacou a necessidade de sensibilização dos profissionais da construção civil e dos usuários sobre a importância da manutenção regular das edificações. Em suma, a pesquisa contribui para a compreensão do problema da infiltração e sugere caminhos para melhorar a durabilidade das estruturas, garantindo a segurança e o conforto dos ocupantes.

Palavras-chave: Infiltração, Estruturas, Patologia, Manutenção

Abstract

This work addresses the pathological effects of infiltration in building the structures, a problem that affects the physical integrity of properties and the health of occupants. The general objective was to investigate the causes and consequences of infiltration, as well as propose solutions for its prevention and repair. To this end, a literature review and a case study were carried out in buildings affected by infiltration, analyzing the conditions that favor the emergence of the problem and the maintenance strategies applied. The results indicated that infiltration is a complex phenomenon, influenced by factors such as construction deficiencies, weather conditions and lack of adequate maintenance. The main final considerations highlight the importance of preventive interventions and the use of appropriate materials to mitigate the effects of infiltration. Furthermore, the study highlighted the need to raise awareness among construction professional and users about the importance of regular maintenance of buildings. In short, the research contributes to the understanding of the infiltration problem and suggest ways to improve the durability of structures, ensuring the safety and comfort of occupants.

Keyword: Infiltration, Structures, Pathology, Maintenance.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Oliveira e Nunes (2020) a engenharia civil desempenha um papel fundamental na economia de um país, contribuindo significativamente para a geração de empregos, agregando valor econômico e se tornando um dos principais impulsionadores da economia global. No entanto, apesar de sua relevância, esse setor ainda enfrenta diversos desafios, desde a fase de concepção até a execução das obras.

Várias patologias afetam as construções, como fissuras, corrosão das armaduras de aço, deterioração do concreto armado e infiltrações, entre outras. Dentre essas, a infiltração é a mais recorrente, muitas vezes surgindo antes mesmo da entrega da obra ao usuário final, acarretando custos adicionais e provocando atrasos no cronograma da construção.

A infiltração em edifícios é um desafio frequente que pode comprometer a resistência, a segurança e o conforto dos espaços construídos. Esse problema se mostra relevante no setor da construção civil, uma vez que estas podem resultar em danos na estrutura, deterioração dos materiais, afetando não só a solidez das edificações, mas também a saúde e o bem-estar dos moradores, razão pela qual escolheu-se o tema dessa pesquisa.

Justificou-se a realização desse estudo pela necessidade de atualização sobre o assunto no âmbito nacional, ao contribuir para ampliar o conhecimento sobre os problemas relacionados à infiltração em edificações e, dessa forma, preencher essa lacuna com a extração de tendências emergentes em literaturas. Considerou-se a importância do assunto, em função da relevância de seus impactos e da necessidade de aprimorar as práticas de construção e manutenção. Dessa forma indagou-se sobre: de que maneira a infiltração poderia comprometer a integridade estrutural de uma edificação?

E para responder essa indagação definiu-se como objetivo geral: apontar as principais causas de infiltração nas edificações. E como objetivos específicos: abordar conceitos patológicos de edificações com ênfase em infiltrações; relatar as possíveis falhas que contribuíram para a patologia de infiltração e apresentar causas e efeitos de infiltrações em edificações. Esse estudo é direcionado para profissionais da construção civil, engenheiros, arquitetos e gestores do patrimônio, tanto em estágio acadêmico quanto profissional, além da sociedade em geral, como forma de contribuir com as informações pesquisadas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Este trabalho foi realizado por meio de uma revisão bibliográfica, consistiu em uma pesquisa qualitativa e descritiva com o objetivo de aprimorar e atualizar o conhecimento através do estudo de obras já publicadas. A pesquisa foi conduzida utilizando-se as bases de dados do Google Acadêmico, *Scientific Electronic*, onde foram pesquisados artigos, monografias, dissertações e livros. Os principais critérios de inclusão para os materiais selecionados foram o idioma português e a data de publicação dos últimos 10 anos, a fim de abordar o tema proposto. No entanto, inclui-se algumas referências publicados antes de 2014 por serem relevantes para o estudo, assim foram incluídas embora não sejam as mais recentes.

2.2 Resultados e Discussão

No Brasil, os conhecimentos sobre novos métodos de construção começaram a se desenvolver com a chegada dos portugueses, no início do século XVI, durante a colonização das áreas costeiras. Para garantir um alojamento seguro para os novos colonizadores, armazenar materiais explorados e expandir o cristianismo, foram erguidas edificações, como casas e igrejas, cujas características arquitetônicas e técnicas construtivas eram semelhantes às utilizadas na Europa medieval. Essas novas construções eram predominantemente de alvenaria, utilizando adobes ou tijolos cerâmicos, com argamassas de cal e areia como ligantes (CARVALHO, 2020).

Com o passar dos anos, o processo de urbanização impulsionou a construção de novos edifícios nas cidades, que variavam entre alvenaria, estruturas metálicas, madeira e concreto armado. Ademais, novas tecnologias têm sido desenvolvidas para melhorar o desempenho e a qualidade dessas edificações. Contudo, apesar da adoção de inovações na construção, diversos problemas patológicos relacionados à umidade ainda afetam muitos elementos construtivos, comprometendo sua durabilidade (LIMA; FERRAZ, 2023).

No Brasil, as regiões Sul, Sudeste, Norte e o litoral do Nordeste apresentam um clima predominantemente úmido durante a maior parte do ano. As capitais com clima mais úmido estão localizadas na região Norte, enquanto a região Centro-Oeste abriga capitais de clima mais seco (THERMOMATIC, 2020). Contudo, é importante notar que, mesmo em áreas mais secas, a umidade pode estar presente em ambientes internos das edificações, como banheiros e cozinhas, onde o uso de água é frequente.

Nos últimos cem anos, o setor da construção civil experimentou um crescimento significativo, impulsionado pela demanda por edificações mais complexas e funcionais. Esse avanço resultou em progressos tecnológicos e científicos relevantes, com a criação de materiais de construção mais duráveis e eficientes. Contudo, a pressão por agilidade na execução das obras também resultou em um aumento de patologias construtivas, como fissuras e infiltrações, que afetam a funcionalidade e a segurança das edificações. Essas patologias decorrem de erros de projeto, execução inadequada e falta de manutenção, tornando essencial a compreensão e a implementação de estratégias para sua identificação e prevenção (SILVA NETO *et al.*, 2023).

Zuchetti (2015) destaca a importância de duas etapas cruciais no processo de identificação de sintomas de anomalias estruturais. A primeira etapa envolve o levantamento de subsídios, que consiste na coleta abrangente de informações essenciais para compreender os fenômenos em curso. Isso inclui a análise dos danos observados e do histórico construtivo e de utilização do edifício. Durante esta fase, as informações são obtidas por meio de quatro abordagens: vistoria no local, exames complementares e pesquisas (FÉLIX; LACERDA; SILVA, 2021).

De acordo com Ferraz (2023) é crucial distinguir entre patologia e manifestação patológica na engenharia civil. Ele enfatiza que a patologia é uma disciplina que visa compreender todos os processos relacionados à degradação de uma edificação. Por outro lado, a manifestação patológica refere-se às deteriorações observadas em uma estrutura e às teorias que explicam os mecanismos de degradação e suas causas.

Conforme apontado por Emanuel Barbosa Souza Filho (2018), as patologias mais comuns são infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência, todas decorrentes da umidade. Essa umidade pode ser introduzida durante a construção, surgir por capilaridade, ser provocada pela chuva ou resultar de vazamentos nas instalações hidráulicas. A infiltração, a mais frequente, é percebida por um aumento notável na quantidade de água, que

pode variar de gotejamentos leves a um fluxo mais intenso. Em contraste, as manchas se formam quando a água penetra uma barreira e adere à superfície; o bolor ou mofo refere-se à presença de colônias de fungos filamentosos em diversos substratos, incluindo argamassas inorgânicas. Esse crescimento fúngico, conhecido como “fungosidade”, resulta em marcas indesejadas em tetos e paredes, manifestando-se como manchas escuras ou claras (SOUZA FILHO, 2018).

O estudo das manifestações patológicas em edificações se concentra em identificar elementos que comprometem o desempenho de uma estrutura e que podem representar riscos potenciais para ela. Essas manifestações são problemas visíveis ou sintomas de deterioração que podem surgir devido a falhas ou imprevistos em qualquer fase do processo de construção. Isso inclui desde o planejamento e projeto inicial da edificação, passando pela sua implementação e construção, até sua ocupação e uso ao longo do tempo (SOUZA FILHO, 2018).

Desse modo, o estudo das manifestações patológicas busca compreender e diagnosticar os problemas que surgem em edificações, investigar suas causas e os impactos que podem ter no desempenho e na segurança das estruturas. Isso é fundamental para a identificação precoce de potenciais riscos e para a implementação de medidas corretivas ou preventivas adequadas, visando garantir a durabilidade e a segurança das construções (SOUZA FILHO, 2018).

Nas palavras de Crispim (2021) as manifestações patológicas descritas abrangem uma ampla gama de problemas que podem ocorrer em edificações. Esses sintomas são indicadores visíveis de possíveis falhas na estrutura ou em seus materiais constituintes, e podem ter várias origens, desde problemas durante a fase de construção até questões relacionadas ao uso e manutenção da edificação ao longo do tempo.

Segundo Jardylene Almeida Costa *et al.*, (2023), as patologias nas construções podem surgir em diferentes fases do processo construtivo e são classificadas em congênitas (resultantes de falhas de projeto ou descumprimento de normas técnicas), construtivas (devidas a uma execução inadequada), adquiridas (provocadas por fatores ambientais) e acidentais (decorrentes de eventos inesperados). Assim, a NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho (ABNT, 2013) estabelece uma vida útil mínima de 50 anos para as edificações, embora muitas apresentem problemas antes desse prazo. Deficiências em qualquer fase do ciclo de vida das construções — incluindo planejamento, projeto, fabricação de materiais, execução e uso — podem levar ao aparecimento precoce de patologias.

A maior parte dos problemas se origina nas fases de planejamento e projeto. Normalmente, as falhas nessas etapas têm um impacto mais severo do que as causadas por materiais de baixa qualidade ou por uma execução deficiente. Por isso, é importante investir tempo na criação de projetos mais minuciosos e completos (MOL, 2021).

A deterioração do desempenho das edificações ao longo de sua vida útil é um fenômeno influenciado por uma variedade de fatores naturais e artificiais, que podem se manifestar em diferentes estágios do processo construtivo. Essa complexidade resulta em uma diversidade de manifestações patológicas, destacando a importância de uma abordagem abrangente para compreender e lidar com esses desafios (SILVA NETO *et.al.*, 2023).

De acordo com Zuchetti (2015), a ocorrência de problemas relacionados à umidade em edificações pode causar desconforto significativo aos ocupantes e acelerar a degradação da construção. Esses problemas podem surgir devido a infiltrações, vazamentos ou falta de adequada impermeabilização, e muitas vezes exigem soluções que acarretam custos elevados. Isso pode incluir reparos na estrutura afetada, substituição de materiais danificados e implementação de medidas para evitar a recorrência do problema, repre-

sentando um desafio financeiro adicional para os proprietários ou responsáveis pela manutenção das edificações.

A norma NBR 15575-1 da ABNT, atualizada em 2021, enfatiza que a umidade desempenha um papel crucial ao acelerar a deterioração das edificações. Esse fenômeno não apenas compromete a integridade estrutural das construções, mas também tem impactos diretos na habitabilidade e na higiene do ambiente. A norma ressalta que a influência da umidade é condicionada por diversos fatores e destaca, em particular, a deficiência no projeto de impermeabilização da estrutura de fundação do edifício. Corrigir essa deficiência pode ser especialmente desafiador devido aos custos elevados e à complexidade envolvida.

Nas palavras de Medeiros (2019), quando ocorrem erros de dimensionamento do elemento estrutural ou são aplicadas sobrecargas não previstas, a primeira manifestação patológica que se evidencia geralmente é a ocorrência de aberturas na estrutura. Essas aberturas são resultado direto desses problemas iniciais e são influenciadas por diversos fenômenos adicionais, como retração, fadiga, fluência e corrosão das armaduras.

Esses processos contribuem para a manifestação das aberturas, ampliando a compreensão dos fatores complexos envolvidos nesse tipo de manifestação patológica. Em resumo, as aberturas na estrutura são um sintoma inicial de problemas subjacentes e podem ser agravadas por uma série de fatores adicionais, destacando a importância de uma abordagem abrangente para entender e corrigir esses problemas estruturais (MEDEIROS, 2019).

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), fissuras são aberturas que resultam de deformações ou deslocamentos do substrato. Essas fissuras podem ser classificadas de diversas maneiras, incluindo em estática ou dinâmica, cíclica, finita ou infinita, com amplitude variável.

Zanzarini (2016) adiciona uma classificação baseada no nível de atividade das fissuras, dividindo-as em ativas e passivas. As fissuras ativas têm a capacidade de alterar sua espessura conforme as condições que as originaram mudam, lembrando juntas induzidas pela própria estrutura. Já as fissuras passivas estão em um estado estabilizado e não manifestam variações significativas em sua espessura ou comprimento ao longo do tempo. Essas classificações são úteis para entender a natureza e o comportamento das fissuras, o que pode orientar o diagnóstico e ações corretivas em estruturas afetadas por esses problemas.

De acordo com Lourenço (2022), as principais causas que levam à formação de fissuras em estruturas incluem movimentação térmica, que ocorre devido às variações de temperatura; movimentação higroscópica, provocada pelas mudanças de umidade do ambiente; sobrecargas, que podem exceder a capacidade de suporte da estrutura; deformabilidade excessiva em estruturas de concreto armado, resultante de problemas de projeto ou execução; recalques de fundação, que podem ocorrer devido a assentamentos diferenciais do solo; retração de produtos à base de cimento, como o próprio concreto, que encolhem durante o processo de cura; e alterações químicas, que podem resultar da exposição a agentes agressivos ou reações químicas internas. Esses fatores podem atuar isoladamente ou em conjunto, causando a formação de fissuras em estruturas construídas e destacando a importância de considerar esses aspectos durante o projeto, construção e manutenção de edificações.

Entende-se que as empresas da construção civil, devido à necessidade de acompanhar a evolução tecnológica e a concorrência de mercado, buscam constantemente modificar e aprimorar seus métodos construtivos. No entanto, quando essas mudanças não

são realizadas com um bom embasamento de conhecimento, podem resultar em diversas falhas na implementação de novas tecnologias nas obras. Essas falhas podem surgir devido à falta de compreensão adequada dos novos métodos, inadequações ao contexto específico da obra ou falta de capacitação dos profissionais envolvidos. Portanto, é crucial que as empresas adotem uma abordagem cuidadosa e embasada em conhecimento ao implementar mudanças tecnológicas em suas práticas construtivas (SOUSA, 2015).

Segundo Barreiros (2019), os estudos sobre as manifestações patológicas nas construções consideram várias etapas importantes. Essas etapas geralmente incluem a identificação dos problemas e sintomas, a análise das causas subjacentes, a avaliação dos danos causados e a proposição de soluções adequadas para remediar ou prevenir esses problemas. É essencial seguir um processo sistemático e abrangente ao abordar as manifestações patológicas, pois isso permite uma compreensão completa dos problemas e orienta ações eficazes para garantir a durabilidade, segurança e desempenho das edificações.

Dentre as orientações cita-se: identificação da manifestação patológica presente na construção; diagnóstico da manifestação patológica encontrada, ou seja, descrição dos danos e dos possíveis motivos que ocasionaram a aparição de tal manifestação patológica; identificação do agente causador da manifestação patológica; prognóstico da manifestação patológica, cujo objetivo é estudar e analisar possíveis soluções para o problema encontrado; tratamento dos elementos construtivos, com o objetivo de eliminar as deteriorações encontradas.

As manifestações patológicas nas edificações podem surgir de diversas formas, e cada uma delas pode ter causas semelhantes ou distintas. Isso significa que diferentes problemas, como fissuras, infiltrações, corrosão, entre outros, podem ser causados por agentes diversos, como falhas na impermeabilização, movimentações do solo, defeitos de projeto, entre outros (BARREIROS, 2019).

Portanto, é essencial realizar uma análise cuidadosa para identificar as causas específicas de cada manifestação patológica e, com base nisso, definir os prognósticos e tratamentos adequados para resolver o problema de maneira eficaz. Essa abordagem personalizada é fundamental para garantir a eficiência das intervenções e a durabilidade das edificações (DE AMARAL *et al.*, 2022).

As infiltrações ocorrem devido a falhas nas instalações hidráulicas durante ou após a construção, levando a defeitos na estrutura. A carbonatação é resultado da corrosão das armaduras de aço devido à exposição a agentes químicos. O deslocamento no revestimento ocorre devido a escolhas inadequadas de produtos ou aplicação inadequada de argamassa, resultando em problemas como umidade excessiva ou colocação de juntas de assentamento (DE AMARAL *et al.*, 2022).

Conforme destacado por Morais (2023) as fissuras, trincas e rachaduras são aberturas que se formam nas paredes ou partes estruturais das edificações, como vigas, pilares e Lages. A diferença entre elas está no tamanho e na duração, sendo que cada uma pode ter causas específicas e exigir tratamentos diferentes para sua correção.

De acordo com Lourenço (2022) as infiltrações têm diversas causas, e é importante compreender como elas ocorrem e entender o conceito dessa patologia para um aprendizado mais eficaz. Isso implica conhecer os processos pelos quais a água penetra na estrutura, seja por falhas nas instalações hidráulicas, deficiências na impermeabilização ou outras origens. Entender esses mecanismos e os danos que as infiltrações podem causar é fundamental para identificar, prevenir e corrigir esses problemas de forma eficiente. Essas informações são cruciais para uma abordagem mais completa e educativa sobre o tema das infiltrações na construção civil.

Os danos por umidade são um problema recorrente que surge devido à penetração de água em locais inadequados da construção. Essa umidade pode se originar de diversas fontes, como infiltrações, vazamentos ou até mesmo condensação. Esses problemas podem variar em gravidade, desde manchas superficiais até danos estruturais significativos. Além disso, a presença constante de umidade pode criar um ambiente propício para o desenvolvimento de mofo, bolor e outros micro-organismos, o que pode causar desconforto e problemas de saúde para os moradores. Portanto, é crucial identificar e corrigir as fontes de umidade em uma residência para garantir o conforto e a segurança dos ocupantes (BATISTA, 2018).

Segundo Batista (2018), as infiltrações são abordadas de maneira abrangente, destacando tanto suas causas quanto suas consequências. O autor ressalta que essas condições podem gerar prejuízos diversos e causar desconforto para os moradores em suas residências. Ao evidenciar as origens e os impactos das infiltrações, Batista oferece uma compreensão mais ampla sobre a importância de prevenir e corrigir esse problema nas construções, visando garantir a qualidade de vida dos ocupantes e a durabilidade das edificações.

Na fase de projeto é essencial projetar a impermeabilização da edificação. Independentemente, se a obra é de uso público, privado ou coletivo, o projeto deve ser realizado por um profissional legal da área. De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2003), impermeabilização é a combinação resultante de diversos serviços executados com o objetivo de proteger as edificações contra a ação deletéria da umidade. Todos os materiais apresentados nesse capítulo são para uso preventivo em superfícies sem danos causados pela infiltração.

Em edificações que já apresentaram patologias decorrentes de infiltrações somadas a má impermeabilização, será necessário primeiro identificar e solucionar a causa e a origem da patologia para só assim preparar a superfície para receber a impermeabilização correta. De acordo com Antônio Neves (2021), o tipo adequado de impermeabilização a ser empregado na construção civil deve ser determinado segundo a solicitação imposta pelo fluido nas partes construtivas que requeiram estanqueidade. A solicitação pode ser imposta pela água de percolação, pela condensação da água na superfície, umidade advinda do solo ou imposta pelo fluido sobre pressão unilateral ou bilateral.

O sistema de impermeabilização é responsável por três aspectos da construção: a durabilidade da edificação; conforto e usabilidade, e proteção ao meio ambiente, cabendo ao profissional envolvido com a obra determinar onde e qual sistema adotar de acordo com a área projetada (BATISTA, 2018).

Apesar dos benefícios da técnica de impermeabilização, a realidade nos canteiros de obra é de pouca informação sobre a aplicação e vantagens do recurso. Isso ocorre tanto em relação a qualificação do profissional responsável pelo projeto, como pela falta de treinamento da mão de obra utilizada na execução da técnica. Razão principal de muitas vezes, no decorrer da construção, não ser feita a aplicação correta dessa prática (BATISTA, 2018).

O objetivo principal do trabalho é aumentar o conhecimento específico sobre a técnica da impermeabilização para evitar a infiltração e as patologias de dano que possam vir a ser causadas por ela. O pleno domínio sobre o assunto, como consequência de aumento do nível de informação, acaba por se refletir na própria condição de competência em relação as normas e técnica da impermeabilização e maior qualificação no exercício da profissão.

Foi realizada pesquisa bibliográfica sobre a ABNT NBR 15.575:2013 e ABNT NBR 9575:2003, que especificam respectivamente as Normas de Desempenho e Norma das Infiltrações, observado nessa pesquisa os tipos de patologias que arruinaram as construções,

ocorridos pela não observância da norma específica, bem como exemplos de construções com registros de danos causados por infiltrações (ABNT, 2021).

“As manifestações patológicas ocasionadas pela umidade, comuns em construção, podem gerar danos elevados e gastos enormes em recuperação e reparo, que poderiam ser evitados com medidas simples preventivas” (SANTOS, 2014, p.11).

A água causadora da patologia pode ser oriunda de tubulação hidráulica, esgoto, chuva ou resultante de impermeabilização malfeita em áreas que recebem bastante água, como banheiros ou sacadas externas. Para Deutsch a água que afeta as superfícies situadas longe da pressão hidrostática do terreno, pode ser subdividida em: “a) provocada pela chuva; b) pela ação capilar; c) pela tensão superficial; d) pela pressão do ar; e) introduzida pelas forças de vento; f) resultante de vazamentos nas redes” (2021, p.150).

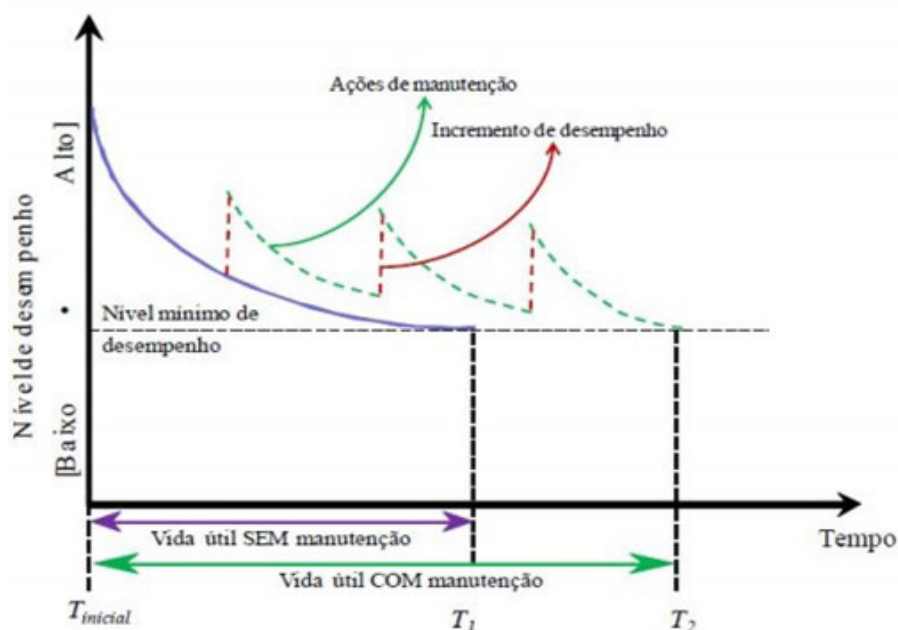
Em vista do fator umidade ser considerado inegável fonte de aceleração da deterioração dos materiais, a citada norma procura avaliar “a exposição da edificação à água da chuva, bem como a umidade proveniente do solo e aquela proveniente do uso da edificação”. São aspectos do projeto necessários para evitar a diminuição de condições de habitabilidade do imóvel (PETRA, 2021).

Segundo a NBR 15575-/2013, manutenção tem como definição um conjunto de atividades a serem realizadas com finalidade de conservar ou estabelecer a capacidade funcional da edificação e de partes constituintes, além de atender as necessidades e segurança dos seus usuários. Esta atividade não deve ser feita esporadicamente, deve-se realizar um programa de manutenção afim de evitar eventuais problemas.

A falta de manutenção adequada nas edificações tem como resultado uma grande variedade de anomalias, que ocasionam danos materiais e em alguns casos danos pessoais. De acordo com os dados fornecidos pelo IBAPE/SP (2015), mais da metade das dificuldades das edificações com mais de 10 anos apresenta acidentes em razão de deficiência ou ausência de manutenção, ocasionando assim perda precoce de desempenho e acentuada degradação da construção.

Mantendo um cronograma de manutenção eficiente, mantém-se a durabilidade e a vida útil da edificação. Entende-se por durabilidade o período em que uma edificação mantém os requisitos de desempenho estabelecidos no projeto. Como pode ser observado na figura 1, o período da vida útil e nível de desempenho de uma construção está fortemente relacionada com ações de manutenção.

Figura1. Relação x desempenho vida útil



Fonte: COUTINHO (2019)

O plano de manutenção deve ser elaborado de forma a alcançar o maior benefício possível, garantindo um bom planejamento e, assim, diminuindo os custos. Este plano envolve o usuário e/ou proprietário como participante da fase de uso e, por sua vez, este é corresponsável por assegurar o desempenho e a durabilidade da construção. Deve estar disposto a assumir os custos de manutenção previamente informados pela construtora (FERRAZ, 2016).

Conforme a NBR 5674/2012 e Ferraz (2016), a manutenção pode ser dividida da seguinte maneira: manutenção rotineira (atividades realizadas de menor complexidade e padrão definido com um fluxo constante de serviços. Como exemplo, temos limpeza geral e lavagem de área comum); manutenção preventiva (foca em monitoramento e controle de forma periódica, com o objetivo de evitar a probabilidade de degradação da estrutura, ampliando sua estimativa de vida útil); manutenção corretiva (são ações executadas para correção da edificação que perdeu desempenho. A fim de evitar graves riscos ou prejuízos aos seus usuários e proprietários, a manutenção corretiva costuma ser de rápido tratamento).

3. CONCLUSÃO

Em síntese, o intuito deste trabalho foi investigar os efeitos patológicos da infiltração em estruturas de edificações, sendo que, após uma pesquisa bibliográfica foi possível afirmar que os objetivos traçados foram atingidos. O estudo demonstrou que a infiltração pode comprometer a integridade estrutural, causar danos estéticos e comprometer a saúde dos usuários. Inclusive, foram elucidadas as principais causas que colaboram para o surgimento deste problema, evidenciando a importância da aplicação de uma abordagem preventiva e de manutenção nas edificações.

Porém, algumas limitações foram identificadas durante a pesquisa. O estudo foi restrito quanto ao estudo das edificações mais afetadas, que diz respeito apenas ao espaço considerado, o que pode não refletir a realidade de outro local em diferentes condições climáticas e de construção. Ademais, a complexidade do fenômeno da infiltração, com suas

variáveis e interações, limita a generalização dos resultados. A procura por soluções mais eficazes e inovadoras no que diz respeito à mitigação dos efeitos da infiltração nas estruturas demanda uma pesquisa mais abrangente e que se aprofunde consoante um maior número de contextos e tipos edificações.

Por fim, sugere-se que futuros estudos abordem a aplicação de novas tecnologias e novos materiais na prevenção e reparo dos danos causados por infiltração. A realização de pesquisas considerando uma maior diversidade de casos e cenários responde pela falta de fundamentação das diretrizes apresentadas e poderá contribuir bastante para a construção de novas diretrizes com fundamentos mais sólidos e assertivos. A continuidade da pesquisa nesta área é fundamental, não somente com vistas à melhoria das técnicas de construção, mas também em termos de segurança e saúde à disposição dos usuários nas edificações.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, Yuri Mariano; PINTO, Vivian Gemiliano. **Panorama histórico do combate à umidade na Construção Civil**: das paredes de adobe à aurora do Terceiro Milênio. Revista Thema, v. 17, n. 1, p. 45-56, 2020.
- CRISPIM, I. B. A. **Levantamento e diagnóstico das manifestações patológicas incidentes em edificações públicas**: um estudo de caso da rede municipal de ensino da cidade de Baixo-CE. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal da Paraíba, Paraíba, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1723>. Acesso em: 18 set. 2024.
- COSTA, Jardylene Almeida. *et al.* **Técnicas alternativas de correção de manifestações patológicas na ponte Dom Affonso Felipe Gregory**. Curitiba: Brazilian Applied Science Review, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/patologias-do-concreto-armado-estudo-de-casos-em-edificacoes-prediais/>. Acesso em: 07 mai. 2024.
- COUTINHO, Matheus Baêta. Análise e tratamento de manifestações Patológicas por infiltração e umidade em edificações multifamiliares de São Luís. TCC Engenharia Civil – Universidade Federal do Maranhão. 2019. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/4460/1/Matheus%20Baeta%20Coutinho.pdf>. Acesso em: 17 set. 2024.
- FÉLEX, D. dos S.; LACERDA, T. R. V. de; SILVA, P. H. de F. **Manifestações patológicas relacionadas à impermeabilização em lajes de coberturas em edificações**. Revista Mangaio Acadêmico, João Pessoa, v. 6, n. 1, p. 64-82, 04 jul. 2021. Disponível em: <https://estacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/mangaio/article/view/1548>. Acesso em: 17 set. 2024.
- LOURENÇO, A. M. do C. **Análise de fissuras em uma instituição de ensino da cidade de Joca Claudino-PB**: estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologias da Paraíba, Campus Cajazeiras, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1887>. Acesso em: 17 set. 2024.
- LIMA, M.; FERRAZ, T. **ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS RECORRENTES EM ALVENARIA ESTRUTURAL -ANÁLISE DE UMA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL COM MAIS DE 10 PAVIMENTOS**. PUCGOIAS. 2023.
- MACHADO, Maria Paula Neves Moutinho. **Manutenção preventiva de um edifício hospitalar**. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.21/2561>. Acesso em: 17 set. 2024.
- MEDEIROS, J. V. F. **Levantamento das manifestações patológicas nas escolas municipais de Cajazeiras – PB**: estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologias da Paraíba, Campus Cajazeiras, 2019. Disponível em: <http://ile:///C:/Users/werbe/Downloads/repositorio.ifpb.edu.br/TCC%20-%20Jo%C3%A3o%20V%C3%ADtor%20Frag%C3%B4so%20de%20Medeiros.pdf>. Acesso em: 17 set. 2024.
- MOL, Vitor Miranda. **Levantamento, avaliação e recuperação de manifestações patológicas apresentadas em edifício de concreto armado de Belo Horizonte**. 2021. 127 f. Monografia de Especialização - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

OLIVEIRA, Luiz Alexandre Aquino de. Estudo da infiltração por umidade ascendente em residências unifamiliares. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/3c2b7972-f63b-44f0-8c59-e0580df35498/content> Acesso em: 20 set. 2024

SANTOS, Silmara. **Patologia das Construções. ESPECIALIZE** - Revista on line IPOG - 7ª ed. N° 7. Vol. 1. Goiânia: GO. Julho, 2014. Acesso em 17 set. 2024

SILVA NETO, Francisco; *et al.* **Patologias do Concreto Armado:** Estudo de Casos em Edificações Prediais. Rio de Janeiro: Revista FT, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/patologias-do-concreto-armado-estudo-de-casos-em-edificacoes-prediais/>. Acesso em: 07 mai. 2024.

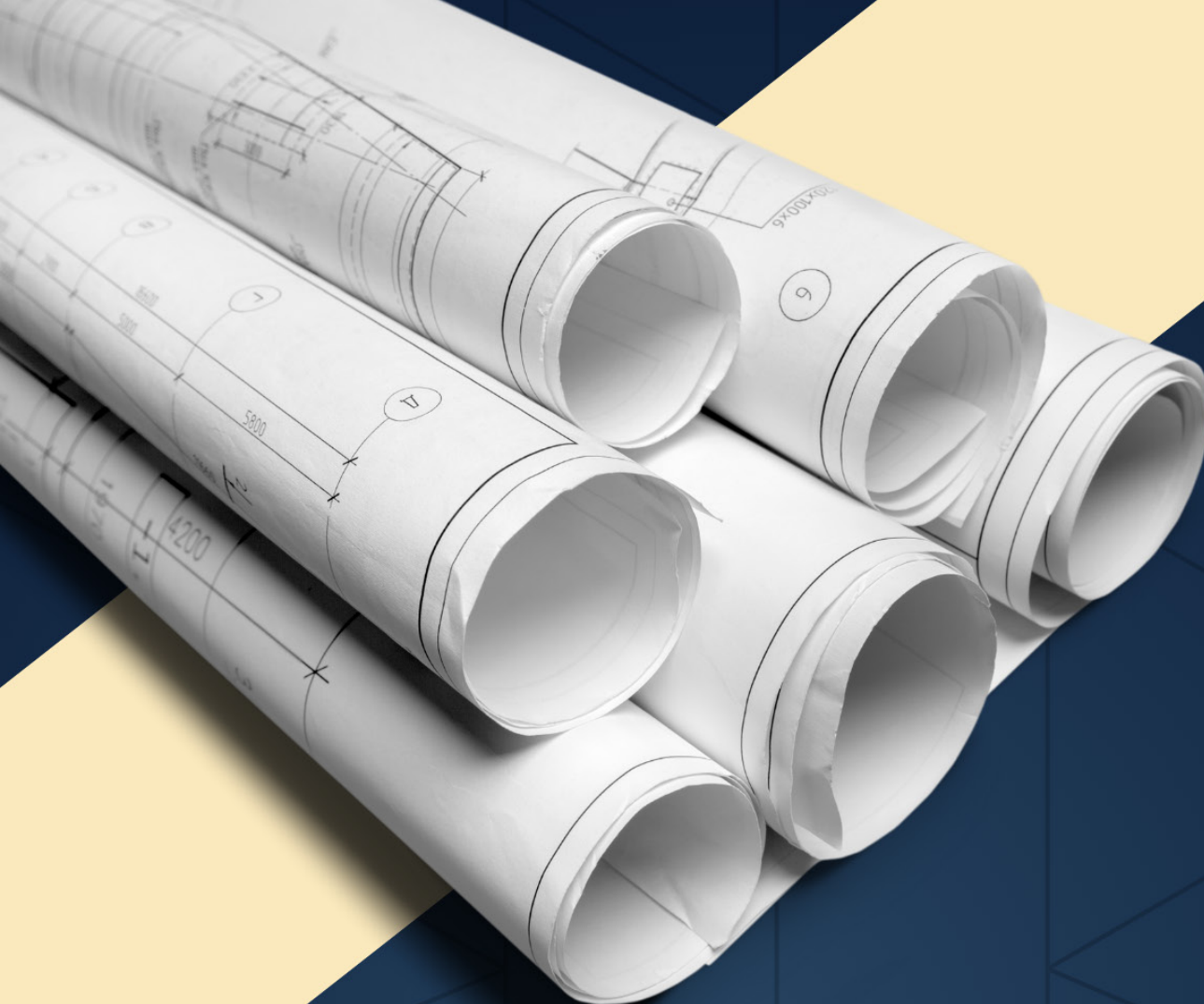
SOUZA FILHO, Emanuel Barbosa. de; MIRANDA, Heloisa Ohanna Oliveira; SOUZA, Jefesson Andrey Gomes de. **Patologias da Construção Civil**. Bahia: Faculdade AGES, 2018.

QUAL É O PERCENTUAL DE UMIDADE NA MINHA CIDADE? QUAL É A UMIDADE IDEAL?. **Thermomatic**, 2020. Disponível em: <https://www.thermomatic.com.br/duvidas-frequentes/a-umidade-num-pais-quente-fica-perto-do-ideal-ou-muito-longe-disso-quaes-as-consequencias-disso.html#:~:text=J%C3%A1%20as%20regi%C3%B5es%20Sul%2C%20Sudeste,%C3%BA%20por%20causa%20da%20maresia>

ZANZARINI, J. C. **Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural** - estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/654241>. Acesso em: 17 set. 2024.

ZUCHETTI, P. A. B. **Patologias da construção civil:** Investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do Taquari/RS. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/items/9cbff169-e225-4b24-afcd-9c63036dcf46>. Acesso em: 17 set. 2024.



10

A IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CÍVIL

**THE IMPORTANCE OF WORK SAFETY IN CIVIL
CONSTRUCTION**

**Natal de Jesus Marques Neto
Mirian Nunes de Carvalho Nunes**

Resumo

Este estudo tratou da segurança do trabalho na construção civil, um setor conhecido por altos índices de acidentes laborais, muitos dos quais resultam em lesões graves ou até mesmo fatais. A construção civil, apesar dos contínuos avanços em termos de procedimentos e equipamentos para aprimorar a qualidade e eficiência dos serviços, permanece caracterizada pelo emprego de esforço físico intenso por parte dos trabalhadores, envolvidos em tarefas árduas e desgastantes. Diante do alto nível de insegurança presente na construção civil, historicamente associada a acidentes laborais, os trabalhadores enfrentam uma adversidade significativa, podendo, em casos extremos, resultar em fatalidades devido a acidentes ou doenças relacionadas ao ambiente de trabalho. O objetivo geral deste estudo foi compreender a importância da Segurança do Trabalho na proteção do trabalhador na construção civil. A metodologia utilizada foi uma revisão bibliográfica qualitativa e descritiva, com consulta a livros e artigos publicados entre 2000 e 2024. A coleta de informações foi realizada em bases de dados como Google Acadêmico e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). O estudo concluiu que a implementação de medidas de segurança, aliada à conscientização dos trabalhadores, reduz significativamente os riscos de acidentes e doenças ocupacionais. O cumprimento das Normas Regulamentadoras (NRs) e a adoção de boas práticas no canteiro de obras são essenciais para proteger os trabalhadores e melhorar a produtividade. Além disso, destaca-se a necessidade de maior investimento das empresas em programas de segurança e treinamento contínuo, bem como o papel fundamental dos engenheiros de segurança no monitoramento dessas ações.

Palavras-chave: Segurança do trabalho, Construção civil, Prevenção de acidentes.

Abstract

This study addressed workplace safety in the construction industry, a sector known for high rates of workplace accidents, many of which result in severe or even fatal injuries. Despite ongoing advancements in procedures and equipment aimed at improving the quality and efficiency of services, the construction industry remains characterized by the intense physical effort required from workers, who are involved in strenuous and exhausting tasks. Given the high level of insecurity present in construction, historically linked to workplace accidents, workers face significant adversity, which in extreme cases can lead to fatalities due to accidents or work-related diseases. The main objective of this study was to understand the importance of Occupational Safety in protecting workers in the construction industry. The methodology used was a qualitative and descriptive literature review, consulting books and articles published between 2000 and 2024. Data collection was carried out from databases such as Google Scholar and Scientific Electronic Library Online (SciELO). The study concluded that the implementation of safety measures, combined with worker awareness, significantly reduces the risks of accidents and occupational diseases. Compliance with Regulatory Standards (NRs) and the adoption of good practices on construction sites are essential to protect workers and improve productivity. Furthermore, there is a need for greater investment from companies in safety programs and continuous training, as well as the crucial role of safety engineers in monitoring these actions.

Keywords: Occupational safety, Construction industry, Accident prevention.



1. INTRODUÇÃO

Os perigos de acidentes e de enfermidades no ambiente laboral são uma realidade em diversas atividades e profissões. Nesse contexto, cabe apontar que a construção civil, apesar dos contínuos avanços em termos de procedimentos e equipamentos para aprimorar a qualidade e eficiência dos serviços, permanece caracterizada pelo emprego de esforço físico intenso por parte dos trabalhadores, envolvidos em tarefas árduas e desgastantes.

De modo geral, as empresas ligadas à construção civil percebem a crescente necessidade de investir em segurança no trabalho. Tais investimentos devem se direcionar para equipamentos e treinamentos que visem à redução de custos e à minimização dos riscos de acidentes laborais e doenças ocupacionais, aos quais os colaboradores nos canteiros de obras estão sujeitos.

A relevância deste estudo residiu na compreensão de que o conhecimento das normas, o investimento e a implementação de medidas de segurança do trabalho direcionam as organizações e os profissionais da construção civil para a prevenção de acidentes, o que resulta em uma produção mais eficiente. Ademais, com este estudo, buscou-se difundir para a sociedade a importância da Segurança do Trabalho como um conjunto de medidas essenciais para a Construção Civil, visando garantir a conformidade com as normas e, conseqüentemente, reduzir os acidentes, o que impacta diretamente na qualidade e na produtividade das empresas do setor. Ou seja, disseminar a ideia de que o investimento na segurança do trabalhador traz benefícios também para o empregador no canteiro de obras.

É sabido que a segurança laboral desempenha um papel crucial ao elucidar os aspectos dos acidentes de trabalho. Inicialmente, a falta de informação e conscientização sobre o tema leva os trabalhadores a não prestarem a devida atenção aos métodos de prevenção no ambiente de trabalho, até que um incidente ou problema de saúde os afete.

Diante do alto nível de insegurança presente na construção civil, historicamente associada a acidentes laborais, os trabalhadores enfrentam uma adversidade significativa, podendo, em casos extremos, resultar em fatalidades devido a acidentes ou doenças relacionadas ao ambiente de trabalho. A partir do panorama traçado, procurou-se responder à seguinte pergunta: de que modo se dão os benefícios da Segurança do Trabalho, nas obras de construção civil, para o atendimento das normas e prevenção de acidentes?

Como forma de se obter resposta ao problema de pesquisa, definiu-se como objetivo geral compreender a importância da Segurança do Trabalho na proteção do trabalhador na construção civil. Os específicos foram: descrever a concepção de Segurança do Trabalho; especificar como as principais normas regulamentadoras para prevenção de acidentes na construção civil propiciam segurança ao trabalhador; discernir as principais medidas que podem adotadas pela Segurança do Trabalho para a prevenção de acidentes de trabalho na construção civil.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Para a realização deste trabalho, a metodologia adotada tratou-se de uma revisão de

literatura com método de pesquisa bibliográfica qualitativa e descritiva. A coleta de informações foi empreendida em livros físicos e em artigos de periódicos nas bases eletrônicas Google Acadêmico e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Como critério de inclusão, selecionou-se, mediante leitura analítica, publicações datadas de 2000 a 2024 (últimos 24 anos), em língua portuguesa, num total de seis livros e 16 artigos. Acerca dos de não inclusão, foram desconsideradas as publicações que não atenderam os preceitos apontados para a coleta. Na busca por publicações relevantes sobre o assunto e problemática deste estudo, empregou-se e correlacionou-se as seguintes palavras-chave: segurança do trabalho; construção civil; prevenção de acidentes.

2.2 Resultados e discussão

Com as significativas alterações no processo de produção capitalista, especialmente a partir da revolução industrial, houve um aumento geral na produtividade, acompanhado por uma crescente preocupação com a saúde do trabalhador. Essa conjuntura demandou a elaboração de normas e procedimentos visando garantir maior segurança no ambiente de trabalho. Assim, foram instituídas regulamentações que definem as condições sob as quais as atividades laborais devem ser realizadas (Barsano; Barbosa, 2018).

Ademais, a Segurança do Trabalho engloba a observação e o estabelecimento de uma relação benéfica entre a saúde do trabalhador e suas atividades laborais, de acordo com as características da realidade social. Em outras palavras, refere-se à totalidade de medidas adotadas com o objetivo de prevenir acidentes e doenças relacionadas ao trabalho (Zocchio, 2002).

O principal objetivo da segurança no trabalho é proteger tanto a saúde física quanto mental dos trabalhadores, prevenindo a ocorrência de doenças, acidentes e desgastes relacionados ao ambiente laboral. Desta forma, ela se apresenta como um sistema que atende às demandas das relações trabalhistas modernas (Sampaio; Lavezo; Coutinho, 2020).

Por outro lado, é relevante observar que a segurança no trabalho se constitui como o campo de estudo dedicado à análise dos potenciais fatores que podem ocasionar acidentes e incidentes durante a execução das tarefas laborais. Além disso, destaca-se que seu objetivo primordial é evitar danos à saúde e ao bem-estar do trabalhador (Barsano; Barbosa, 2018).

O conjunto de medidas conhecido como segurança no trabalho alcança sua meta quando proporciona tanto ao trabalhador quanto ao empregador um ambiente laboral saudável e seguro. Nesse sentido, as pessoas desempenham suas atividades diárias em um ambiente satisfatório, sentindo-se cada vez mais motivadas a cumprir a jornada de trabalho estabelecida (Szabó Junior, 2017).

A segurança no trabalho, compreendida como um conjunto de medidas implementadas no ambiente laboral, tem sua base nas leis que são elaboradas com base em normas regulamentadoras (NRs) estabelecidas por órgãos ou entidades competentes, abordando temas específicos para cada área em que o trabalhador está inserido (Ferreira, 2020).

Além disso, as NRs referentes à segurança do trabalho estabelecem a obrigatoriedade da implementação de procedimentos de prevenção, segurança e promoção do bem-estar no ambiente laboral. Vale ressaltar que tais normativas abordam a capacidade dos diferentes órgãos envolvidos nas relações laborais em assegurar que o trabalhador não seja exposto a situações que coloquem em risco sua saúde física e mental, nem comprometam seu bem-estar social (Camiassa, 2020).



À segurança do trabalho, incumbe buscar meios para que as organizações, de maneira conjunta, possam planejar e implementar ações preventivas em benefício dos trabalhadores. Isso deve ocorrer de acordo com o processo produtivo, no qual o trabalhador está sujeito a eventos imprevistos enquanto desempenha suas atividades rotineiras. Cabe às organizações adaptarem-se às exigências das NRs para proporcionar um ambiente de trabalho de melhor qualidade (Barsano; Barbosa, 2018).

A segurança do trabalho tem a responsabilidade de colaborar com outras áreas do conhecimento, como medicina, ergonomia e segurança patrimonial, a fim de identificar de forma eficaz os elementos de risco que podem causar acidentes e doenças ocupacionais. Além disso, em situações de acidente, a segurança do trabalho deve avaliar os impactos no bem-estar do trabalhador e propor medidas técnicas a serem implementadas no ambiente laboral. No entanto, esse campo exige uma série de procedimentos a serem estritamente seguidos para prevenir a ocorrência de acidentes de trabalho (Cardella, 2016).

A indústria da construção civil representa um setor no qual se exige um alto nível de cautela no que diz respeito à garantia da segurança, saúde e bem-estar dos trabalhadores. Os profissionais que operam nesse ambiente enfrentam condições de trabalho insalubres e arriscadas, estando suscetíveis a acidentes e doenças ocupacionais. Diante desse contexto, torna-se fundamental a aplicação de normas pelas organizações atuantes nesse segmento, com o intuito de mitigar os riscos de acidentes (Silva *et al.*, 2021).

Um dos aspectos relevantes relacionados aos riscos de acidentes na indústria da construção civil é a alta rotatividade da mão de obra, o que por vezes leva à utilização de métodos obsoletos para a execução de tarefas, mesmo que existam alternativas mais produtivas e que promovam a preservação da integridade dos trabalhadores (Bregalda; Belan, 2019).

Nesse contexto, torna-se imprescindível a implementação de medidas destinadas a proteger a integridade física, mental e social de todos os profissionais envolvidos em uma obra de construção, independentemente da duração de sua participação, bem como o estabelecimento de um plano estratégico abrangente para toda a sua realização (Barbosa Filho, 2015).

O Ministério do Trabalho estabelece a exigência de que todas as organizações considerem devidamente os riscos decorrentes do ambiente de trabalho e o estado de saúde de seus colaboradores, sendo que os resultados dessas avaliações devem contribuir para programas de prevenção de acidentes. Acerca disso, Chaves *et al.* (2009) mencionam como normas fundamentais para a construção civil aquelas relacionadas ao programa de prevenção de riscos ambientais (NR 9), ao controle médico e saúde ocupacional (NR 7) e às condições e ao ambiente de trabalho na construção civil (NR 18).

A NR 9 estabelece a obrigação de elaborar e colocar em prática o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), sendo de responsabilidade da organização sua implementação. A autora ressalta que o PPRA tem como objetivo preservar o bem-estar e a integridade física dos funcionários, por meio da identificação, avaliação e monitoramento dos riscos ambientais presentes ou potenciais no ambiente de trabalho, além de contribuir para a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais (Camiasa, 2020).

Convém citar que a relevância da NR 6, que trata-se do Equipamento de Proteção Individual (EPI), um dispositivo de uso pessoal projetado para neutralizar ou reduzir um eventual agente agressivo contra o corpo do trabalhador. Esses dispositivos visam prevenir lesões ou reduzir sua gravidade, protegendo o corpo contra os efeitos de substâncias tóxicas, alérgicas ou agressivas, que podem causar doenças ocupacionais (Ferreira *et al.*, 2023).

No que diz respeito à NR 7, a mesma aborda o Programa de Controle Médico de Saú-

de Ocupacional (PCMSO) e trata da prevenção de doenças relacionadas ao trabalho. Uma vez que é obrigatória para empresas que possuem funcionários, seu propósito é promover e preservar a saúde dos trabalhadores, mediante a realização de exames médicos periódicos custeados pelo empregador, nos momentos de admissão, demissão, mudança de função e retorno ao trabalho (Chaves *et al.*, 2009).

Entre as regulamentações voltadas para a segurança e saúde dos trabalhadores na construção civil, destaca-se a NR 18 como uma das mais relevantes para os trabalhos realizados em canteiros de obra, uma vez que estabelece a necessidade de elaboração e implementação do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção – PCMAT (Camiasa, 2020).

A NR 18 tem como propósito estabelecer diretrizes para garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos na construção civil em todas as etapas do processo de construção de uma obra específica. Essas diretrizes abordam aspectos de coordenação e planejamento, visando implementar medidas de controle e prevenção das condições e do ambiente de trabalho durante a realização das atividades laborais (Barbosa Filho, 2015).

Cabe mencionar as principais mudanças nas normas de segurança na construção civil, que, nos últimos anos, passaram por atualizações significativas, visando aprimorar a proteção dos trabalhadores e modernizar os procedimentos no setor. Dentre essas mudanças, destacam-se as apontadas logo abaixo.

A NR 18 (Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção) foi substancialmente revisada, com a nova versão entrando em vigor em 3 de janeiro de 2022. As principais alterações incluem:

- a) Substituição do PCMAT pelo Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), exigindo uma gestão mais abrangente dos riscos ocupacionais nos canteiros de obras;
- b) Treinamento de Integração – a carga horária do treinamento de integração foi reduzida de seis para quatro horas, mantendo a obrigatoriedade de ser realizado presencialmente;
- c) Flexibilidade nas medidas de proteção coletiva – a nova NR 18 permite maior flexibilidade na adoção de medidas de proteção coletiva, como as bandejas de segurança, que deixam de ser obrigatórias, desde que outras soluções eficazes sejam implementadas por profissionais legalmente habilitados;
- d) Banheiros Químicos – passa a ser permitida a utilização de banheiros químicos nas frentes de trabalho, desde que atendam aos requisitos de higiene e conforto estabelecidos;
- e) Climatização de Máquinas – Equipamentos autopropelidos ou de guindar com tara superior a 4.500 kg devem ser climatizados, visando o conforto térmico dos operadores (Segurança do Trabalho NWN, 2024).

Também cabe destacar a introdução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR). A atualização da NR 1 (disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais) trouxe a obrigatoriedade do PGR para todas as empresas, incluindo as do setor da construção civil. O PGR exige a identificação, avaliação e controle dos riscos ocupacionais, promovendo uma gestão mais eficaz da segurança no trabalho (Notícias da Construção, 2024).

Por fim, é importante sublinhar as alterações referentes à NR 35 (trabalho em altura). A NR35, que trata do trabalho em altura, foi revisada para reforçar a segurança dos trabalhadores. As mudanças incluem a exigência de treinamentos periódicos e o uso de equipamentos de proteção adequados, visando prevenir acidentes relacionados a quedas (Notí-

cias da Construção, 2024).

Essas atualizações refletem a busca por um ambiente de trabalho mais seguro e adaptado às novas tecnologias e práticas do mercado, reforçando a importância da conformidade com as normas regulamentadoras no setor da construção civil.

Nesse sentido, cabe às organizações a responsabilidade pela implementação e fiscalização das normas de segurança do trabalho, além de exigir que seus funcionários as cumpram. Além disso, a probabilidade de acidentes varia de acordo com o ambiente de trabalho, e a capacitação de cada trabalhador para adotar essas medidas de segurança é fundamental para a prevenção de acidentes em canteiros de obra (Bregalda; Belan, 2019).

Como forma de diminuir a exposição dos trabalhadores aos riscos ocupacionais, podem ser adotadas boas práticas, medidas e equipamentos de proteção. No entanto, a compreensão dos impactos dos acidentes e a valorização da segurança do trabalho são essenciais no contexto da construção civil. Isso é fundamental para protegê-los contra a ocorrência de doenças ocupacionais ou acidentes de trabalho (Fagundes; Neves; Leal, 2019).

Incumbe salientar que a prevenção de acidentes e a proteção à saúde do trabalhador são consideradas elementos essenciais em muitas organizações. Entretanto, conforme apontado por Benício *et al.* (2016), o setor da construção civil é marcado por altos índices de acidentes de trabalho e situações de risco.

A segurança e a prevenção são fundamentais no ambiente de trabalho, pois um acidente em uma obra pode resultar no afastamento do trabalhador, ocasionando problemas para a empresa, como desorganização da equipe, interrupção do processo produtivo e a necessidade de treinamento para novos contratados, o que acarreta aumento de despesas. Porém, o principal aspecto acerca da segurança no trabalho é a preservação da integridade física, mental e social do trabalhador, pois, dependendo dos impactos de um acidente, os danos podem ser irreversíveis (Silva; Bemfica, 2015).

O canteiro de obras tem responsabilidades relacionadas à segurança, como sinalizações de risco, treinamentos para os funcionários e disponibilidade de material de Primeiros Socorros adequado às atividades realizadas. É imprescindível adotar medidas eficazes de prevenção e combate a incêndios, adequadas aos diversos setores, atividades, máquinas e equipamentos. Além disso, deve-se instalar um sistema de alarme audível em todos os locais do canteiro de obras (Ferreira *et al.*, 2023).

A gestão da segurança do trabalho nos canteiros de obras abarca uma série de práticas, incluindo a identificação de perigos, a análise e avaliação de riscos, a implementação de medidas preventivas, o monitoramento das condições laborais, o treinamento e a qualificação do pessoal. Essas atividades devem ser realizadas de maneira integrada e coordenada, envolvendo todos os participantes da operação, desde a equipe gestora até os trabalhadores da obra. A presença de um engenheiro especializado na área é fundamental para garantir a redução de acidentes e a implementação de medidas de segurança eficazes (Rodrigues; Sousa; Sousa, 2023).

Assim, a segurança do trabalho emerge como um componente essencial para a operação na indústria da construção civil, pois, ao prevenir a ocorrência de acidentes, garante a continuidade das obras. Contudo, requer investimento por parte do empregador para aplicação e disseminação das NRs e programas de prevenção, visando evitar acidentes de trabalho (Samapio; Lavezo; Coutinho, 2020).

Acerca da temática, convém citar o estudo de Silva (2019), que, através de pesquisa bibliográfica e descritiva, procurou assimilar importância da segurança no trabalho apli-

cada ao setor da construção civil para a redução de acidentes e constatou que a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) atua como um órgão fiscalizador nos ambientes de trabalho, no sentido de expor e minimizar as possibilidades de riscos de acidentes nas empresas, instruindo o empregador e os colaboradores sobre o uso adequado dos EPIs, visto que diversos sinistros nos canteiros de obras decorrem da falta de conhecimento e devido planejamento.

Por sua vez, Sampaio, Lavezo e Coutinho (2020), por meio de pesquisa exploratória descritiva, objetivados a identificar melhorias para que as empresas apliquem devidamente as medidas de proteção na construção civil, evidenciaram que fatores como a propagação da informação, em diferentes meios de comunicação, e a capacitação de colaboradores, com palestras e cursos, a exata fiscalização do uso dos EPIs, a linguagem clara dos profissionais de segurança do trabalho e medicina do trabalho ao passar conhecimentos no ambiente laboral, a Semana Interna de Prevenção de Acidentes de Trabalho (SIPAT) e o Diálogo Diário de Segurança (DDS) são procedimentos que evitam o advento de acidentes através do discernimento preventivo dos trabalhadores no canteiro de obras.

Visando analisar as principais medidas preventivas para o trabalho em altura na construção civil, com o uso de revisão bibliográfica, e os resultados do seu estudo, além de corroborar que os acidentes podem ser evitados através da consciência preventiva dos colaboradores, sobretudo acerca do uso de EPIs, Leitão Neto (2022) observou que a implementação das apropriadas medidas preventivas para a execução de atividades em altura, conforme as NRs 18 e 35, permite uma gestão mais eficaz e planejada dos trabalhos em altura no canteiro de obras.

Já Oliveira *et al.* (2023), no intuito de analisar o impacto do uso de EPIs como forma de segurança no trabalho na construção civil, através de uma revisão integrativa de literatura, assim como os demais estudos, evidenciaram que o uso correto e a manutenção adequada de EPIs previnem acidentes, desde leves até graves, sendo essenciais para proteger os trabalhadores contra ruídos, impactos, substâncias químicas, e riscos biológicos e ergonômicos no ambiente de trabalho. Ademais, relataram que O engenheiro civil deve atuar de forma ativa na conscientização, orientação e supervisão quanto ao uso correto dos EPIs em todas as fases da obra.

Em relação a isso, através de revisão narrativa de literatura, Moitinho e Mlak (2023), objetivados a verificar o cenário da construção civil no que diz respeito à segurança dos trabalhadores, ratificaram que a maioria dos acidentes nesse setor ocorre devido à não utilização adequada de EPIs e equipamentos de proteção coletiva (EPCs), além da falta de qualificação dos trabalhadores e do não cumprimento das NRs.

Outrossim, como modo de prevenção de acidentes laborais, Moitinho e Mlak (2023) apontaram a necessidade de uma gestão de segurança eficaz, para prevenir a ocorrência de acidentes laborais, na qual as empresas devem investir no desenvolvimento e implementação programas de Segurança e Saúde no Trabalho (SST), tal como deve haver utilização correta dos EPIs e a formação técnica de alta qualidade dos profissionais.

Os riscos relacionados a acidentes de trabalho devem ser claramente identificados e comunicados aos operários, de modo que eles estejam cientes dos perigos inerentes às suas atividades. A partir dessa conscientização, é fundamental que sejam promovidos treinamentos frequentes e eficazes, capacitando os trabalhadores a adotarem práticas seguras no exercício de suas funções, para garantir que as operações diárias no setor da construção civil sejam conduzidas de forma segura e responsável.

Todavia, Brito, Rosa e Nascimento (2021), quanti-qualitativo, com a aplicação de um *checklist* baseado na NR 18, em um canteiro de obras no município de Vitória da Conquis-

ta, Bahia (BA), constataram a não adoção de exigências previstas, acerca da segurança e saúde do trabalhador, sendo elas: ausência de sinalizações adequadas; utilização de sanitários e vestiários improvisados; inadequação dos locais destinados às refeições; e falta de um profissional especializado em segurança do trabalho.

Resultados semelhantes foram evidenciados por Cândido, Moraes e Reis (2023), que, mediante pesquisa de campo, com o objetivo de avaliar o cumprimento de NRs relacionadas à saúde e segurança dos trabalhadores em três canteiros de obras localizado em Goiânia, Goiás (GO), constataram fatores críticos que comprometem o bem-estar dos trabalhadores em canteiros de obras, como: ausência do uso de EPIs; falta de instalações hidrossanitárias adequadas, vestiários refeitórios apropriados; presença de fios e cabos elétricos expostos ou danificados; utilização de disjuntores sem proteção para acionamento de equipamentos; e baixo cumprimento das normas de segurança para trabalhos em altura.

A falta de segurança nas obras de construção civil continua a ser uma preocupação. Muitos canteiros ainda não cumprem medidas de segurança, colocando os trabalhadores em risco. A deficiência no treinamento, o uso inadequado de EPIs e a ausência de uma gestão eficaz de segurança perpetuam esse cenário, evidenciando a urgência em reforçar políticas de SST para garantir a proteção dos profissionais.

Logo, os riscos de acidentes de trabalho na construção civil devem ser claramente comunicados aos operários, e a prevenção deve ser parte de seu conhecimento. Para garantir segurança nas atividades diárias da construção civil, é necessário oferecer treinamentos contínuos. Além disso, é essencial que os empregadores compreendam a importância de investir em medidas preventivas. Esse investimento melhora tanto a segurança quanto a produtividade, promovendo melhores condições de trabalho para todos.

3. CONCLUSÃO

A segurança no ambiente de trabalho na construção civil foi o foco deste estudo, abordando a importância de medidas preventivas e normativas para a proteção dos trabalhadores. Ao longo do trabalho, foram discutidos os riscos inerentes às atividades no setor da construção, a relevância das NRs e a necessidade de promover boas práticas de segurança, como o uso de EPIs e a implementação de programas de saúde ocupacional. Além disso, foi explorado o papel fundamental das empresas em garantir um ambiente seguro e a adequação às NRs.

O objetivo geral, de compreender a importância da Segurança do Trabalho na proteção do trabalhador na construção civil, foi cumprido ao longo do estudo. Especificamente, foi possível descrever a concepção de Segurança do Trabalho, detalhar as principais normas regulamentadoras, como as NRs 6, 7, 9 e 18, e apresentar as medidas necessárias para a prevenção de acidentes e a promoção da saúde no ambiente laboral. Essas medidas demonstram como o cumprimento das normas impacta diretamente a segurança dos trabalhadores e, conseqüentemente, a eficiência produtiva das empresas.

Em resposta ao problema de pesquisa, foi concluído que os benefícios da Segurança do Trabalho nas obras de construção civil são evidentes na prevenção de acidentes e na promoção do bem-estar dos trabalhadores. As NRs oferecem diretrizes claras para a proteção do trabalhador, e sua implementação, quando realizada adequadamente, garante um ambiente de trabalho mais seguro e produtivo. O estudo demonstrou que o investimento em segurança não é apenas uma obrigação legal, mas também uma estratégia para aumentar a produtividade e a qualidade no setor da construção civil.

Contudo, o estudo encontrou algumas limitações, como a dependência de fontes secundárias, o que pode limitar a generalização dos resultados. Para futuras pesquisas, sugere-se que avaliem o impacto de diferentes modalidades de treinamento contínuo na construção civil e seu efeito na prevenção de acidentes e como a automação, a inteligência artificial, equipamentos de proteção de última geração e outras inovações tecnológicas têm influenciado a segurança nos canteiros de obras.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, Antonio Nunes. **Segurança do Trabalho na Construção Civil**. São Paulo: Atlas, 2015.
- BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira. **Segurança do trabalho**: guia prático e didático. 2. ed. São Paulo: Érica, 2018.
- BENÍCIO, Rennan Meira *et al.* Segurança do trabalho no canteiro de obras: percepções dos operários e da gerência. **Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR**, v. 9, n. 1, p. 134-149, 2016.
- BREGALDA, Felix; BELAN, Andressa Bregalda. A segurança no trabalho na construção civil e o comportamento dos trabalhadores. **Anais da Engenharia de Produção**, v. 3, n. 2, p. 46-59, 2019.
- BRITO, João Vitor Oliveira; ROSA, José Ramon Adler Mota; NASCIMENTO, Rudgero Oliveira do. A importância da segurança do trabalho nos canteiros de obras da construção civil: um estudo de caso em uma obra no município de Vitória da Conquista – BA. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 7, n. 12, p. 174-197, dez. 2021.
- CAMIASSA, Mara Queiroga. **Segurança e saúde no trabalho**: NRs 1 a 37 comentadas e descomplicadas. 7. ed. São Paulo: Método: 2020.
- CÂNDIDO, Jeferson Lucas; MORAIS, Lucas Salomão Rael de; REIS, Ricardo Prado Abreu. Avaliação da Aplicação de Medidas de Segurança do Trabalho em Obras de Pequeno Porte. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 19, n. 1, p. 107-123, maio 2023.
- CARDELLA, Benedito. **Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes**: uma abordagem holística. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- CHAVES, Sonia Cristina Lima *et al.* Determinantes da implantação de um programa de segurança e saúde no trabalho. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 25, p. 204-212, 2009.
- FAGUNDES, Carlos Eduardo Lopes; NEVES, Harley Prado; LEAL, Thomas Leonardo Marques de Castro. Análise da segurança do trabalho nos canteiros de obras do município de Guanambi-BA. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 15, n. 2, p. 287-299, jul./dez. 2019.
- FERREIRA, Alexandre Farias *et al.* Segurança no setor da construção civil: Normas e medidas preventivas. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 10, e63121043324, 2023.
- FERREIRA, Marinaldo Loures. Gestão da saúde e segurança do trabalho na construção civil. **Entrepreneurship**, v. 4, n. 2, p. 43-51, 2020.
- LEITÃO NETO, Esdras Avelino. Análise de medidas preventivas para segurança do trabalho em altura na construção civil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 7, v. 5, n. 5, p. 59-76, maio 2022.
- MOITINHO, July Stefany da Silva; MŁAK, Diles. Segurança do Trabalho na Construção Civil. **Revista CPAQV - Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 15, n. 1, 2023.
- NOTÍCIAS DA CONSTRUÇÃO. **Normas Regulamentadoras e Segurança na Construção Civil**: O Que Mudou nos Últimos Anos? 2024. Disponível em: <https://construcao.com.br/normas-regulamentadoras-e-seguranca-na-construcao-civil-o-que-mudou-nos-ultimos-anos/>. Acesso em: 1 nov. 2024.
- OLIVEIRA, Oziel Alves de *et al.* Segurança do Trabalho na Construção Civil. **Revista ft**, v. 27, n. 124, jul. 2023.
- RODRIGUES, Hélio Damasceno; SOUSA, Jeann Carlos Mororó; SOUSA, Linardy de Moura. Eficiência da segurança na construção civil: aplicabilidade das medidas de segurança para a redução de acidentes de trabalho. **Revista FT**, v. 28, n. 128, nov. 2023.
- SAMPAIO, Allefy Teles; LAVEZO, Ana Elisa; COUTINHO, Graziella Deldoto. Segurança do trabalho e medidas de proteção na construção civil. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 9983-9997, mar. 2020.

SEGURANÇA DO TRABALHO NW. **Nova NR 18:** O que você precisa saber. 2024. Disponível em: <https://segurancadotrabalhonwn.com/nova-nr-18/>. Acesso em: 1 nov. 2024.

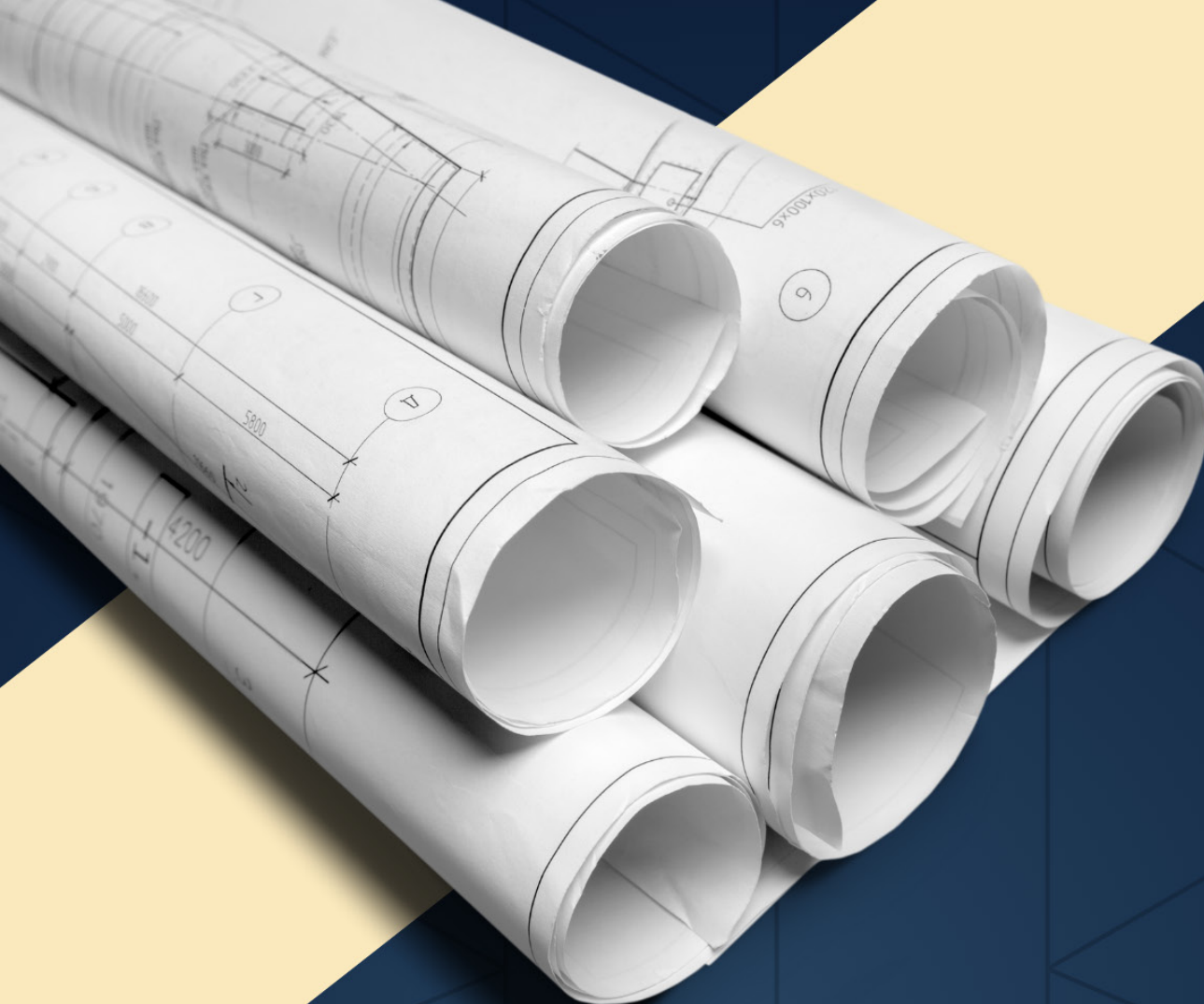
SILVA, Adriano Anderson Rodrigues; BEMFICA, Gisela do Couto. Segurança no trabalho na construção civil: uma revisão bibliográfica. **Revista Pensar Engenharia**, v. 1, n. 1, 2015.

SILVA, Debora Duarte Torres *et al.* Segurança no Trabalho pela Redução de Infortúnios Laborais na Construção Civil: uma revisão de literatura. **Id on Line Rev. Mult. Psic.**, v.15, n. 54, p. 571-581, fev. 2021.

SILVA, Leonardo Amaral. Segurança do Trabalho na Construção Civil: uma revisão literária. **ETIS - Journal of Engineering, Technology, Innovation and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 28–40, fev. 2019.

SZABÓ JUNIOR, Adalberto Mohai. **Manual de segurança, higiene e medicina do trabalho**. 11. ed. atual. São Paulo: Rideel, 2017.

ZOCCHIO, Álvaro. **Prática da prevenção de acidentes**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2002.



GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA ENGENHARIA CIVIL

SOLID WASTE MANAGEMENT IN CIVIL ENGINEERING

11

**Flavio Henrique de Jesus Campos
Adão de Oliveira Andrade
Brunno Marinho de Almeida Costa
Francisco Levi Sousa Vieira
Wandson Holanda de Andrade
Pedro Higor Rodrigues de Matos
Maçula Oliveira do Nascimento Monteles
Werbeth de Vales Silva
Gabriel Cruz Menezes**

Resumo

Este Trabalho de Conclusão de Curso analisa a gestão de resíduos sólidos na engenharia civil no Brasil, destacando os desafios e oportunidades emergentes para promover práticas mais sustentáveis no setor. A pesquisa tem como objetivo principal explorar as principais questões relacionadas à gestão de resíduos sólidos, incluindo aspectos ambientais, econômicos e legislativos. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica detalhada, com foco em políticas públicas, tecnologias, estratégias de disposição de resíduos e o uso dos princípios dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar). A análise dos dados revelou a importância de uma gestão eficiente dos resíduos, apoiada por uma classificação adequada e pelo planejamento minucioso das obras. No entanto, a pesquisa também identificou obstáculos, como a falta de infraestrutura para reciclagem e a dificuldade de reaproveitamento de materiais da Classe C. Entre as principais conclusões, destaca-se a necessidade de fortalecer políticas públicas, ampliar programas de educação ambiental e desenvolver incentivos econômicos para facilitar a implementação de práticas sustentáveis na construção civil brasileira.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos Sólidos, Engenharia Civil, Sustentabilidade 3R's, Políticas Públicas, Construção Civil.

Abstract

This Course Completion Work analyzes solid waste management in civil engineering in Brazil, highlighting emerging challenges and opportunities to promote more sustainable practices in the sector. The main objective of the research is to explore the main issues related to solid waste management, including environmental, economic and legislative aspects. To this end, a detailed literature review was carried out, focusing on public policies, technologies, waste disposal strategies and the use of the 3R's principles (reduce, reuse and recycle). Data analysis revealed the importance of efficient waste management, supported by adequate classification and detailed planning of works. However, the research also identified obstacles, such as the lack of infrastructure for recycling and the difficulty of reusing Class C materials. Among the main conclusions, the need to strengthen public policies, expand environmental education programs and develop incentives stands out. to facilitate the implementation of sustainable practices in Brazilian construction.

Keywords: Solid Waste Management, Civil Engineering, 3R's Sustainability, Public Policies, Civil Construction.

1. INTRODUÇÃO

A gestão adequada de resíduos sólidos, frequentemente negligenciada na engenharia civil, é um tema de grande relevância devido aos seus significativos impactos ambientais, econômicos e sociais. Dado o crescente crescimento populacional e o desenvolvimento urbano acelerado, é essencial que esta questão receba a devida atenção na engenharia civil brasileira. A magnitude dos desafios enfrentados exige abordagens inovadoras e eficazes para mitigar os impactos e promover a sustentabilidade.

De acordo com o Urban World Forum (2002), a sustentabilidade urbana pode ser compreendida por meio de um conjunto de prioridades, como a erradicação da pobreza, a promoção da equidade social, a melhoria das condições ambientais e a prevenção de sua degradação. Essa perspectiva também abrange o fortalecimento da vitalidade cultural, do capital social e do exercício da cidadania. Além disso, considera-se a conexão com questões de escala regional e global, como o efeito estufa, diretamente relacionado à emissão de gases provenientes da produção e destinação final de resíduos.

Este Artigo propõe uma análise abrangente da gestão de resíduos sólidos na engenharia civil no Brasil, destacando os desafios enfrentados e as novas oportunidades emergentes. Através de uma revisão bibliográfica detalhada, serão explorados diversos temas, incluindo políticas públicas, tecnologias, disposição final de resíduos, e aspectos econômicos e ambientais.

O objetivo principal deste estudo é oferecer uma visão ampla das questões mais relevantes relacionadas à gestão de resíduos sólidos e das soluções mais promissoras no campo. Ao compreender as dificuldades existentes e identificar oportunidades, este trabalho visa informar sobre políticas públicas, orientar práticas adequadas e incentivar inovações que possam melhorar a gestão de resíduos sólidos na engenharia civil brasileira.

Portanto, este TCC realizará uma revisão extensa da literatura pertinente à gestão de resíduos sólidos no contexto da engenharia civil no Brasil, abordando questões como políticas e regulamentações, tecnologias, aspectos econômicos e ambientais, e estratégias relevantes. Com esta análise, será possível identificar tanto os desafios quanto as oportunidades, além de fornecer recomendações para uma gestão de resíduos mais eficaz e sustentável.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Ao realizar este trabalho de revisão bibliográfica em um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), foi fundamental seguir uma metodologia específica para garantir a qualidade e a relevância das informações compiladas. O primeiro passo foi definir claramente o tema da revisão bibliográfica e os objetivos que se deseja alcançar com o trabalho, identificando a área de estudo, o problema de pesquisa e as questões específicas a serem abordadas.

Em seguida, realizou-se um extenso levantamento bibliográfico por meio de pesquisas em artigos no intervalo de 01/2024 a 04/2024 em bases de dados acadêmicas, bibliotecas virtuais, periódicos científicos e outros recursos relevantes. Essa etapa é crucial para coletar uma ampla gama de fontes de informação relacionadas ao tema. Utilizando palavras-chaves como: resíduos sólidos, Gestão ambiental, Engenharia civil, Sustentabilidade,



Coleta seletiva, Reciclagem, Reutilização, Compostagem, Aterro sanitário, Legislação ambiental, Tecnologias de tratamento, Redução de resíduos, Impactos ambientais, Educação ambiental, política de resíduos.

Essas palavras-chave são úteis para direcionar a busca por informações relevantes e abranger diferentes aspectos relacionados à gestão de resíduos sólidos na engenharia civil.

As fontes selecionadas são então analisadas e sintetizadas de acordo com as questões de pesquisa e os objetivos do trabalho, identificando padrões, tendências, lacunas na literatura e diferentes perspectivas sobre o tema.

Ao longo do texto, todas as fontes utilizadas são devidamente citadas, seguindo as normas de citação e referência da instituição de ensino, o que é fundamental para garantir a integridade acadêmica e evitar o plágio. Essa metodologia garante que a revisão bibliográfica seja completa, precisa e contribua de forma significativa para o conhecimento na área de estudo.

2.2 Resultados e Discussão

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecida pela Lei Nº 12.305, de agosto de 2010, os resíduos sólidos da construção civil são definidos como aqueles gerados durante as atividades de construção, reforma, reparo e demolição de edificações, incluindo também os resíduos provenientes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. Para a gestão desses resíduos, a norma NBR 15113, que entrou em vigor em julho de 2007, classifica-os em quatro categorias distintas.

De acordo com a NBR 15113, a primeira categoria, denominada Classe A, abrange os resíduos que são recicláveis ou reutilizáveis, como o entulho em geral, incluindo restos de concreto, tijolos e cerâmicas. Esses materiais possuem um alto potencial para serem reaproveitados tanto em novas construções quanto em outras obras, contribuindo para a economia de recursos naturais e a redução do impacto ambiental.

Já a Classe B, engloba os resíduos recicláveis que não são diretamente aplicáveis à construção civil, como plásticos e papelão. Apesar de não poderem ser reutilizados diretamente nas obras, esses materiais podem ser reciclados para diversos outros usos fora do setor da construção, ajudando a diminuir a quantidade de resíduos e os impactos ambientais associados ao seu descarte.

A terceira categoria, Classe C, inclui os resíduos para os quais ainda não foram descobertas soluções viáveis de reciclagem ou reaproveitamento. O gesso é um exemplo comum dessa categoria, já que, embora amplamente utilizado na construção civil, enfrenta desafios significativos em relação à sua reciclagem efetiva. Esses resíduos frequentemente acabam em aterros sanitários, levantando preocupações ambientais.

Por fim a NBR 15113 classifica como Classe D refere-se aos resíduos perigosos, como tintas, solventes e produtos químicos, que apresentam riscos à saúde humana e ao meio ambiente. A gestão desses resíduos requer cuidados especiais e procedimentos específicos para garantir que sejam tratados e descartados de maneira segura, prevenindo contaminações e riscos potenciais.

Cada uma dessas categorias exige um manejo apropriado para minimizar os impactos ambientais e promover a sustentabilidade. A correta classificação e destinação dos resíduos sólidos da construção civil são essenciais para a eficiência dos processos de gestão de resíduos e para a implementação de práticas mais sustentáveis no setor da construção.

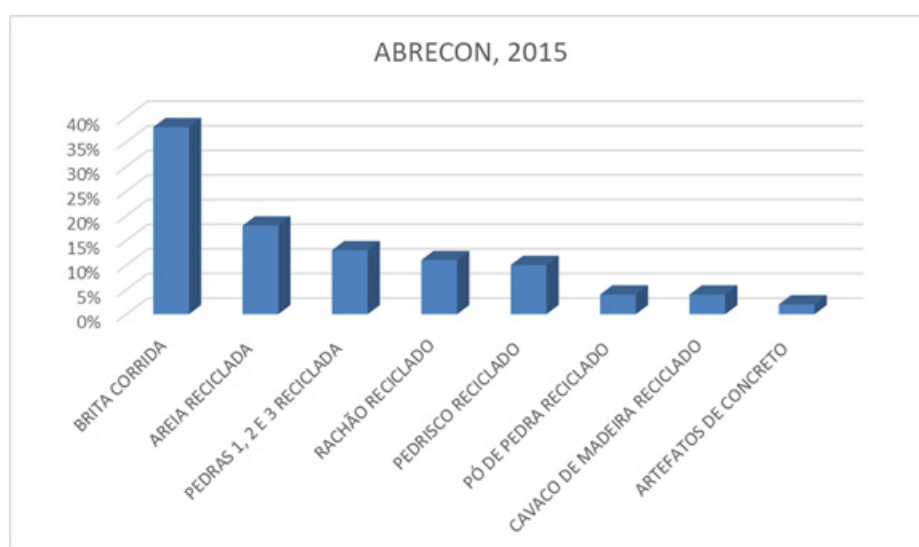
“O desequilíbrio existente entre as quantidades descartadas e reaproveitadas torna o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos um dos mais graves problemas ambientais da atualidade” (GUARNIERI, 2016). Em outras palavras, está sendo gerado muito mais lixo do que é possível reciclar ou reutilizar, o que leva a uma série de desafios ambientais, como a poluição, a contaminação de solos e águas, e o uso insustentável de recursos naturais.

De acordo com informações da ABRECON, o Brasil gera aproximadamente 84 milhões de metros cúbicos de resíduos de construção civil e demolição por ano. O Panorama da ABRELPE (2019, ano-base 2018) indica que, em 2018, cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos de construção civil (RCC) foram coletados pelos municípios. A região Sudeste se destacou, sendo responsável por mais de 50% desse total.

No contexto da construção civil no Brasil, é importante observar que a maioria dos Resíduos de Construção Civil (RCC) gerados é composta predominantemente por argamassa, que representa cerca de 63% do total. Essa argamassa é majoritariamente composta por concreto utilizado nas estruturas, o que reflete o padrão de construção predominante no país. Devido a essa composição, o material reciclável mais comumente produzido nas unidades de reciclagem de RCC é a bica ou brita corrida reciclada, que é um subproduto direto da reciclagem desses resíduos de concreto e argamassa.

Além da argamassa, os RCC também incluem uma proporção significativa de outros materiais, como concreto e blocos, que correspondem a aproximadamente 29% do total. Os materiais orgânicos, como madeira e restos vegetais, representam apenas 1% dos resíduos gerados. Os restantes 7% são compostos por uma variedade de outros tipos de resíduos, que podem incluir metais, plásticos e outros materiais não categorizados nos grupos principais.

Para ilustrar essas proporções de forma mais clara, apresentamos a seguir um gráfico que detalha a distribuição desses diferentes tipos de resíduos dentro dos RCC. Este gráfico fornece uma representação visual que ajuda a compreender a composição dos resíduos gerados e a importância da reciclagem, especialmente no que diz respeito à argamassa e ao concreto. Com essa visão mais detalhada, é possível identificar as principais áreas para a melhoria no processo de gestão e reciclagem de resíduos de construção civil, promovendo práticas mais sustentáveis e eficientes no setor.



Oliveira e Mendes (2008) corroboram esta situação quando relatam que o excesso de resíduos gerados pelo crescimento demográfico descontrolado e o aumento da renda causam impacto na quantidade de resíduos gerados pelo setor. Este é um dos problemas

enfrentados pela Administração Pública com o alto custo gerado pela limpeza e remoção de resíduos depositados em locais inapropriados, o que tem se agravado cada vez mais

Apesar de parecer um conceito um pouco mais abstrato, os resíduos sólidos da construção civil não diferem tanto que todos os demais resíduos sólidos. Desse modo uma das melhores abordagens são os três R's. Os três R's tratam de um conjunto de ações sugeridas durante a Conferência da Terra, em 1992 realizada na cidade do Rio de Janeiro, eles consistem em atos de Reduzir, Reutilizar e Reciclar.

NAKAGAWA (2015) descreve bem sobre o que são os três R's para empresas.

“Um dos conceitos centrais da sustentabilidade e prática cada vez comum nas grandes empresas, que descobriram que os 3Rs representam uma oportunidade de redução de custos, além de melhorar a imagem do negócio perante seus stakeholders. Como o conceito é bastante simples, os 3Rs também têm sido difundidos como 4 uma boa prática a ser aplicada pelas pessoas em sua vida cotidiana. Empreendedores de negócios nascentes podem planejar negócios mais eficientes e mais sustentáveis se levarem em consideração os 3Rs. Aqueles que já lideram pequenos negócios têm a chance de repensar seu negócio junto com seus colaboradores para também planejar empresas mais eficientes e mais comprometidas com a sustentabilidade” (NAKAGAWA, 2015, p. 1)

Essa percepção da importância da gestão adequada de resíduos sólidos é crucial, pois representa não apenas uma vitória em termos de sustentabilidade para as empresas, mas também uma vantagem econômica e viável. Em muitos casos, diversos materiais da construção civil podem ser reaproveitados de forma mais econômica do que adquirir novos. Por exemplo, tapumes metálicos, madeira proveniente de fôrmas, e agregados graúdos e miúdos são recursos que podem ser reutilizados de maneira eficiente e custo-benefício.

Ao adotar uma abordagem de gestão de resíduos sólidos que inclua a redução, reutilização e reciclagem, as empresas não só contribuem para a preservação do meio ambiente, mas também podem economizar significativamente em custos operacionais. A reutilização de materiais como tapumes metálicos e madeira de fôrmas não apenas evita a necessidade de comprar novos materiais, mas também reduz a quantidade de resíduos gerados, diminuindo os custos de descarte e tratamento.

Além disso, a reciclagem de agregados graúdos e miúdos permite sua reintegração na cadeia produtiva, evitando a extração de novos recursos naturais e reduzindo os custos associados à compra desses materiais. Essas práticas não só beneficiam o meio ambiente, mas também promovem uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos, resultando em vantagens econômicas a longo prazo para as empresas do setor da construção civil.

De acordo com o autor Fagury e Grande (2007), os resíduos de canteiros de obras podem ser reutilizados como material de construção se devidamente reciclados. Concretos, argamassas e rochas têm grande potencial para reciclagem. No caso de blocos, tijolos e cerâmicas, é possível reutilizá-los sem a necessidade de processos de tratamento. Já solos, areia e argila podem ser reaproveitados em obras viárias.

Outra abordagem comum na gestão de resíduos sólidos é o adequado planejamento. “As ações sustentáveis na construção civil devem preconizar a redução da geração de resíduos, através da implementação de programas e sistemas integrados que visem ações sustentáveis, como através da reciclagem, reutilização, diminuição das perdas e desperdícios, entre outras” (KARPINSK, 2009). Desse modo é perceptivo a necessidade de um bom

planejamento e gerenciamento de obras, pois é somente com ele que o uso de materiais pode ser calculado com o máximo de exatidão evitando assim desperdícios.

O planejamento de obra é essencial para a redução de resíduos sólidos na construção civil, pois promove a sustentabilidade e a eficiência do projeto. Uma abordagem minuciosa e detalhada do projeto, incluindo medidas exatas e especificações, evita o excesso de compra de materiais e diminui os cortes e sobras desnecessárias. Além disso, um planejamento adequado das etapas da obra e um cronograma bem definido ajudam a organizar melhor a logística, evitando desperdícios decorrentes de armazenagem inadequada e deterioração de materiais.

A compra de materiais na quantidade certa e no momento adequado é outra estratégia eficaz, resultando na redução de sobras e desperdícios. Esse planejamento também pode incluir a escolha de fornecedores que utilizem embalagens retornáveis ou recicláveis. Capacitar a equipe para manusear corretamente os materiais e seguir as melhores práticas na execução das atividades contribui para a redução de desperdícios e aumenta a eficiência do uso dos recursos.

Ao analisar as vantagens e desvantagens do uso dos princípios dos 3R's na construção civil, em conjunto com um bom planejamento para uma gestão mais eficiente dos resíduos sólidos, torna-se evidente que o sucesso na mitigação dos resíduos não depende exclusivamente da adoção de uma única abordagem. Pelo contrário, o êxito nesta questão resulta da combinação sinérgica dessas duas estratégias.

De acordo com Queiroz, Oliveira e Lordsleem Junior, a aplicação dos 3R's oferece múltiplas vantagens. A redução de materiais diminui a quantidade de resíduos gerados desde o início, minimizando o impacto ambiental e os custos associados ao descarte. A reutilização de materiais aproveita recursos já existentes, reduzindo a necessidade de extração e processamento de novos insumos. A reciclagem, por sua vez, transforma resíduos em novos produtos, fechando o ciclo de vida dos materiais e contribuindo para a economia circular.

No entanto, a implementação dos 3R's também apresenta desafios. A redução pode ser limitada pela demanda específica de cada projeto, que às vezes requer novos materiais para atender às normas e especificações. A reutilização exige um controle rigoroso da qualidade dos materiais para garantir a segurança e a funcionalidade nas novas aplicações. A reciclagem, embora benéfica, depende de uma infraestrutura adequada e de mercados estáveis para os materiais reciclados, além de processos de segregação eficientes.

Por outro lado, um planejamento detalhado e eficiente de obra é crucial para a gestão de resíduos sólidos. Ele permite a elaboração de projetos precisos, evitando o excesso de compra de materiais e desperdícios. Um cronograma bem elaborado otimiza a logística e o armazenamento, prevenindo deteriorações e perdas. A compra de materiais na quantidade certa, no momento adequado, e a escolha de fornecedores que adotam práticas sustentáveis, como embalagens retornáveis, complementam essas ações.

Portanto, o sucesso na gestão de resíduos sólidos na construção civil não advém exclusivamente do uso dos 3R's ou de um bom planejamento isoladamente, mas da combinação dessas duas abordagens. A sinergia entre a aplicação dos princípios dos 3R's e um planejamento cuidadoso potencializa os benefícios de cada estratégia, resultando em uma construção mais sustentável, eficiente e economicamente viável.

3. CONCLUSÃO

A gestão adequada dos resíduos sólidos na engenharia civil brasileira, foco deste estudo, foi analisada a partir de uma revisão bibliográfica detalhada, e o objetivo principal de explorar os desafios e oportunidades relacionados a esse tema foi, em grande parte, atingido. Identificou-se que, embora haja políticas públicas e normas específicas, como a NBR 15113 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a implementação de práticas mais eficazes e sustentáveis ainda enfrenta muitos obstáculos. A análise demonstrou a importância de se aplicar os princípios dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar) e o planejamento detalhado de obras como estratégias fundamentais para melhorar a gestão de resíduos no setor.

Entretanto, o trabalho também revelou limitações na aplicação dessas práticas, especialmente no que diz respeito à infraestrutura de reciclagem e à segregação eficiente de resíduos no Brasil. A ausência de soluções viáveis para certos materiais, como os da Classe C, e a falta de conscientização e incentivo para a reutilização e reciclagem de resíduos em larga escala dificultam a adoção de uma abordagem mais sustentável. Além disso, a dependência de materiais novos e a dificuldade em aplicar essas soluções em projetos que demandam altos padrões de qualidade e segurança continuam a ser desafios consideráveis.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de estudos que investem tecnologias inovadoras para a reciclagem de resíduos de difícil tratamento, bem como o fortalecimento de políticas públicas que incentivem tanto as empresas quanto os municípios a adotarem práticas mais sustentáveis. A ampliação de programas de educação ambiental também pode ser uma estratégia eficaz para conscientizar todos os envolvidos na cadeia de construção civil. Por fim, a criação de novos mecanismos de incentivo econômico pode auxiliar na superação de obstáculos à implementação das práticas dos 3R's e na transformação da gestão de resíduos sólidos em uma prática comum no setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15113:2004. Informação e documentação: referências. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

COELHO JÚNIOR, ANTÔNIO RODRIGUES; BALARINI GONÇALVES, BRUNO; AMADOR SALOMÃO, PEDRO EMÍLIO; COSTA JÚNIOR, HAMILTON; GONÇALVES DA SILVA, IGRAINE. **Importância do gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil**. Universidade Federal de Itajubá, Brasil, 2008. Disponível em: [Importância do gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil \(redalyc.org\)](http://redalyc.org) Acesso em: 27 de maio de 2024

COELHO, Henrique Otto. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível médio prazo na construção civil**. Porto Alegre, Brasil, 2003. Disponível em: [Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil \(ufrgs.br\)](http://ufrgs.br) Acesso em: 27 de maio de 2024

FAGURY, S.C; GRANDE, F.M. **Gestão de resíduos de Construção de Demolição RCD: aspectos gerais da gestão pública de São Carlos/SP**. São Carlos, SP. 2007

KARPINSKY, Luisete Andreis. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

LEITE, DAMASCENO, REIS, ALVIM. **Gestão de Resíduos Sólidos na Construção Civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 2018. Disponível em: [Vista do Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana \(ufg.br\)](http://ufg.br) Acesso em:

27 de maio de 2024.

MACHADO, J. M. **A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil.** Revista Especialize On-line IPOG, v. 1, p.1-11, 2014.

McGRANAHAN, G.; SATTERTHWAITE, D. **The environmental dimensions of sustainable development for cities.** Geography, v.87, n.3, p.213-26, 2002.

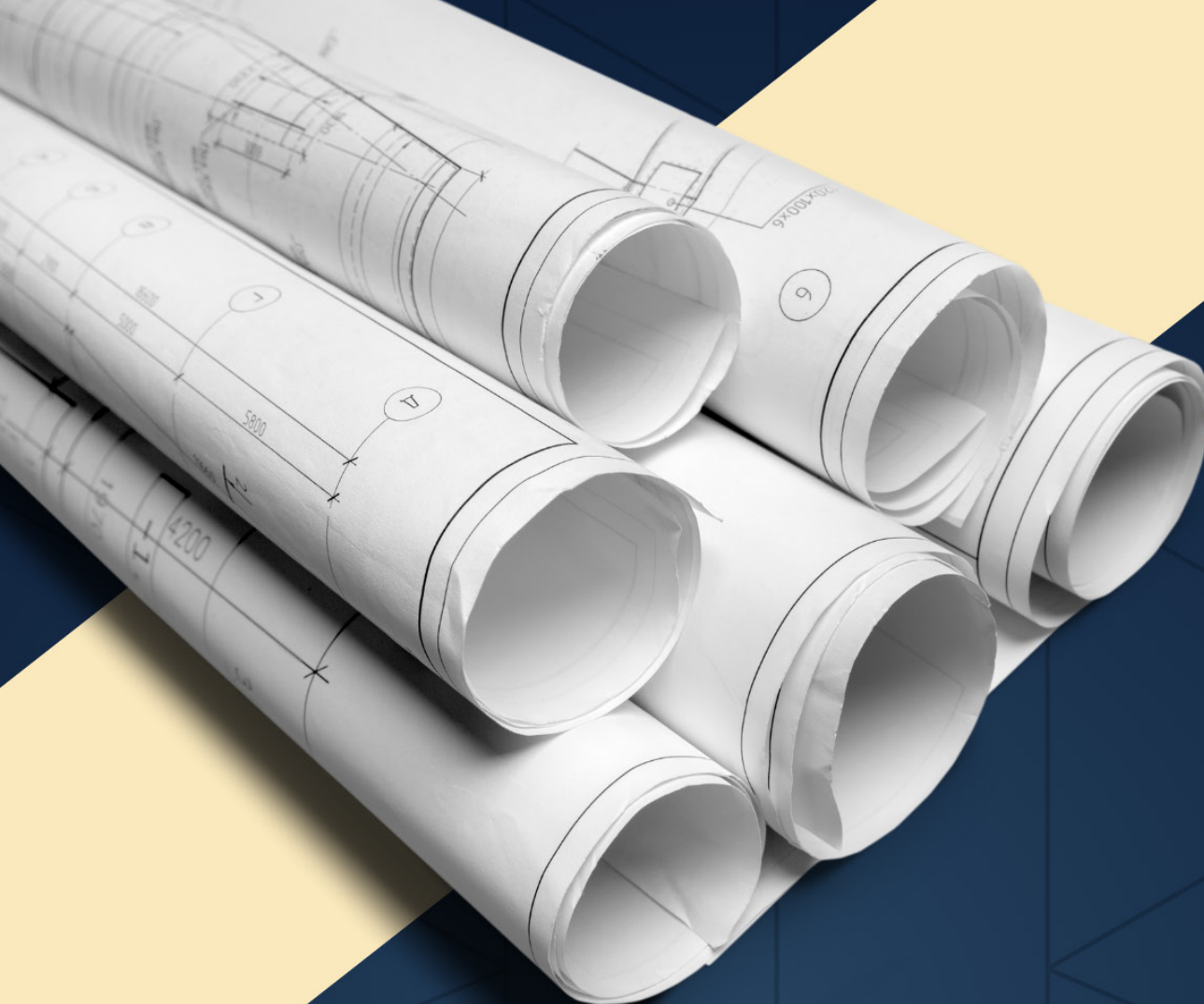
NAKAGAWA, Marcelo, **3rs para pequenas e medias empresas.** disponível em: www.liderare.com.br/downloads/me_3rs.pdf acesso em: abril de 2024.

OLIVEIRA, Edieliton Gonzaga de; MENDES, Osmar. Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição: Estudo de caso da resolução 307 do Conama. Goiânia, Junho de 2008. Disponível em: <http://pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/GERENCIAMENTO.pdf> Acesso em; 27 de maio de 2024

PINE, Equipe de obra. Planejamento e classificação de resíduos. Como devem ser descartados os resíduos de obras. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcaoreforma/37/classificacao-de-residuos-220705-1.aspx> 2016/. Acesso em: 23 de outubro de 2024.

QUEIROZ , Maria Ezir Rodrigues de; OLIVEIRA, Jaqueline Mata de; LORDSLEEM JÚNIOR, Alberto Casado. Boas práticas na redução, reutilização e reciclagem de resíduos na construção de edifícios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-8. DOI: 10.46421/sibragec.v12i00.436. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/436>. Acesso em: 15 set. 2024.





12

SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS

WATER TREATMENT SYSTEM IN RURAL COMMUNITIES

**Gustavo Chagas de Sousa
José Átila Matos Aroucha Júnior**

Resumo

Esta pesquisa aborda a necessidade de garantir o acesso à água potável em regiões onde a qualidade e disponibilidade desse recurso são críticas, afetando a saúde pública e o meio ambiente. O objetivo é desenvolver soluções sustentáveis de tratamento de água, com tecnologias de baixo custo adaptadas às condições locais e acessíveis às populações rurais. A metodologia inclui a implementação de sistemas de tratamento simples e a capacitação da comunidade para operação e manutenção, promovendo o empoderamento local. A pesquisa enfatiza a importância da gestão integrada dos recursos hídricos, incluindo aspectos sociais, econômicos e ambientais, e da participação comunitária nas decisões e soluções adotadas. Envolvem-se autoridades locais e organizações não governamentais para garantir apoio técnico e financeiro, além de monitoramento contínuo da qualidade da água. Análises regulares permitem ajustes no tratamento, e a educação ambiental conscientiza as comunidades sobre práticas sustentáveis. Como considerações finais, a pesquisa indica que, apesar dos desafios, é possível estabelecer sistemas eficazes de tratamento de água em áreas rurais, o que melhora a qualidade da água, a saúde pública e o desenvolvimento sustentável. Alinhar as iniciativas com políticas públicas facilita o acesso a recursos adicionais, e a flexibilidade no processo permite ajustes contínuos baseados no feedback da comunidade, resultando em melhorias nas abordagens adotadas.

Palavras-chave: Comunidade rural, qualidade de água, sistema de tratamento.

Abstract

This research addresses the need to ensure access to safe drinking water in regions where the quality and availability of this resource are critical, affecting public health and the environment. The aim is to develop sustainable water treatment solutions using low-cost technologies adapted to local conditions and accessible to rural populations. The methodology includes the implementation of simple treatment systems and community training for operation and maintenance, promoting local empowerment. The research emphasizes the importance of integrated water resource management, including social, economic, and environmental aspects, as well as community participation in decision-making and adopted solutions. Local authorities and non-governmental organizations are involved to ensure technical and financial support, along with continuous monitoring of water quality. Regular analyses allow for adjustments in treatment, and environmental education raises community awareness about sustainable practices. As final considerations, the research indicates that despite challenges, it is possible to establish effective water treatment systems in rural areas, improving water quality, public health, and sustainable development. Aligning initiatives with public policies facilitates access to additional resources, and flexibility in the process allows for continuous adjustments based on community feedback, resulting in improvements in adopted approaches.

Keywords: Rural community, water quality, treatment system.



1. INTRODUÇÃO

A eficiência dos sistemas hidráulicos e o tratamento de água tem um papel fundamental em questão da saúde e o bem-estar da sociedade, sendo incluído é claro as comunidades rurais, que muitas vezes não tem esse fácil acesso a água potável em comparação a cidades desenvolvidas. No contexto das comunidades rurais, as questões de acesso à água limpa e segura são fundamentais para a qualidade de vida e desenvolvimento sustentável. (Leite et al., 2021).

Ao longo das últimas décadas, tem havido um reconhecimento crescente da necessidade de melhorar a qualidade da água em áreas rurais, de modo reduzir os riscos à saúde associados ao consumo de água contaminada. Nesse sentido, foi crucial avaliar a eficácia dos sistemas de tratamento atualmente utilizados nas comunidades, assim verificando se tinha reais condições e oportunidades de melhorias.

A água subterrânea é a solução mais acessível para solucionar esses casos, oferecendo uma fonte confiável e acessível se for em um local adequado. Essas águas estão presente em aquíferos subterrâneos, são acessadas por meio de poços para suprir as necessidades hídricas de agricultura, pecuária e uso doméstico. A compreensão da hidrologia local e a adoção de práticas sustentáveis de uso desses recursos são fundamentais para garantir a disponibilidade de água subterrânea a longo prazo.

Porém um dos principais perigos é a contaminação da água armazenada na cisterna, que pode ocorrer devidos a vazamentos no poço, infiltração de água não tratada ou falta de manutenção adequada. Além disso, a qualidade da água subterrânea também pode ser afetada por atividades agrícolas próximas, depósitos de resíduos ou vazamentos de substâncias tóxicas, por isso é essencial fiscalizações e testes regulares de qualidade da água, ter monitoramento ambiental e implementação de barreiras de proteção.

Saúde e qualidade de vida é uma das principais razões que permitem o bem-estar de uma comunidade que ingere água bem tratada e potável, assim prevenindo inúmeras doenças que podem ser causadas pela água contaminada. Por isso o quanto é importante ter sistemas de tratamento adequados para o fornecimento de águas para a população rural, porque além disso, existem outros fatores positivos através desse tratamento eficiente, atrai renda para a população por meios de processos agrícolas, com o fornecimento adequado da água é essencial para a produção de alimentos principalmente nessas áreas de plantações imensas, assim alavancando pequenos negócios na região.

A sustentabilidade dos sistemas de tratamento de água em áreas rurais tem um grande desafio, por depender de recursos locais limitados, que pode gerar problemas ao longo do tempo. Por essa razão a comunidade consome água proveniente de fonte naturais, que pode ser variável e frequentemente contaminada. Dessa forma, por que escolher um sistema adequado para tratamento de água em zonas rurais? Para elencar os riscos causados à saúde sem correto tratamento para o consumo de águas naturais, demonstrar os possíveis sistemas de tratamento de água apresentando-os em situações diferenciadas e apresentar as situações de contaminação da água por falta de tratamento adequado na zona rural.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O tipo de estudo foi uma revisão bibliográfica, de forma qualitativa e descritiva, para identificar os principais conceitos e abordagens sobre os sistemas de tratamento de água, foram usados artigos científicos, livros, materiais em língua portuguesa e inglesa de sites, trabalho de conclusão de curso e de mestrado e dissertações publicados nos últimos 10 anos para fundamento científico necessário que auxiliou na elaboração de toda a pesquisa dos principais modos capazes de facilitar e melhorar os sistemas de tratamento de água nas comunidades rurais.

2.2 Resultados e Discussão

Os sistemas de tratamento de água em comunidades rurais desempenham um papel crucial no fornecimento de água potável, manejo de recursos hídricos e promoção da saúde e bem-estar das populações locais. através desses estudos e pesquisas comprovadas, com o intuito de procurar meios e soluções viáveis para garantir sustentabilidade e dimensionamentos adequados dos sistemas de captação, armazenamento e distribuição de água são aspectos cruciais. A qualidade hídrica no meio rural é um tema crítico que impacta diretamente a saúde pública e o bem-estar das comunidades. A captação inadequada de água, frequentemente realizada sem considerar critérios técnicos, resultando em fontes contaminadas e impróprias para consumo. Além disso, a falta de uma reserva adequada, com tanques ou cisternas em péssimas condições, agrava a situação, permitindo a proliferação de microrganismos patogênicos (Corrêa; Ventura, 2021).

Ademais, a deterioração da qualidade da água vai na contramão dos objetivos de desenvolvimento do Milênio (ODMs), que buscam garantir água potável e saneamento básico para todos. Portanto, é urgente que medidas de adequação e manutenção dos sistemas hídricos sejam implementadas, promovendo o acesso a água segura e contribuindo para a saúde e o desenvolvimento sustentável das populações rurais (Corrêa; Ventura, 2021).

O uso de filtros de polipropileno se destaca como uma solução viável para atender as necessidades das famílias da comunidade, especialmente por seu baixo custo e facilidade de instalação. Esse sistema permite que cada família implemente a solução de forma gradual, adequando-se à sua realidade econômica. Além disso, a não necessidade de construir uma nova rede de distribuição de água simplifica o processo, tornando o acesso à água tratada mais imediato e prático, o que é fundamental para melhorar a qualidade de vida local. Essa abordagem gradual também promove um maior envolvimento da comunidade, pois cada um pode adaptar o sistema às suas necessidades específicas (Martins, 2021).

Pelos resultados apresentados notou que a maioria dos proprietários rurais possui algum conhecimento sobre a qualidade da água, no entanto, o conhecimento técnico sobre análise mais detalhada como presença de contaminantes químicos ou microrganismos pode ser limitado. Programas de capacitação e assistência técnica podem ajudar a aumentar essa conscientização e fornece as ferramentas necessárias para uma gestão mais eficaz da qualidade da água, mas grande parte desses nunca realizou a análise da água em sua propriedade (Leite, 2021).

A falta de análise mesmo sabendo a qualidade não adequada que se encontra vale muito para evitar gastos até mesmo com a mão de obra barata, que normalmente são os que são chamados para solucionar, já ameniza, apesar de impactar diretamente na quali-



dade e eficácia dos serviços prestados. Assim podendo ocasionar riscos à saúde pela falta adequada do tratamento, pelo simples fato da falta de conscientização dos reais riscos que pode ocasionar sem seguir todas as normas específicas para saber as reais condições da água e se está apta a ser consumida.

A falta de tratamento adequado de água nas comunidades rurais pode resultar em sérias situações de contaminação, pelo simples fato das águas oriundas de poço já traz a falsa impressão de que a água já está em condições de ser consumida diretamente da fonte sem nenhum tipo de inspeção (Leite, 2021). É fundamental entender as fontes de água disponíveis na região, que podem incluir poços, nascentes, rios e lago. A avaliação da qualidade desses meios é essencial para determinar a viabilidade do abastecimento de água para a comunidade, assim evitando riscos à saúde com o mal uso dessa água.

Os moradores do ambiente rural consomem esta água sem o conhecimento de possíveis contaminações e sem um prévio tratamento, apesar de fornecer uma alternativa prática por um uma região com a infraestrutura limitada, podem ser fontes duradoras se bem geridas, mas trazendo seus riscos podendo estar sujeitos a doenças indesejadas como: cólera, hepatite, e a mais comum e frequente que é a diarreia infecciosa causada pela bactéria *E.coli*, que pode ser encontrada na água por contaminação direta do poço. em geral por não ter havido o monitoramento da água e um estudo preliminar adequado sobre a distância entre o poço e a fossa no momento da perfuração do solo na propriedade para prevenir esses riscos (Augusto, 2021).

Essas situações destacam a importância do tratamento adequado da água em áreas rurais para mitigar os riscos associados à contaminação e garantir o acesso a água potável. Por isso é importante analisar a água se atende aos padrões de qualidade e segurança estabelecidos pelos regulamentos locais e internacionais, além disso fornece informações cruciais para orientar a escolha de implementações de sistemas adequados de tratamento, garantindo que a água consumida pela comunidade rural esteja livre de agentes prejudiciais à saúde.

O sistema de abastecimento de água existe muitos meios viáveis e sustentáveis dependendo de cada situação específica, a concepção de um sistema de tratamento de água é uma tarefa complexa que requer uma equipe multidisciplinar e especializada, pois envolve diversos aspectos técnicos, ambientais e sociais. Um sistema eficaz precisa de profissionais de diferentes áreas, como engenheiros ambientais, biólogos e geólogos. Tendo uma equipe especializada e conhecimentos específicos como topografia, demografia, hidrogeologia, hidrologia, especialistas em saúde pública, comunicações em recursos humanos. São fundamentais para escolhas de processos de tratamento adequados, eles precisam entender as propriedades da água bruta, identificar contaminantes e selecionar métodos eficazes para removê-los, como coagulação, floculação, filtração e desinfecção. São essenciais para garantir que o sistema esteja em conformidade com as normas e regulamentações locais e internacionais relacionadas à qualidade da água potável, isso é vital para proteger a saúde pública e garantir que a água tratada atenda aos padrões exigidos. Profissionais com conhecimento em sustentabilidade podem ajudar a projetar um sistema que minimize o impacto ambiental, isso inclui o uso eficiente dos recursos hídricos. A concepção de um sistema de tratamento de água demanda uma abordagem colaborativa entre diversos especialistas. Essa diversidade assegura que todos os aspectos técnicos, regulatórios, ambientais e sociais, sejam considerados, resultando em um sistema mais eficiente sustentável e capaz de atender às necessidades da população (Santana Junior; Pedreiro, 2023). Com um conjunto de uma obra assim, trazendo soluções de acordo com cada situação que se possa aplicar para tratamento adequado de água na comunidade rural, considerando fatores como disponibilidade de recursos, tipo de contaminação presente e

capacidade técnica local.

Antes a relevância para nossa saúde e desenvolvimento da sociedade, juntamente com escassez das disponibilidades de fontes de água potável, que não demandem de elevados tratamentos, surge como forma eficaz, principalmente para comunidades rurais, com poucos recursos e deficiências na área das políticas públicas, instalação de sistemas de abastecimento de água. Estes sistemas têm a finalidade de captar a água de mananciais e, no caso de comunidades rurais, a fonte mais utilizada são os poços artesianos. A água captada deste manancial subterrâneo é tratada em uma casa de química, utilizando-se bomba dosadora para a injeção do Hipoclorito de Sódio para a desinfecção. Após o tratamento, a água é distribuída para todos os pontos da rede conforme demanda dos pontos de consumo (Santana Junior; Pedreiro, 2023).

Por isso que é fundamental que haja políticas públicas que incentivem práticas justas no setor hídrico, promovendo condições dignas, programas de incentivo à formação técnica em áreas rurais podem ser uma solução eficaz. As águas subterrâneas são uma parte essencial do ciclo hídrico, acumulando-se em formações geológicas chamadas aquíferos, abaixo da superfície da terra. Essas fontes de água são vitais para o abastecimento humano e irrigação agrícola, a recarga dos aquíferos ocorre quando a água da chuva ou de rios se infiltra no solo, alcançando as camadas subterrâneas.

Cada situação exige uma análise detalhada para definir o sistema mais eficiente e sustentável para tratamento da água a longo prazo. Na situação da água de poços nem sempre é garantia de pureza, um poço de água subterrâneo operando sem o devido tamponamento, a falta de proteção pode alterar as características físicas e químicas da água, tornando-a não potável não apenas o consumo humano, mas também a irrigação de culturas e a saúde dos animais. Um poço mal protegido também está sujeito à erosão nas paredes, comprometendo sua estrutura e aumentando os riscos de colapsos, o tamponamento é crucial para evitar a contaminação e sua ausência pode levar a várias consequências negativas. proteção sanitária do entorno ou construído fora das especificações técnicas ocasiona risco de contaminação das águas utilizadas para abastecimento público, por isso é essencial realizar um bom projeto de construção do poço com um sistema de tamponamento apropriado, por ser fundamental o cuidado com a qualidade da água nas fontes hídricas (Silva, 2019). Assim podendo ocasionar problemas a saúde e bem-estar da população pela falta de tratamento especializado, foi mencionado também que a disponibilidade da água para as atividades domésticas nas residências é essencial para o consumo, preparo de alimento, higiene pessoal e por demais ocasiões. O pH de água influencia sua corrosividade e capacidade de dissolver substâncias. A dureza está relacionada aos níveis de cálcio e magnésio, águas muito duras podem ocasionar problemas encanamentos eletrodomésticos. Um parâmetro importante para medir a fragilidade e risco a saúde das populações, uma vez que, a quantidade de água disponível interfere diretamente nas condições de higiene e saúde (Silva, 2019). A garantia da disponibilidade de água para as atividades domésticas em áreas rurais depende da implementação de medidas que visam assegurar o acesso contínuo a água potável e segura.

Houve uma pesquisa que o principal impacto à qualidade de água foi a presença de coliformes fecais, oriundos de contaminação por esgoto doméstico, visto que não se verificam valores dos parâmetros físicos e químicos em desconformidade com a legislação, assim foi constatado que não houve realização de análise de agrotóxicos, que também são conhecidos como pesticidas, são substâncias químicas utilizadas para controlar pragas, doenças e plantas daninhas nas culturas agrícolas. sendo que a análise de agrotóxicos, uma prática essencial para entender os riscos associados ao seu uso na agricultura e os impactos na saúde humana e no meio ambiente pode ocasionar grandes riscos como as



intoxicações agudas, efeito crônicos e contaminação alimentar. Visto que as principais atividades agrárias realizadas na área de estudo são plantio de cana de açúcar e de abacaxi e ambas utilizadores de agrotóxico (Silva, 2019).

A conscientização sobre o uso responsável da água, dada a necessidade soluções rápidas sobre práticas sustentáveis de uso adequado da água tentando amenizar riscos associados a contaminação. Ainda é realizada sem critérios técnicos e o respectivo cuidado de estabelecer mecanismo na proteção de regiões vulneráveis à ação antrópica, é uma questão crucial que afeta o meio ambiente e a saúde das populações. Regiões vulneráveis, frequentemente habitadas por populações de baixa renda ou marginalizadas, são as mais afetadas pela falta de critérios técnicos. Essas comunidades podem sofrer com degradação do ambiente, que impacta sua saúde, acesso a recursos naturais e qualidade de vida. É necessário que implementem mecanismos de controle de atividades de exploração de água subterrânea para garantia e defesa de sua qualidade (Silva, 2019). Dessa forma para garantir a defesa e preservação desse recurso, assegurando que sua qualidade seja protegida para atuais e futuras gerações.

A água, ao passar pelos diferentes estágios do ciclo hidrológico, interage com diversas substâncias presentes no ar, no solo e na vegetação, dissolvendo-as e incorporando-as ao seu meio. Esse processo natural é ilustrado na Figura 1, que destaca as principais etapas do ciclo: evaporação, condensação, precipitação, infiltração e transpiração. A evaporação ocorre quando a água na superfície se transforma em vapor sob a ação do calor solar. Este vapor, ao subir, esfria e condensa-se em gotículas, formando as nuvens. Com o acúmulo de gotículas, ocorre a precipitação, devolvendo a água à superfície na forma de chuva, neve ou granizo. Parte da água precipitada infiltra-se no solo, reabastecendo aquíferos e rios, enquanto outra parte é absorvida pelas plantas, que liberam parte dessa água para a atmosfera através da transpiração. Todo esse ciclo é fundamental para a renovação dos recursos hídricos, garantindo a disponibilidade de água para o consumo humano, atividades econômicas e manutenção dos ecossistemas. A imagem enfatiza também o papel das montanhas, florestas e outros elementos naturais no direcionamento e armazenamento da água. Este ciclo contínuo, influenciado por fatores climáticos e geográficos, impacta diretamente na qualidade da água, já que, ao longo de seu percurso, a água dissolve minerais, gases e outros elementos presentes no ambiente.”



Figura 1. Esquema do Ciclo da Água

Fonte: Luiza, 2024

Esse ciclo hidrológico é um processo fundamental que envolve a movimentação contínua da água através de diferentes estados e locais. Essas águas podem ser poluídas pelo ar por diversas maneiras, e isso ocorre principalmente através de processos atmosféricos que transportam poluentes tais como a queima de Combustíveis Fósseis. A água de boa qualidade é essencial para o consumo humano. A produção de alimentos e o funcionamento adequado de diversos setores da economia. A avaliação da qualidade água considera em vários parâmetros.

É importante garantir que água destinada ao consumo humano atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pelas autoridades sanitárias, monitoramento constante da qualidade constante da qualidade da água em rios, lagos e aquíferos. Conscientização a importância desse recurso finito e vital.

3. CONCLUSÃO

Os sistemas de tratamento de água em áreas rurais revelaram a complexidade e a importância de garantir o acesso à água potável para essas comunidades. Ao longo do trabalho, foi possível identificar que a implementação de tecnologias adequadas deve ser acompanhada de um profundo entendimento das particularidades locais, incluindo fatores sociais, econômicos e culturais.

Ao longo deste trabalho, ficou claro que melhor meio em todos os sentidos de trazer água para essas comunidades rurais são os poços subterrâneos. Ficou evidente que a construção desses poços pode proporcionar benefícios significativos para as comunidades, especialmente em regiões onde fontes de água superficial são escassas ou contaminadas. A integração das técnicas de gestão hídrica com políticas públicas voltadas para o desenvolvimento rural potencializou os resultados positivos do uso dos poços subterrâneos, dessa forma, foi possível não apenas atender às necessidades imediatas de abastecimento, mas também promover um desenvolvimento sustentável que respeite o meio ambiente e melhore a qualidade de vida das populações rurais. Em suma, o manejo adequado dos poços subterrâneos representa uma oportunidade valiosa para fortalecer a resiliência hídrica nas áreas rurais e contribuir para um futuro mais sustentável.

Entretanto, foi fundamental que esse recurso seja utilizado de maneira responsável e consciente. A implementação de práticas adequadas de perfuração, manutenção e monitoramento da qualidade da água são essenciais para evitar a sobre-exploração dos aquíferos e a contaminação das águas subterrâneas. Além disso, a educação da comunidade sobre a importância da preservação das fontes hídricas e o uso sustentável é crucial para garantir que as futuras gerações também possam usufruir desse recurso.

Em questão da qualidade da água, ela poderia ser afetada por diversos fatores, tanto naturais quanto antrópicos. Entre os principais que podem comprometer a qualidade da água subterrânea estão os nitratos, frequentemente provenientes do uso excessivo de fertilizantes na agricultura, mas com preservação e melhoria nos recursos hídricos podem se prevenir a essa contaminação como monitoramento regular, com a realização de testes periódicos da qualidade da água em poços e fontes subterrâneas é fundamental, assim como o manejo adequado de resíduos, tecnologias inovadoras e a reabilitação de aquífero contaminados.

Com a implementação de tecnologias apropriadas e sustentáveis, como sistemas de filtragem, desinfecção solar e captação da água da chuva, pode transformar a realidade dessas comunidades. Portanto, ao priorizar o acesso à água tratada e implementar solu-



ções viáveis, estamos construindo um futuro mais saudável e sustentável para as áreas rurais, beneficiando toda a sociedade.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, Rony Felipe Marcelino; VENTURA, Katia Sakihama. Plano de segurança da água: modelo conceitual para monitoramento de riscos à contaminação de água em comunidades rurais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 2, p. 369-379, 2021.

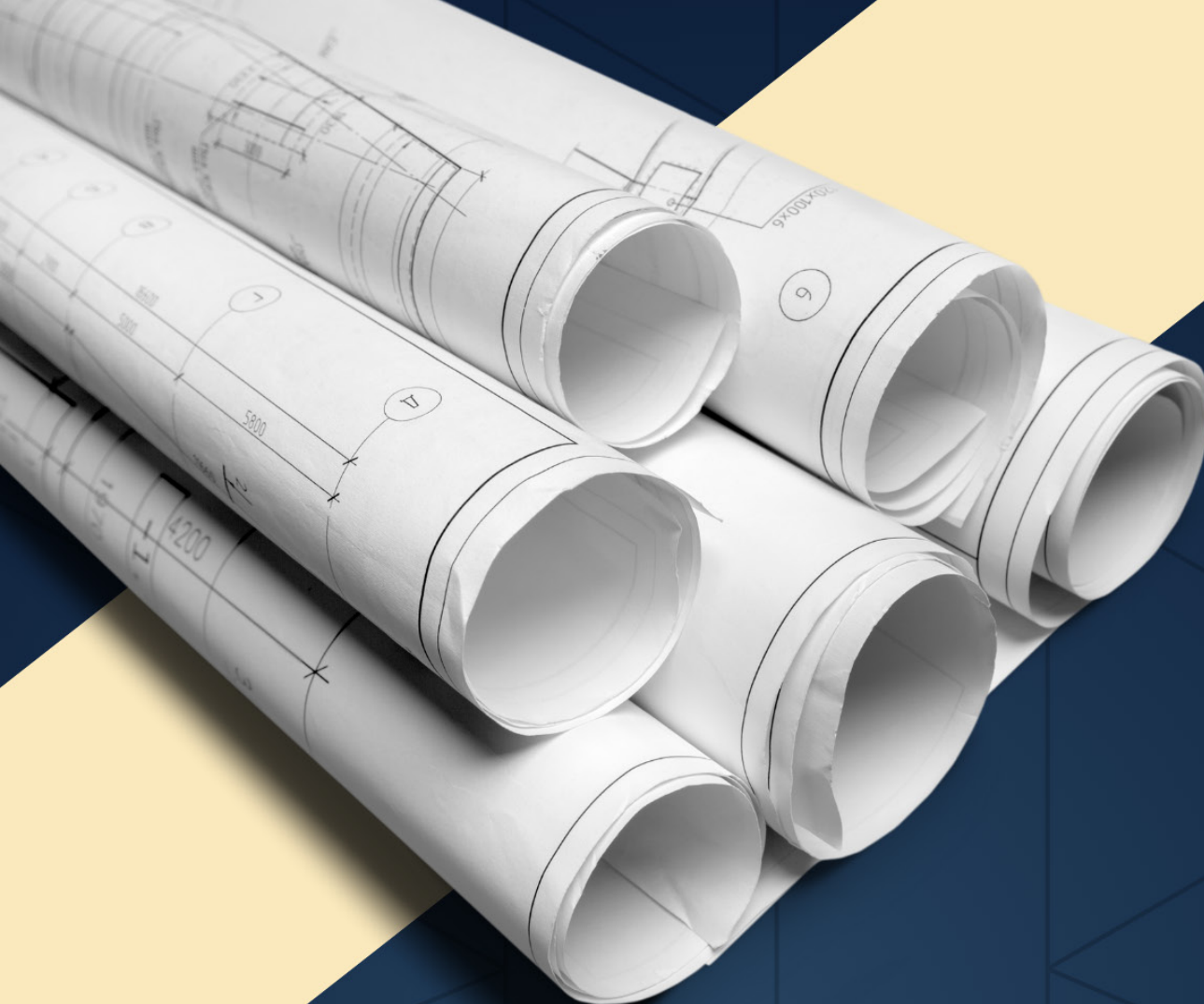
LEITE, Maurício Augusto; DORNFELD, Carolina Buso; MARÓSTICA, Marcela; DIAZ, Fernanda Azevedo; PRADO, Heloiza Ferreira Alves do; OLIVEIRA, Jefferson Nascimento de; PEREIRA, Juliana Costa; HERNANDEZ, Fernando Braz Tangerino; ZOCOLER, João Luis; FIALHO, Joziane Martins. **Segurança hídrica em área rural**. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira - UNESP, 2021. 7 p.

MARTINS, Guilherme Almeida. **Sistema de abastecimento de água na zona rural: em estudo de casona comunidade Manoel João em Porto Nacional, Tocantins**. 2021. 124f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2021.

SANTANA JUNIOR, Fernando Gabriel de; PEDREIRO, Marcelo Rodrigo de Matos. Avaliação e dimensionamento hidráulico de um sistema de abastecimento de água em zona rural. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 10, p. 6392-6409, 2023.

SILVA, Andréa dos Santos. **Qualidade de água de abastecimento na zona rural de Santa Rita-PB e propostas de melhoria**. Universidade Federal da Paraíba, 2019.

SOELUZ. **História do Led**. Disponível em: <<https://123ecos.com.br/docs/ciclo-da-agua/>> acesso em: 08 out.2024 (Luiza, 2024)



13

O IMPACTO DA FIBRA DE CARBONO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

**THE IMPACT OF CARBON FIBER ON CONCRETE
STRUCTURES**

**Maçula Oliveira do Nascimento Monteles
Flavio Henrique de Jesus Campos**

Resumo

A pesquisa investigou o potencial da aplicação da manta de fibra de carbono na construção civil, com o objetivo de avaliar seus benefícios e durabilidade a longo prazo. Partindo da necessidade de encontrar novas tecnologias que possam baratear e agilizar obras, além de aumentar a resistência estrutural das edificações, utilizou-se uma revisão bibliográfica detalhada e a realização de testes experimentais em corpos de prova de concreto armado. Foram analisados aspectos como resistência mecânica, rigidez, comportamento à fadiga e resistência a ataques químicos. Os resultados indicaram um aumento significativo na capacidade de suportar cargas, destacando a fibra de carbono como uma solução viável e eficiente. Contudo, foram identificadas limitações relacionadas ao custo elevado e à necessidade de mão de obra especializada. A pesquisa concluiu que, para a ampla adoção dessa tecnologia, são necessários investimentos em capacitação técnica e desenvolvimento de novas tecnologias que reduzam os custos. O estudo sugere a continuidade de pesquisas que explorem metodologias de aplicação e o desenvolvimento de normas técnicas específicas, promovendo avanços e inovações no setor da construção civil.

Palavras-chave Reforço estrutural; Construção civil; Resistência; Tecnologia; Sustentabilidade.

Abstract

The research investigated the potential application of carbon fiber blankets in civil construction, with the aim of evaluating their benefits and long-term durability. Based on the need to find new technologies that can reduce costs and speed up construction, in addition to increasing the structural resistance of buildings, a detailed literature review and experimental tests were carried out on reinforced concrete test specimens. Aspects such as mechanical resistance, stiffness, fatigue behavior and resistance to chemical attacks were analyzed. The results indicated a significant increase in the load-bearing capacity, highlighting carbon fiber as a viable and efficient solution. However, limitations related to high cost and the need for specialized labor were identified. The research concluded that, for the widespread adoption of this technology, investments in technical training and the development of new technologies that reduce costs are necessary. The study suggests continuing research that explores application methodologies and the development of specific technical standards, promoting advances and innovations in the civil construction sector.

Keywords: Structural reinforcement; Civil construction; Resistance; Technology; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A procura por novas metodologias e tecnologias na construção civil, visando baratear custos e agilizar obras, tem sido uma constante ao longo das últimas décadas. Em meados do século XX, a descoberta da manta de fibra de carbono (MFC) trouxe uma revolução ao setor, especialmente pela criação de materiais leves e resistentes. Inicialmente utilizada na fabricação de componentes aeronáuticos devido ao seu baixo peso, alta resistência à tração e à corrosão, bem como à agilidade de aplicação, a MFC começou a ser explorada também para reforçar estruturas de edificações.

Entretanto, apesar das diversas vantagens, ainda existem desafios a serem superados na aplicação dela na construção civil. O alto custo, a escassez de profissionais capacitados e a necessidade de um estudo detalhado do projeto estrutural são fatores que podem dificultar a sua implementação em larga escala. Essas questões levantam uma importante indagação: como pode a tecnologia da fibra de carbono ser aplicada de forma eficiente e sustentável na construção civil, considerando seus custos e a necessidade de mão de obra especializada?

A justificativa para a realização deste estudo reside na necessidade de explorar alternativas que possam otimizar os processos construtivos, garantindo maior durabilidade e segurança das edificações. A aplicação pode representar um avanço significativo nesse sentido, contribuindo não só para a melhoria da qualidade das obras, mas também para a sustentabilidade do setor. Assim, investigar os benefícios e desafios da utilização desse material torna-se essencial para fundamentar sua adoção em projetos futuros.

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar dados sobre o potencial da aplicação da manta na construção civil, levando em consideração seus benefícios e durabilidade a longo prazo. Especificamente, busca-se identificar possíveis soluções para questões relacionadas ao custo e à disponibilidade de mão de obra, além de destacar a importância da fibra de carbono como uma opção mais vantajosa e sustentável para o reforço de estruturas.

Em suma, espera-se que este estudo contribua para um melhor entendimento sobre a viabilidade da utilização, apontando caminhos para superar os desafios atuais e promover a adoção dessa tecnologia em larga escala. Ao final, pretende-se oferecer subsídios teóricos e práticos que possam orientar profissionais e pesquisadores na implementação eficaz em suas obras, fomentando inovações e melhorias contínuas no setor.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia adotada neste estudo consistiu em uma revisão bibliográfica, que envolveu a análise crítica e sistemática de fontes secundárias relacionadas ao tema “O Impacto da Fibra de Carbono em Estruturas de Concreto”. Para isso, foram consultados livros, dissertações, teses e artigos científicos obtidos através de buscas em bases de dados acadêmicas e bibliotecas virtuais. Os artigos selecionados cobriram um período recente, incluindo publicações dos últimos 10 anos, com o objetivo de garantir a atualização e relevância das informações. As bases de dados utilizadas para a pesquisa incluíram Scopus, Google Scholar e Scielo, reconhecidas por sua abrangência e qualidade acadêmica. A pesquisa foi realizada utilizando palavras-chave relevantes ao tema, como “Reforço estrutural”,

“Construção civil”, “Resistência”, “Tecnologia”, “Sustentabilidade”. Essa abordagem permitiu uma análise detalhada e abrangente das informações disponíveis, fornecendo um embasamento teórico sólido para a discussão e análise dos resultados.

2.2 Resultados e Discussão

De início é preciso explicar o que é esse material e quais as características relacionadas a engenharia. A manta de fibra de carbono (MFC) ela é um polímero que é caracterizada pela repetição de várias partículas pequenas que as chamamos de monômetros, quando são colocados em sequência, elas formam os polímeros (LEAL; FAGUNDES, 2020). Veja um exemplo de acordo com a figura 1.

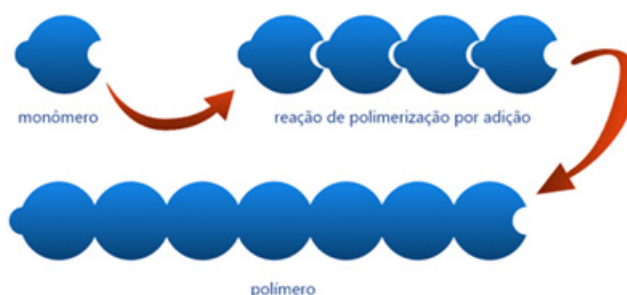


Figura 1. Reação de polimerização

Fonte: LEAL; FAGUNDES (2020, p. 4)

Na figura 1 é demonstra a reação de polimerização dos átomos, de monômero para polímeros.

De acordo com Leal e Fagundes (2020), a produção das fibras de carbono chega a elevadas temperaturas em torno de 100 °C a 1500°C, que ajuda a ter resistência a temperaturas elevadas e que garante que os átomos estejam alinhados, justificando a alta resistência.

As fibras de carbono apresentaram uma extraordinária resistência mecânica, rigidez, elevada resistência a ataques químicos, extrema leveza e não são afetadas pela corrosão (AVES; SANTOS, 2019).

De acordo com o mesmo autor, os sistemas compostos estruturados que utilizaram essas fibras como elemento resistente ofereceram diversas vantagens, tais como: extraordinária resistência mecânica aos esforços de tração ($f_{fk} = 2800MPa$), extraordinária rigidez frente aos esforços de tração, bom comportamento à fadiga e à atuação de cargas cíclicas, material inerte com elevada resistência a ataques químicos, ausência de corrosão e estabilidade térmica e reológica, baixo peso específico, cerca de 1,6 g/cm³ (aproximadamente 5 vezes mais leve que o aço), e coeficiente de dilatação térmica na direção longitudinal da fibra de -10-6/°C (10 vezes menor que o do concreto).

De acordo com Leal e Fagundes (2020) a tecnologia que faz utilização de polímeros de fibra de carbono foi desenvolvida por volta dos anos noventa na suíça, veio como uma alternativa na fase construtiva substituindo o método convencional de reforço com chapas de aço que são colocadas ou parafusadas na localidade desejada. De acordo com o mesmo demorou vinte anos para esta tecnologia saísse dos laboratórios e fosse para o mercado. Na figura 2 é possível ver o compósito que é formado por uma pasta de cimento, o compósito oferece fortalecimento do elemento estrutural.



Figura 2. Concreto reforçado com fibra têxtil de carbono

Fonte: SANTOS (2020, p.?).

A imagem acima demonstra as vantagens em relação aos métodos convencionais no reforço estrutural e a possibilidade da aplicação em superfícies irregulares, ela pode ser aplicada em superfícies que não haja comprometimento de suas propriedades.

A construção civil é uma área em constante busca por inovações e tecnologias que possam aprimorar a eficiência e a segurança das edificações. A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que utiliza os blocos como elementos portantes, dispensando o uso de vigas e pilares. Essa técnica proporciona uma simplificação do processo construtivo e economia de materiais, tornando-a atrativa para diversos tipos de edificações (ANDRADE, 2014).

A combinação da alvenaria estrutural com a fibra de carbono tem como objetivo elevar a resistência e a capacidade estrutural das construções. A técnica envolve a aplicação externa de mantas de fibras de carbono nas paredes de alvenaria, o que fortalece a estrutura e a torna mais resistente às tensões (SILVA; VENAS; SANTOS, 2023).

Contudo, alguns aspectos importantes precisam ser observados ao utilizar essa técnica. É essencial conduzir uma análise minuciosa do projeto estrutural e assegurar a aplicação adequada das fibras de carbono para garantir a eficácia e a segurança da intervenção. Além disso, é crucial levar em conta as propriedades térmicas e de dilatação dos materiais empregados, a fim de prevenir problemas futuros de deformação e fissuras (LIMA *et al.*, 2020).

De acordo com Silva, Venas e Santos (2023) mesmo que as normas técnicas NBR 15961-1:2011 e NBR 15961-2:2011 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ofereçam diretrizes detalhadas para o dimensionamento, projeto e execução de prismas e alvenarias estruturais, ainda não existem normas específicas para o reforço e a verificação experimental de estruturas de concreto utilizando materiais compósitos, como as fibras de carbono.

Uma pesquisa experimental realizada por um grupo de estudantes tinha como objetivo fazer teste em 7 corpos de prova de concreto armado, com um traço de 25MPa onde utilizou-se como referência 1 Kg de cimento, 1,24kg de areia, 2,27kg de brita e 0,45 L de água para fazer 0,035 m³ de concreto, obteve-se dimensões de 0,45 x 0,11m cada, sendo Cp1, 2 e 3 sem a manta de fibra de carbono (MFC), e os CP 4, 5, 6 e 7, com a MFC. (REMEDI *et al.*, 2024)

As mantas foram colocadas nos Cp's em três faixas de dimensões de 0,45 x 0,11m cada. Após a aplicação foi esperado 28 dias de cura, foram realizados ensaios de tração nos corpos de prova onde a força foi colocada no centro do objeto. Observe a figura 3 e figura 4.



Figura 3. Aplicação da manta nos corpos de prova

Fonte: REMEDI *et al* (2024, p.17).



Figura 4. Ensaio de Tração

Fonte: REMEDI *et al* (2024, p.18).

As figuras acima mostram como os ensaios foram realizados de acordo com a norma NBR 12142:2010.

Os resultados desta pesquisa deram que, os corpos de prova 1, 2 e 3 (sem a MFC) suportaram uma carga máxima de 1,06 toneladas-força (tf), 1,28 toneladas-força(tf) e 1,49 tf, respectivamente. Todos os CP's sem a manta tiveram dois pontos de rompimento, O CP 1 teve a 14,5 cm da extremidade esquerda e outro a 19 cm da extremidade direita, o CP 2 teve rompimento a 16 cm da extremidade esquerda e outro a 12,5 da extremidade a direita, CP 3 teve um a 13 cm da extremidade esquerda e o outro a 17,5 centímetros a extremidade a direita. (REMEDI *et al.*, 2024)

O mesmo autor agora fez testes nos quatros corpos de prova com a manta de fibra de carbono. que demonstraram uma notável capacidade de suportar cargas, o CP 4, 5, 6 e 7 tiveram resultados de carga máxima de 3,51 toneladas-força (tf), 2,77 toneladas-força(tf),

2,42 toneladas-força(tf) e 2,33 toneladas-força(tf) respectivamente. Veja a Figura 5 a seguir

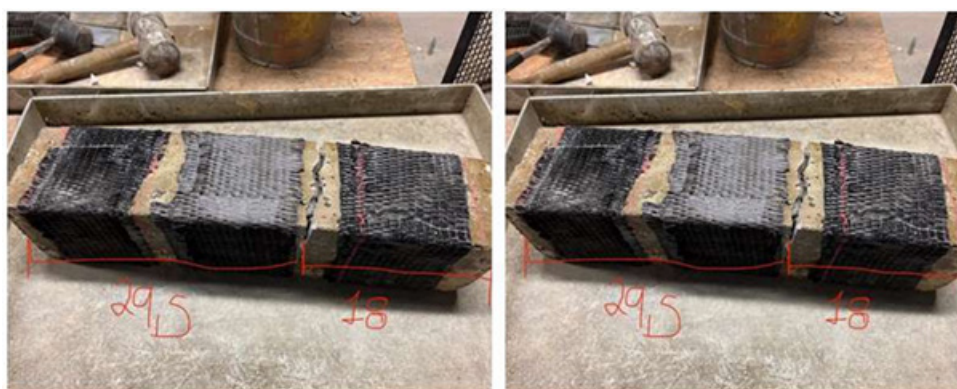


Figura 5. Rompimento dos CP's 4 e 5

Fonte: REMEDI *et al* (2024, p.21).

O ponto de rompimento no CP 4 foi a 29,5 cm a extremidade esquerda e 18 cm a extremidade direita, no CP 5 foi a 29,5 cm a extremidade esquerda e 17,5 cm a extremidade direita. A Figura 6 mostra os CP's restantes.

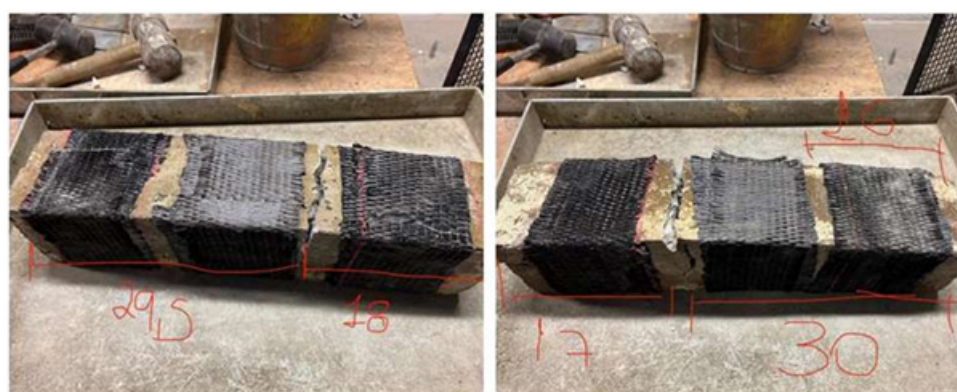


Figura 6. Rompimento dos CPs 6 e 7

Fonte: REMEDI *et al* (2024, p.22).

Agora no CP 6 foi a 27 cm a extremidade esquerda e 20 cm a extremidade direita, CP 7 foi a 17 cm a extremidade esquerda e 30 cm a extremidade direita.

O autor reforça que os ensaios realizados de compressão realizados revelam aumentos significativos de 27% com uma única volta e mais de 57% com duas voltas de manta. O ensaio de tração evidenciou um ganho notável de 206,03% com uma e duas voltas. Esses resultados demonstram a eficácia da manta de fibra de carbono em diferentes tipos de estrutura de concreto.

Após os resultados encontrados o autor esquematiza a tabela 1 abaixo.

ENSAIO				
Foram ensaiados 7 corpos de prova contendo concreto usinado fck 25, com a barras de aço 5 mm				
7 corpos de prova, CP 1 ao 3 sem a manta de fibra de carbono (MFC), do CP 4 ao 7 com a MFC				
CP Nº	Local do Rompimento	Força do rompimento (kgf)	Fct.f (Resistência a tração)	Média (Mpa)
1	Terço médio	1060	0,212	0,225
2	Terço médio	1280	0,256	
3	Terço médio	1490	0,298	
4	Terço médio	3510	0,702	0,551
5	Terço médio	2770	0,554	
6	Terço médio	2420	0,484	
7	Terço médio	2330	0,466	
Média da força do rompimento cp's 1 ao 3			Média da força do rompimento cp's 4 ao 7	
1276,67			2757,5	
Ganho com a aplicação da manta		216%		

Tabela 1. Resultados referentes ao Ensaio.

Fonte: REMEDI et al (2024)

Note que as células pintadas de amarelo representam dados dos corpos com a manta, a primeira coluna descreve a numeração dos corpos de prova (CP's), na segunda coluna foi descrito o local de rompimento, que é constante em todos, na terceira coluna é descrito a força necessária para o rompimento do CP em Kgf, na quarta foi obtida a resistência a tração na flexão utilizando a fórmula $F_{ct} = f \cdot l / b \cdot d^2$, que foi obtida da NBR 12142:2010, sendo "F" a força para rompimento, "l" a distância do vão, "b" a largura média do corpo e "d" a altura média. Na quinta coluna a média da força de rompimento com ou sem a manta.

Levando em consideração outros estudos, a pesquisa de Silva; Sena E Santos (2023) demonstra 4 CP's de concreto sem manta, e 4 CP's com a MFC, foi observado que a média das resistências a compressão dos blocos reforçados foi aproximadamente 19% maior que a média dos corpos de prova de referência. Esses dados estão na figura 7, mostrando o aumento de resistência do bloco com adição do carbono em comparação aos sem.

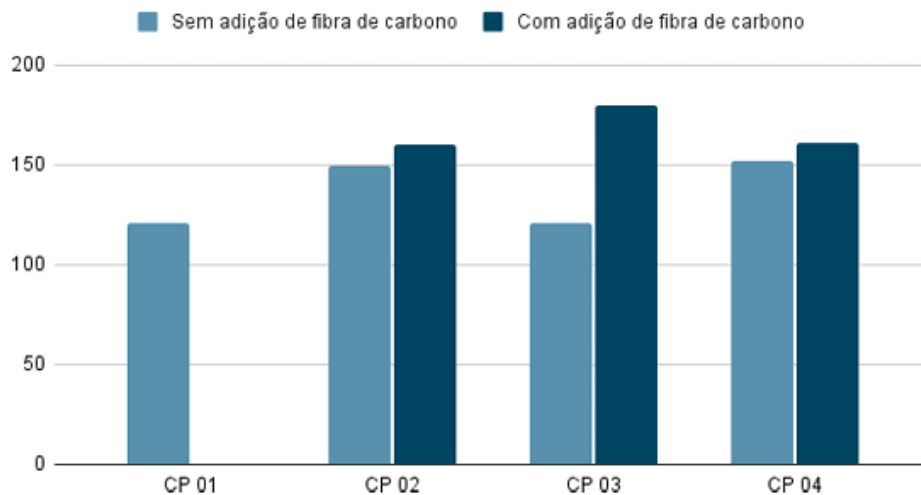


Figura 7. Resistência a compressão dos CP's

Fonte: SILVA; VENA e SANTOS (2023, p.22).

3. CONCLUSÃO

Com base nos resultados e discussões apresentados, é possível concluir que a manta de fibra de carbono (MFC) demonstrou um potencial significativo para reforçar estruturas na construção civil. Os objetivos deste trabalho foram amplamente alcançados, ao evidenciar que a MFC aumenta a resistência e a durabilidade das estruturas de concreto, além de ser uma opção sustentável e vantajosa.

A questão central que norteou esta pesquisa – como pode a tecnologia da fibra de carbono ser aplicada de forma eficiente e sustentável na construção civil, considerando seus custos e a necessidade de mão de obra especializada? – foi respondida ao demonstrar que, apesar das limitações relacionadas ao custo elevado e à necessidade de profissionais capacitados, a manta oferece benefícios substanciais em termos de resistência, durabilidade e flexibilidade de aplicação. As pesquisas experimentais confirmaram que a utilização da MFC resulta em ganhos notáveis de resistência à tração e compressão, reforçando a viabilidade técnica e econômica dessa tecnologia.

Entretanto, as limitações encontradas indicam a necessidade de maiores investimentos em capacitação profissional e desenvolvimento de tecnologias que possam reduzir os custos de produção e aplicação. Para futuros trabalhos, sugere-se a realização de estudos de longo prazo que analisem o desempenho das estruturas reforçadas em diferentes condições ambientais e cargas operacionais. Além disso, a criação de normas técnicas específicas para o uso dela na construção civil pode promover uma adoção mais ampla e segura dessa tecnologia.

REFERÊNCIAS

- AVES, Keversson Luan De Oliveira; SANTOS, Filipe Lima Dos. **Análise da viabilidade da fibra de carbono como reforço estrutural**. 2019. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2019.
- ANDRADE, L. M. F. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto: conceitos, projeto e desempenho**. São Paulo: PINI, 2014c.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-1:2011: Alvenaria Estrutural - Blocos de Concre-

to. Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15962-1:2011: Alvenaria Estrutural - Blocos de Concreto. Parte 2. Execução e Controle de Obras. Rio de Janeiro, 2011.

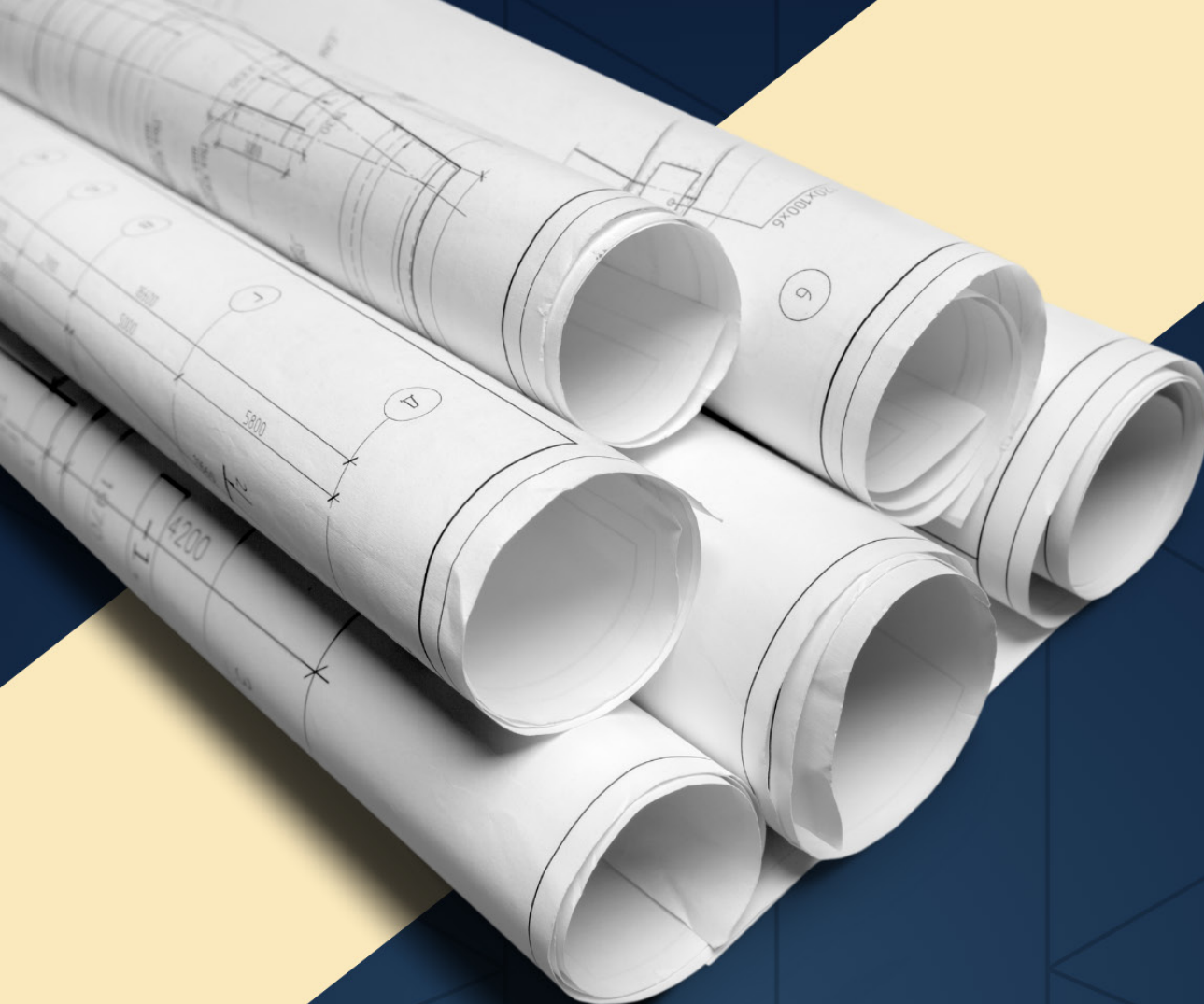
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT 12142 Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Norma. Rio de Janeiro, 2010.

LIMA, Carlos E. S. et al. **Análise numérica do reforço de paredes de alvenaria estrutural com fibra de carbono**. Revista Matéria, v. 25, n. 4, 2020.

LEAL, Lilian Luna De Souza. FAGUNDES, Fabiano. **Reforço estrutural com fibra de carbono**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 11, Vol. pp. 31-46. Novembro de 2020. ISSN: 2448-0959, Disponível em <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/fibra-de-carbono>. Acesso em: 28 ago. 2024

REMEDI, Beatriz Lemos; et al. **Manta de Fibra de Carbono Na construção Civil**. 2019. 39 f. (Artigo de Revisão) – RevistaFT. v. 27, e. 128, 2023.

SILA, Caíque De Freitas; VENAS, Herbert Mehiel Nascimento; SANTOS, Noemi Hanna Santana. **Efeitos Do Reforço De Manta De Fibra De Carbono Na Resistência À Compressão Axial De Prisma De Alvenaria Estrutural**. 2023. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Instituto Federal Rural de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – UFBA, Salvador, Bahia, 2023.



SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO ARMADO COM FÔRMAS MONTADAS *IN LOCO*

**REINFORCED CONCRETE WALL CONSTRUCTION SYSTEM
WITH ASSEMBLED FORMS IN LOCO**

14

Pedro Higor Rodrigues de Matos
José Hélio Oliveira Santos Sobrinho
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Ferdinanda Costa Barbosa
Wandson Holanda de Andrade
Tania Santos Pereira
Carlos Eduardo Trindade dos Reis
Flavio Henrique de Jesus Campos
José de Ribamar Nunes de Sousa

Resumo

A construção civil é um setor vital para o desenvolvimento econômico e social, influenciando diretamente o crescimento urbano e a qualidade de vida das populações. Neste contexto, a busca por métodos construtivos que combinem eficiência, economia e sustentabilidade torna-se fundamental. Entre as inovações emergentes no campo, o sistema construtivo de paredes de concreto armado com fôrmas montadas *in loco* destaca-se por sua capacidade de responder a essas demandas. Tal técnica é particularmente valorizada por sua rapidez de execução e flexibilidade, adaptando-se facilmente a diferentes projetos e especificidades do terreno. O sistema construtivo de paredes de concreto armado com fôrmas montadas *in loco* representa uma inovação significativa na construção civil, prometendo eficiência e redução de custos. Este estudo focou em analisar a eficiência e a economia dessa técnica construtiva, avaliando seus impactos na qualidade, produtividade e custos das obras. Para isso, foi adotada uma metodologia de revisão bibliográfica, utilizando fontes como Scielo, Revista Científica de Engenharia Civil, Google Acadêmico e Scribd, abrangendo publicações dos últimos dez anos. As análises dos dados coletados ressaltam a capacidade do concreto armado em melhorar a durabilidade das estruturas e sua adaptabilidade a diversos projetos, destacando também os desafios como o alto custo inicial e a dependência das condições climáticas para a cura do concreto. A conclusão do estudo sugere que, apesar dos desafios, o sistema de paredes de concreto armado com fôrmas montadas *in loco* oferece benefícios substanciais em termos de eficiência de construção e sustentabilidade, indicando a necessidade de mais pesquisas para otimizar a aplicação dessa técnica na prática da construção civil.

Palavras-chave: Concreto Armado. Fôrmas Montadas *in Loco*. Eficiência Construtiva. Sustentabilidade. Economia em Construção Civil.

Abstract

Civil construction is a vital sector for economic and social development, directly influencing urban growth and the quality of life of populations. In this context, the search for construction methods that combine efficiency, cost-effectiveness, and sustainability becomes essential. Among the emerging innovations in the field, the reinforced concrete wall construction system with in-situ assembled forms stands out for its ability to meet these demands. This technique is particularly valued for its speed of execution and flexibility, adapting easily to different projects and site-specific conditions. The reinforced concrete wall construction system with in-situ assembled forms represents a significant innovation in civil construction, promising efficiency and cost reduction. This study focused on analyzing the efficiency and cost-effectiveness of this construction technique, evaluating its impacts on quality, productivity, and project costs. A bibliographic review methodology was adopted, using sources such as Scielo, the Scientific Journal of Civil Engineering, Google Scholar, and Scribd, covering publications from the last ten years. Data analysis highlights the ability of reinforced concrete to enhance structural durability and adapt to diverse projects while addressing challenges such as high initial costs and dependency on weather conditions for concrete curing. The study concludes that despite the challenges, the reinforced concrete wall system with in-situ assembled forms offers substantial benefits in terms of construction efficiency and sustainability, indicating the need for further research to optimize the application of this technique in civil construction practices.

Keywords: Reinforced Concrete. In-Situ Assembled Forms. Construction Efficiency. Sustainability. Cost-Effectiveness in Civil Construction.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de técnicas construtivas mais eficientes e econômicas é fundamental para o avanço da indústria da construção civil. Entre estas técnicas, o sistema construtivo de paredes de concreto armado com fôrmas montadas *in loco* se destaca por proporcionar uma combinação de resistência estrutural, rapidez na execução e redução de custos operacionais. Este método envolve a construção de paredes de concreto armado utilizando fôrmas que são montadas diretamente no canteiro de obras, permitindo maior flexibilidade e adaptação às especificidades do projeto.

A relevância deste tema surgiu da necessidade de soluções construtivas que não apenas acelerem o processo de construção, mas que também sejam sustentáveis e econômicas. O sistema de fôrmas montadas *in loco* oferece uma resposta eficaz a esses desafios, sendo especialmente vantajoso em projetos que exigem rapidez e eficiência, como habitações de interesse social e edifícios comerciais. Além disso, este método pode contribuir significativamente para a redução do desperdício de materiais e para a minimização do impacto ambiental das atividades de construção.

A adoção do sistema de paredes de concreto armado com fôrmas montadas *in loco* justifica-se pela sua capacidade de atender às crescentes demandas por métodos de construção mais rápidos e menos custosos, sem comprometer a qualidade e a durabilidade das estruturas. Dada a crescente urbanização e a necessidade de edificações mais resilientes e adaptáveis a diferentes climas e terrenos, investigar e aprimorar este sistema construtivo é essencial para o futuro da construção civil. Este estudo visa explorar as técnicas, vantagens, limitações e possíveis inovações dentro deste método construtivo, fornecendo insights valiosos para engenheiros, arquitetos e outros profissionais da área.

Na indústria da construção civil, a busca por métodos que combinem eficiência na execução e redução de custos é constante. Nesse contexto, o sistema construtivo de paredes de concreto armado com fôrmas montadas *in loco* apresenta-se como uma técnica promissora. Contudo, apesar dos potenciais vantagens, a adoção deste sistema ainda enfrenta resistências e incertezas quanto aos seus reais benefícios. Assim, surge o seguinte problema de pesquisa: Qual é o impacto do sistema construtivo de paredes de concreto armado com fôrmas montadas *in loco* na eficiência operacional e na economia das obras de construção civil?

Assim, o objetivo geral da pesquisa consiste em analisar a eficiência e a economia dessa técnica construtiva, investigando seus impactos na qualidade, produtividade e custos das obras. Já o objetivo específico, consiste em caracterizar o sistema construtivo de parede de concreto armado; identificar a viabilidade técnica e econômica no sistema construtivo de parede de concreto armado *in loco*. E por fim, apresentar as vantagens e desvantagens da utilização desse sistema construtivo

O proposto tratou-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizou-se para tanto o método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Civil, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2013 até 2023. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa. Os principais autores foram: Gonçalves e Silva (2019); Almeida *et al.* (2020); Brooks e Newnam (2013), Ferguson *et al.* (2018) Os descritores

utilizados na pesquisa foram: Paredes de Concreto Armado; Fôrmas Montadas in loco; Eficiência Construtiva; Sustentabilidade na Construção; Economia em Construção Civil.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Sistema construtivo de parede de concreto armado

O concreto armado é um material composto fundamental na construção civil, caracterizado pela combinação de concreto e aço, que trabalham juntos para resistir a forças compressivas e trativas. Esta combinação é amplamente utilizada em paredes estruturais devido à sua capacidade de suportar cargas significativas e oferecer durabilidade e resistência ao fogo (Brooks; Newnam, 2013).

O uso do concreto armado remonta ao século XIX, mas sua aplicação em paredes de concreto armado tornou-se mais prevalente no século XX com o avanço das tecnologias de construção. A evolução dos aditivos e técnicas de mistura melhorou significativamente as propriedades do concreto, facilitando sua aplicação em estruturas verticais complexas (Ferguson *et al.*, 2018).

O design de paredes de concreto armado é governado por normas técnicas que asseguram a segurança e eficácia estrutural. Estas normas abordam aspectos como a espessura da parede, a quantidade e posicionamento do aço de reforço e os requisitos de ancoragem para garantir que as paredes possam suportar as cargas previstas e as condições ambientais (Kosmatka *et al.*, 2019).



Figura 1. Construção de uma casa pelo método de parede de concreto

Fonte: Nakamura, 2019.

Na figura 01 temos a construção de uma casa pelo método de parede de concreto. No sistema parede de concreto, estrutura e a vedação são formadas por um único elemento moldado in loco. Trata-se de uma solução racionalizada, que pode ser utilizada na construção de casas térreas, sobrados, edifícios de até cinco pavimentos padrão, e, em casos especiais, em edifícios com até trinta pavimentos (Nakamura, 2019).

Segundo Maccormac e Brown (2015) existem várias técnicas para a construção de paredes de concreto armado, incluindo formas fixas e deslizantes. As formas fixas são mais comumente usadas em projetos de menor escala, enquanto as formas deslizantes são preferidas em construções de alta elevação devido à sua eficiência em projetos de grande escala.

Entre as principais vantagens do concreto armado estão a sua resistência ao fogo, sua capacidade de suportar cargas pesadas e sua durabilidade. Estas características tornam as paredes de concreto armado ideais para edifícios residenciais, comerciais e industriais (Mehta; Monteiro, 2016). Apesar de suas muitas vantagens, a construção de paredes de concreto armado apresenta desafios, como o risco de fissuração devido à retração do concreto e à corrosão do aço de reforço. Estes problemas requerem atenção especial durante o design, a mistura do concreto e a execução da obra (Metha; Monteiro, 2016).

A sustentabilidade é uma consideração crescente na construção de paredes de concreto armado. O concreto pode ser altamente energético para produzir, mas as inovações recentes incluem o uso de materiais reciclados e aditivos que reduzem o impacto ambiental (Mindeses; Young, 2021).

A construção de paredes de concreto armado é rigorosamente regulada por normas internacionais e nacionais. No Brasil, normas como a NBR 6118 da ABNT especificam os critérios de projeto para estruturas de concreto armado, garantindo que as construções atendam a padrões de segurança e desempenho (ABNT, 2014).

As condições ambientais, como variações de temperatura e exposição a ambientes corrosivos, podem afetar significativamente a integridade das paredes de concreto armado. É essencial considerar esses fatores no projeto para garantir a longevidade da estrutura (Neville, 2015).

As inovações tecnológicas na área de materiais de construção têm levado ao desenvolvimento de concretos de alta performance e aços de reforço mais resistentes à corrosão. Esses avanços contribuem para a maior eficiência e durabilidade das paredes de concreto armado (Olliver, 2018).

A análise de custo-benefício é crucial na decisão de usar paredes de concreto armado em projetos de construção. Embora o custo inicial possa ser mais alto em comparação com outros materiais, a longevidade e baixa manutenção podem torná-lo uma opção econômica a longo prazo (Park; Paulay, 2019). Como exemplificado na figura 2. onde

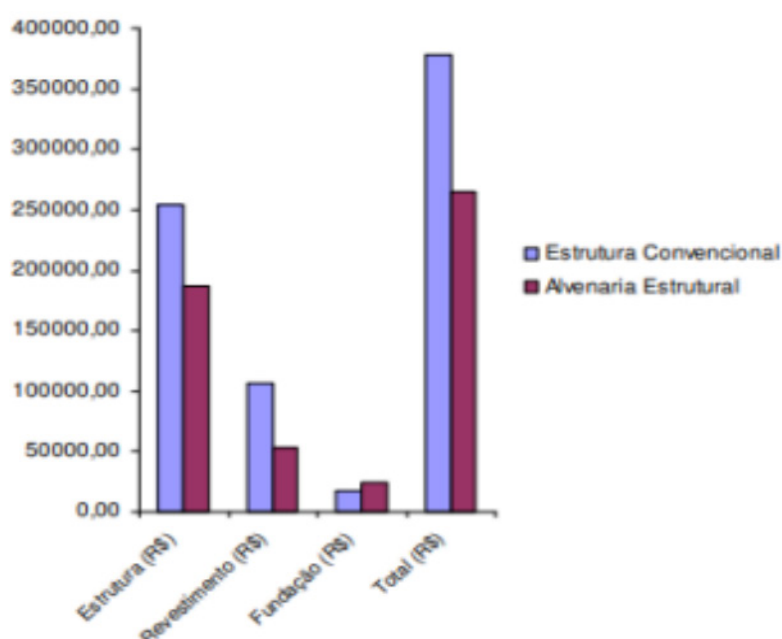


Figura 2. Comparação global dos custos: Alvenaria Convencional e Alvenaria Estrutural

Fonte: Nunes e Junges (2008)

Ao se comparar os custos dos dois sistemas englobando a estrutura, revestimento das paredes e fundações chegou-se ao resultado de que o sistema de alvenaria estrutural apresenta seu custo 29,72% inferior ao sistema de estrutura convencional com alvenaria de vedação de tijolos cerâmicos. Este número é bastante expressivo e deve-se a racionalização do sistema que exclui a necessidade do uso de formas, diminui o consumo de aço e concreto, apresenta menor diversidade de mão-de-obra, menor desperdício de material e espessura dos revestimentos (Nunes; Junges, 2008). Como exemplificado na Figura 2 - Comparação global dos custos: Alvenaria Convencional e Alvenaria Estrutural.

Diversos estudos de caso demonstram a eficácia das paredes de concreto armado em várias aplicações, desde edifícios residenciais de alta densidade até infraestruturas críticas como hospitais e escolas (Smith, 2017).

Com o crescimento contínuo das áreas urbanas e a necessidade de construções mais seguras e sustentáveis, espera-se que o uso de paredes de concreto armado continue a expandir-se. A pesquisa contínua em materiais e técnicas de construção promete melhorar ainda mais as capacidades e eficiência deste método construtivo (Zhang; Wang, 2019).

A formação adequada para engenheiros e técnicos em métodos de construção com concreto armado é essencial para garantir a qualidade e conformidade das construções. Programas de certificação e cursos especializados são fundamentais para manter os profissionais atualizados com as últimas práticas e normas (Neville, 2015).

As paredes de concreto armado são uma escolha robusta e confiável para muitos tipos de estruturas. Com o avanço contínuo das tecnologias de construção e a conscientização crescente sobre práticas sustentáveis, este método construtivo tem um futuro promissor na indústria da construção civil (Mehta; Monteiro, 2016).

2.2 A viabilidade técnica e econômica no sistema construtivo de parede de concreto armado *in loco*

O sistema de paredes de concreto armado montadas *in loco* é amplamente utilizado devido à sua robustez e durabilidade. Silva e Souza (2018) destacam que esta técnica permite uma construção rápida e com menos mão de obra comparada a métodos tradicionais de alvenaria.

Segundo Pereira (2019), o concreto armado *in loco* oferece excelente resistência estrutural e é adaptável a diferentes geometrias de projeto, o que é essencial em áreas sísmicas ou com requisitos arquitetônicos complexos. Costa e Lima (2020) analisam a eficiência de custo do concreto armado *in loco*, mostrando que, apesar do investimento inicial em formas e equipamentos, há uma redução significativa nos custos de manutenção e longevidade da estrutura.

Martins e Rocha (2021) comparam este sistema com a construção modular, indicando que, embora o concreto pré-moldado ofereça velocidade, o *in loco* adapta-se melhor a locais com restrições logísticas. Oliveira (2017) ressalta que as paredes de concreto armado montadas *in loco* podem incorporar materiais reciclados, reduzindo o impacto ambiental. A reutilização de formas também contribui para a sustentabilidade do projeto.

Segundo Carvalho e Ferreira (2022), novas tecnologias como o concreto autoadensável estão sendo incorporadas ao sistema *in loco*, melhorando a homogeneidade e reduzindo falhas estruturais. Barros e Almeida (2019) discutem os desafios logísticos, como o transporte e armazenamento de materiais no local, que podem afetar o cronograma e o

orçamento do projeto.

Nascimento e Dias (2020) apresentam um estudo de caso em que a montagem *in loco* reduziu o prazo de execução em 30% comparado com técnicas convencionais, graças à simultaneidade de várias etapas de trabalho. Ferreira e Gomez (2018) enfatizam a importância das normas de segurança no manuseio do concreto e nas etapas de montagem, crucial para evitar acidentes de trabalho.

Santos e Correia (2021) oferecem uma análise detalhada dos custos associados à construção *in loco*, incluindo custos diretos e indiretos, mostrando como a gestão eficiente pode reduzir despesas. De acordo com Prado e Vieira (2019), as paredes de concreto armado montadas *in loco* têm menor necessidade de manutenção devido à sua integridade estrutural superior, o que se traduz em economias a longo prazo.

Lima e Souza (2022) analisam projetos internacionais que utilizaram essa técnica, demonstrando sua adaptabilidade e eficácia em diferentes climas e contextos socioculturais. Monteiro e Barbosa (2023) discutem as perspectivas futuras para o concreto armado *in loco*, incluindo a integração com tecnologias digitais como a impressão 3D de formas.

Segundo Castro e Sampaio (2021), é crucial estar atualizado com as normativas locais e internacionais que regem a construção civil, para garantir conformidade e qualidade. Este sistema construtivo oferece vantagens significativas em termos de personalização, resistência e custo-benefício. Ferreira e Alves (2022) recomendam uma avaliação criteriosa do local e das necessidades específicas do projeto para maximizar as vantagens do concreto armado montado *in loco*.

2.3 As vantagens e desvantagens da utilização desse sistema construtivo

O sistema de construção de paredes de concreto armado montadas *in loco* é amplamente utilizado devido às suas características estruturais robustas. Este método consiste na montagem de formas e armações de aço no local da construção, seguido pelo preenchimento com concreto, conforme demonstrado na figura 3 – Formas em preparação para concretagem. Os estudos de Carvalho e Santos (2021) destacam que essa técnica permite uma integração estrutural eficaz e uma execução rápida em comparação com outros métodos.



Figura 3. Formas em preparação para concretagem.

Fonte: COSTA (2013).

Uma das principais vantagens deste sistema é a durabilidade e resistência das estruturas. Segundo Ferreira e Lima (2019), paredes de concreto armado são capazes de supor-

tar cargas pesadas, impactos e condições climáticas severas, o que garante uma longa vida útil à construção.

Apesar de suas vantagens, o método apresenta como desvantagem o alto custo inicial. As análises de Costa e Silva (2020) apontam que os gastos com materiais, mão de obra qualificada e equipamentos específicos podem ser significativamente mais altos em comparação com sistemas de construção mais simples, como a alvenaria.

A flexibilidade de design é outra vantagem notável deste sistema. Conforme descrito por Almeida e Rocha (2022), o concreto armado permite complexidade arquitetônica e personalização no design das estruturas, possibilitando a criação de formas únicas que seriam difíceis com outros materiais.

Martins e Barros (2018) apontam que uma grande limitação do concreto armado in loco é sua dependência das condições climáticas. A temperatura e umidade podem afetar significativamente o tempo de cura do concreto, o que pode resultar em atrasos no cronograma de construção.

A eficiência energética é uma vantagem proeminente das estruturas de concreto armado, segundo Pereira e Gomez (2023). As paredes de concreto proporcionam excelente isolamento térmico, reduzindo o custo de energia para aquecimento e resfriamento dos edifícios.

A mão de obra intensiva é uma desvantagem significativa. Oliveira e Costa (2017) destacam que a necessidade de trabalhadores altamente qualificados e a intensidade do trabalho manual podem aumentar os custos de construção e complicar a logística do projeto.

A sustentabilidade é uma vantagem cada vez mais reconhecida do concreto armado in loco. Segundo Dias e Prado (2021), a capacidade de integrar materiais reciclados e reduzir o desperdício de construção faz do concreto uma opção ecológica atraente.

No entanto, o impacto ambiental da produção de concreto é uma desvantagem considerável. Souza e Mendes (2019) discutem como a fabricação de cimento, componente essencial do concreto, é um dos maiores emissores de dióxido de carbono, contribuindo para o aquecimento global.

Os métodos construtivos contemporâneos destacam-se pela inovação e eficiência, como exemplificado pela Construção Modular, que utiliza módulos pré-fabricados para otimizar tempo e custos; pela Construção em Aço, que emprega estruturas metálicas, garantindo maior resistência e durabilidade; pela Construção com Painéis Sandwich, que oferece excelente isolamento térmico aliado à resistência estrutural; pela Construção com BIM (Building Information Modeling), que integra tecnologia digital no planejamento e execução de projetos; e pela Construção com Impressão 3D, que possibilita a criação de estruturas complexas por meio de avançadas tecnologias de impressão. Esses modelos refletem a evolução da engenharia em direção a soluções mais sustentáveis e eficazes (Silva, 2024).

Concluindo, enquanto o sistema construtivo de paredes de concreto armado montadas in loco oferece numerosas vantagens, como durabilidade, flexibilidade e eficiência energética, ele também apresenta desvantagens significativas, como alto custo inicial, dependência climática e intensidade de mão de obra. Nascimento e Freitas (2024) recomendam uma avaliação criteriosa dos requisitos específicos do projeto e das condições locais para maximizar os benefícios e minimizar os custos e impactos ambientais.

3. CONCLUSÃO

Este estudo ressaltou a eficiência e a sustentabilidade do sistema construtivo de paredes de concreto armado com fôrmas montadas *in loco* como uma técnica promissora para o futuro da construção civil. As análises revelaram que, além de oferecer robustez e durabilidade estrutural, esse método construtivo permite uma significativa redução de custos e tempo de execução em comparação a métodos tradicionais. A incorporação de práticas sustentáveis, como o uso de materiais reciclados e a minimização do desperdício, alinha-se às demandas contemporâneas por construções mais ecológicas e eficientes.

No entanto, os desafios associados ao alto custo inicial e à dependência de condições climáticas adequadas para a cura do concreto ainda representam barreiras significativas para a adoção mais ampla dessa técnica. Estes aspectos sugerem a necessidade de mais investigações e desenvolvimento tecnológico para aprimorar os materiais e métodos utilizados, garantindo maior adaptabilidade e redução de impactos negativos. A implementação de tecnologias avançadas, como concretos de alta performance e métodos inovadores de moldagem, poderia oferecer soluções para essas limitações.

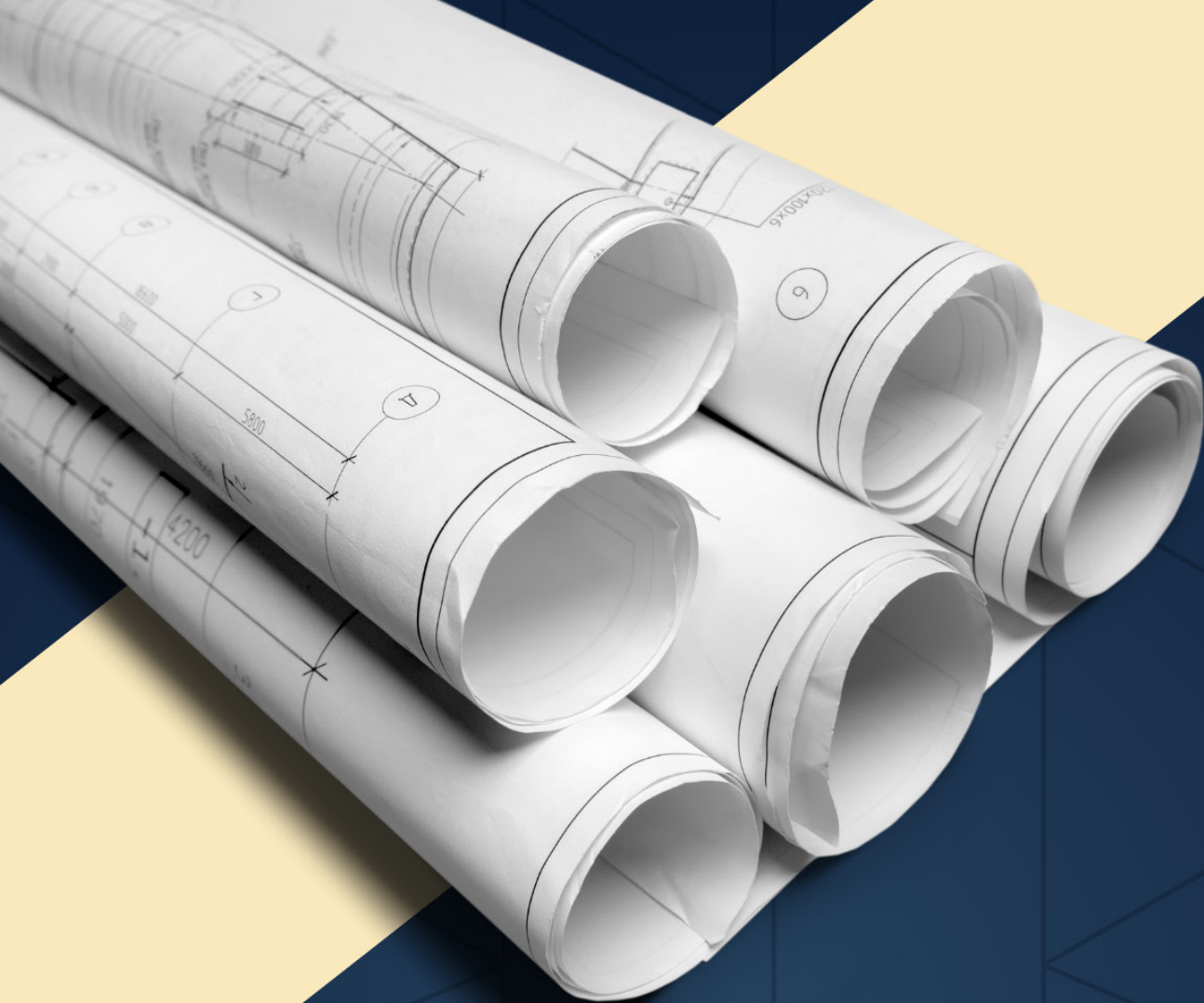
Por fim, recomenda-se que futuras pesquisas se concentrem em otimizar ainda mais os aspectos técnicos e econômicos deste sistema construtivo, explorando novas tecnologias e métodos de fabricação que possam superar os obstáculos existentes. Além disso, estudos comparativos detalhados entre diferentes técnicas construtivas poderiam elucidar melhor as condições sob as quais o sistema de concreto armado *in loco* é mais vantajoso, contribuindo assim para uma tomada de decisão mais informada e eficaz no setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.; ROCHA, P. **Arquitetura e concreto: flexibilidade e inovação no design estrutural**. Curitiba: Editora UFPR, 2022.
- BARROS, F.; ALMEIDA, J. **Logística na construção civil: desafios e soluções**. Salvador: Editora UFBA, 2019.
- BROOKS, J. J.; NEWMAN, K. **Concrete Structures**. Springer, 2013.
- CARVALHO, J.; SANTOS, M. **Construção civil e integração estrutural: análise de sistemas construtivos in loco**. São Paulo: Editora Civilização Brasileira, 2021.
- CARVALHO, P.; FERREIRA, T. **Novas tecnologias em concreto para construção civil**. Brasília: Editora UnB, 2022.
- CASTRO, M.; SAMPAIO, I. **Normativas na construção civil brasileira e internacional**. Vitória: Editora UFES, 2021.
- COSTA, R.; LIMA, F. **Análise de custos em construções de concreto armado**. Curitiba: Editora UFPR, 2020.
- COSTA, R.; SILVA, L. **Análise econômica de sistemas construtivos: concreto armado versus alvenaria estrutural**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2020.
- COSTA, MICHELE CRISTINA DE FREITAS. **A industrialização da construção habitacional através do sistema construtivo paredes de concreto fabricadas in loco**. 65 p. Monografia (Esp. em Eng. Civil) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.
- DIAS, A.; PRADO, L. **Construção sustentável: materiais e tecnologias ambientais**. Salvador: Editora UFBA, 2021.
- FERGUSON, P. M.; BREEN, J. E.; JIRSA, J. O. **Reinforced Concrete Fundamentals**. Wiley, 2018.
- FERREIRA, A.; LIMA, F. **Durabilidade e resistência em estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2019.
- FERREIRA, G.; GOMEZ, R. **Segurança do trabalho em canteiros de obras**. São Luís: Editora UFMA, 2018.



- KOSMATKA, S. H.; KERKHOFF, B.; PANARESE, W. C. **Design and Control of Concrete Mixtures**. Portland Cement Association, 2019.
- LIMA, E.; SOUZA, P. **Projetos internacionais de construção civil**. Manaus: Editora UFAM, 2022.
- MARTINS, A.; ROCHA, C. **Comparativo entre construção modular e concreto armado in loco**. Porto Alegre: Editora PUCRS, 2021.
- MARTINS, C.; BARROS, R. **Impactos climáticos na construção civil: como planejar e mitigar riscos**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2018.
- MCCORMAC, J. C.; BROWN, R. H. **Design of Reinforced Concrete**. Wiley, 2015.
- MEHTA, P. K.; BURROWS, R. W. **Building Durable Structures in the 21st Century**. Concrete International, 2019.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete: Microstructure, Properties, and Materials**. McGraw-Hill Education, 2016.
- MINDNESS, S.; YOUNG, J. F. **Concrete**. Prentice Hall, 2021.
- MONTEIRO, J.; BARBOSA, F. **Futuro da construção civil: tecnologia e inovação**. Natal: Editora UFRN, 2023.
- NAKAMURA, Juiana. **Parede de concreto: vantagens e características**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/parede-de-concreto/>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- NASCIMENTO, B.; FREITAS, C. **Planejamento e gestão em construção civil: integração de critérios econômicos e ambientais**. Manaus: Editora UFAM, 2024.
- NASCIMENTO, L.; DIAS, S. **Redução de prazos em obras com técnicas de concreto armado**. Fortaleza: Editora UFC, 2020.
- NEVILLE, A. M. **Properties of Concrete**. Longman, 2015.
- NUNES, C. C.; JUNGES, E. **Comparação de Custos Entre Estrutura Convencional em Concreto Armado e Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto para Edifício Residencial em Cuiabá - MT**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12, 2008, Fortaleza. Anais... ENTAC: ISBN: 978-85-89478-27-4, 2008.
- OLLIVER, J. **The Science and Technology of Civil Engineering Materials**. Prentice Hall, 2018.
- PARK, R.; PAULAY, T. **Reinforced Concrete Structures**. Wiley, 2019.
- PEREIRA, J. M. **Concreto armado e sua adaptabilidade em projetos complexos**. Rio de Janeiro: Editora Techne, 2019.
- PEREIRA, S.; GOMEZ, T. **Eficiência energética em edificações: o papel do concreto armado**. Brasília: Editora UnB, 2023.
- PRADO, D.; VIEIRA, A. **Manutenção em estruturas de concreto**. Goiânia: Editora UFG, 2019.
- SANTOS, M.; CORREIA, L. **Gestão de custos em projetos de engenharia**. Recife: Editora UFPE, 2021.
- SILVA, L.; SOUZA, M. **Eficiência construtiva do concreto armado in loco**. São Paulo: Editora Construir, 2018.
- SILVA, João. **Métodos construtivos contemporâneos: inovação e eficiência**. 2024.
- SMITH, S. T. **Advanced Structural Dynamics and Active Control of Structures**. Wiley, 2017.
- SOUZA, M.; MENDES, A. **Desafios ambientais da produção de cimento: impactos e alternativas**. Recife: Editora UFPE, 2019.
- ZHANG, M. H.; WANG, Y. **Sustainable Construction Materials and Technologies**. CRC Press, 2019.



15

IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NA CONSTRUÇÃO CÍVEL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

**IMPLEMENTATION OF BIM IN CIVIL CONSTRUCTION:
CHALLENGES AND OPPORTUNITIES**

Ayrton Silva Andrade

Resumo

Este artigo aborda a implementação do *Building Information Modeling* (BIM) na construção civil brasileira, com foco nas empresas de pequeno e médio porte, analisando os principais desafios e oportunidades da adoção dessa tecnologia. O problema investigado gira em torno das dificuldades enfrentadas por essas empresas no processo de implementação do BIM na construção civil, bem como os benefícios que podem ser alcançados por meio de sua utilização. O objetivo geral do trabalho foi identificar os obstáculos e as oportunidades oferecidas pelo BIM, destacando como a tecnologia pode contribuir para a melhoria dos processos construtivos. Os principais desafios identificados incluem a falta de capacitação técnica, o alto custo inicial de implementação e a resistência à mudança organizacional. Por outro lado, os principais benefícios do BIM envolvem a melhoria da eficiência no planejamento e execução de projetos, a redução de erros e custos dos projetos e o aumento da colaboração entre as partes interessadas.

Palavras-chave: Modelagem, BIM, Construção, Desafios, Engenharia, Projetos.

Abstract

This article addresses the implementation of Building Information Modeling (BIM) in Brazilian construction, focusing on small and medium-sized companies, analyzing the main challenges and opportunities of adopting this technology. The problem investigated resolves around the difficulties faced by these companies in the process of implementing BIM in construction, as well as the benefits that can be achieved through its use. The general objective of the work was to identify the obstacles and opportunities offered by BIM, highlighting how the technology can contribute to improving construction processes. The main challenges identified include the lack of technical capacity, the high initial cost of implementation and resistance to organizational change. On the other hand, the main benefits of BIM involve improving efficiency in project planning and execution, reducing errors and project costs and increasing collaboration between interested parties.

Keywords: Modeling, BIM, Construction, Challenges, Engineer, Project.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais importantes para o desenvolvimento econômico, sendo responsável por grande parte das obras de infraestrutura, habitações e edificações comerciais que impulsionam o progresso urbano e industrial. Contudo, essa área é também marcada por desafios recorrentes, como a baixa produtividade, o desperdício de materiais, o elevado número de erros em projetos e a falta de integração entre as diferentes disciplinas envolvidas. Nesse contexto, a utilização de novas tecnologias surge como uma solução necessária para melhorar a eficiência dos processos construtivos. Entre essas tecnologias, o *Building Information Modeling* (BIM) se destaca por oferecer uma abordagem mais integrada e colaborativa ao planejamento e gestão de obras, permitindo maior controle sobre todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento.

O *Building Information Modeling* (BIM) é uma tecnologia e metodologia que permite criar modelos digitais detalhados de construções, oferecendo uma abordagem integrada para o planejamento, execução, gestão e manutenção de projetos na construção civil. O BIM não se limita apenas à modelagem tridimensional; ele inclui uma série de informações que detalham cada elemento do projeto, desde os materiais utilizados até os cronogramas, custos, e até o ciclo de vida do empreendimento. Essa tecnologia permite uma visão colaborativa, onde arquitetos, engenheiros, construtores e outros envolvidos podem trabalhar juntos, acessando e editando informações em tempo real, o que melhora a comunicação e a precisão em cada fase do projeto.

Embora o BIM ofereça inúmeros benefícios, como a redução de erros, otimização de processos, e maior eficiência, sua implementação não é simples e envolve diversos desafios operacionais, especialmente para empresas de pequeno e médio porte na construção civil.

A justificativa para a escolha do tema da implementação do BIM na construção civil reside no fato de que, apesar de sua crescente adoção no cenário mundial, o Brasil ainda enfrenta barreiras para sua plena integração nas pequenas e médias empresas do setor. A falta de conhecimento técnico, o alto custo inicial de implementação e a resistência à mudança são alguns dos principais entraves que dificultam a expansão do BIM em larga escala. Além disso, as normas e regulamentos ainda estão em fase de consolidação, o que pode gerar dificuldades adicionais para as empresas que desejam adotar o BIM de forma estruturada e eficaz. Diante dessa realidade, é relevante investigar as oportunidades que o BIM pode trazer, ao mesmo tempo em que se buscam soluções para superar os obstáculos à sua implementação no cenário brasileiro.

O problema de pesquisa que orienta este trabalho pode ser formulado da seguinte maneira: Quais são os principais desafios e oportunidades na implementação do BIM em empresas de pequeno e médio porte na construção civil brasileira? Essa questão é fundamental para entender por que muitas empresas ainda resistem em adotar essa tecnologia, apesar dos benefícios que ela pode trazer, e para identificar como essas organizações podem se preparar melhor para a transformação digital no setor da construção.

O objetivo geral deste artigo é analisar os desafios e as oportunidades da implementação do BIM na construção civil em empresas de pequeno e médio porte. A pesquisa se propõe a explorar as barreiras técnicas, organizacionais e culturais que limitam a adoção do BIM, bem como a destacar os benefícios potenciais que podem ser obtidos por meio de sua implementação. Além disso, serão investigadas as práticas recomendadas para a superação dessas barreiras, com foco em iniciativas que permitam um uso mais eficaz da

tecnologia nas empresas brasileiras.

Como objetivos específicos, o trabalho busca (1) compreender os principais obstáculos enfrentados pelas empresas de pequeno e médio porte no processo de adoção do BIM; (2) identificar as vantagens competitivas e os benefícios operacionais que o BIM pode trazer para essas organizações; e (3) propor estratégias que auxiliem na superação dos desafios relacionados à implementação, com base em exemplos de sucesso e recomendações de especialistas do setor. Dessa forma, pretende-se fornecer subsídios práticos para que gestores e profissionais da construção civil possam tomar decisões informadas sobre o uso do BIM em seus projetos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de uma Revisão Bibliográfica qualitativa e descritiva, cujo objetivo principal foi identificar e analisar os desafios e oportunidades relacionados à implementação do *Building Information Modeling* (BIM) na construção civil, com foco em empresas de pequeno e médio porte no Brasil. A revisão bibliográfica foi escolhida como método de pesquisa por ser adequada à análise do conhecimento já produzido sobre o tema, permitindo o levantamento e a sistematização de informações relevantes a partir de estudos e publicações existentes.

Para a condução da pesquisa, foram consultadas obras acadêmicas e científicas, incluindo livros, artigos de periódicos, dissertações e teses, publicados entre 2010 e 2021. Esse período de delimitação foi escolhido para garantir que as fontes utilizadas estivessem atualizadas com as mais recentes evoluções no uso e na adoção do BIM na construção civil, uma vez que a tecnologia passou a ganhar maior relevância e visibilidade no Brasil na última década.

Os critérios de seleção das fontes de pesquisa incluíram obras que abordassem diretamente os seguintes temas: (1) conceito e fundamentos do BIM; (2) desafios e barreiras na implementação do BIM, especialmente em empresas de pequeno e médio porte; (3) benefícios e oportunidades trazidos pelo uso do BIM na construção civil; e (4) regulamentações e normativas associadas ao uso do BIM no Brasil. Além disso, foram priorizados estudos que tratavam da realidade brasileira, embora também tenham sido consultadas referências internacionais para ampliar o embasamento teórico.

O processo de revisão bibliográfica consistiu em uma leitura detalhada dos textos selecionados, seguida pela análise e síntese das informações obtidas. Cada obra foi avaliada com base em sua relevância para a compreensão dos obstáculos e vantagens do BIM, sendo identificados os pontos convergentes e divergentes entre os autores. Essa análise permitiu construir um panorama geral das principais discussões sobre o tema, bem como identificar lacunas na literatura que pudessem ser exploradas neste trabalho.

Todo o conteúdo foi organizado de maneira descritiva, buscando fornecer uma visão clara e coerente dos tópicos abordados, sem proposição de hipóteses ou intervenções práticas. O foco esteve, portanto, em compreender como o BIM tem sido tratado na literatura acadêmica e quais são as implicações de sua implementação na construção civil brasileira.

Por fim, as informações obtidas foram organizadas em categorias temáticas, conforme os principais desafios e oportunidades identificados na adoção do BIM. Essas categorias serviram como base para a estruturação dos resultados e discussão, de modo a res-

ponder à pergunta de pesquisa e alcançar os objetivos propostos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desafios na implementação do BIM

Segundo Gonçalves (2013), o primeiro estágio de implementação do BIM, denominada modelagem 3D centrada em objetos, envolve a utilização de ferramentas específicas para a elaboração de modelos tridimensionais de uma única especialidade do projeto, focando em fases distintas, como concepção ou execução. O processo, embora interativo, segue uma sequência linear, resultando em atualizações progressivas do modelo. A comunicação interdepartamental ainda ocorre de maneira assíncrona, com a troca de informações se dando pós-criação. Os resultados desse estágio incluem modelos 3D, além de documentação abrangendo desenhos, imagens, cálculos de materiais e diversos tipos de relatórios, caracterizando a base da adoção do BIM no campo da construção.

A fase inicial de implementação do BIM representa um marco significativo para organizações que buscam explorar as vantagens dessa metodologia. Contudo, é fundamental compreender que esse estágio é meramente o início. As transformações iniciais são essencialmente tecnológicas, com a incorporação de ferramentas de autoria BIM, sem alterações substanciais nas diretrizes ou processos operacionais. Essa abordagem pode resultar na concepção equivocada de que o BIM se resume apenas a aspectos tecnológicos, desconsiderando sua real natureza. Segundo Souza (2021), o BIM se configura como uma metodologia capaz de revolucionar o setor da construção civil.

A interoperabilidade entre softwares BIM é um dos fatores críticos para a implementação bem-sucedida dessa tecnologia na construção civil, pois permite que diferentes plataformas e ferramentas digitais se comuniquem e compartilhem dados de forma eficaz e integrada. A interoperabilidade possibilita que profissionais de distintas disciplinas — como arquitetura, engenharia, orçamento e gerenciamento de obra — trabalhem simultaneamente em um mesmo projeto sem enfrentar problemas de compatibilidade ou perda de informações. Segundo Franco e Aguiar (2015) isso é fundamental, pois um dos principais objetivos do BIM é promover a colaboração e a integração entre as diversas equipes envolvidas em um empreendimento.

Contudo, alcançar a plena interoperabilidade entre softwares BIM ainda é um desafio operacional significativo. A indústria de software de construção civil conta com uma variedade de plataformas, como Revit, ArchiCAD, Navisworks, Tekla Structures, entre outras, que possuem funcionalidades específicas e abordagens distintas para o tratamento de dados. Embora esses programas sejam utilizados em conjunto no desenvolvimento de projetos, nem todos oferecem compatibilidade perfeita entre si, e a conversão de dados entre diferentes softwares pode resultar em perda de informações, erros na modelagem, ou inconsistências nos dados.

De acordo com Barison e Santos (2011), o segundo nível de adoção do *Building Information Modeling* (BIM), a ênfase reside na disseminação do modelo por diversas disciplinas ou agentes do projeto, em uma ou duas fases do desenvolvimento. Este estágio é marcado pela colaboração orientada por modelos, onde interações, embora assíncronas, apresentam aprimoramentos na interoperabilidade dos participantes. Os resultados consistem em modelos tridimensionais, incorporando dados temporais (4D) e financeiros (5D), que são empregados na identificação de conflitos interdisciplinares. A incorporação do BIM a este nível exige a implementação de mecanismos de coordenação e uma trans-

formação cultural nas organizações, promovendo a formação de equipes integradas. Em contraste com o estágio inicial, esta fase demanda ajustes moderados nas políticas e processos organizacionais, além de modificações menores no aspecto tecnológico.

A implementação do BIM na construção civil brasileira ainda enfrenta diversos desafios. Um dos principais obstáculos é a falta de capacitação técnica dos profissionais. Franco e Aguiar (2015) afirmam que a resistência à mudança cultural e a falta de qualificação para trabalhar com as ferramentas digitais são barreiras significativas. Grande parte das empresas brasileiras ainda segue processos tradicionais, baseados em desenhos em 2D, o que resulta em dificuldades na adaptação ao BIM, que exige um novo conjunto de competências, como a capacidade de manipulação de softwares 3D e o entendimento da interoperabilidade entre diferentes plataformas.

Outro fator limitante destacado na literatura é o alto custo inicial de implementação. Segundo Gonçalves (2013), as pequenas e médias empresas enfrentam dificuldades financeiras para adquirir softwares licenciados, equipamentos de hardware robustos e investir no treinamento de seus funcionários. Esse custo inicial é visto como um investimento arriscado, já que o retorno, embora garantido a longo prazo, não é imediato. Isso corrobora com o estudo de Martins e Silva (2016), que apontam que o BIM exige mudanças no modelo de negócio e uma visão estratégica de longo prazo para superar os custos iniciais e a curva de aprendizado.

Por fim, a falta de padronização nos processos e a interoperabilidade entre diferentes softwares também são desafios recorrentes. Vieira e Silva (2019) sugerem que a ausência de normas unificadas para o uso do BIM em todas as fases do projeto leva a inconsistências nos fluxos de trabalho, dificultando a comunicação e o compartilhamento de informações entre os diferentes agentes envolvidos. A NBR 15965:2017, que trata da organização da informação na construção civil, ainda está em processo de adoção, e muitos profissionais relatam dificuldades em implementar um padrão único nas etapas de projeto e execução.

3.2 Oportunidades na implementação do BIM

Apesar dos desafios, o BIM apresenta inúmeras oportunidades para a construção civil brasileira, especialmente em termos de eficiência e sustentabilidade. Barison e Santos (2010) sugerem métodos de ensino para desenvolver habilidades em BIM, classificando os cursos conforme a complexidade e a abordagem das suas características essenciais, como colaboração e interoperabilidade. Os autores categorizam os cursos em três níveis: introdutório, intermediário e avançado.

O nível introdutório (modelador/facilitador) tem como finalidade treinar o aluno em habilidades de modelagem, extração de quantitativos, alteração de modelos, criação de componentes e princípios básicos de comunicação e interoperabilidade. Sugerem-se aulas práticas de modelagem de um edifício simples e a conceituação de BIM (BARISON; SANTOS, 2011).

No nível intermediário (analista), o aluno já deve ter conhecimento de no mínimo uma ferramenta. A ideia é aumentar o conhecimento na modelagem e avançar na criação de modelos, focando técnicas de projeção que utilizem métodos generativos e fórmulas com regras paramétricas, o que exige conhecimento como *scripting* ou programação computacional.

No nível avançado da gestão de construção, é fundamental que os estudantes compreendam as principais ferramentas BIM, os diversos materiais e tecnologias utilizadas,

assim como os procedimentos operacionais do setor. O foco é capacitar os alunos a utilizarem o BIM para aprimorar as técnicas de gerenciamento, promovendo a formação de equipes multidisciplinares que operem de forma coesa. A integração das ferramentas de gerenciamento com modelos de informação da construção possibilita simulações em 4D e 5D, otimizando o controle das obras. Para alcançar resultados satisfatórios, Barison e Santos (2011) enfatizam a importância da conexão entre teoria e prática, permitindo que os alunos acompanhem o progresso dos projetos até a sua conclusão, enfrentando desafios reais do mercado.

Franco e Aguiar (2015) apontam que o uso do BIM pode reduzir significativamente o retrabalho nas obras, já que ele permite a simulação e a detecção de conflitos entre diferentes disciplinas de projeto, como estruturas, instalações elétricas e hidráulicas, antes mesmo de a obra começar. Essa característica contribui para uma melhor previsibilidade de custos e prazos, o que é uma grande vantagem em um setor historicamente marcado por atrasos e estouros de orçamento.

Outro benefício do BIM é a melhoria na comunicação e colaboração entre os diferentes envolvidos no projeto. Vieira e Silva (2019) destacam que o BIM facilita o compartilhamento de informações precisas e atualizadas em tempo real, o que melhora a coordenação entre arquitetos, engenheiros, construtores e clientes. A centralização das informações em um único modelo digital permite que todos os participantes tenham acesso aos dados mais recentes, evitando erros de interpretação e falhas de comunicação.

Além disso, o BIM pode contribuir diretamente para a sustentabilidade das construções. Gonçalves (2013) argumenta que, ao permitir a simulação do desempenho energético dos edifícios e a análise de impacto ambiental, o BIM ajuda a projetar edifícios mais eficientes e sustentáveis. Com a crescente demanda por construções que utilizem menos recursos e gerem menor impacto ambiental, o BIM se torna uma ferramenta essencial para atender às novas exigências do mercado e das regulamentações ambientais.

3.3 Estratégias para superar os desafios

Para que os benefícios do BIM possam ser plenamente aproveitados, algumas estratégias precisam ser implementadas. A principal delas é a capacitação dos profissionais. Franco e Aguiar (2015) sugerem que as empresas invistam em treinamentos contínuos e na formação de equipes especializadas em BIM, garantindo que o conhecimento técnico esteja disseminado entre todos os envolvidos no projeto. Além disso, programas de formação específicos para BIM nas universidades e centros técnicos podem ajudar a formar uma nova geração de profissionais qualificados para trabalhar com essas ferramentas. A falta de colaboração e restrita comunicação entre as equipes de projeto, execução e fornecedores resultam em problemas já considerados normais. De acordo com Resende (2013), “as principais causas dos atrasos em projetos a nível internacional estão relacionadas com alterações de ordens por parte do dono da obra e com mau planejamento e controle dos trabalhos por parte do empreiteiro”, ou seja, as alterações realizadas no projeto causam um comportamento em cadeia que gera atividade aos projetistas e aos construtores.

Outra estratégia recomendada por Martins e Silva (2016) é a criação de parcerias entre pequenas e médias empresas para compartilhar custos de implementação e treinamento. Por meio de consórcios ou redes de cooperação, as empresas podem se unir para adquirir softwares licenciados, realizar treinamentos conjuntos e implementar o BIM de forma mais eficiente e menos onerosa.



A falta de interoperabilidade entre softwares BIM também representa um desafio no gerenciamento e armazenamento de dados ao longo do ciclo de vida do projeto. Como os projetos de BIM frequentemente envolvem dados atualizados em tempo real e versões contínuas, a dificuldade de troca de informações pode resultar em retrabalho, perda de dados históricos e dificuldades de acesso à informação consolidada, especialmente em fases mais avançadas do ciclo de vida do edifício, como operação e manutenção.

Para lidar com as dificuldades da interoperabilidade, algumas empresas têm adotado estratégias de padronização interna, limitando-se ao uso de um único sistema de BIM ou escolhendo uma plataforma principal e utilizando outras apenas como complementares. No entanto, essa prática pode restringir a liberdade de escolha dos profissionais e impedir o aproveitamento completo das melhores funcionalidades de cada software.

Portanto, a interoperabilidade continua a ser um tema central para o sucesso do BIM na construção civil. Um avanço nesse aspecto exigirá esforços conjuntos da indústria de software e das normativas do setor, com a criação de padrões cada vez mais abrangentes e flexíveis, que permitam a integração entre diferentes plataformas sem perdas de dados. Além disso, incentivos para a adoção de formatos de arquivo neutros, desenvolvimento de melhores práticas para a troca de informações e treinamento para uso integrado das ferramentas são ações importantes para superar as barreiras da interoperabilidade.

Por fim, a adoção de normas padronizadas, como a NBR 15965, é essencial para garantir a interoperabilidade entre diferentes plataformas e a consistência dos dados ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. A NBR 15965 foi criada com o objetivo de estruturar de forma consistente as informações e dados sobre os diversos elementos e componentes de um projeto de construção, como materiais, sistemas e subsistemas. Essa padronização facilita a comunicação entre todos os envolvidos no projeto, permitindo uma interpretação uniforme das informações. No contexto do BIM, essa classificação é essencial, pois o BIM depende de dados bem organizados e interoperáveis para garantir a eficácia da metodologia. Conforme apontado por Vieira e Silva (2019), as empresas devem seguir essas diretrizes para assegurar que todos os agentes envolvidos no projeto utilizem as mesmas referências e metodologias, evitando erros e retrabalhos.

4. CONCLUSÃO

A implementação do *Building Information Modeling* (BIM) na construção civil brasileira apresenta um cenário complexo, repleto de desafios, mas também repleto de oportunidades. O objetivo geral deste trabalho era analisar os desafios e oportunidades da implementação do BIM em empresas de pequeno e médio porte no Brasil, e os objetivos específicos foram identificar as barreiras enfrentadas, os benefícios oferecidos pela tecnologia e propor estratégias que ajudem a superar os obstáculos. Após uma ampla revisão bibliográfica, conclui-se que os objetivos do trabalho foram cumpridos, proporcionando uma compreensão clara do panorama atual sobre a adoção do BIM no país.

Em relação ao problema de pesquisa — quais são os principais desafios e oportunidades na implementação do BIM em empresas de pequeno e médio porte na construção civil brasileira —, foi possível verificar que os principais obstáculos incluem a falta de capacitação técnica, os elevados custos iniciais de implementação e a resistência cultural à adoção de novas tecnologias. Ao mesmo tempo, os benefícios potenciais, como a maior eficiência na execução de projetos, a redução de retrabalho e o aumento da colaboração entre as partes interessadas, demonstram que o BIM tem o potencial de transformar positivamente o setor da construção civil.

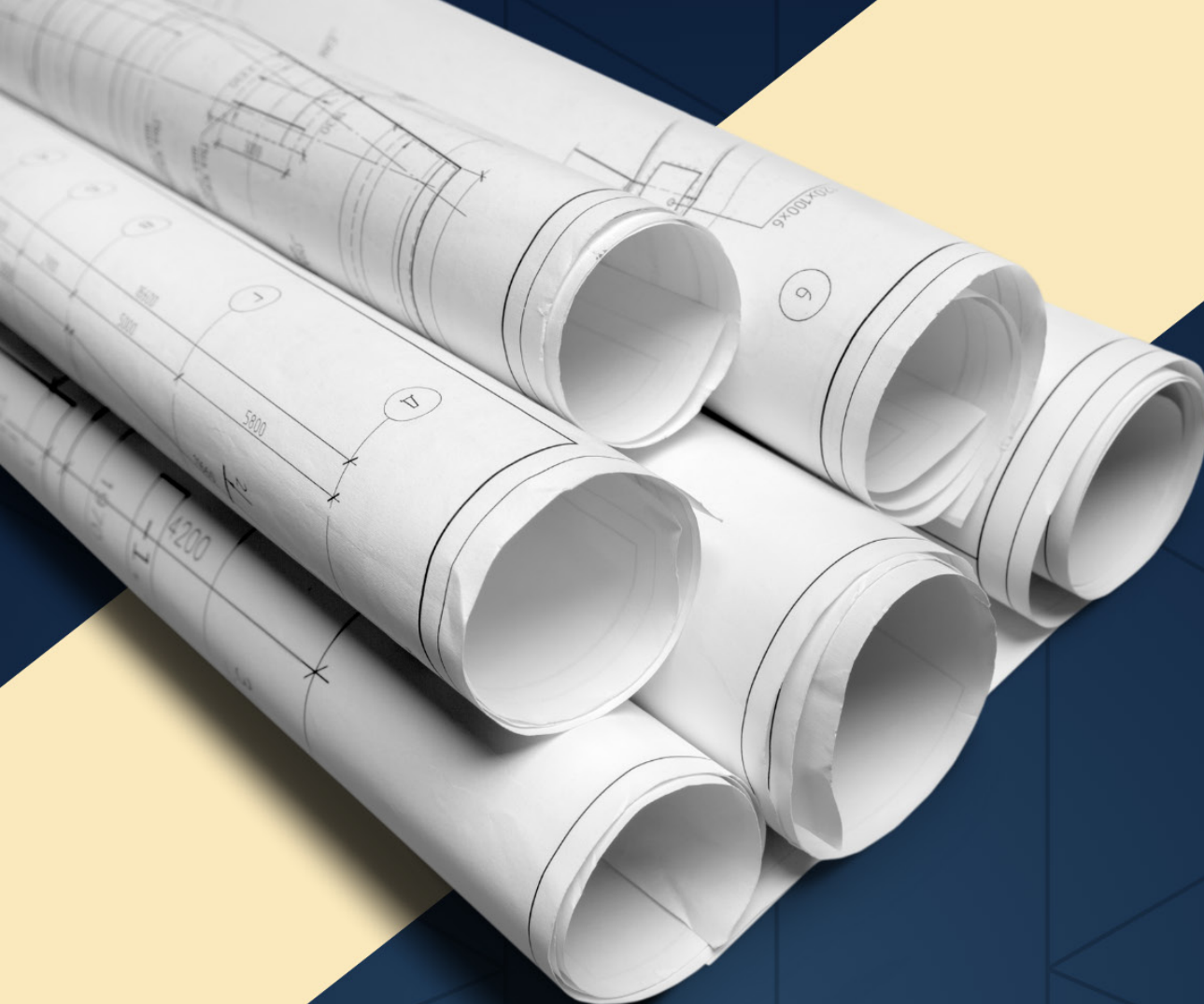
As estratégias sugeridas para superar esses desafios envolvem, principalmente, o investimento contínuo na capacitação de profissionais, a criação de parcerias para a diluição dos custos de implementação e a adoção de normas padronizadas para garantir a interoperabilidade entre diferentes softwares e etapas do processo construtivo. Tais iniciativas, alinhadas ao desenvolvimento e consolidação de normas nacionais, como a NBR 15965, são essenciais para viabilizar a adoção do BIM de forma mais ampla e eficaz no Brasil.

Limitações do estudo incluem a ausência de uma abordagem prática, uma vez que o trabalho se baseou unicamente em revisão bibliográfica. Embora os desafios e as oportunidades tenham sido discutidos de forma teórica, estudos de caso práticos poderiam fornecer insights mais detalhados e específicos sobre a implementação do BIM em diferentes contextos organizacionais. Além disso, o foco em empresas de pequeno e médio porte no Brasil limita a generalização dos resultados para empresas de grande porte ou contextos internacionais.

Em síntese, o BIM tem o potencial de revolucionar a construção civil brasileira, desde que os desafios sejam enfrentados de maneira planejada e estratégica. A chave para o sucesso reside na capacitação técnica e na adoção de práticas colaborativas, o que permitirá que o setor construtivo evolua para um patamar mais eficiente e sustentável.

REFERÊNCIAS

- BERNARDO, B.V.S.; ARAUJO, M.M; NETO, P.R.; VAL, F.M.E; GUIMARÃES, R.B. **Utilização de tecnologias BIM na construção civil**. Revista ft, v. 27, n. 128, 2023.
- FRANCO, L. M. S.; AGUIAR, M. R. G. **BIM na construção civil: Desafios e oportunidades no Brasil**. São Paulo: Editora Blucher, 2015.
- GONÇALVES, A. **BIM na construção civil: Processos e benefícios**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- MARTINS, R. F.; SILVA, A. L. **Adoção do BIM por pequenas e médias empresas de construção civil no Brasil**. Revista Construção Civil, v. 18, n. 3, p. 45-61, 2016.
- RESENDE, Carlos C. Riguetti. **Atrasos de obra devido a problemas no gerenciamento**. 2013. 60f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013
- VIEIRA, M. A.; SILVA, F. R. **Normatização e interoperabilidade no uso do BIM**. Engenharia e Construção, v. 7, n. 2, p. 234-249, 2019.
- SANTOS, Gustavo; SILVA, Luana; MORAES, Fernanda. **Implementação do BIM na construção civil: Desafios e oportunidades**. Revista de Engenharia Civil, v. 35, n. 2, p. 45-56, 2022.
- SOUZA, João. **Implementação do BIM na construção civil: Desafios e oportunidades para empresas de pequeno e médio porte**. 2021. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.



16

SEGURANÇA DO TRABALHO ASSOCIADA AO CANTEIRO DE OBRAS: BENEFÍCIOS DO CUMPRIMENTO DA NR18

**OCCUPATIONAL SAFETY ASSOCIATED WITH THE
CONSTRUCTION SITE: BENEFITS OF COMPLIANCE WITH
NR 18**

**Matheus da Silva Azevedo
Roney Stellion de Brito**

Resumo

A Norma Regulamentadora 18, tem uma contribuição fundamental no que tange a segurança de um canteiro de obras, o seu cumprimento traz vários benefícios para a sociedade trabalhadora, como segurança individual e coletiva, saúde ocupacional e produtividade. O presente trabalho tratou as diretrizes, consequências do descumprimento da norma e benefício da aplicação, visando alertar a sociedade e os colaboradores. O objetivo geral teve a finalidade de apresentar a aplicação da NR18 e sua importância nos canteiros de obras. A metodologia foi baseada em uma revisão bibliográfica, de caráter qualitativo e descritivo, envolvendo artigos científicos, livros, legislações, dissertações e teses. Dentre as descobertas mais pertinentes, ficaram claro os vários prejuízos para vítima, família, empresas e sociedade, decorrentes de acidentes de trabalho. A pesquisa ressaltou os principais requisitos e diretrizes vigentes que a norma estabelece para o canteiro de uma edificação, sendo ele de pequeno ou grande porte. As inferências indicam, que empresas e construtoras devem dar mais relevância para utilização das normas, no cotidiano das construções, visando a eficiência e melhorias que podem proporcionar uma execução segura das atividades. O trabalho fornece um impulso para pesquisas futuras e contribui para aprimorar a função da engenharia e segurança do trabalho, com objetivo de resguardar a integridade física de todos os envolvidos no canteiro de obras.

Palavras-chave: Norma Regulamentadora 18, Segurança do Trabalho, Canteiros de obras.

Abstract

Regulatory Standard 18 has a fundamental contribution to the safety of a construction site, compliance with which brings several benefits to working society, such as individual and collective safety, occupational health and productivity. This work addressed the guidelines, consequences of non-compliance with the standard and benefits of application, aiming to alert society and employees. The general objective was to present the application of NR18 and its importance on construction sites. The methodology was based on a bibliographical review, of a qualitative and descriptive nature, involving scientific articles, books, legislation, dissertations and theses. Among the most pertinent discoveries, the various losses for victims, families, companies and society resulting from workplace accidents were clear. The research highlighted the main current requirements and guidelines that the standard establishes for the construction site of a building, whether small or large. The inferences indicate that companies and construction companies should give more importance to the use of standards in daily construction, aiming at efficiency and improvements that can provide a safe execution of activities. The work provides an impetus for future research and contributes to improving the role of engineering and workplace safety, with the aim of safeguarding the physical integrity of everyone involved on the construction site.

Keywords: Regulatory Standard 18, Work Safety, Construction Sites.



1. INTRODUÇÃO

A segurança do trabalho é algo que está presente nas construções civis, garantindo a segurança dos funcionários e prevenções contra acidentes. Além de proteger a integridade física dos envolvidos, contribui com a eficiência operacional, reduzindo o tempo de inatividade causado por doenças ocupacionais.

Além disso, a construção civil é considerada perigosa devido vários fatores, onde expõe seus colaboradores a diversos riscos relacionados a saúde, como agentes agressivos do ambiente, das intempéries que variam conforme a etapa da obra, intensidade, atividade e forma como são implementados normas regulamentadoras e programas de segurança (NASCIMENTO, 2016).

No Brasil, a Norma Regulamentadora 18 (NR18), tem o papel de garantir que as condições do ambiente de trabalho nos canteiros de obras sejam seguras e saudáveis. Aborda várias áreas como condição de salubridade no canteiro, equipamentos de proteção coletiva e individual, saúde ocupacional, capacitação e treinamentos.

O referido trabalho tem como título, segurança do trabalho associada ao canteiro de obras: benefícios do cumprimento da NR18. A sua escolha se deu pelo fato de ser importante conscientizar sobre os riscos presentes na atividade laboral, pois é algo que representa proteção dos trabalhadores e colabora no funcionamento efetivo das empresas, bem como deve ser compatível com os princípios de responsabilidade social e legalidade, que justifica essa pesquisa, trazendo contribuições importantes, pois trata das condições referentes a saúde do trabalhador na construção civil, bem como do meio ambiente, pretendendo fornecer esclarecimentos sobre a aplicação da norma nos canteiros de obras, com uma compreensão abrangente dos riscos e precauções necessárias, a fim de evitar acidentes com os colaboradores.

Compreendendo que a NR18 desempenha um papel de importância na construção civil, a pesquisa busca responder o seguinte problema: a NR18 tem como objetivo principal a prevenção de acidentes e doenças ocupacionais relacionadas às atividades na construção civil. Com isso, quais benefícios a NR18 pode trazer para o canteiro de obras?

Assim, o objetivo geral da pesquisa pretende apresentar a importância da aplicação da Norma Regulamentadora 18 nos canteiros de obras. Por seguinte os objetivos específicos, que consiste em contextualizar os principais requisitos e diretrizes vigentes na NR18 no que tange a segurança de trabalhadores em canteiros de obra, destacar a importância da segurança na aplicação da NR18 observando perigos e consequências possíveis do seu descumprimento, e por fim, abordar os impactos positivos da aplicação da NR18 nos canteiros de obra.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A pesquisa realizada, tratou-se de uma revisão bibliográfica, uma pesquisa de caráter qualitativo e descritivo. As coletas de dados ocorreram em fontes secundárias, incluindo livros, artigos científicos, legislações, dissertações e teses publicados nos últimos dez anos, isto é, 2014 a 2024. Dentre as bases de dados que foram pesquisados estão Google Acadêmico, Periódicos CAPES e SciELO. Os descritores utilizados na pesquisa são “NR18”, “segu-

rança do trabalho”, “canteiro de obras”.

2.2 Resultados e Discussão

A Norma Regulamentadora 18, em toda a história, já teve vinte e sete alterações desde a sua criação em 8 de junho do ano 1978, a última modificação foi em 27 agosto do ano 2024, trazendo melhorias e desempenho nas diretrizes estabelecidas por ela, no que tange responsabilidades, objetivos, campo de aplicação, programa de gerenciamento de riscos, medidas de proteção contra quedas de altura, sinalização de segurança, capacitação entre outros (BRASIL, 2024).

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que detém as Normas Regulamentadoras NR's, a NR18 estabelece parâmetros na sua implementação de medidas de segurança, orientações administrativas, planejamento e organização nos processos e no ambiente de trabalho na indústria da construção. Além disso, define aplicações sendo atividades de demolição, reparo, pintura, limpeza, manutenção de edifícios, obras de manutenção e urbanização (BRASIL, 2024).

Conforme estabelece a NR18, todos os funcionários que iniciaram suas atividades em campo iram receber treinamento admissional e, quando houver mudanças da etapa da obra ou quando se for necessário, receberam treinamento periódico. Os treinamentos visam à garantia da execução e andamento dos serviços de forma segura e coerente das atividades que eles realizarão no canteiro de obras. O treinamento admissional deve ter seis horas, no primeiro dia de trabalho, uma vez que o funcionário necessitará desse conhecimento para desenvolver suas atividades. Os requisitos regidos pela norma (BRASIL, 2024) para capacitação básica desse treinamento são as condições e meio ambiente de trabalho; os riscos inerentes às atividades desenvolvidas; os equipamentos e proteção coletiva existentes no canteiro de obras; o uso adequado dos equipamentos de proteção individual; o PGR do canteiro de obras.

As mesmas ordens para treinamento admissional são utilizadas para periódicos. Isso é importante porque há riscos de formas diferentes em relação a escavações, fundação, estruturas e fechamentos externos de uma construção, havendo diferentes passos para resguardar esses tipos de serviços (PEINADO *et al.*, 2019).

Quando ocasionar na mudança de função, e de suma importância haver novo treinamento com o colaborador, no que determina a NR18, na mesma duração e conteúdo estabelecido. Precavendo os riscos inerentes e tipos de segurança em constância, por conta de serem funções e atividades opostas para servente, meio-oficial de pedreiro e oficial de pedreiro, dado que as tarefas executadas por eles são distintas (PEINADO *et al.*, 2019).

A NR18 também disponibiliza especificações sobre instalações provisórias essenciais ao canteiro de obra, instruções de limpeza e organização, procedimentos administrativos, aplicação obrigatória do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), projetos e equipamentos que garantam a aplicação de medidas de controle e sistemas preventivos que permitem um ambiente de trabalho seguro conforme a fase da obra (REY, 2020).

Nas palavras de Coimbra (2020), a elaboração do Programa de Gerenciamento de Riscos deverá ser executada por um profissional que esteja legalizado e registrado junto ao Conselho em Segurança do Trabalho. No que tange aos canteiros de obras, é expresso que para canteiros com até 7 metros de altura e com no máximo 10 empregados, o PGR pode ser elaborado por profissional qualificado em Segurança do Trabalho.

Ao longo entendimento de Coimbra (2020), o (PGR), deve ser atualizado no andamen-

to da obra com dados conforme a etapa a ser realizada. Construtoras acionadas devem entregar inventário de riscos ocupacionais característicos dispondo do Programa de Gerenciamento do canteiro.

É necessário buscar alternativas às medidas de segurança coletiva e técnicas de trabalho que compõem a NR18, desde que promovam o progresso tecnológico em segurança e integridade física dos colaboradores, garantindo a execução segura das atividades e manter implementações de segurança no controle e prevenção nos métodos utilizados (COIMBRA, 2020).

A Norma Regulamentadora 18, ainda especifica as áreas de vivência, as quais devem ser elaboradas visando garantir segurança, refrigério e privacidade, mantendo-se em perfeitas condições de higiene e limpeza, favorecendo as instalações sanitárias, vestiários, locais para refeição e alojamento quando necessário (BRASIL, 2024).

Outro ponto importante no que tange a segurança no canteiro de obra, verificado pela NR18, são instalações sanitárias, onde seu uso é exclusivo para sua determinada função, destinadas ao anseio corporal, contendo lavatórios, vasos sanitários, mictórios, para determinada quantidade ou fração de 20 colaboradores (QUEIROZ, 2018).

Os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC), são considerados fundamentais para segurança de diferentes atividades que serão realizadas, no que tange a NR18. Assim sendo, na construção civil, seu uso obrigatório em locais onde haja risco de queda de trabalhadores, projeção de materiais e objetos ao redor da obra (BRASIL, 2024).

A principal razão pelo alto repertório de acidentes, é a ausência de especialistas da área de segurança do trabalho supervisionando (EPI) e (EPC), que são equipamentos de proteção individual e coletiva, treinamentos ineficientes, falta de manutenção de máquinas e consumo de entorpecentes. Consequentemente, a empresa ou construtora, tem o dever de implementar as normas regulamentadoras NR's, para resguardar a vida dos funcionários, como a NR18 que abrange a segurança e saúde no trabalho na indústria da construção (ESTREMOTE; OLIVEIRA, 2024).

O Programa de Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT) conforme a NR18, está interligado diretamente na construção civil, sendo que, por ele são explorados delineamentos e formas impróprias de atividades, e dessa forma, garantindo melhorias no cotidiano e bem-estar, incentivando os funcionários com relação a precauções e cobrando das administrações, o direito de um espaço reservado, como refeitórios e alojamentos ao trabalhador para com seu horário descanso, com intuito de preservar a qualidade de vida, higiene e gerar produtividade (QUEIROZ, 2018).

A NR18 traz uma alternativa de proteção contra quedas de altura, é a instalação do Sistema Limitador de Quedas da Altura (SLQA), projetado com redes de segurança, cabos de sustentação e conjunto de fixação e ancoragem, evitando o desmoronamento de materiais e pessoas. A norma ainda define diâmetros e distâncias, para cada elemento que faz parte desse sistema, ela pode estar ancorada a cada 50cm na parte superior, com espaçamento entre a edificação no mínimo 10cm, cordas devem possuir no mínimo 16mm de espessura e carga de ruptura 30KN (PEINADO *et al.*, 2019).

A instalação de sistemas de proteção contra quedas de trabalhadores e projeção de materiais exigida pela NR18, tem urgência na sua aplicação, conforme a iniciação de serviços que necessitam para concretagem da primeira laje e existem duas maneiras de ser realizada, com bandejas de proteção e redes de segurança (ANJOLETTO, 2016).

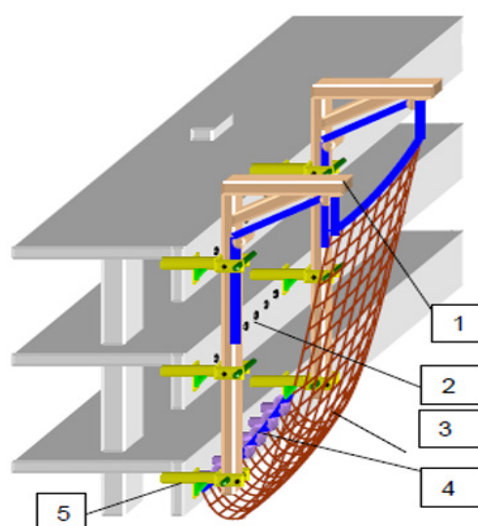


Figura 1. Sistema de proteção com redes e seus elementos.

Fonte: Adaptado de Centro de tecnologia e edificações (2004) apud Anjoletto (2016).

No caso da Figura 1, temos o sistema de proteção com redes e seus elementos, classificados por, 1 - Elemento de sustentação; 2 - Elementos pré-locados na concretagem da viga para fixação dos ganchos da rede; 3 - Rede de proteção; 4 - ganchos metálicos, cordas e cordões para fixação da rede e 5 - Braçadeiras metálicas para fixação dos elementos de sustentação. Devendo ser utilizado até a finalização das atividades envolvendo serviços estrutural e vedação periférica (ANJOLETTTO, 2016).

Nas edificações, uma das maiores fatalidades são com quedas de altura, onde possuem baixa adequação as normas vigentes, liderando o ranking de não cumprimento da segurança do trabalho. Sendo os relacionados a quedas de trabalhador, materiais e equipamentos sobre indivíduos. Esse incidente frequentemente só ocorre, por conta de trabalhos ineficientes, limpezas e falta de organização (REY, 2020).

Consoante a normativa NR18, o planejamento para lidar com riscos de queda em altura requer anular às probabilidades de isso ocorrer desde o princípio. Se não, os funcionários precisam utilizar equipamentos de proteção individual (EPI) para realizar suas funções adequadamente e com sanidade, isso pode ocorrer promovendo medidas de segurança integrada ao esqueleto da edificação (ANJOLETTTO, 2016).

No entendimento de Carmo; Balduino (2021), para redução de acidentes no canteiro de obras, deve-se obrigatoriamente seguir as diretrizes das normas regulamentadoras, para enfatizar a serenidade e bem-estar dos trabalhadores em seu local de exercício. É necessário que todos estejam empenhados desde a empresa até os funcionários, comprometidos com sua integridade física e mental, seguindo todos os índices exigidos pelas NR's.

FATORES	ANÁLISE DAS CONSEQUÊNCIAS
Vítima	Fica impossibilitada de forma total ou parcial, temporária ou permanente para o trabalho.
Família	Tem o padrão de vida afetado pela falta dos ganhos normais do trabalhador acidentado, correndo risco de cair na marginalidade.

Empresas	Há uma perda de mão-de-obra, de material, de equipamento, tempo e outros, o que por consequência, causa uma elevação dos custos operacionais.
Sociedade	É afetada com os custos diante do número crescente de inválidos e dependentes da Previdência social.

Quadro 1: Consequências dos acidentes do trabalho.

Fonte: Adaptado de Silva (2011) apud Balduino (2021).

O quadro acima (Quadro 1), especifica fatores que são consequências de acidentes de trabalho e faz análise de suas conformidades, onde a vítima, família, empresas e sociedade sofrem com essas ocorrências, prejudicando o dia a dia, saúde, tempo, renda entre outros aspectos. Portanto deve-se ter observações por parte da segurança implementadas junto a norma regulamentadora (BALDUÍNO, 2021).

Compreendendo que a indústria da construção é caracterizada por excesso de acidentes e possui diversas particularidades que a diferenciam de outros setores industriais, é crucial realizar pesquisas e estudos sobre resguardar a saúde e proteção dos funcionários. A princípio, a segurança e sanidade dos trabalhadores não são de empenho somente por parte dos colaboradores e das empresas, mas especialmente do governo e da sociedade, pois fatalidades trazem impactos tanto na integridade física dos envolvidos como no social e econômica (PEINADO *et al.*, 2019).

Portanto, para Queiroz (2018), esta norma regulamentadora, deve ter por lei sua aplicação e execução no decorrer das etapas da obra, com intuito de resguardar, previamente, os acidentes e promovendo condições adequadas, para afirmar a inatingibilidade e sanidade dos trabalhadores.

A prevenção contra acidentes de trabalho está estabelecida por lei, sendo a empresa a arcar com toda a responsabilidade de usos individuais e coletivos de saúde e segurança do trabalhador, oferecendo as devidas instruções sobre riscos nas atividades a serem executadas no canteiro de obras, quando não obedecida poderá ocasionar multas e penalidades severas (REY, 2020).

Para Amaro *et al.* (2018), existem empresas e construtoras que precisam saber da importância que tem, a NR18 no que tange a segurança e saúde na construção civil, onde por ela, são evitadas várias situações relacionadas a vivência do canteiro de obras, como acidentes, doenças ocupacionais, custos financeiros e impacto na produtividade.

De acordo com Anjoletto Filho (2016), com o tempo, nota-se uma elevação no cotidiano dos canteiros de obras, quando se observa a apreensão desses empregadores em relação a Segurança e saúde do trabalho. Em sua maioria, isso se deve ao elevado custo que um acidente de trabalho pode proporcionar, podendo ser enumerado como custo do transporte e atendimento médico do acidentado; prejuízos resultantes dos danos materiais às ferramentas, às máquinas e ao produto; pagamento de benefícios e indenização ao acidentado e sua família; pagamento de mais impostos em decorrência do Fator Acidentário Previdenciário (FPA) e do Seguro de Acidente de Trabalho (SAT), gerações de multas e penalidades; tratamento de pendências jurídicas, como processos criminais e lesões corporais indenizatórias e previdenciárias; tempo não trabalhado pelo acidentado durante o atendimento e no período de afastamento; tempo gasto pelos supervisores, pelas equipes de socorro e médica durante o atendimento; perda de produtividade dos demais funcionários; tempo para limpeza e recuperação da área e reinício das atividades; perda de produtividade do trabalhador acidentado após o retorno, entre outros.

3. CONCLUSÃO

A referida pesquisa trouxe várias perspectivas, sobre as diretrizes, consequências do descumprimento e benefícios em sua aplicação no canteiro de obras. A investigação expressa que, empresas e construtoras com a larga progressão da construção civil, deixam de prezar a contribuição que a NR18 pode proporcionar no dia a dia em uma edificação. Os ganhos com sua utilização são de grande relevância para os funcionários, construtora e reduz índice de acidentes.

Os objetivos do trabalho propostos foram alcançados, concedendo um entendimento delineado sobre as exigências, sequelas da não utilização e contribuições que proporciona. A busca fornece requisitos na funcionalidade da norma, tais como, onde, como e quando ela será executada; preocupações da não execução, uma vez que causará danos à integridade física dos envolvidos, social, econômica, tempo, doenças ocupacionais e impactos na produtividade; os pontos positivos na sua prática são, produtividade, realização de atividades com segurança, economia correlacionada a atendimentos médicos e pagamentos de impostos e serenidade e inatingibilidade dos trabalhadores.

Consoante a descoberta dos pontos positivos que a NR18 pode proporcionar em torno da área de vivência em um canteiro de obras, o estudo apresentou limitações no seu decorrer, por falta de informações e pesquisas sobre a importância do uso norma regulamentadora. A carência de investigações aprofundadas sobre esses benefícios e uma das faltas detectadas. Isso prova, que deve haver mais explorações e entendimento, para melhorar as execuções de segurança e relevância sobre o assunto.

As recomendações para trabalhos futuros, indica-se um aprofundamento mais amplo e claro, sobre a dimensão que esta norma empenha na construção civil. Contudo, a pesquisa poderá trazer mais estudos de caso diretamente direcionado a área tratada, com pontos relevantes e que apresentam dados verdadeiros. Essas buscas podem proporcionar dados ricos para prática profissionalizante e cooperando com a engenharia e segurança do trabalho nas edificações.

REFERÊNCIAS

- ANJOLETTTO FILHO, Milton César. **Comparação entre Sistemas de Proteção Coletiva: Bandejas e Redes de Segurança**. 2016. 170 f. Dissertação de (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.
- AMARO, L. C.; NAZARRI, É.; SOFFIATTI, E. C. **Avaliação do grau cumprimento da NR-18 de um canteiro de obra na cidade de Passo Fundo/RS**. Passo Fundo: IMED, 2018.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18 – Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção**. 2024. Disponível em: [http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.001.0005](https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-18-nr-18#:~:text=Em%201978%20foi%20editada%20a,22%20de%20dezembro%20de%201977. Acesso em: 19 set. 2024.</p>
<p>CARMO, K. R. M.; BALDUÍNO, Â. R. A segurança do trabalho em obras residenciais no Brasil e o papel do engenheiro civil na diminuição dos acidentes de trabalho: uma revisão bibliográfica. Engineering Sciences, v.9, n.1, p.40-52, 2021. DOI: <a href=). Disponível em: <https://www.sustenere.inf.br/index.php/engineeringsciences/article/view/CBPC2318-3055.2021.001.0005/2660>. Acesso em: 26 agos. 2024.
- COIMBRA, Bruna Ferreira. **NR 18: uma revisão frente as alterações da segurança do trabalho na construção civil**. 2020. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/handle/11624/3017>. Acesso em: 31 agos. 2024.
- ESTREMOTE, Izabella Prato; DE OLIVEIRA, Marcos Lucas. **Medidas de Prevenção de Acidentes no Trabalho em Altura na Construção Civil: Uma Análise da Literatura**. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/>

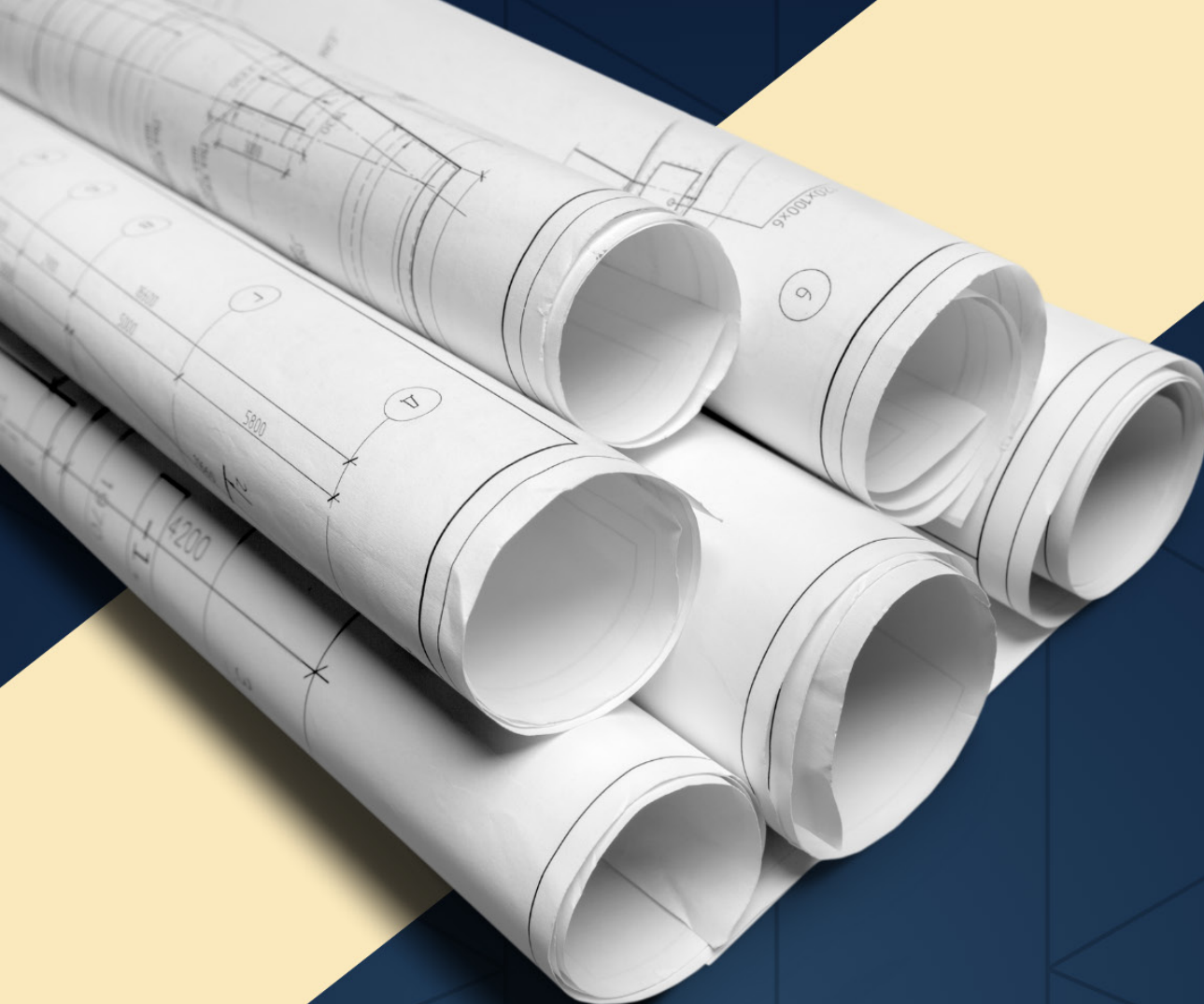
jspui/retrieve/f3f574d1-bc5c-4ddf-a4f4-c75eb8ba46cf/11132.pdf. Acesso em: 17 set. 2024.

NASCIMENTO, ANTONIO PEREIRA. Implementação do PCMAT no processo de construção de alvenaria estrutural em obras de edificações residenciais de baixa renda na região metropolitana de São Paulo. 2016. 142 f. Dissertação (Mestrado em Trabalho, Saúde e Ambiente) - Instituição de Ensino, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, São Paulo, 2016.

PEINADO, Hugo. *et al.* **Segurança e Saúde do Trabalho na Indústria da Construção Civil**. São Carlos: Editor de Ciência, 2019.

QUEIROZ, Humberto Coelho. **Análise das Normas Regulamentadoras 18 e 24 do Ministério do Trabalho nas áreas de vivência de canteiros de obras públicas**. 2018. 221 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

REY, Rafaela. Sistema Informatizado para Inspeção da Segurança em Canteiros de Obra Apoiado por Vant, Dispositivos Móveis e Técnicas de Reconhecimento de Padrão. 2020. 258 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.



17

PATOLOGIAS NAS CONSTRUÇÕES: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO DAS INCIDÊNCIAS PATOLÓGICAS E SUAS PRINCIPAIS CAUSAS NA EDIFICAÇÃO

**PATHOLOGIES IN CONSTRUCTIONS: A BIBLIOGRAPHICAL
STUDY OF PATHOLOGICAL INCIDENCES AND THEIR MAIN
CAUSES IN BUILDINGS**

**Kenard Pablo Silva Mineiro
José Átila Matos Aroucha Júnior**

Resumo

Patologia nas construções refere-se a falhas e defeitos que afetam a integridade e funcionalidade das edificações, resultantes de erros de projeto, execução inadequada ou falta de manutenção. O trabalho investigou essas patologias, analisando suas principais causas e estratégias de mitigação para garantir a durabilidade e segurança das construções. O objetivo geral foi realizar um estudo bibliográfico detalhado sobre as falhas comuns em edificações, identificando suas origens e propondo soluções. A metodologia envolveu uma revisão qualitativa e descritiva da literatura, incluindo artigos científicos, normas técnicas e fontes especializadas. Entre os principais achados, destacou-se a frequência de problemas como fissuras, infiltrações e corrosão das armaduras, originados principalmente por erros de projeto, execução inadequada e falta de manutenção. O estudo ressaltou que a maioria das patologias pode ser atribuída a deficiências nas fases de planejamento e execução, bem como a problemas de manutenção e uso inadequado. As conclusões indicam a necessidade de um diagnóstico mais eficaz e manutenção preventiva para prolongar a vida útil das construções. Recomenda-se a exploração de novas técnicas de diagnóstico e a realização de estudos de caso mais específicos para aprofundar a compreensão das estratégias de mitigação. O trabalho proporciona uma base para futuras pesquisas e contribui para a melhoria contínua na prática de engenharia e arquitetura, visando edificações mais seguras e resilientes.

Palavras-chave: Patologias, Construções, Falhas, Manutenção

Abstract

Building pathology refers to faults and defects that affect the integrity and functionality of buildings, resulting from design errors, inadequate execution or lack of maintenance. The study investigated these pathologies, analyzing their main causes and mitigation strategies to ensure the durability and safety of buildings. The overall objective was to conduct a detailed bibliographic study on common building faults, identifying their origins and proposing solutions. The methodology involved a qualitative and descriptive review of the literature, including scientific articles, technical standards and specialized sources. Among the main findings, the frequency of problems such as cracks, infiltration and corrosion of reinforcements stood out, mainly caused by design errors, inadequate execution and lack of maintenance. The study highlighted that most pathologies can be attributed to deficiencies in the planning and execution phases, as well as to maintenance problems and inadequate use. The conclusions indicate the need for more effective diagnosis and preventive maintenance to extend the useful life of buildings. It is recommended to explore new diagnostic techniques and conduct more specific case studies to deepen the understanding of mitigation strategies. The work provides a basis for future research and contributes to the continuous improvement of engineering and architectural practice, aiming at safer and more resilient buildings.

Keywords: Pathologies, Constructions, Failures, Maintenance

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil experimentou um crescimento substancial no último século, impulsionado pela demanda por edificações mais complexas e funcionais. Esse crescimento trouxe avanços tecnológicos e científicos significativos, resultando em materiais de construção mais duráveis e eficientes. No entanto, a pressão por rapidez na execução das obras também levou a um aumento nas patologias construtivas, como fissuras e infiltrações, que comprometem a funcionalidade e segurança das edificações. Essas patologias surgem de erros de projeto, execução inadequada e falta de manutenção, tornando essencial a compreensão e implementação de estratégias para sua identificação e prevenção. (Silva Neto et al., 2023).

Neste contexto, o estudo intitulado “Patologias nas Construções: Um Estudo Bibliográfico das Incidências Patológicas e Suas Principais Causas na Edificação” visa explorar as diversas falhas que podem afetar as edificações. A pesquisa se concentra em compreender como essas patologias surgem, suas causas e as estratégias para mitigá-las. A análise abrange desde erros de projeto e execução inadequada até problemas relacionados ao uso de materiais e condições ambientais adversas; e busca fornecer uma visão abrangente sobre as questões patológicas que impactam a durabilidade e a segurança das construções.

Desse modo, a presente análise busca considerar o impacto das patologias nas edificações. Problemas estruturais podem comprometer não apenas a integridade e a funcionalidade dos edifícios, mas também a segurança e o bem-estar dos ocupantes. Analisar e compreender essas patologias é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manutenção e prevenção, promovendo a longevidade das construções e garantindo a segurança. Além disso, a pesquisa contribui para a evolução contínua na engenharia e arquitetura, oferecendo uma base para a inovação em técnicas e materiais que possam minimizar tais problemas.

A pesquisa busca responder ao seguinte problema: quais são as principais patologias encontradas em edificações e como a implementação de estratégias eficazes, incluindo a escolha apropriada de materiais e técnicas, a manutenção preventiva e o uso de tecnologias inovadoras, pode mitigar essas patologias e assegurar a longevidade, segurança e sustentabilidade das construções? A análise pretende identificar as principais falhas, suas causas e as melhores práticas para enfrentá-las, fornecendo uma compreensão detalhada das questões patológicas e das soluções disponíveis.

Assim, o objetivo geral da pesquisa é realizar um estudo bibliográfico aprofundado sobre as incidências patológicas em construções e suas principais causas. Entre os objetivos específicos, estão a identificação das patologias mais frequentes e suas causas, a exposição das técnicas atuais de diagnóstico e tratamento das patologias e a análise das estratégias de prevenção e manutenção. A pesquisa busca oferecer insights valiosos sobre como melhorar a qualidade das edificações e garantir que as construções sejam mais seguras, duráveis e resilientes ao longo do tempo.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A presente pesquisa foi uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo e descritivo, voltada para a compreensão aprofundada das patologias nas construções, suas incidên-



cias e principais causas nas edificações. Este estudo se pautou na coleta de dados a partir de fontes secundárias, incluindo artigos científicos, livros e capítulos de livros relevantes, teses e dissertações publicadas nos últimos dez anos, normas técnicas – como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e International Organization for Standardization (ISO) – e blogs e websites profissionais e especializados, selecionados por sua relevância e contribuição ao tema em discussão. As palavras-chave utilizadas na busca foram: “patologia em construções”, “causas de patologias em edificações” e “diagnóstico e tratamento de patologias”, entre outras relacionadas.

Este estudo não apenas sintetizou os conhecimentos existentes sobre o tema, mas também proporcionou uma discussão crítica sobre os resultados encontrados, evidenciando lacunas e correlacionando diferentes perspectivas. A conclusão reuniu as principais descobertas, refletindo sobre as implicações práticas e acadêmicas do estudo, além de sugerir direções para futuras pesquisas. Por fim, as referências bibliográficas utilizadas ao longo da pesquisa foram meticulosamente documentadas, garantindo a credibilidade e a rastreabilidade das informações apresentadas.

2.2 Resultados e Discussão

Manifestações patológicas são problemas comumente encontrados em edificações, apresentando-se em diversas formas e intensidades, e em diferentes momentos da vida útil da construção. Francisco Silva Neto *et al.* (2023) destaca que esses problemas podem variar de questões simples, de fácil diagnóstico e reparo, a problemas complexos que exigem análises mais detalhadas. Entre as patologias mais frequentes estão infiltrações, fissuras, corrosão de armaduras e movimentações térmicas.

De acordo com Jardylene Almeida Costa *et al.* (2023), as patologias nas construções podem ser originadas em diferentes etapas do processo construtivo, podendo ser classificadas em congênitas (falhas de projeto ou desatenção às normas técnicas), construtivas (execução inadequada da obra), adquiridas (devido a fatores ambientais) e acidentais (eventos atípicos). Dessa forma, a NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho (ABNT, 2013), estipula uma vida útil mínima de 50 anos às edificações, embora muitas apresentem problemas antes desse prazo. Deficiências em qualquer etapa do ciclo de vida das construções — planejamento, projeto, fabricação de materiais, execução e uso — podem contribuir para o surgimento precoce de patologias.

A maior parte dos problemas tem origem nas etapas de planejamento e projeto, como ilustrado na Figura 4. Em geral, as falhas nesses estágios são mais críticas do que aquelas causadas pela má qualidade dos materiais ou pela execução inadequada. Portanto, é recomendável dedicar mais tempo à elaboração de projetos mais detalhados e completos (MOL, 2021). O Gráfico 1 representa percentualmente as incidências patológicas nas etapas da construção civil:

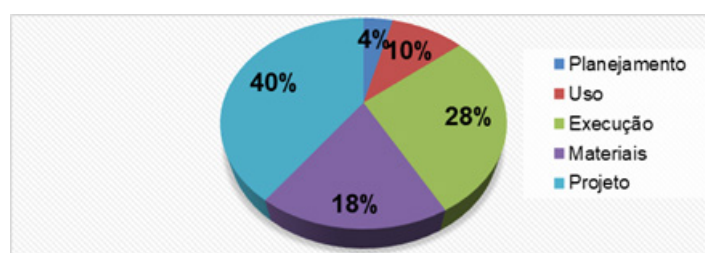


Gráfico 1. Patologias nas etapas do processo de construção

Fonte: Adaptado de Helene (1992) apud Mol (2021)

Além disso, a NBR 15575 (ABNT, 2013), também afirma que a durabilidade de um edifício e seus sistemas é uma demanda econômica do usuário, já que está diretamente relacionada ao custo total da propriedade. A durabilidade de um produto termina quando ele não consegue mais desempenhar as funções para as quais foi projetado, seja pela degradação que leva a um desempenho insatisfatório, seja por obsolescência funcional. O tempo entre o início da utilização do produto e o momento em que seu desempenho deixa de atender às expectativas estabelecidas pelo usuário é chamado de vida útil.

A qualidade no planejamento e execução não é suficiente para evitar problemas patológicos em construções; o uso inadequado e a falta de manutenção também contribuem. Problemas causados por manutenção deficiente geralmente resultam do desconhecimento técnico, incompetência ou dificuldades econômicas. A manutenção regular pode prevenir falhas graves e até o colapso da estrutura. Durante a utilização, há ações previsíveis, como carregamento excessivo, e ações imprevisíveis, como incêndios e choques acidentais. Fatores externos, como umidade, variações de temperatura e instabilidade do solo, também podem gerar patologias (MOL, 2021).

2.2.1 Fissuras, Trincas e Rachaduras

As fissuras, trincas e rachaduras representam indicativos cruciais de falhas estruturais em edificações. As fissuras estão entre as patologias mais encontradas em edificações, podendo ser originadas por diversos fatores, tais como recalques de fundação — causados por erros de projeto, execução inadequada, condições adversas do solo ou excesso de carga —, sobrecargas diretas sobre a estrutura e movimentações térmicas resultantes da expansão e contração de materiais em resposta às variações de temperatura. Assim, as fissuras representam o estágio preliminar de potenciais problemas estruturais mais sérios, uma vez que toda rachadura ou trinca inicia-se como uma fissura, ainda que temporária. Desse modo, na engenharia e arquitetura, identificar e compreender as fissuras é essencial, pois elas estão entre os tipos mais comuns de patologias observadas, afetando não apenas a estética, mas também a durabilidade e as propriedades estruturais da construção (SILVA NETO *et al.*, 2023).

Segundo Costa (2023), existem três tipos principais de fissuras intrínsecas no concreto:

- a) Fissuras plásticas: Ocorrem antes do endurecimento do concreto e podem ser por retração plástica ou assentamento plástico. A retração plástica acontece quando a evaporação da água é rápida, levando à formação de fissuras. Esses fenômenos são influenciados por fatores como temperatura do ar, do concreto, umidade e velocidade do vento. Podem ser prevenidas com cura adequada e dosagem correta de cimento e agregados.
- b) Fissuras térmicas: Acontecem nas primeiras idades do concreto, resultando do calor liberado durante o processo exotérmico de endurecimento. A fissuração térmica ocorre mais tarde do que a plástica, podendo demorar semanas para se manifestar. Se não tratadas, podem evoluir para fissuras de retração por secagem.
- c) Fissuras de retração por secagem: Causadas por tensões de tração devido à retração diferencial entre a superfície e o interior do concreto, ou por restrições externas. Essas fissuras podem surgir semanas ou meses após a aplicação, podendo ser controladas pela redução da retração.

Por outro lado, a identificação de uma trinca é realizada mediante a observação de



uma separação clara entre as partes afetadas, uma vez que implica na visível divisão do material. No que se refere a segurança estrutural, as trincas representam um risco significativamente maior se comparadas às fissuras, devido à evidente ruptura dos elementos envolvidos. Conforme estabelecido pela NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e projeto (ABNT, 2003), trincas são caracterizadas por aberturas resultantes da ruptura de um material ou componente, com dimensões que excedem 0,5 mm e não ultrapassam 1,0 mm. Por outro lado, a NBR 15.575: Edificações habitacionais — Desempenho (ABNT, 2013), define trincas como expressões coloquiais para descrever fissuras cuja abertura é igual ou superior a 0,6 mm.

As diferentes características das trincas e fissuras permitem sua identificação, conforme exemplificado na Figura 1:

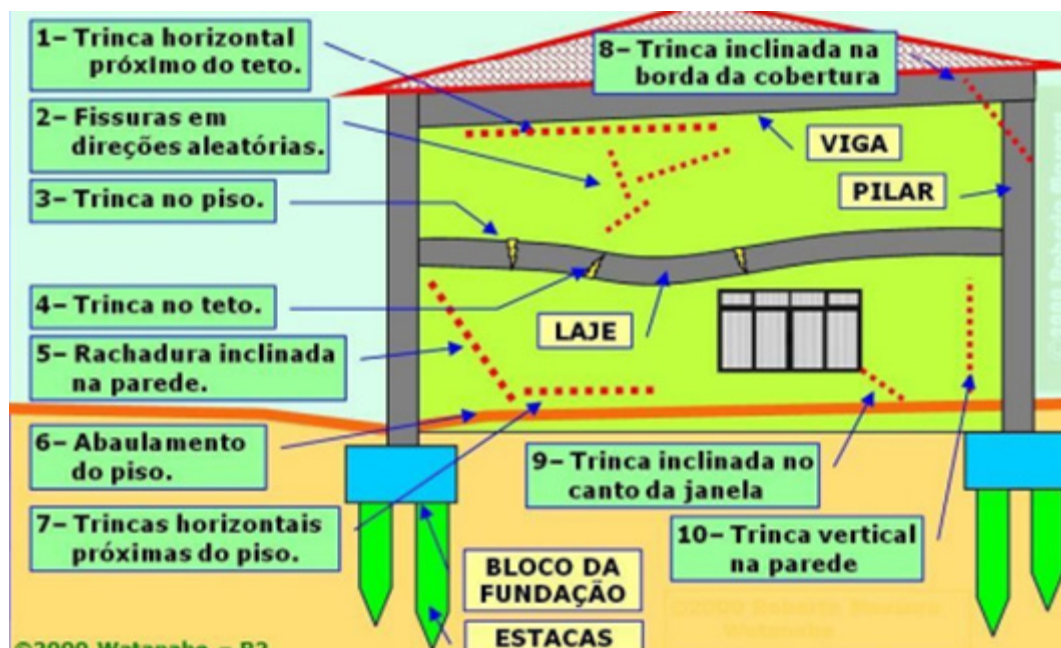


Figura 1. Tipos de fissuras e trincas

Fonte: Lopes e Nóbrega (2021)

A Figura faz menção às principais causas de fissuras e trincas, nas quais podem ser descritas da seguinte forma, segundo Lopes e Nóbrega (2021): (1) Trinca horizontal perto do teto: Pode ser causada pelo assentamento inadequado da argamassa entre os tijolos ou pela ausência de amarração adequada entre a parede e a viga superior. (2) Fissuras em várias direções nas paredes: Surgem devido à baixa aderência da pintura, retração da argamassa de revestimento, movimentação da alvenaria ou má fixação da argamassa à superfície da parede. (3) Trincas no piso: Podem ser resultado de vibrações, sobrecarga sobre a laje ou fragilidade estrutural da mesma. (4) Trincas no teto: Essas trincas são geralmente causadas por recalque da laje, falta de resistência estrutural ou peso excessivo sobre a laje. (5) Trincas inclinadas nas paredes: Apontam para recalques, onde um lado da fundação cedeu ou está cedendo devido à sobrecarga. (6) Deformação do piso (abaulamento): Esse problema pode ser resultado de recalque das estruturas, expansão do solo ou falhas no revestimento. Solos muito compressíveis, ao absorverem água, podem se expandir e forçar o piso para cima. (7) Trincas horizontais perto do piso: Estão relacionadas ao recalque do baldrame ou à umidade ascendente nas paredes, devido à falta de impermeabilização ou colapso do baldrame. (8) Trinca vertical na parede: Geralmente ocorre devido à ausência de amarração entre a parede e um elemento estrutural, como um pilar, ou por falta de alvenaria de sustentação no lado oposto.

Ademais, as rachaduras são aberturas mais pronunciadas, largas e profundas quando comparadas às trincas. Essas falhas indicam uma perda contínua de resistência do material frente às tensões e influências tanto externas quanto internas aplicadas a estrutura. Dessa forma, as rachaduras são o exemplo mais grave e perigoso de patologias iniciadas como fissuras, com potencial para comprometer a utilização da edificação, dependendo de sua localização. Devido à severidade dessas falhas, o custo para reparação pode ser tão elevado que muitas vezes a recuperação torna-se inviável. As dimensões das rachaduras são tão significativas e permitem a passagem de vento, luz e água, evidenciando aberturas com mais de 5,00 mm, segundo a NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Em geral, fissuras possuem menor gravidade, pois não costumam comprometer a segurança estrutural. No entanto, se não forem tratadas, podem evoluir para trincas e, posteriormente, rachaduras, o que pode trazer consequências mais sérias. Por isso, é fundamental observar e monitorar o desenvolvimento dessas fissuras ao longo do tempo. Caso necessário, devem ser realizadas manutenções, já que fissuras podem ser o primeiro sinal de um problema mais profundo na fase de construção (SOUZA FILHO, 2018). De acordo com Lopes e Nóbrega (2021), essa evolução depende das aberturas indicadas na Tabela 1:

Manifestações	Abertura (mm)
Fissuras	até 0,5
Trincas	0,5 a 1,5
Rachaduras	1,5 a 5,0

Tabela 1. Classificação da manifestação patológica conforme o tamanho

Fonte: Adaptado de Lopes e Nóbrega (2021)

2.2.2 Infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência

De acordo com Emanuel Barbosa Souza Filho (2018), as formas patológicas encontradas com maior frequência são: infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência, todas resultantes da umidade – umidade esta que pode ser introduzida durante a construção, surgir por capilaridade, ser trazida pela chuva ou resultar de vazamentos nas instalações hidráulicas. A infiltração, a mais comum, pode ser detectada quando há um aumento significativo na quantidade de água presente, variando de simples gotejamentos a um fluxo mais intenso. Por outro lado, as manchas ocorrem quando a água atravessa uma barreira e adere à superfície; enquanto o bolor ou mofo refere-se à formação de colônias de fungos filamentosos em diversos tipos de substratos, incluindo argamassas inorgânicas. Esse crescimento fúngico, conhecido como “emboloramento”, resulta em marcas estéticas desfavoráveis em tetos e paredes, manifestando-se como manchas escuras ou claras (SOUZA FILHO, 2018).

Já eflorescência é resultado da interação entre umidade, sais solúveis nos materiais e pressão hidrostática, que facilita a migração dessas substâncias para a superfície. Sua manifestação ocorre somente quando esses três fatores estão presentes, resultando na formação de depósitos salinos na superfície das paredes, provenientes do interior devido à umidade. Esses depósitos se apresentam como manchas esbranquiçadas sobre a pintura ou o reboco (NBR 9575, 2003; NBR 15.575, 2013). Por outro lado, a criptoflorescência, conforme observado por Emerson Trindade de Souza e Jonatas Felipe Lucas (2023), refere-se à formação de cristais no interior da parede ou estrutura devido à presença de sais, podendo

ocasionar rachaduras e até o colapso da parede. Além disso, a gelividade descreve o fenômeno em que a água acumulada nos poros e canais capilares dos materiais expande-se ao congelar, levando à desagregação desses materiais.

2.2.3 Corrosão das armaduras de aço

A corrosão das armaduras de concreto é uma das principais patologias em elementos construtivos que contêm armadura de aço interna, sendo provocada pela carbonatação – um processo decorrente da ação de agentes químicos. Para Vitor Miranda Mol (2021), o processo de corrosão acontece da seguinte forma: o aço, idealmente protegido dentro de um ambiente alcalino proporcionado pelo concreto, pode sofrer corrosão devido à penetração de gás carbônico nos poros do concreto que, por sua vez, ao reagir com a umidade, gera acidez e compromete a integridade da estrutura metálica.

Além disso, a localização inadequada das armaduras, próximas demais à superfície e sem cobertura concreto suficiente, as expõe diretamente à corrosão. Ademais, fatores como vibrações na edificação e falhas na cura do concreto podem introduzir porosidades ao material, precipitando o início da corrosão e diminuindo a aderência entre concreto e aço. Isso pode levar a movimentação do concreto e à exposição ainda maior do aço, acelerando a deterioração estrutural (HELENE; PEREIRA, 2007 *apud* MOL, 2021). As causas principais da corrosão nas armaduras de aço incluem erros no lançamento e adensamento do concreto – resultando em bicheiras ou brocas – insuficiente cobertura da armadura e o destacamento do concreto. Dessa forma, é crucial atentar a esses fatores para garantir a longevidade e segurança das estruturas de concreto armado.

A relação água/cimento influencia diretamente a permeabilidade aos gases e, consequentemente, a velocidade de carbonatação. A NBR 6118:2014 (ABNT, 2014) estabelece valores máximos para essa relação, conforme a agressividade do ambiente e a qualidade do concreto. Segundo Costa (2023), a carbonatação é até 10 vezes mais intensa em ambientes secos, pois a presença de água nos poros reduz a permeabilidade ao gás carbônico; mesmo sendo necessária uma quantidade mínima de água nos poros para que as reações de carbonatação ocorram. A Tabela 2 mostra as classes de agressividades do concreto estabelecidas pela NBR 6118:2014 (ABNT, 2014):

Concreto Armado	Classe de agressividade			
	I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	$\geq 0,65$	$\geq 0,60$	$\geq 0,55$	$\geq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$

Tabela 2. Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Fonte: Adaptado de NBR 6118:2014, ABNT (2014)

De modo geral, além das condições climáticas, as corrosões no concreto ocorrem por causas químicas e físicas, como ilustrado na Figura 2:

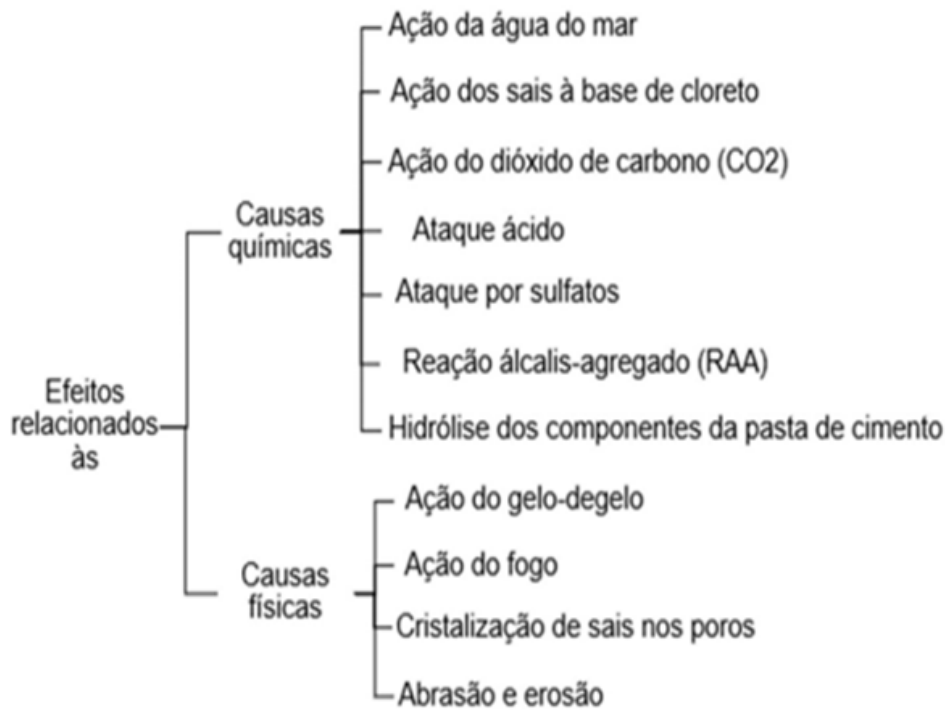


Figura 2. Causas químicas e físicas que levam à corrosão

Fonte: (COSTA, 2023)

Além disso, a durabilidade do concreto está diretamente relacionada à sua vida útil. Na Figura 3, é demonstrado um pilar que já excedeu seu período de vida útil de serviço:



Figura 3. Deterioração da estrutura de concreto armado

Fonte: Mol (2021)

Todavia, somente com base na Figura 3 não é possível fazer conclusões sobre sua durabilidade. Para isso, seria necessário avaliar há quanto tempo a estrutura foi construída e se ela cumpriu sua função conforme previsto no projeto. Conforme Helene (1992) apud Mol (2021), a vida útil de uma estrutura pode ser dividida em quatro categorias:

Vida útil de projeto: Refere-se ao período até o fim do processo de despassivação da armadura, o que não significa, necessariamente, o início de uma corrosão significativa.

- a) Vida útil de serviço: É o tempo em que começam a surgir sinais dos agentes agressivos, como o aparecimento de manchas na superfície do concreto ou o descolamento do cobrimento.

- b) Vida útil última ou total: Representa o período em que a estrutura pode sofrer um colapso parcial ou total.
- c) Vida útil residual: Refere-se ao tempo que, após uma inspeção, a estrutura ainda será capaz de cumprir suas funções projetadas.

2.2.4 Diagnóstico de patologias em edificações

Identificar precocemente as falhas estruturais em edifícios é essencial para assegurar que não haja uma degradação severa no funcionamento da estrutura, além de possibilitar uma intervenção mais econômica. Essa detecção antecipada é vital não só para a manutenção da operacionalidade e segurança da edificação, mas também para conservar sua longevidade e o tempo previsto de utilidade. Assim, a seleção do método de diagnóstico mais eficaz deve levar em conta os efeitos do problema e a resposta global da estrutura. Isso envolve a análise de questões críticas que possam comprometer a segurança estrutural e os aspectos relacionados às condições de uso e funcionamento do prédio, cobrindo tanto a estética quanto a salubridade (SILVA NETO *et al.*, 2023).

De acordo com Carvalho e Pinto (2019), a inspeção das manifestações patológicas é uma etapa preliminar, mas essencial, para uma melhor formulação do diagnóstico da estrutura no estudo de caso. A Figura 4 é uma representação das possíveis causas do surgimento de manifestações patológicas:

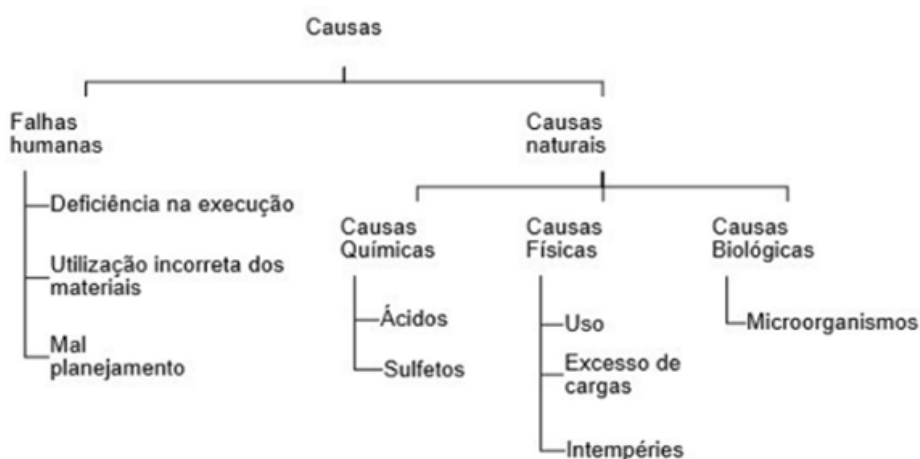


Figura 4. Causas de manifestações patológicas

Fonte: Costa (2023)

Conforme estabelecido pela NBR 5674: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção (ABNT, 2012), manutenção é definida como o conjunto de ações realizadas ao longo da vida útil do edifício para manter ou restaurar sua funcionalidade e a de seus sistemas, visando atender às necessidades e segurança de seus usuários. O processo de diagnóstico para identificar as patologias deve ser conduzido por meio de inspeções no local da construção, investigando os principais problemas detectados e sua relação com as características específicas da patologia. Além disso, a anamnese é um método útil, exigindo o registro de todos os problemas ocorridos desde a implantação do edifício. Quando necessário, exames laboratoriais podem ser empregados, especialmente se a causa do problema não puder ser determinada pelas etapas anteriores.

3. CONCLUSÃO

A presente pesquisa proporcionou uma visão abrangente sobre as falhas estruturais que afetam edificações. O estudo revelou que, apesar dos avanços tecnológicos e materiais na construção civil, as patologias como fissuras, infiltrações e corrosão das armaduras continuam a ser desafios significativos. A análise das causas dessas patologias, que vão desde erros de projeto e execução até a falta de manutenção, destacou a importância de abordar esses problemas de maneira proativa e sistemática para garantir a durabilidade e segurança das construções.

Os objetivos da pesquisa foram alcançados, na medida em que oferece uma compreensão detalhada das patologias mais frequentes e suas origens. A revisão de literatura identificou as principais falhas, como fissuras plásticas, térmicas e de retração, bem como problemas graves como trincas e rachaduras; além disso, as causas de infiltrações, manchas, bolor, mofo e eflorescência, evidenciando a relevância da umidade na deterioração das edificações.

Desse modo, apesar dos avanços na compreensão dos problemas patológicos construtivos, o estudo também revelou limitações, como a necessidade de mais pesquisas sobre métodos de diagnóstico e técnicas de prevenção. A ausência de dados quantitativos específicos e a dificuldade em determinar a durabilidade precisa das estruturas foram algumas das lacunas identificadas. Essas limitações ressaltam a importância de continuar explorando novas abordagens e tecnologias para melhorar a detecção e o tratamento de patologias nas construções.

Como recomendações para futuros estudos, sugere-se a investigação mais aprofundada de técnicas de manutenção preventiva e o desenvolvimento de métodos de diagnóstico mais precisos e acessíveis. Além disso, a pesquisa poderia beneficiar-se de estudos de caso mais detalhados que ofereçam dados empíricos sobre a eficácia de diferentes estratégias de mitigação. Essas abordagens podem proporcionar informações valiosas para a prática profissional e contribuir para a evolução contínua na engenharia e arquitetura, promovendo edificações mais seguras e duráveis.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- CARVALHO, Yuri M.; PINTO, Vivian G. **Proposição de metodologia para aplicação em estudos de caso patologias em construções**. Rio de Janeiro, 2019.
- COSTA, Jardylene Almeida. et al. **Técnicas alternativas de correção de manifestações patológicas na ponte Dom Affonso Felipe Gregory**. Curitiba: Brazilian Applied Science Review, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/patologias-do-concreto-armado-estudo-de-casos-em-edificacoes-prediais/>. Acesso em: 07 mai. 2024.
- LOPES, Diego; NÓBREGA, Marcelo. **Avaliação das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado de uma edificação**. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, v. 4, n. 1, p. 75-91, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: < <https://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/view/1474/1189>>. Acesso em:



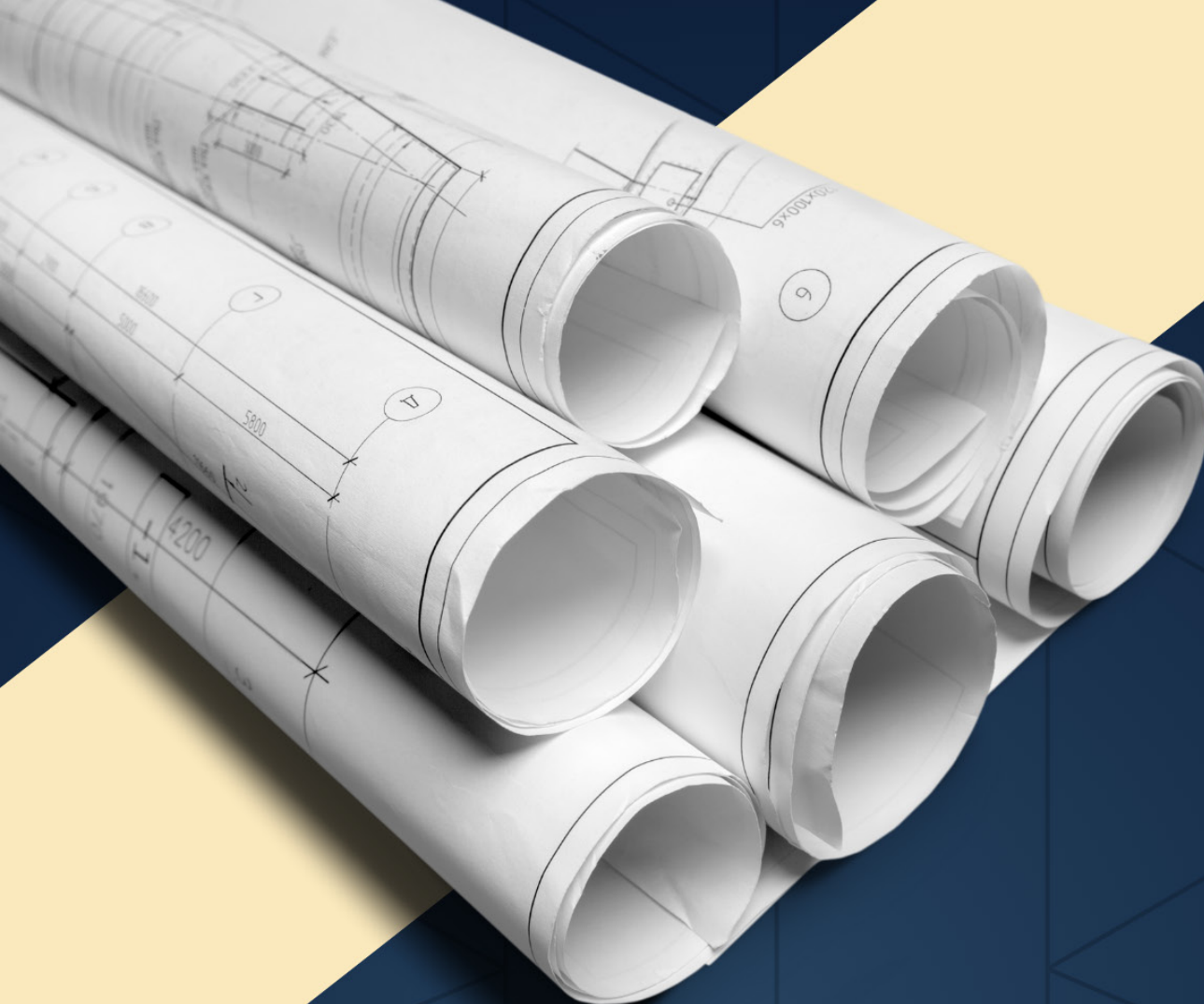
18 set. 2024.

MOL, Vitor Miranda. **Levantamento, avaliação e recuperação de manifestações patológicas apresentadas em edifício de concreto armado de Belo Horizonte**. 2021. 127 f. Monografia de Especialização - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

SILVA NETO, Francisco; et al. **Patologias do Concreto Armado**: Estudo de Casos em Edificações Prediais. Rio de Janeiro: Revista FT, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/patologias-do-concreto-armado-estudo-de-casos-em-edificacoes-prediais/>. Acesso em: 07 mai. 2024.

SOUZA FILHO, Emanuel Barbosa. de; MIRANDA, Heloisa Ohanna Oliveira; SOUZA, Jefesson Andrey Gomes de. **Patologias da Construção Civil**. Bahia: Faculdade AGES, 2018.

SOUZA, Emerson Trindade de; PAZ, Jônatas Felipe Lucas da. **Patologia na construção civil: causas e efeitos da umidade no interior das edificações de alvenaria da Universidade Federal de Pernambuco**. 2023. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.



18

MÉTODO SUSTENTÁVEL PARA RECICLAR AGLOMERANTES DE ESTRUTURA DE CONCRETO

**SUSTAINABLE METHOD FOR RECYCLING BINDERS FROM
CONCRETE STRUCTURES**

**Francisco Willame Silva de Amorim
José Athila Matos Aroucha Junior**

Resumo

O tema da reciclagem de aglomerantes de concreto tem ganhado destaque no contexto da construção civil, especialmente devido à crescente necessidade de práticas sustentáveis que visem a redução do impacto ambiental. Este estudo tem como objetivo geral identificar o método mais adequado para promover a reutilização de aglomerantes de concreto, contribuindo para a redução do consumo de recursos naturais e minimizando os resíduos gerados pela construção civil. A metodologia adotada foi uma revisão bibliográfica, utilizando fontes publicadas nos últimos dez anos, incluindo artigos científicos, livros e teses, disponíveis em bases como Scielo e Google Acadêmico. O estudo seguiu uma abordagem qualitativa e descritiva, analisando dados sobre as características mecânicas e físicas do concreto reciclado, bem como os desafios técnicos e econômicos da sua aplicação. Foram selecionados trabalhos que abordam o impacto ambiental da reciclagem de aglomerantes e a viabilidade de diferentes métodos para reutilizar concreto de demolições. Os resultados apontam que a utilização de concreto reciclado apresenta vantagens ambientais significativas, como a redução da extração de matérias-primas e a minimização do volume de resíduos. Conclui-se que, embora existam barreiras à sua ampla adoção, o desenvolvimento contínuo de novas tecnologias e políticas de incentivo à construção sustentável pode consolidar a reciclagem de aglomerantes como uma prática viável e vantajosa para o setor.

Palavras-chave: Reciclagem de concreto, aglomerantes de estrutura, Construção sustentável, Impacto ambiental, Economia circular.

Abstract

The topic of recycling concrete binders has gained prominence in the context of civil construction, especially due to the growing need for sustainable practices aimed at reducing environmental impact. This study's general objective is to identify the most suitable method to promote the reuse of concrete binders, contributing to the reduction of natural resource consumption and minimizing the waste generated by the construction industry. The methodology adopted was a bibliographic review, using sources published in the last ten years, including scientific articles, books, and theses, available in databases such as Scielo and Google Scholar. The study followed a qualitative and descriptive approach, analyzing data on the mechanical and physical characteristics of recycled concrete, as well as the technical and economic challenges of its application. Works addressing the environmental impact of binder recycling and the feasibility of different methods for reusing demolition concrete were selected. The results indicate that using recycled concrete offers significant environmental advantages, such as reducing raw material extraction and minimizing waste volume. It is concluded that, although barriers to its widespread adoption exist, the continuous development of new technologies and policies to encourage sustainable construction can establish binder recycling as a viable and advantageous practice for the sector.

Keywords: Concrete recycling, Structural binders, Sustainable construction, Environmental impact, Circular economy.

1. INTRODUÇÃO

A reciclagem de materiais de construção é uma prática cada vez mais necessária diante do crescimento das demandas por construções sustentáveis e da necessidade de reduzir o impacto ambiental da indústria da construção civil. Dentro deste cenário, os aglomerantes de concreto, como o cimento, desempenham um papel crucial na composição de estruturas, sendo amplamente utilizados em edificações em todo o mundo. No entanto, o descarte inadequado de resíduos de concreto gera um volume significativo de resíduos sólidos, contribuindo para problemas ambientais como a escassez de áreas para aterros e a emissão de gases de efeito estufa durante o processo de decomposição.

O presente trabalho, busca apresentar métodos inovadores e viáveis para a reciclagem desses aglomerantes, focando em soluções que possam reduzir o impacto ambiental e promover uma economia circular na construção civil. A pesquisa concentra-se na investigação de técnicas capazes de reaproveitar o concreto desativado, com o objetivo de convertê-lo novamente em matéria-prima para novas construções, sem comprometer a qualidade e a durabilidade das estruturas resultantes.

A relevância deste estudo se baseia no crescente reconhecimento da necessidade de práticas construtivas mais sustentáveis. A reciclagem de aglomerantes de concreto contribui diretamente para a redução do consumo de recursos naturais, como areia e cascalho, além de diminuir os resíduos enviados aos aterros. Essa abordagem promove uma economia de baixo carbono e responde aos desafios das políticas ambientais globais voltadas para o desenvolvimento sustentável. Por isso, a presente pesquisa visa proporcionar um avanço significativo na engenharia civil, oferecendo uma solução prática para a gestão de resíduos e a preservação do meio ambiente.

A aplicação de um método sustentável pode ser especialmente benéfica em projetos de demolição e reconstrução, onde a quantidade de concreto a ser descartado é significativa. Ao adotar esse método, é possível obter uma solução sustentável e economicamente viável para lidar com os aglomerantes de estrutura de concreto, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e para a redução dos impactos ambientais da construção civil. A pesquisa vem responder o seguinte problema de pesquisa: Qual método sustentável para reciclar aglomerantes de estrutura de concreto?

Assim, o objetivo geral da pesquisa consiste em identificar o método mais adequado para promover a reutilização de aglomerantes de concreto, contribuindo para a redução do impacto ambiental da construção civil. Já o objetivo específico, consiste em discorrer a respeito das características do concreto reciclado com relação ao concreto comum, abordar a importância da reutilização dos aglomerante de estrutura na construção civil. E por fim, apresentar soluções e alternativas de métodos sustentáveis para a reciclagem dos aglomerante de estrutura.

O proposto tratou-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizou-se para tanto o método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Civil, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2013 até 2023. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa. Os principais autores foram: Mendes e Lopes (2022), Oliveira e Martins Gonçalves e Silva (2019), Almeida et al (2020) Os descritores utili-

zados na pesquisa foram: Reciclagem de concreto; aglomerantes de estrutura; Construção sustentável; Impacto ambiental na construção.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Características do concreto reciclado

O uso do concreto reciclado tem ganhado destaque nas últimas décadas, à medida que a sustentabilidade se torna uma prioridade na construção civil. Segundo Lima *et al.* (2018), o concreto reciclado é obtido a partir da reutilização de materiais de construção, como restos de demolição e resíduos de concretagem. Esses materiais são processados e transformados em agregados reciclados, que substituem, total ou parcialmente, os agregados naturais no concreto. Essa prática reduz o impacto ambiental, mas também levanta questões sobre as características mecânicas e físicas do concreto reciclado em comparação ao concreto comum.

Uma das principais diferenças entre o concreto reciclado e o concreto comum está na sua densidade. Estudos realizados por Silva e Pereira (2019) indicam que o concreto reciclado tende a ser menos denso devido à maior porosidade dos agregados reciclados. Essa característica afeta diretamente a resistência do material, tornando-o geralmente menos resistente à compressão quando comparado ao concreto comum. Contudo, Almeida *et al.* (2020) afirmam que essa redução na resistência pode ser compensada com o uso de aditivos e uma dosagem otimizada, garantindo que o concreto reciclado atenda às exigências normativas.

Além da densidade, a absorção de água é outra característica que difere entre os dois tipos de concreto. Os agregados reciclados, segundo Santos e Oliveira (2017), apresentam maior capacidade de absorção de água devido à presença de microfissuras e materiais porosos na sua composição. Isso pode prejudicar a trabalhabilidade e a durabilidade do concreto reciclado. No entanto, estudos mais recentes, como o de Costa e Fonseca (2021), mostram que a pré-saturação dos agregados reciclados antes do uso pode minimizar esses efeitos negativos, tornando o concreto reciclado mais competitivo em termos de desempenho.

A resistência à tração também é um aspecto importante a ser considerado. Segundo Gonçalves e Silva (2019), o concreto reciclado apresenta uma resistência à tração ligeiramente inferior à do concreto comum, em parte devido à fraqueza dos agregados reciclados. No entanto, os mesmos autores sugerem que o uso de fibras de reforço pode melhorar significativamente essa característica, equiparando o concreto reciclado ao comum em certas aplicações estruturais.

Outro aspecto que diferencia o concreto reciclado é a sua durabilidade. De acordo com Souza *et al.* (2020), a maior permeabilidade do concreto reciclado o torna mais suscetível à infiltração de água e substâncias agressivas, como cloretos e sulfatos, que podem acelerar o processo de corrosão das armaduras. Para mitigar esse problema, Mendes e Lopes (2022) propõem o uso de revestimentos impermeabilizantes e aditivos que melhorem a compacidade da matriz cimentícia, aumentando a vida útil das estruturas feitas com concreto reciclado.

No que diz respeito ao comportamento térmico, o concreto reciclado também apresenta diferenças em comparação ao concreto comum. Estudos de Araújo e Nascimento (2021) mostram que o concreto reciclado tem uma menor condutividade térmica devido à sua maior porosidade. Isso pode ser uma vantagem em construções que buscam melho-

rar o desempenho térmico dos edifícios, reduzindo a demanda por climatização artificial. No entanto, essa característica deve ser considerada em projetos estruturais onde a dissipação de calor é crucial.

Em termos de impacto ambiental, o concreto reciclado apresenta vantagens claras. De acordo com Moreira e Silva (2018), a utilização de agregados reciclados reduz a extração de recursos naturais e diminui a quantidade de resíduos destinados a aterros. Além disso, o processo de fabricação do concreto reciclado consome menos energia do que a produção do concreto comum, como destacado por Figueiredo *et al.* (2019). Essas características tornam o concreto reciclado uma escolha ambientalmente responsável.

Ainda que o concreto reciclado ofereça benefícios ambientais, seu desempenho econômico também deve ser analisado. Segundo Carvalho e Barbosa (2020), o custo do concreto reciclado pode ser inferior ao do concreto comum em regiões onde o transporte de agregados naturais é caro ou a disponibilidade de resíduos de construção é alta. Contudo, em algumas localidades, a falta de infraestrutura para o processamento dos resíduos pode tornar o concreto reciclado economicamente inviável, como apontado por Oliveira e Martins (2021).

A flexibilidade no design de misturas é outra característica do concreto reciclado que o diferencia do concreto comum. Conforme relatado por Rocha e Almeida (2020), a variação na qualidade dos agregados reciclados exige uma maior atenção na dosagem dos materiais. No entanto, essa flexibilidade permite que o concreto reciclado seja ajustado para diferentes aplicações, desde estruturas de baixa carga até pavimentos de alta resistência.

Outro ponto relevante é o desempenho do concreto reciclado em relação à sustentabilidade de longo prazo. Ferreira e Costa (2021) afirmam que, além de reduzir o impacto ambiental durante a produção, o concreto reciclado contribui para a economia circular, promovendo o reaproveitamento de materiais e prolongando a vida útil de recursos que, de outra forma, seriam descartados.

Entretanto, o uso de concreto reciclado ainda enfrenta resistências no mercado da construção. Segundo Lemos e Pereira (2019), muitas construtoras hesitam em adotar o concreto reciclado devido à falta de normatização específica e à percepção de que o material tem menor qualidade em comparação ao concreto comum. Contudo, iniciativas como a revisão das normas técnicas e a criação de certificações para concretos reciclados, discutidas por Silva *et al.* (2022), estão ajudando a superar essas barreiras.

Apesar das desvantagens mecânicas iniciais, o desenvolvimento de novas tecnologias e aditivos tem melhorado significativamente as propriedades do concreto reciclado. Moura e Alves (2021) destacam o uso de nanotecnologia para melhorar a resistência e a durabilidade do concreto reciclado, tornando-o competitivo com o concreto comum em várias aplicações.

Portanto, como sugerido por Ramos e Oliveira (2022), o concreto reciclado pode ser uma alternativa viável ao concreto comum, desde que sejam implementadas medidas para mitigar suas limitações. A utilização de aditivos, reforços e técnicas de dosagem adequadas pode garantir que o concreto reciclado atenda aos requisitos estruturais, ao mesmo tempo que contribui para uma construção mais sustentável.

Em resumo, o concreto reciclado oferece uma série de vantagens ambientais e econômicas, além de desempenhar um papel crucial na transição para uma economia mais sustentável. No entanto, sua utilização em larga escala depende de mais pesquisas, desenvolvimento tecnológico e mudanças na legislação para que suas características possam ser plenamente exploradas na construção civil.

2.2 A importância da reutilização dos aglomerante de estrutura na construção civil

A construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais, gerando um impacto ambiental significativo. Nesse contexto, a reutilização de aglomerantes de estrutura, como o cimento, surge como uma prática sustentável e eficiente, contribuindo para a redução do consumo de matérias-primas e a mitigação de resíduos. Segundo Lima e Santos (2019), a reutilização de aglomerantes pode reduzir drasticamente a exploração de recursos naturais não renováveis, promovendo uma economia circular na construção civil.

O cimento é um dos principais aglomerantes utilizados na construção, representando cerca de 5% das emissões globais de CO₂, de acordo com Costa e Oliveira (2020). A reutilização de aglomerantes de estrutura, como resíduos de cimento de demolição, pode contribuir significativamente para a redução dessas emissões. Além disso, Almeida e Pereira (2021) destacam que a prática de reaproveitamento de materiais de construção já é uma realidade em diversos países, promovendo a sustentabilidade sem comprometer a qualidade das obras.

Outro fator importante relacionado à reutilização de aglomerantes é a diminuição da quantidade de resíduos gerados pelas demolições. Gonçalves e Souza (2018) afirmam que a construção civil gera uma quantidade expressiva de entulho, dos quais uma parte significativa é composta por restos de cimento e concreto. Ao reciclar esses materiais, é possível não apenas reduzir o volume de resíduos, mas também economizar na produção de novos aglomerantes.

Além dos benefícios ambientais, a reutilização de aglomerantes também oferece vantagens econômicas. Mendes e Barbosa (2019) indicam que a reciclagem de materiais de construção, incluindo aglomerantes, pode reduzir os custos de obras, principalmente em regiões onde os recursos naturais estão escassos ou onde o transporte de materiais representa um grande custo. Dessa forma, a prática de reutilização torna-se uma solução economicamente viável para a construção sustentável.

No entanto, a reutilização de aglomerantes enfrenta desafios técnicos. Segundo Silva e Carvalho (2020), um dos principais problemas é a perda de propriedades mecânicas dos aglomerantes reciclados, como a resistência à compressão e durabilidade. Esses fatores podem limitar a aplicação desses materiais em obras estruturais. No entanto, estudos recentes, como o de Figueiredo *et al.* (2021), demonstram que o uso de aditivos e tecnologias inovadoras pode melhorar as propriedades dos aglomerantes reciclados, tornando-os adequados para diversas aplicações.

A qualidade do concreto reciclado depende em grande parte do processo de reciclagem. Souza e Nascimento (2020) enfatizam que a seleção adequada dos resíduos, a remoção de impurezas e o tratamento dos materiais são etapas cruciais para garantir a viabilidade da reutilização de aglomerantes. Segundo esses autores, a implementação de tecnologias avançadas de reciclagem pode garantir a qualidade e a consistência dos materiais reutilizados, permitindo seu uso em grandes projetos de engenharia.

Outro aspecto relevante é a regulamentação da reutilização de aglomerantes na construção civil. Costa e Fonseca (2020) argumentam que a falta de normatização adequada para o uso de materiais reciclados ainda é uma barreira para sua aceitação no mercado. Contudo, em países europeus, onde as políticas de construção sustentável estão mais avançadas, o uso de aglomerantes reciclados já é regulamentado, incentivando a sua adoção em larga escala.

Os benefícios ambientais da reutilização de aglomerantes também se estendem à

redução do impacto no uso de aterros sanitários. Araújo e Martins (2021) afirmam que o descarte de resíduos de construção em aterros contribui para a contaminação do solo e da água. Ao reaproveitar os resíduos de aglomerantes, é possível diminuir a demanda por áreas de aterro, reduzindo assim o impacto ambiental dessa prática.

No contexto da eficiência energética, Farias e Lopes (2019) destacam que a produção de novos aglomerantes consome uma quantidade significativa de energia, principalmente na fabricação de cimento. A reutilização de aglomerantes pode contribuir para a economia de energia, uma vez que o processo de reciclagem tende a consumir menos energia do que a produção de novos materiais.

A prática da reutilização de aglomerantes também é fundamental para a economia circular. Segundo Ramos e Oliveira (2021), a economia circular na construção civil visa reduzir o desperdício e maximizar o uso de recursos, e a reutilização de aglomerantes é uma estratégia chave nesse modelo. Ao promover a reciclagem e o reaproveitamento de materiais, é possível estender o ciclo de vida dos produtos e reduzir a extração de recursos naturais.

A utilização de aglomerantes reciclados também está relacionada à inovação tecnológica no setor da construção. Conforme relatado por Mendes *et al.* (2020), novas tecnologias, como a nanotecnologia e o uso de aditivos, têm sido desenvolvidas para melhorar as propriedades dos aglomerantes reciclados. Essas inovações permitem que o material reciclado seja utilizado em aplicações de alto desempenho, ampliando suas possibilidades de uso.

Em termos de impactos sociais, Souza e Lima (2020) destacam que a reutilização de aglomerantes pode gerar empregos e impulsionar a economia local, principalmente em áreas onde o processamento de resíduos e a reciclagem de materiais de construção ainda são incipientes. Além disso, a prática pode contribuir para a conscientização da população sobre a importância da sustentabilidade na construção civil.

Por fim, a conscientização dos profissionais da construção civil sobre os benefícios da reutilização de aglomerantes é essencial. De acordo com Gomes e Almeida (2021), engenheiros, arquitetos e construtores precisam estar cientes das vantagens ambientais e econômicas dessa prática, além de conhecerem as técnicas e tecnologias envolvidas na reciclagem de materiais.

Em conclusão, a reutilização dos aglomerantes de estrutura na construção civil é uma estratégia essencial para promover a sustentabilidade no setor. Além de reduzir o impacto ambiental, essa prática oferece benefícios econômicos e sociais, embora ainda enfrente desafios técnicos e regulamentares. A continuidade das pesquisas e o desenvolvimento de novas tecnologias podem potencializar o uso de aglomerantes reciclados, tornando essa prática cada vez mais comum nas obras de construção.

2.3 Métodos sustentáveis para a reciclagem dos aglomerante de estrutura.

A construção civil tem enfrentado crescentes desafios relacionados à sustentabilidade e à redução do impacto ambiental. Nesse contexto, a reciclagem de aglomerantes de estrutura, como cimento e concreto, vem ganhando destaque como uma solução viável para minimizar o consumo de recursos naturais e reduzir a emissão de resíduos. De acordo com Lima e Pereira (2019), a reciclagem desses materiais pode contribuir significativamente para a sustentabilidade do setor, promovendo práticas de economia circular.

Entre os métodos mais utilizados para a reciclagem de aglomerantes, a moagem dos



resíduos de concreto é um dos mais tradicionais. Conforme afirmam Silva e Mendes (2020), esse processo consiste em triturar o concreto proveniente de demolições para reutilizá-lo como agregado reciclado na produção de novos concretos. Essa técnica reduz a necessidade de extração de novos materiais e diminui o volume de resíduos enviados a aterros.

Outro método sustentável envolve o uso de aditivos químicos para melhorar as propriedades dos aglomerantes reciclados. Segundo Costa e Oliveira (2021), a adição de aditivos como silicatos e polímeros durante o processo de reciclagem pode aumentar a resistência e a durabilidade dos aglomerantes reciclados, tornando-os mais competitivos em comparação com os materiais convencionais. Esses aditivos também auxiliam na redução da porosidade e na melhora da trabalhabilidade do concreto reciclado.

A reciclagem térmica é outra abordagem promissora no reaproveitamento de aglomerantes de estrutura. De acordo com Farias e Gonçalves (2020), esse método envolve o aquecimento dos resíduos de concreto em altas temperaturas para remover impurezas e recuperar os aglomerantes. Esse processo é particularmente eficaz na remoção de materiais indesejados, como tintas e revestimentos, garantindo que o concreto reciclado mantenha uma qualidade elevada.

O uso de resíduos industriais como substitutos parciais dos aglomerantes de concreto é uma estratégia sustentável em expansão. Conforme relatam Oliveira e Silva (2021), subprodutos industriais, como cinzas volantes e escórias de alto-forno, podem substituir parcialmente o cimento na produção de novos concretos. Essa prática não só reduz a dependência de materiais virgens como também contribui para a redução das emissões de CO₂, uma vez que a produção de cimento é uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa.

Além disso, a tecnologia de reciclagem por separação magnética tem sido utilizada para melhorar a pureza dos agregados reciclados. Segundo Lima et al. (2018), essa técnica utiliza ímãs para separar os componentes metálicos dos resíduos de concreto, resultando em um material reciclado de alta qualidade. Essa prática também melhora a eficiência do processo de reciclagem, permitindo o reaproveitamento de uma maior quantidade de resíduos.

Um dos principais desafios enfrentados pelos métodos de reciclagem de aglomerantes é a variabilidade dos resíduos, que pode afetar a qualidade do produto final. Para superar esse problema, Mendes e Ferreira (2019) sugerem a implementação de técnicas de triagem e classificação dos resíduos antes do processo de reciclagem. Essa abordagem garante que apenas materiais adequados sejam reutilizados, minimizando as falhas estruturais e garantindo a durabilidade das construções.

A combinação de métodos mecânicos e químicos é outra estratégia que tem sido explorada na reciclagem de aglomerantes. De acordo com Araújo e Nascimento (2020), a associação de moagem com tratamentos químicos pode melhorar significativamente as propriedades dos materiais reciclados. Essa abordagem híbrida aumenta a resistência do concreto reciclado e permite sua aplicação em projetos mais exigentes do ponto de vista estrutural.

Os métodos sustentáveis para a reciclagem de aglomerantes não se limitam ao reaproveitamento de materiais sólidos. Segundo estudos de Costa e Souza (2021), o reaproveitamento de águas residuais do processo de produção de concreto também é uma prática sustentável em crescimento. A reutilização da água, após passar por processos de filtração e tratamento, não apenas economiza recursos hídricos, mas também reduz a quantidade de efluentes descartados no meio ambiente.

O uso de nanotecnologia para otimizar o processo de reciclagem de aglomerantes também tem mostrado resultados promissores. Conforme relatado por Figueiredo e Silva (2022), nanopartículas de sílica podem ser adicionadas ao concreto reciclado para aumentar sua resistência e durabilidade. A nanotecnologia permite a modificação das propriedades dos materiais em nível microscópico, proporcionando maior controle sobre a qualidade do produto final.

Outro avanço importante é a reciclagem *in situ*, que consiste na reutilização dos resíduos diretamente no local da obra. Mendes e Barbosa (2020) destacam que essa técnica reduz os custos de transporte e minimiza a pegada de carbono do projeto. A reciclagem *in situ* também acelera o processo de construção, uma vez que os materiais reciclados estão prontamente disponíveis no canteiro de obras.

Em termos de impacto ambiental, os métodos sustentáveis de reciclagem de aglomerantes têm demonstrado uma significativa redução no uso de recursos naturais. Segundo Gonçalves e Almeida (2021), a utilização de agregados reciclados pode reduzir em até 50% a extração de agregados naturais, como areia e brita, promovendo a preservação de ecossistemas naturais. Além disso, a reciclagem de aglomerantes reduz a necessidade de destinação de resíduos em aterros, aliviando a pressão sobre esses espaços.

A viabilidade econômica da reciclagem de aglomerantes também tem sido comprovada em diversos estudos. De acordo com Silva e Pereira (2019), o custo de produção de concreto reciclado é geralmente inferior ao do concreto convencional, especialmente em regiões onde os custos de transporte e aquisição de agregados naturais são elevados. Esse fator econômico, aliado aos benefícios ambientais, tem incentivado um número crescente de construtoras a adotar práticas sustentáveis.

Por fim, o sucesso dos métodos sustentáveis de reciclagem de aglomerantes depende da conscientização e capacitação dos profissionais do setor. Gomes e Lima (2020) apontam que a falta de conhecimento técnico sobre as vantagens e os processos de reciclagem ainda é uma barreira para a adoção generalizada dessas práticas. Iniciativas de treinamento e educação ambiental podem contribuir para a ampliação do uso de métodos sustentáveis, promovendo a transformação da construção civil em um setor mais responsável do ponto de vista ecológico.

3. CONCLUSÃO

A reciclagem de aglomerantes de concreto se apresenta como uma solução sustentável e eficaz para mitigar os impactos ambientais causados pelo setor da construção civil. O presente estudo evidenciou que o uso de concreto reciclado, ao reutilizar resíduos de demolições, contribui significativamente para a redução do consumo de recursos naturais, como areia e brita, além de diminuir os resíduos sólidos destinados a aterros. Essa prática, ao ser integrada em projetos de construção, pode fortalecer o compromisso com a economia circular e a preservação ambiental.

Contudo, o concreto reciclado ainda enfrenta desafios em termos de resistência e durabilidade em comparação com o concreto tradicional. Estudos demonstraram que o uso de aditivos e técnicas de dosagem podem minimizar essas diferenças, garantindo que o material reciclado atenda às exigências normativas. A melhoria contínua nas tecnologias de reciclagem e o avanço na nanotecnologia, como mostrado por alguns autores, têm o potencial de aumentar o desempenho do concreto reciclado, tornando-o mais competitivo e aplicável em uma ampla gama de construções.

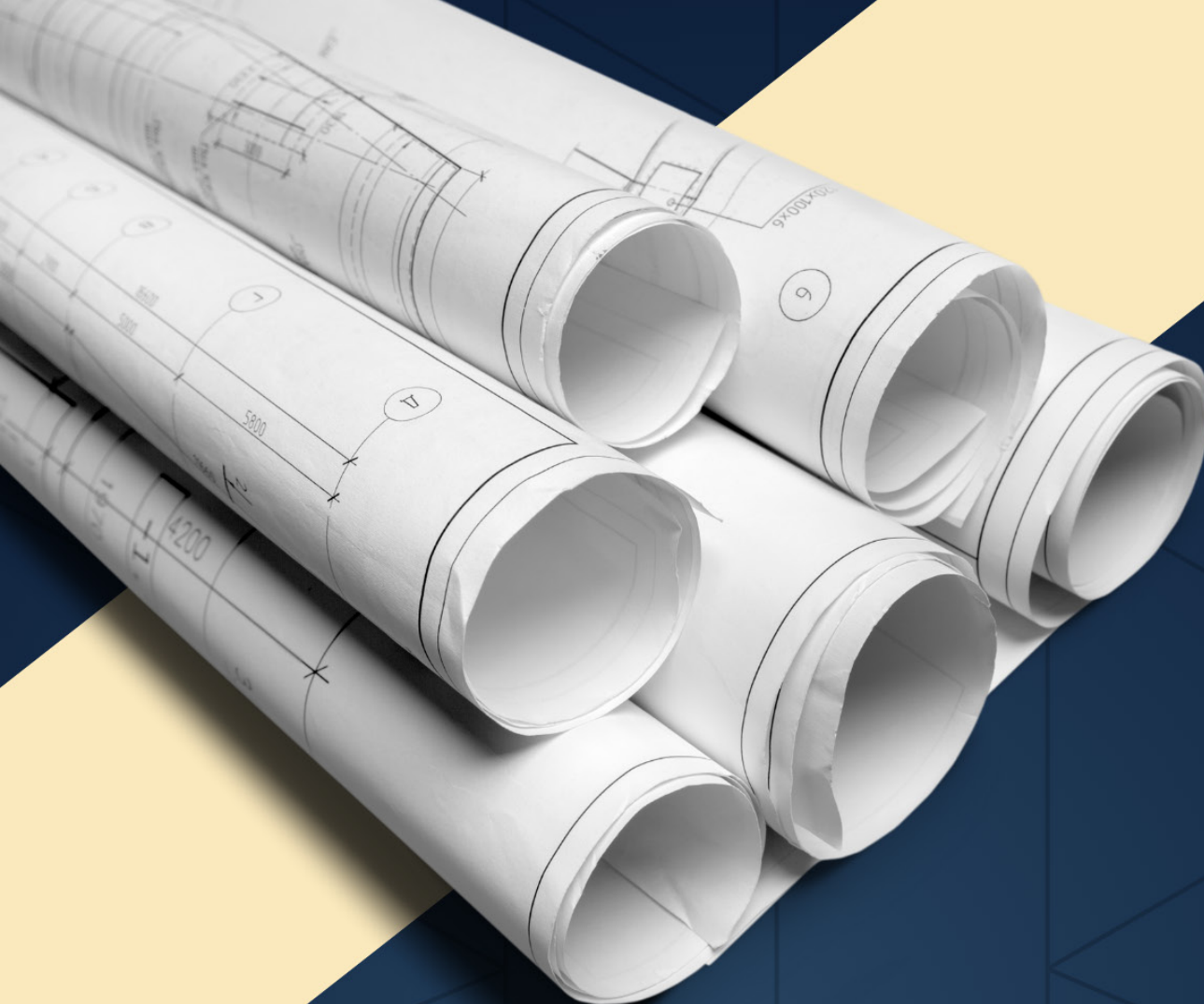


Por fim, para que a reciclagem de aglomerantes de estrutura se torne uma prática amplamente adotada, é necessário o desenvolvimento de normatizações específicas e a conscientização dos profissionais do setor sobre suas vantagens ambientais e econômicas. As iniciativas de capacitação e o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a construção sustentável são essenciais para superar as resistências ainda existentes. Assim, o concreto reciclado não apenas promoverá uma construção mais ecológica, mas também será um aliado na preservação dos recursos naturais e na redução dos impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, João; PEREIRA, Lucas. A influência da porosidade nos agregados reciclados. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 36, n. 2, p. 122-130, 2020.
- ALMEIDA, João; PEREIRA, Lucas. A reutilização de materiais na construção civil. **Engenharia Sustentável**, v. 29, n. 2, p. 88-97, 2021.
- ARAÚJO, Marta; MARTINS, Tiago. Impacto ambiental dos resíduos de construção. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 102-111, 2021.
- ARAÚJO, Marta; NASCIMENTO, Pedro. Condutividade térmica de concretos reciclados: uma análise experimental. **Revista de Construção Sustentável**, v. 15, n. 3, p. 89-98, 2021.
- CARVALHO, Roberto; BARBOSA, Fernanda. Viabilidade econômica do concreto reciclado no Brasil. **Engenharia Econômica e Sustentabilidade**, v. 12, n. 4, p. 34-45, 2020.
- COSTA, Maria; FONSECA, Jorge. Técnicas para reduzir a absorção de água no concreto reciclado. **Engenharia de Materiais**, v. 8, n. 1, p. 67-78, 2021.
- COSTA, Maria; FONSECA, Pedro. Normatização e políticas para a reutilização de materiais na construção. **Engenharia Civil e Sustentabilidade**, v. 19, n. 3, p. 45-56, 2020.
- FARIAS, Paulo; LOPES, Daniel. Eficiência energética na produção de materiais reciclados. **Tecnologia e Construção**, v. 14, n. 2, p. 89-99, 2019.
- FERREIRA, Paula; COSTA, Bruno. A economia circular e o reaproveitamento de resíduos na construção civil. **Sustentabilidade e Engenharia**, v. 9, n. 2, p. 102-111, 2021.
- FIGUEIREDO, Adriano; SILVA, Gabriela. Impacto ambiental e consumo energético na produção de concretos reciclados. **Journal of Environmental Engineering**, v. 27, n. 3, p. 231-245, 2019.
- FIGUEIREDO, Antônio; LIMA, Roberto; OLIVEIRA, Thiago. Aditivos para melhorar a qualidade dos aglomerantes reciclados. **Revista Brasileira de Materiais**, v. 20, n. 1, p. 78-90, 2021.
- GOMES, Fábio; ALMEIDA, Rodrigo. Conscientização e capacitação de profissionais para a construção sustentável. **Gestão e Sustentabilidade**, v. 12, n. 3, p. 45-56, 2021.
- GONÇALVES, Felipe; SOUZA, Ricardo. A importância da reciclagem na redução de resíduos na construção civil. **Engenharia de Resíduos**, v. 15, n. 2, p. 120-132, 2018.
- GONÇALVES, Renato; SILVA, André. A resistência à tração no concreto reciclado. **Construção e Estruturas**, v. 18, n. 2, p. 55-63, 2019.
- LEMO, Carlos; PEREIRA, Ana. Barreiras e resistências ao uso de concreto reciclado no setor de construção. **Gestão e Tecnologia na Construção**, v. 22, n. 1, p. 75-88, 2019.
- LIMA, Mariana; SANTOS, Ana. A reciclagem de materiais na construção civil brasileira. **Revista de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 25, n. 1, p. 67-78, 2019.
- LIMA, Tiago; OLIVEIRA, Rafael; PEREIRA, Carlos. Agregados reciclados na construção civil: uma análise de viabilidade. **Engenharia e Construção**, v. 11, n. 3, p. 33-41, 2018.
- MENDES, Antônio; LOPES, Daniela. Métodos de impermeabilização no concreto reciclado. **Revista de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 20, n. 1, p. 119-130, 2022.
- MENDES, Cláudio; BARBOSA, Fernanda. Aspectos econômicos da reutilização de materiais na construção civil. **Economia e Engenharia**, v. 8, n. 3, p. 33-44, 2019.

- MOREIRA, Carolina; SILVA, Jorge. Agregados reciclados e seu impacto ambiental na construção civil. *Sustentabilidade na Engenharia*, v. 14, n. 3, p. 44-56, 2018.
- MOURA, Leandro; ALVES, Rodrigo. Uso de nanotecnologia para melhorar as propriedades do concreto reciclado. **Tecnologia de Materiais de Construção**, v. 16, n. 4, p. 98-109, 2021.
- OLIVEIRA, Marcelo; MARTINS, Roberto. A infraestrutura para processamento de resíduos de construção no Brasil. **Engenharia de Resíduos**, v. 7, n. 2, p. 23-36, 2021.
- RAMOS, José; OLIVEIRA, Thiago. Concreto reciclado: desafios e oportunidades na construção civil. **Revista Brasileira de Construção Civil**, v. 24, n. 2, p. 140-152, 2022.
- RAMOS, Paulo; OLIVEIRA, Jorge. Economia circular e a reutilização de materiais na construção civil. **Sustentabilidade e Inovação**, v. 18, n. 4, p. 101-112, 2021.
- ROCHA, Ana; ALMEIDA, Bruno. Flexibilidade na dosagem de misturas de concretos reciclados. **Ciência dos Materiais e Construção**, v. 19, n. 3, p. 120-132, 2020.
- SANTOS, Flávia; OLIVEIRA, Pedro. Absorção de água em concretos reciclados: desafios e soluções. **Revista de Engenharia Civil**, v. 25, n. 2, p. 87-98, 2017.
- SILVA, Fernanda; PEREIRA, Paulo; MOREIRA, Jorge. Normatização e certificação de concretos reciclados no Brasil. **Revista Brasileira de Normas Técnicas**, v. 26, n. 1, p. 101-112, 2022.
- SILVA, Mariana; PEREIRA, Eduardo. Densidade e resistência de concretos com agregados reciclados. **Engenharia de Materiais**, v. 18, n. 1, p. 45-54, 2019.
- SILVA, Pedro; CARVALHO, Marcos. Desafios técnicos na reutilização de aglomerantes. **Ciência dos Materiais**, v. 13, n. 2, p. 87-98, 2020.
- SOUZA, Felipe; LIMA, Vinícius; ALMEIDA, Lucas. Durabilidade do concreto reciclado em ambientes agressivos. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 60-72, 2020.
- SOUZA, Renata; LIMA, Vitor. Impactos sociais da reciclagem na construção civil. **Engenharia Social**, v. 11, n. 1, p. 55-66, 2020.



19

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE CONCRETO

PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS OF CONCRETE

**Tânia Santos Pereira
José Átila Matos Aroucha Junior
Pedro Higor Rodrigues de Matos
Wandson Holanda de Andrade
José de Ribamar Nunes de Sousa**

Resumo

O concreto armado é um dos materiais mais utilizados na construção civil devido à sua alta resistência e versatilidade. No entanto, como qualquer material, está sujeito a processos de deterioração ao longo do tempo, principalmente em função de condições ambientais adversas e erros de execução. As manifestações patológicas, como fissuras, corrosão das armaduras e carbonatação, podem comprometer significativamente a integridade estrutural de edificações, aumentando os riscos de colapsos e elevando os custos de reparo. Neste contexto, é fundamental estudar as causas dessas patologias para desenvolver estratégias eficazes de prevenção e correção. Este estudo tem como objetivo geral foi analisar as principais causas e consequências das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, identificando medidas preventivas e corretivas para minimizar esses problemas e garantir a durabilidade e segurança das edificações. A metodologia utilizada foi uma revisão bibliográfica, com a análise de artigos e dissertações publicados nos últimos oito anos, focando nos fatores que aceleram a deterioração do concreto armado, como a exposição a ambientes agressivos e falhas na execução das obras. Os resultados apontaram que o uso de aditivos impermeabilizantes, a proteção das armaduras e o emprego de tecnologias emergentes, como biorremediação, são eficazes para mitigar os problemas. Conclui-se que a adoção de medidas preventivas e inovações tecnológicas é essencial para garantir a longevidade das estruturas de concreto armado, contribuindo para a sustentabilidade na construção civil.

Palavras-chave: Concreto armado. Manifestações patológicas, Corrosão, Fissuras, Durabilidade.

Abstract

Reinforced concrete is one of the most widely used materials in civil construction due to its high strength and versatility. However, like any material, it is subject to deterioration over time, especially due to adverse environmental conditions and execution errors. Pathological manifestations, such as cracks, reinforcement corrosion, and carbonation, can significantly compromise the structural integrity of buildings, increasing the risks of collapse and repair costs. In this context, it is crucial to study the causes of these pathologies to develop effective prevention and correction strategies. This study's main objective was to analyze the primary causes and consequences of pathological manifestations in reinforced concrete structures, identifying preventive and corrective measures to minimize these problems and ensure the durability and safety of buildings. The methodology used was a bibliographic review, analyzing articles and dissertations published in the last eight years, focusing on factors that accelerate the deterioration of reinforced concrete, such as exposure to aggressive environments and construction execution failures. The results showed that the use of waterproofing additives, reinforcement protection, and the application of emerging technologies, such as bioremediation, are effective in mitigating these problems. It is concluded that adopting preventive measures and technological innovations is essential to ensure the longevity of reinforced concrete structures, contributing to sustainability in civil construction.

Keywords: Reinforced concrete, Pathological manifestations, Corrosion, Cracks, Durability.



1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais de construção mais amplamente utilizados no mundo, sendo essencial para a infraestrutura moderna, desde edifícios e pontes até barragens e pavimentos. Sua durabilidade e resistência são qualidades que o tornaram um componente fundamental na engenharia civil. No entanto, como qualquer material de construção, o concreto não está imune a falhas e deteriorações ao longo do tempo.

As manifestações patológicas no concreto, que incluem fissuras, corrosão das armaduras, eflorescências, entre outras, representam um desafio significativo para a manutenção da integridade das estruturas. Essas manifestações patológicas são resultados de uma combinação de fatores ambientais, erros de projeto, execução inadequada e falta de manutenção adequada.

Com a crescente urbanização e a necessidade de estruturas cada vez mais complexas e duráveis, a compreensão das manifestações patológicas do concreto torna-se crucial para garantir a segurança e a longevidade das construções. Além disso, o custo associado à reparação de estruturas danificadas é significativamente elevado, tornando a prevenção e a identificação precoce dessas manifestações um fator econômico importante. A relevância deste tema reside na necessidade de aprimorar as práticas de construção e manutenção, contribuindo para a durabilidade e segurança das obras de engenharia civil.

O estudo das manifestações patológicas no concreto justifica-se pela importância de preservar o patrimônio construído e evitar acidentes que possam resultar em perdas materiais e humanas. Além disso, com o aumento da conscientização sobre a sustentabilidade na construção civil, a prolongação da vida útil das estruturas por meio da prevenção e correção dessas manifestações se torna uma prática alinhada aos princípios de economia de recursos e redução de impactos ambientais. Dessa forma, investigar as causas, efeitos e métodos de mitigação das manifestações patológicas de concreto é uma contribuição valiosa para a engenharia civil e para a sociedade em geral.

Nota-se que o concreto armado é um material amplamente utilizado na construção civil devido à sua resistência e durabilidade. No entanto, mesmo sendo robusto, o concreto armado está sujeito a diversos fatores que podem comprometer sua integridade ao longo do tempo. Dessa forma, a questão de pesquisa que orienta este estudo é: Quais os principais fatores que predisõem as patologias em estruturas de concreto armado?

O objetivo geral deste estudo foi analisar as principais causas e consequências das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, identificando medidas preventivas e corretivas para minimizar esses problemas e garantir a durabilidade e segurança das edificações. Os objetivos específicos são caracterizar estrutura de concreto armado; conhecer as principais manifestações patológicas de deterioração de estruturas de concreto armado e descrever os métodos de tratamento que auxiliam na recuperação das mesmas.

O tipo de pesquisa realizada foi uma Revisão Bibliográfica, onde foram pesquisados livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados (livros, sites de banco de dados etc.) Scielo, Capes e BU. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 8 anos. As palavras-chave utilizadas na busca serão: Concreto, Manifestações Patológicas, Prevenção, Vida útil.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Estrutura de concreto armado

Segundo Lima (2016) o concreto armado é uma das técnicas mais difundidas na construção civil, devido à sua capacidade de combinar a resistência à compressão do concreto com a resistência à tração do aço. O uso proporciona uma durabilidade elevada às estruturas, sendo fundamental para obras de grande porte, como pontes e edifícios de múltiplos andares.

Oliveira (2017) cita que a composição essencial do concreto armado é formada por cimento, areia, brita, água e barras de aço, cuja sinergia entre os elementos é fundamental para o desempenho estrutural. Essa interação confere ao concreto armado a capacidade de suportar diferentes tipos de cargas, sendo vital para estruturas que demandam elevada resistência e flexibilidade.

Como observado por Silva (2018) as vantagens do concreto armado são diversas, destacando-se sua versatilidade, resistência ao fogo e a capacidade de ser moldado em uma ampla gama de formas. Essa versatilidade é um fator essencial na construção de estruturas complexas e inovadoras, viabilizando a execução de projetos arquitetônicos arrojados e ousados.

Souza (2019) argumenta que o desempenho estrutural do concreto armado é fortemente influenciado por fatores como a qualidade dos materiais utilizados, a precisão na execução da obra e as condições ambientais às quais a estrutura será exposta. Segundo o autor, uma execução cuidadosa é crucial para assegurar que as estruturas mantenham sua integridade ao longo do tempo.

No entanto, Ribeiro (2015) destaca que a exposição a ambientes agressivos pode acelerar o surgimento de patologias no concreto armado. A corrosão das armaduras é um dos principais fatores de deterioração, afetando diretamente a durabilidade e comprometendo a segurança das estruturas. Esse processo corrosivo ocorre, geralmente, em áreas sujeitas à umidade, maresia ou substâncias químicas, enfraquecendo as barras de aço.

Segundo Costa (2016) as fissuras são um dos principais desafios para a durabilidade do concreto armado, e as aberturas podem atuar como portas de entrada para agentes agressivos, como cloretos e sulfatos, que, ao penetrarem na estrutura, aceleram o processo de corrosão das armaduras. Esse fenômeno compromete a integridade do concreto, reduzindo sua resistência e aumentando o risco de falhas estruturais.

Ferreira (2020) explica que diversos métodos têm sido desenvolvidos para prevenir e reparar patologias no concreto armado. O uso de aditivos que aumentam a impermeabilidade do concreto, dificultando a penetração de agentes agressivos, como uma das soluções mais eficazes. Além disso, o autor recomenda o revestimento das armaduras com materiais resistentes à corrosão, como epóxis ou zinco, como uma medida preventiva que pode significativamente ampliar a vida útil das estruturas.

Martins 920170 destaca que o cobrimento adequado das armaduras é fundamental para proteger o aço da corrosão e garantir a integridade da estrutura e que a espessura mínima do cobrimento deve ser rigorosamente seguida de acordo com as normas técnicas vigentes, pois é esse revestimento que impede a penetração de agentes corrosivos, como a umidade e os sais.

Santos (2021) afirma que diversas inovações têm sido introduzidas no concreto armado, como a incorporação de fibras e o desenvolvimento de concretos de alto desempenho (CAD). O autor discute que essas inovações têm contribuído significativamente para a me-



lhoria das propriedades mecânicas do concreto, resultando em estruturas mais resistentes e duráveis.

A produção de concreto armado exerce um impacto ambiental considerável, principalmente em decorrência das emissões de CO₂ associadas à fabricação do cimento. Nascimento (2022) sugere o uso de materiais alternativos, como cinzas volantes e resíduos industriais, como uma estratégia eficaz para mitigar esse impacto. Esses materiais substituem parcialmente o cimento convencional, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e promovendo a sustentabilidade na construção civil.

As normas técnicas brasileiras, como a ABNT NBR 6118, desempenham um papel essencial na definição dos critérios de projeto, dimensionamento e execução de estruturas de concreto armado. Andrade (2018) ressalta que o cumprimento rigoroso dessas normas é indispensável para assegurar a segurança, a durabilidade e o desempenho adequado das construções.

As condições climáticas e a localização geográfica têm um impacto significativo na durabilidade do concreto armado. Lopes (2019) destaca que, em regiões costeiras, onde há uma alta concentração de cloretos no ambiente, as estruturas de concreto armado ficam mais vulneráveis à corrosão das armaduras. Esse fator torna essencial a adoção de cuidados especiais tanto no projeto quanto na manutenção dessas estruturas.

A manutenção preventiva e o monitoramento contínuo são fundamentais para evitar a progressão de patologias em estruturas de concreto armado. Silva (2023) ressalta a relevância de inspeções periódicas e do uso de tecnologias avançadas, como a termografia, para a detecção precoce de problemas potenciais. Essas técnicas permitem identificar áreas com diferenças de temperatura, que podem indicar a presença de umidade ou corrosão interna.

A formação adequada dos profissionais envolvidos na construção e manutenção de estruturas de concreto armado é essencial para assegurar a qualidade e segurança das obras. Barros (2020) destaca que os cursos de engenharia civil devem incorporar disciplinas específicas sobre patologias do concreto, além de técnicas de prevenção e reparação.

Pereira (2021) conclui que a pesquisa contínua e a inovação desempenham um papel crucial para enfrentar os desafios atuais e futuros da construção civil. Isso inclui o desenvolvimento de materiais mais sustentáveis, técnicas avançadas de monitoramento e métodos de construção mais eficientes, que não só prolongam a vida útil das estruturas, mas também melhoram seu desempenho em termos de segurança e sustentabilidade.

2.2 As principais manifestações patológicas de deterioração de estruturas de concreto armado

Silva e Costa (2015) descrevem a corrosão das armaduras como uma das principais causas de deterioração das estruturas de concreto armado. Eles ressaltam que esse fenômeno ocorre principalmente pela penetração de cloretos, que, ao atingirem o aço, desencadeiam seu processo de oxidação e consequente expansão. Essa expansão provoca tensões internas que levam à formação de fissuras no concreto, comprometendo a integridade estrutural.

Almeida e Ferreira (2016) analisaram a carbonatação do concreto como um processo patológico de grande relevância, particularmente em ambientes urbanos, onde a concentração de dióxido de carbono é elevada. Esse processo ocorre quando o CO₂ presente no

ambiente reage com o hidróxido de cálcio no concreto, reduzindo o pH e, assim, comprometendo a camada de passivação que protege as armaduras.

Almeida e Ferreira (2016) investigaram a carbonatação do concreto como um processo patológico significativo, especialmente em ambientes urbanos, onde há maior presença de dióxido de carbono. A carbonatação provoca a redução do pH do concreto, o que compromete a camada de passivação das armaduras, que é responsável por protegê-las da corrosão. Com a perda dessa proteção, o aço fica exposto à corrosão, acelerando o processo de deterioração das estruturas de concreto armado.

Oliveira e Barbosa (2017) estudaram os efeitos dos ataques por sulfatos em estruturas de concreto armado, destacando que a reação entre os sulfatos presentes no ambiente e os componentes do cimento pode gerar expansão e fissuração no concreto. Esse processo ocorre devido à formação de produtos expansivos, como o etringita, que aumenta o volume interno da estrutura, resultando em fissuras que comprometem sua integridade.

De acordo com Santos e Lima (2018), o congelamento e degelo é uma manifestação patológica pouco abordada no Brasil devido ao clima predominantemente tropical, mas se torna um problema crítico nas regiões sulinas do país, onde as temperaturas mais baixas são comuns. O ciclo de congelamento e degelo pode causar fissuras e deslocamento no concreto, uma vez que a água presente nos poros do material se expande ao congelar, gerando tensões internas.

Gomes e Rocha (2019) investigaram a influência da reação álcali-agregado (RAA) no desempenho de estruturas de concreto armado, observando que a expansão resultante dessa reação pode causar fissuração significativa. A RAA ocorre quando os álcalis presentes no cimento reagem com certos tipos de agregados reativos, formando produtos expansivos que geram tensões internas no concreto.

Pereira e Gonçalves (2020) conduziram um estudo sobre a lixiviação de cálcio, evidenciando que esse processo pode enfraquecer significativamente o concreto ao longo do tempo. A lixiviação ocorre quando a água dissolvida remove o hidróxido de cálcio presente no concreto, aumentando sua porosidade e permeabilidade. Esse aumento na porosidade facilita a entrada de agentes agressivos, como cloretos e sulfatos, agravando outras formas de deterioração, como a corrosão das armaduras.

A pesquisa de Lacerda e Silva (2021) abordou a biodeterioração do concreto, um aspecto frequentemente negligenciado nas discussões sobre patologias do concreto. Os autores demonstraram que organismos biológicos, como bactérias e fungos, podem colonizar a superfície do concreto e, ao longo do tempo, produzir ácidos ou outros subprodutos que contribuem para a degradação do material.

Neves e Machado (2022) investigaram a deterioração de estruturas de concreto armado expostas a ambientes agressivos, como zonas costeiras e industriais, onde a presença de agentes corrosivos é significativamente intensificada. Nesses ambientes, os cloretos, presentes principalmente nas áreas costeiras, e o dióxido de enxofre, comum em regiões industriais, atuam de forma acelerada sobre o concreto e suas armaduras.

Castro e Alves (2023) analisaram o impacto das cargas excessivas em estruturas de concreto armado, evidenciando que a aplicação de cargas superiores às previstas em projeto pode acelerar o surgimento de processos patológicos, como fissuras, deformações e sobrecarga nas armaduras. Os autores ressaltam que essas cargas excessivas comprometem a integridade estrutural, podendo resultar em falhas prematuras ou até mesmo colapso.

Barros e Cardoso (2015) enfatizaram a importância da manutenção preventiva como

uma estratégia eficaz para mitigar a deterioração do concreto armado. Os autores sugerem que inspeções regulares e a realização de reparos imediatos são essenciais para identificar e corrigir patologias incipientes, evitando que problemas menores se agravem e comprometam a integridade estrutural.

Segundo Araújo e Martins (2016), o diagnóstico precoce de fissuras é fundamental para manter a integridade estrutural das construções. Eles desenvolveram métodos de monitoramento inovadores baseados em sensores, que permitem detectar alterações no comportamento estrutural antes que as fissuras se tornem críticas.

Figueiredo e Dias (2017) destacaram a importância crucial de um projeto adequado de misturas de concreto na prevenção de patologias. Eles ressaltam que a escolha criteriosa dos materiais e o uso das proporções corretas são fatores determinantes para minimizar o risco de deterioração ao longo do tempo. Um projeto bem elaborado garante a obtenção de um concreto com propriedades mecânicas e de durabilidade otimizadas.

Lima e Souza (2018) propuseram o uso de aditivos químicos e minerais como uma solução eficaz para aumentar a resistência do concreto às manifestações patológicas, especialmente em ambientes com alta exposição a agentes degradantes. Eles destacam que esses aditivos podem melhorar a impermeabilidade do concreto, reduzir sua porosidade e aumentar a resistência à compressão, fatores que ajudam a prevenir danos causados por cloretos, sulfatos e outros agentes agressivos.

Moreira e Franco (2019) destacaram a importância crucial da educação e formação técnica para engenheiros e técnicos na construção civil, ressaltando que a conscientização sobre as causas e os efeitos das patologias do concreto é essencial para sua prevenção. Eles enfatizam que o conhecimento aprofundado sobre os mecanismos de deterioração, como fissuras, corrosão e carbonatação, permite que os profissionais adotem medidas preventivas e corretivas adequadas desde a fase de projeto até a execução e manutenção das estruturas.

Por fim, Costa e Pereira (2022) avaliaram as tecnologias emergentes na reparação de estruturas de concreto, destacando o uso de polímeros e compósitos como soluções inovadoras e mais duradouras. Esses materiais oferecem maior eficácia no tratamento de estruturas comprometidas, proporcionando resistência superior e maior flexibilidade em relação aos métodos tradicionais de reparo.

2.3 Métodos de tratamento que auxiliam na recuperação das mesmas.

Silva *et al.* (2015) exploraram o uso da realcalinização eletroquímica como uma técnica de reparo em estruturas de concreto armado afetadas pela carbonatação. Essa abordagem se mostrou eficaz na restauração do ambiente alcalino ao redor das barras de reforço, que é fundamental para a proteção contra a corrosão. O processo envolve a aplicação de uma corrente elétrica que promove a migração de íons alcalinos para o concreto carbonatado, reestabelecendo o pH adequado e, conseqüentemente, interrompendo ou retardando a progressão da corrosão.

Costa e Pereira (2016) realizaram um estudo abrangente sobre a aplicação de técnicas de camisamento utilizando polímeros reforçados com fibra (PRF) em estruturas de concreto armado. Esse método demonstrou ser altamente eficaz tanto para aumentar a capacidade de carga das estruturas quanto para mitigar a degradação causada por agentes externos, como umidade e substâncias corrosivas.

Costa e Pereira (2016) apresentaram um estudo detalhado sobre a aplicação de técni-

cas de camisamento com o uso de polímeros reforçados com fibra (PRF) em estruturas de concreto armado. Essa técnica mostrou-se eficaz não apenas no aumento da capacidade de carga das estruturas, mas também na mitigação de degradação adicional causada por agentes externos, como cloretos, umidade e outros contaminantes.

Moreira (2017) investigou a eficácia dos sistemas de proteção catódica em estruturas de concreto armado situadas em regiões costeiras, que são particularmente vulneráveis à corrosão induzida por cloretos. Seus achados indicam que a aplicação da proteção catódica, uma técnica de proteção ativa, pode prolongar significativamente a vida útil dessas infraestruturas, ao reduzir ou interromper o processo de corrosão das armaduras.

Lopes e Barbosa (2018) destacaram o uso inovador de microrganismos em processos de biorremediação para curar fissuras em concreto. O estudo detalhou como esporos bacterianos podem ser utilizados para induzir a precipitação de calcita, um mineral capaz de selar microfissuras no concreto. Esse processo biológico não apenas repara as fissuras de forma natural, mas também previne a entrada de água e outros agentes agressivos que poderiam acelerar a deterioração das estruturas.

De acordo com Carvalho et al. (2019), a injeção de resinas epóxi em fissuras é um método eficaz para restaurar tanto a integridade estrutural quanto a impermeabilização de estruturas de concreto. A pesquisa ressalta que a técnica de injeção deve ser executada com precisão, e a seleção da viscosidade da resina epóxi deve ser cuidadosamente ajustada à largura da fissura. Fissuras mais estreitas requerem resinas de baixa viscosidade para garantir uma penetração adequada, enquanto fissuras maiores podem ser tratadas com resinas de maior viscosidade.

Dias e Oliveira (2020) investigaram a utilização de sílica ativa e cinza volante como materiais cimentícios suplementares para aumentar a durabilidade de estruturas de concreto reparadas. Seus resultados demonstraram que a adição desses materiais melhora significativamente a resistência do concreto ao ataque de sulfatos, além de retardar o processo de corrosão das barras de aço. A pesquisa destacou que esses materiais não apenas aumentam a densidade do concreto, reduzindo sua permeabilidade

Fernandes (2021) revisou os avanços na aplicação de concreto autocurável, com ênfase na incorporação de polímeros encapsulados que liberam agentes curativos quando ocorrem fissuras. Essa abordagem inovadora visa permitir que o concreto repare automaticamente danos internos sem a necessidade de intervenção externa.

Um estudo de Martins e Rocha (2022) avaliou o desempenho de tratamentos superficiais com silanos e siloxanos aplicados em fachadas de concreto. Os autores concluíram que esses tratamentos são altamente eficazes na redução da absorção de água, contribuindo para a proteção das estruturas contra agentes externos. Além disso, os tratamentos demonstraram ser eficientes na prevenção da carbonatação, um dos principais processos patológicos que afetam o concreto em ambientes urbanos.

Martins e Rocha (2022) conduziram um estudo que avaliou o desempenho de tratamentos superficiais com silanos e siloxanos em fachadas de concreto, concluindo que esses produtos são eficazes na redução da absorção de água e na proteção contra a carbonatação. Os tratamentos formam uma camada hidrofóbica que impede a penetração de umidade e, ao mesmo tempo, permite que o concreto “respire”, o que é essencial para evitar o acúmulo de água e a degradação do material.

Um trabalho recente de Nogueira (2023) apresentou uma análise comparativa entre reparos tradicionais de concreto e o uso de argamassas geopoliméricas avançadas. A pesquisa revelou que as argamassas geopoliméricas oferecem propriedades mecânicas

superiores, como maior resistência à compressão e melhor durabilidade em ambientes agressivos, quando comparadas aos métodos tradicionais de reparo.

Santana e Lima (2019) avaliaram a compatibilidade térmica dos materiais de reparo, ressaltando a importância de garantir que os coeficientes de expansão térmica do material original e do material de reparo sejam compatíveis. Eles destacaram que, quando esses coeficientes não estão alinhados, as variações de temperatura podem gerar tensões internas entre os dois materiais, levando à formação de fissuras e comprometendo a integridade do reparo.

De acordo com Pires (2020), os testes ultrassônicos desempenham um papel fundamental no diagnóstico da extensão dos danos internos em estruturas de concreto, sendo uma etapa essencial antes da seleção de uma estratégia de reparo. Esse método não destrutivo permite identificar com precisão áreas afetadas e determinar a profundidade e a gravidade das falhas, facilitando intervenções direcionadas e eficazes.

Freitas et al., (2017) detalharam o papel crucial dos sistemas de monitoramento de saúde estrutural (SHM) na avaliação contínua da eficácia dos métodos de reparo em estruturas de concreto ao longo do tempo. Esses sistemas utilizam sensores integrados para detectar mudanças nos padrões de tensão e estresse, permitindo o acompanhamento em tempo real do comportamento estrutural pós-reparo.

A pesquisa de Barros e Almeida (2021) defende a integração da avaliação do ciclo de vida (ACV) como um fator crucial na seleção de estratégias de reparo de concreto. Eles argumentam que, além de atender às necessidades imediatas de reparo, essa abordagem permite uma análise mais abrangente ao considerar o impacto ambiental e a sustentabilidade das soluções a longo prazo.

Vasconcelos e Neves (2022) propuseram o uso de ferramentas de realidade virtual (RV) para o planejamento e simulação de intervenções de reparo em edifícios históricos. Essa técnica inovadora permite que engenheiros e arquitetos visualizem os resultados potenciais das intervenções antes da execução, facilitando a identificação de soluções mais adequadas e a otimização dos processos de reparo.

Por fim, um estudo de Souza e Cardoso (2023) abordaram os desafios e soluções no reparo de concreto subaquático, com ênfase em ambientes marinhos, onde as condições são particularmente agressivas para estruturas de concreto. Os autores destacam o uso de agentes hidrofóbicos e inibidores de corrosão como estratégias eficazes para aumentar a durabilidade das estruturas submersas.

3. CONCLUSÃO

Neste estudo, foi possível identificar as principais causas e consequências das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, como a corrosão das armaduras e a carbonatação. A revisão bibliográfica evidenciou que esses problemas são influenciados por fatores ambientais, como a presença de cloretos e dióxido de carbono, além de erros na execução e manutenção das obras. Métodos de prevenção e reparo, como o uso de aditivos impermeabilizantes, coberturas adequadas das armaduras e tecnologias emergentes, mostraram-se eficazes para mitigar a deterioração dessas estruturas.

A importância desta pesquisa para o campo da engenharia civil é clara, uma vez que a durabilidade e segurança das estruturas de concreto armado são fundamentais para a infraestrutura moderna. O conhecimento sobre as manifestações patológicas e os métodos de prevenção não só evita colapsos estruturais e perdas materiais, mas também promove

a sustentabilidade ao prolongar a vida útil das construções. Além disso, a incorporação de tecnologias inovadoras, como a biorremediação e o uso de polímeros reforçados, representa avanços significativos para a construção civil.

Para futuros estudos, recomenda-se a ampliação de pesquisas que explorem o impacto das condições ambientais extremas e o desenvolvimento de novos materiais sustentáveis que possam substituir o cimento convencional. A constante inovação e a formação adequada de profissionais da área são essenciais para enfrentar os desafios das construções modernas. Assim, este estudo contribui para a compreensão dos mecanismos de deterioração no concreto armado e apresenta soluções práticas que podem ser aplicadas tanto em novas construções quanto em processos de reparo, garantindo maior durabilidade e eficiência das obras.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Ana; FERREIRA, Lucas. Carbonatação em estruturas de concreto: impactos e prevenções. **Engenharia e Construção**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 4, p. 201-210, abr. 2016.
- ANDRADE, S. F. **Normas técnicas brasileiras para concreto armado**. Florianópolis: Editora ABNT.2018
- ARAÚJO, Francisco; MARTINS, Carlos. Fissuras em concreto: diagnóstico e monitoramento. **Tecnologia em Projeção**, Manaus, v. 24, n. 3, p. 118-126, mar. 2016.
- BARROS, A. L. **Educação e formação profissional em engenharia civil**. Vitória: Editora Acadêmica.2020
- BARROS, Luís; CARDOSO, Denise. Manutenção preventiva em concreto armado: uma necessidade urgente. **Manutenção & Tecnologia**, Fortaleza, v. 18, n. 1, p. 20-29, jan. 2015.
- CARVALHO, I.; FERREIRA, J.; LIMA, K. Uso de resinas epóxi para reparo de fissuras em concreto armado. **Revista Sul-Americana de Engenharia Estrutural**, Belo Horizonte, v. 5, n. 5, p. 165-180, jun. 2019.
- CASTRO, Guilherme; ALVES, Júlia. Impacto das cargas excessivas em estruturas de concreto armado. **Engenharia Estrutural**, São Paulo, v. 25, n. 8, p. 245-254, ago. 2023.
- COSTA, D.; PEREIRA, E. Aplicação de técnicas de camisamento com polímeros reforçados com fibra em estruturas de concreto. **Revista de Estruturas e Materiais, Rio de Janeiro**, v. 2, n. 2, p. 112-130, mar. 2016.
- COSTA, L. M. **Fissuras em concreto armado: impactos na durabilidade**. Curitiba: Editora Técnica Civil. 2016
- COSTA, Ricardo; PEREIRA, Fernanda. Novas tecnologias em reparação de concreto: uma visão geral. **Inovação em Materiais de Construção**, Curitiba, v. 38, n. 6, p. 98-107, jun. 2022.
- DIAS, L.; OLIVEIRA, M. Sílica ativa e cinza volante como materiais cimentícios suplementares. **Revista de Materiais de Construção**, Brasília, v. 6, n. 6, p. 190-205, jul. 2020.
- FERNANDES, N. Concreto auto-curável: Avanços e aplicações. **Revista de Engenharia e Inovação Tecnológica**, Fortaleza, v. 7, n. 7, p. 210-225, ago. 2021.
- FERREIRA, C. H. **Métodos de prevenção e reparação de patologias em concreto armado**. Salvador: Editora Construtiva.2020
- FIGUEIREDO, Ana; DIAS, Sergio. Projeto de misturas de concreto para prevenção de patologias. **Concreto Pronto**, Recife, v. 27, n. 4, p. 192-201, abr. 2017.
- GOMES, Carla; ROCHA, Maurício. Reação álcali-agregado: uma revisão sistemática. **Concreto & Construções**, Belo Horizonte, v. 40, n. 5, p. 66-75, maio 2019.
- LACERDA, Thiago; SILVA, Mariana. Biodeterioração de concreto: estudos e prevenções. **Revista Ecológica**, Salvador, v. 31, n. 4, p. 102-111, abr. 2021.
- LIMA, Marcio; SOUZA, Vanessa. Uso de aditivos para aumentar a resistência do concreto. **Química e Construção**, Porto Alegre, v. 29, n. 2, p. 112-120, fev. 2018.
- LIMA, R. A. **Resistência e durabilidade do concreto armado: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora Técnica. 2016
- LOPES, G.; BARBOSA, H. Biorremediação com microorganismos para a cura de fissuras em concreto. **Revista**

de Inovações Tecnológicas, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 134-150, maio 2018.

LOPES, R. S. **Influência do clima e localização na durabilidade do concreto armado**. Natal: Editora Civil.2019

MARTINS, E. R. **Cobrimento das armaduras em estruturas de concreto armado**. Fortaleza: Editora Normas Técnicas. 2017

MARTINS, O.; ROCHA, P. Tratamento de superfícies de concreto com silanos e siloxanos. **Revista de Proteção de Estruturas**, Manaus, v. 8, n. 8, p. 230-245, set. 2022.

MOREIRA, F. Proteção catódica em estruturas costeiras: Avaliação de eficácia. **Anais da Academia Brasileira de Ciências da Construção**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 200-215, abr. 2017.

MOREIRA, Paulo; FRANCO, Gabriel. Educação técnica em construção civil: foco em patologias do concreto. **Educação Profissional**, São Luís, v. 15, n. 1, p. 45-54, jan. 2019.

NASCIMENTO, G. T. **Sustentabilidade na construção civil**: alternativas para o concreto armado. Belo Horizonte: Editora Sustentável.2022

NEVES, Daniela; MACHADO, Antônio. Deterioração de concreto em ambientes agressivos: uma revisão. **Revista Ambiente Construído**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 159-168, fev. 2022.

NOGUEIRA, Q. Argamassas geopoliméricas como alternativa para reparo de concreto. **Revista de Tecnologia de Construção**, São Luís, v. 9, n. 9, p. 250-265, out. 2023.

OLIVEIRA, M. S. **Composição e desempenho do concreto armado em estruturas urbanas**. Rio de Janeiro: Editora Construção.2017

OLIVEIRA, Pedro; BARBOSA, Felipe. Sulfatação em estruturas de concreto: análise e consequências. **Jornal de Patologia do Concreto**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 50-58, jan. 2017.

PEREIRA, José; GONÇALVES, Ricardo. Lixiviação de cálcio em concreto: causas e efeitos. **Anais da Academia Brasileira de Ciências da Construção**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 88-97, jun. 2020.

PEREIRA, V. H. **Perspectivas futuras para o concreto armado**. Goiânia: Editora Engenharia do Futuro.2021

RIBEIRO, A. P. **Patologias no concreto armado**: causas e soluções. Recife: Editora Engenharia Estrutural. 2015

SANTOS, P. V. **Inovações tecnológicas no concreto armado**: uma abordagem prática. Campinas: Editora Inovação.2021

SANTOS, Roberto; LIMA, Eduardo. Congelamento e degelo: estudo de caso em regiões frias do Brasil. **Revista de Engenharia do Sul**, Curitiba, v. 22, n. 3, p. 134-143, jun. 2018.

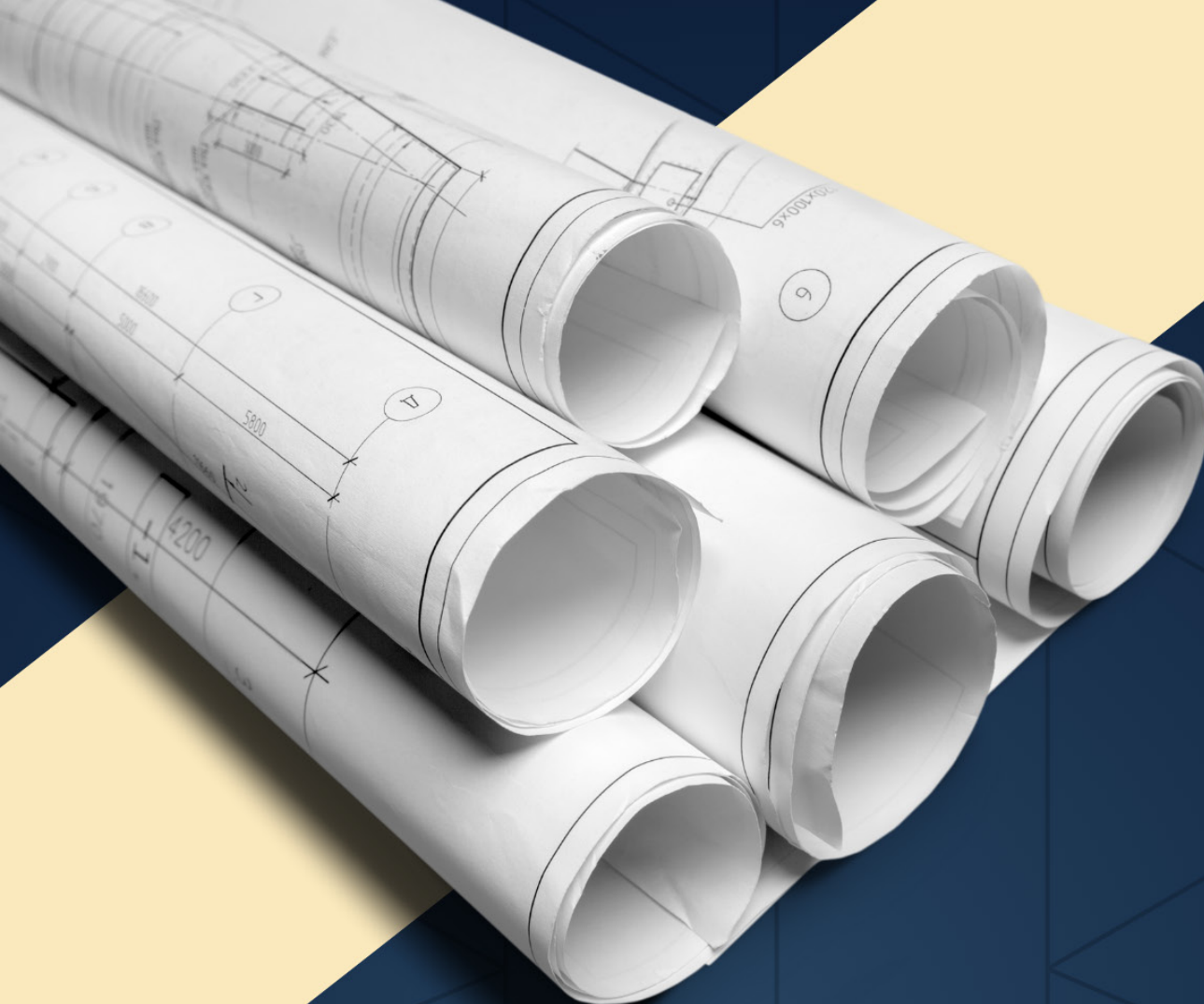
SILVA, A.; SOUZA, B.; MOURA, C. Realcalinização eletroquímica como método de tratamento para estruturas de concreto armado. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 50-65, jan. 2015.

SILVA, João; COSTA, Maria. Estudo sobre a corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 112-120, mar. 2015.

SILVA, M. J. **Manutenção e monitoramento de estruturas em concreto armado**. Manaus: Editora Técnica.2023

SILVA, T. R. **Vantagens do concreto armado na construção moderna**. Brasília: Editora Engenharia. 2018

SOUZA, J. F. **Desempenho estrutural de obras em concreto armado**. Porto Alegre: Editora Civil. 2019



20

REAPROVEITAMENTO DO CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

REUSE OF CONCRETE IN CIVIL CONSTRUCTION

**Roney Stellion de Brito
Matheus da Silva Azevedo**

Resumo

O desperdício de matérias provenientes da construção civil resulta em diversos prejuízos financeiros para o setor, recurso essencial como o concreto requer quantidades significativas para indústria. Reduzir o desperdício desses agregados significa usar melhor os recursos naturais, seguindo os princípios de sustentabilidade. Visto que os resíduos não são geridos corretamente nas construções, causando desperdícios no andamento da obra ou indústria. O processo de planejamento estratégico para minimizar as perdas no setor se alinha aos conceitos propostos para a gestão de consumo de materiais em canteiro de obras, às metodologias hoje existentes de gestão de resíduos estão criando condições necessárias para mudanças na forma de utilizar resíduos para o setor. A vantagem de usar resíduos recicláveis é que eles podem ser aplicados de forma proveitosa na substituição desses agregados naturais. Dessa forma, a responsabilidade no planejamento dos materiais obtidos a partir de agregados pode ser aplicada em diferentes setores de uma construção, sem apresentar diferenças significativas.

Palavras-chave: Construção, Concreto, Desperdício, Sustentabilidade.

Abstract

The waste of materials from civil construction results in several financial losses for the sector, an essential resource such as concrete requires significant quantities for industry. Reducing the waste of these aggregates means making better use of natural resources, following the principles of sustainability. Since waste is not managed correctly in construction, causing waste in the progress of the work or industry. The strategic planning process to minimize losses in the sector is aligned with the concepts proposed for the management of material consumption at the construction site, and the existing waste management methodologies are creating the necessary conditions for changes in the way waste is used for the sector. The advantage of using recyclable waste is that it can be usefully applied to replace these natural aggregates. Thus, the responsibility in the planning of materials obtained from aggregates can be applied in different sectors of a construction, without presenting significant differences.

Keywords: Construction, Concrete, Waste, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Pagani (2023) a maior vantagem de se utilizar resíduos reciclados é que eles podem substituir uma grande quantidade de agregados naturais na fabricação de concreto, blocos e pavimentação. É altamente benéfico, pois atua diretamente na diminuição da agressão ao meio ambiente e melhora a qualidade de vida da população.

As fases iniciais de muitos projetos de construção podem envolver demolições de fundações de concreto, calçadas e outras estruturas. Isso gera um volume considerável de materiais pesados e densos para lidar. Assim, o concreto é o material mais utilizado no mundo, devido à versatilidade, à resistência, à facilidade de manuseio, à acessibilidade, à estética, entre outros fatores.

O referido estudo tem como tema “O reaproveitamento do concreto após a sua utilização”. A escolha do tema se deu pelo fato de que o desperdício deste gera inúmeros prejuízos orçamentários para o setor, visto que o concreto é um recurso essencial na construção e sua produção requer quantidades significativas de recursos naturais. Reduzir o desperdício dele implica uma utilização mais eficiente desses recursos, alinhando-se aos princípios de sustentabilidade.

Compreendendo que, hodiernamente, percentuais mostram um alto índice de desperdício do concreto na construção e na indústria. Dessarte, a pesquisa responderá o seguinte problema: O desperdício de concreto gera prejuízo orçamentário no setor e na construção civil. Como aproveitá-lo?

Dessa forma, o objetivo geral da pesquisa se baseia em discorrer sobre diretrizes para o remanejo eficiente de resíduos de concreto no setor e na construção civil, apresentando situações desses prejuízos orçamentários.

Outrossim, deve-se elucidar os principais mecanismos de reaproveitamento do concreto já produzido, visando métodos de qualidade e sustentabilidade ambiental. Seguindo os objetivos específicos, propõe-se abordar sobre o processo produtivo no setor e a relação da utilização do concreto na construção civil, contextualizar formas de reaproveitamento do material excedente para uso reverso; evitando, dessa forma, o seu desperdício e o prejuízo orçamentário.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O estudo a ser realizado trata-se de uma revisão bibliográfica, com pesquisa de caráter qualitativo e descritivo. As análises serão feitas em livros, artigos científicos, dissertações e teses publicadas nos últimos dez anos, isto é, 2014 a 2024. Entre as bases de dados que serão pesquisadas estão o Google Acadêmico. Os descritores utilizados na pesquisa serão “análise de custo”, “desperdício na construção civil”, “gestão de resíduos”, “remanejo do concreto”, dentre outros.

2.2 Resultados e Discussão

Os recursos naturais foram utilizados sempre pelo homem de forma inconsequente



durante décadas após décadas, ou seja, não havendo uma real preocupação com os impactos causados ao meio ambiente pela ação antrópica (Pellenz, 2016).

Assim, pode-se inferir acerca da importância da reciclagem para o meio ambiente e para a sustentabilidade. A reutilização de materiais na construção civil é significativamente benéfica para o meio ambiente, uma vez que é ecológica e ambientalmente correta. A separação dos resíduos possibilita uma destinação adequada dos materiais. (Teixeira, 2016)

Lima (2020) tem como um dos seus conceitos principais a busca por eliminar ao máximo as perdas e os desperdícios gerados no processo produtivo. Isso considerando todas as suas etapas, desde o desenvolvimento do produto, passando por sua distribuição e chegando à entrega do produto acabado ao mercado consumidor.

Souza (2016), o Standard Treatment Protocol (STP) está relacionado aos princípios de produção com perdas e o sistema utiliza diferentes ferramentas estratégicas para alinhar a produção, eliminar desperdícios e realizar esforços para tornar esses desperdícios em valor. Dessa maneira, haverá produção reduzida, produção sem estoques, eliminação de desperdícios, produção de alto valor agregado e produção rápida. De fato, com planejamento e criatividade é possível simplificar muitas atividades, as quais agregam fluxo, organização e conscientização sobre o remanejo dos resíduos da construção em caráter de pesquisa, como o concreto.

De acordo com o Pérez (2016), a construção enxuta é baseada em onze princípios que ajudam a melhorar a construção e a reduzir gastos, como por paradas, perdas de materiais, reprocessamento e atividade que não acrescentavam valor, dentre outros.

Muitos autores definiram o termo desperdício, resíduos de construção, conforme expresso por Jin, Yuan e Chen (2019), como um material que precisa ser transportado para outro lugar ou usados dentro do canteiro de obras para o aterro, incineração, reciclagem, reutilização ou compostagem, em vez do objetivo do projeto. Isso acontece, visto que, muitas vezes, mudam de material ou não são usados corretamente.

Kreisig (2023) as taxas de lixo podem variar dependendo do tipo de construção, do sistema de gestão e das políticas públicas. Outrossim, é importante fazer tudo para não deixar resíduos, saber quanto lixo é produzido, pois existem muitas maneiras de saber o que é desperdício.

Araújo Junior (2022) afirma que os resíduos podem ser categorizados de acordo com sua origem, a saber, a fase em que ocorrem as causas raízes dos resíduos dividiram o desperdício em dois tipos: Resíduos diretos de perdas desses materiais. O segundo é o desperdício indireto: sem perdas diretas.

Segundo Ângulo (2022), estima-se que, dos resíduos decorrentes de construções civis, metade é proveniente de demolições e a outra metade das construções novas.

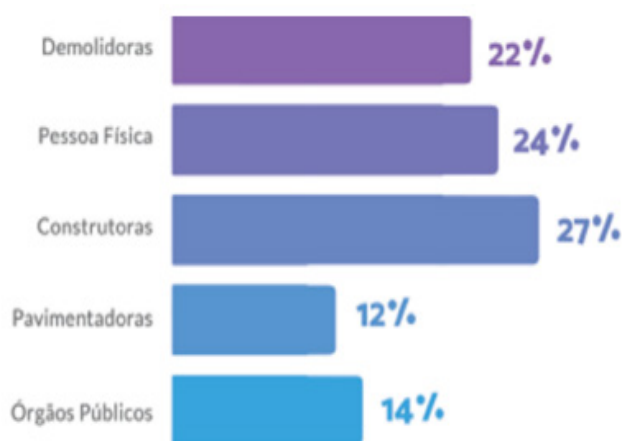


Figura 1. Principais clientes geradores de RCD.

Fonte: Adaptado da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (2018) apud Paulino (2023).

A figura 1, apresenta dados relevantes de outros estudos. A construtora é responsável por cerca de 23.9% do RCD gerado, enquanto o pequeno produtor é responsável por cerca de 74.9% do RCD gerado. Isso demonstra a relevância de se promover a redução e a reutilização entre pequenos produtores, o que corrobora com a afirmação de que a maioria do cimento é consumida pelos pequenos consumidores. Nesse caso, é importante lembrar que grandes geradores, por causa do mau hábito de construir, não fazem uma boa separação do material antes de destacar. Isso gera um lixo não reciclado. As construtoras e pessoas físicas foram os maiores geradores de RCD com 26,90% e 23,9%.

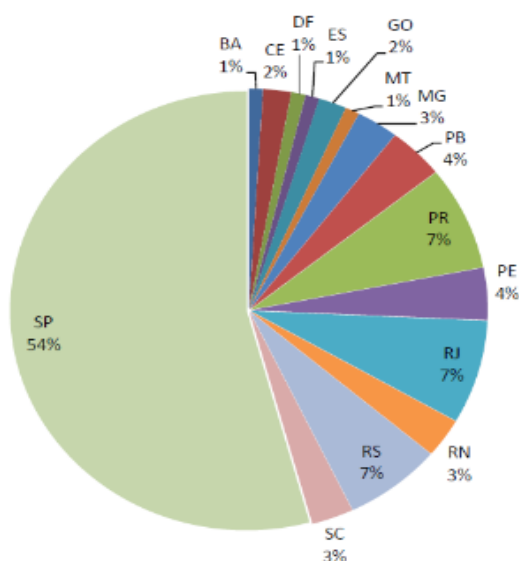


Figura 2. Concentração de usinas de reciclagem por estado.

Fonte: MIRANDA, 2016.

No caso da Figura 2, temos uma apresentação do panorama nacional das usinas, totalizando 105 usinas que constam da pesquisa setorial da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição. No entanto, é conhecido que o número de usinas em operação é de pelo menos 310 em todo o Brasil. No que diz respeito às participantes do estudo, 83% pertenciam ao setor privado, 10% ao governo e 7% eram parcerias público-privadas. De acordo com informações da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição, aproximadamente 52% das usinas do país geram aproximadamente 3.000 m³ de agregado por mês. Adicionalmente, 30% das usinas afir-

mam possuir uma capacidade nominal de produção superior a 10.000 m³/mês, contudo, somente 11% estão alcançando essa marca de produção (Marques, 2020).

Analizando a possibilidade de reciclagem e reaproveitamento de materiais de construção, bem como a eficácia dos métodos utilizados com a ideia de ciclo fechado de materiais. A implementação do ciclo fechado na produção industrial requer que determinados produtos sejam objeto de logística reversa, isto é, suas coletas sejam realizadas e devolvidas ao setor produtivo para reuso futuro.

Patrício (2021), os resíduos não são geridos corretamente nas construções, causando desperdícios. Consequentemente, esses resíduos influenciam diretamente nas etapas em andamento de obra, bem como um processo de planejamento estratégico para minimizar as perdas no setor.

De Souza (2018), trata da reciclagem do concreto na construção civil. Para ele, entre os diversos materiais, o concreto apresenta um potencial de crescimento significativo. A reutilização ocorre, sobretudo, devido ao conhecimento de fabricação e fator (fck, idade etc.) e seu grau de dificuldade são a contaminação de outros (plástico, papel etc.)

Lima (2017), na Resolução Conama nº 307, estabeleceu que consumidores públicos e privados devem elaborar e implementar um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC).

Estabelecido pela Resolução do Conama 307/2002, os resíduos da construção civil devem ser tratados pela Conama. Assim, são classificadas em quatro categorias distintas: Classe A, B, C e D. Caetano, (2016).

A destinação dos Resíduos da Construção Civil (RCC) deve ser referente ao tipo e composição dos resíduos. Os resíduos da classe A não podem ser misturados com outros materiais nas áreas de triagem, reciclagem ou aterros da construção (Da Silva, 2020).

Amorim (2016), os resíduos da construção civil são aqueles que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados. A reutilização pode ser uma ótima opção de material para a busca de soluções sustentáveis nas construções. As pesquisas científicas pioneiras que abordaram o uso de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD) foram realizadas no Brasil.

Ao usar um RCD, é possível concluir que há uma necessidade fundamental de aquisição de matéria-prima entre os principais setores da construção civil. Esses, por sua vez, surgem da decomposição de materiais recicláveis. Nesse aspecto, o concreto pode ser usado tanto neste caso específico quanto em outros que estejam nas mesmas condições. Dessa forma, ao se referir a fontes para a produção de agregados, costuma-se referir à construção civil. Resende, (2016).

André e Paul (2014), os agregados de RCD são feitos de vários materiais, como concreto, argamassa, cerâmicas e etc... Para receber o concreto, é preciso fazer algumas operações para determinar a composição do material, que pode variar, pois não é só de concreto.

Apesar do cimento apresentar a maior quantidade de dióxido de carbono durante sua fabricação em comparação com outros materiais similares, preservando os recursos naturais através da redução da extração de brita e areia, já seria um grande ganho ambiental, especialmente, se considerarmos o valor do concreto produzido diariamente (Nanya, 2018).

Bezerra (2018) essa prática é benéfica para o meio ambiente e para a população, já que haverá uma diminuição no descarte de materiais usados nas construções em locais inadequados, o que poderá causar danos ambientais. Dessa forma, a responsabilidade no que tange aos planejamentos dos materiais obtidos a partir de agregados sejam utilizados

em diferentes setores de uma obra, sem apresentar diferenças significativas de qualidade em relação aos outros concretos, que atualmente utilizam recursos naturais e causam grandes danos ambientais.

3. CONCLUSÃO

A construção civil apresenta vários cenários diante de novos empreendimentos, o consumo desenfreado na exploração de recursos naturais tem significado muito no quesito social e ambiental pelo consumo direto desses materiais que é garantido pelo padrão de Norma aplicado tradicionalmente que contradiz a opção de implementar a condição de adequação no planejamento do uso de subprodutos de usinas beneficiadoras de concreto já reciclado para a indústria e para a construção.

Políticas públicas e órgãos privados são desafiados a proporcionar uma construção limpa e sustentável, desgastando o assunto alienadamente para a gestão de recurso. No entanto, é necessário cumprir a Norma NBR para permitir a liberação no progresso da indústria.

Faz-se necessário conscientizar indústrias sobre o uso de novas tecnologias, com o fito de evitar o retrabalho no que tange ao reaproveitamento desses. Em contrapartida, em outro cenário desmerecido pelo planejamento, seria viável investir em subproduto descartado, que, após sua preparação, torna-se qualificado, vindo de usinas recicladoras autorizadas para devolver esses materiais de forma limpa, garantindo um novo balaço na economia para o mercado e para a indústria.

Efetivamente, observa-se a importância de reutilizar esses materiais de forma eficiente, uma que o início de proposta se faz na sustentabilidade e na diminuição da exploração, gerando assim uma cadeia no desenvolvimento em cada etapa do planejamento.

Portanto, é fulcral uma comunicação categórica sobre o uso de reciclados, novos treinamentos e capacitação das equipes de trabalhos, conscientizando sobre o desperdício, gerando avanço na preparação para o uso de novas tecnologias e, principalmente, mudanças graduais que implementem novas etapas para o futuro.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO JÚNIOR, Carlos ALBERTO de et al. **Filosofia lean construction para redução de perdas de concreto usinado aplicada em uma obra na cidade de Paulista-PE**, 2022.
- ANGULO, Sérgio CIRELLI; OLIVEIRA, Lidianne SANTANA; MACHADO, Leonardo. Pesquisa setorial ABRECON 2020: **a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil**, 2022.
- ANDRÉ, PAUL. **Utilização de resíduos de demolições na reconstrução da infraestrutura viária do Haiti**, 2014.
- AMORIM, Aldo SIERVO de. **Análise crítica da viabilidade econômica e ambiental do processo de reciclagem de resíduos de construção civil no âmbito de um município**, 2016.
- BEZERRA, Denisson SOARES. **A Gestão dos resíduos sólidos no município de Aracaju**, 2018.
- CAETANO, Marcelo OLIVEIRA; SELBACH, João BATISTA Oliveira; GOMES, Luciana PAULO. **Composição gravimétrica dos RCD para a etapa de acabamento em obras residenciais horizontais. Ambiente Construído**, v. 16, p. 51-67, 2016.
- DA SILVA, Camila FERREIRA Lozano; PERTEL, Monica. **Gestão de resíduos sólidos na construção civil: proposta de um plano de gerenciamento para reforma. Boletim do Gerenciamento**, v. 14, n. 14, p. 40-48, 2020.
- KREISIG, Juliane THIBES et al. **Fatores preditores do comportamento de reciclagem: um estudo compara-**



tivo em municípios com diferentes índices de gestão de resíduos, 2023.

LIMA, Samyson JORDY Cortez de. **Construção enxuta e gerenciamento de obra: um estudo de caso em residência de alto padrão, 2020.**

MARQUES, Henrique FERNANDES et al. **Reaproveitamento de resíduos da construção civil, 2020.**

NANYA, Carolina SHIMOMURA. **O uso de resíduo de construção civil como substituto de agregados naturais em concretos, 2018.**

PELLENZ, Mayara; DE BASTIANI, Ana Cristina Bacega. **O mito da sustentabilidade. Constituição, Economia e Desenvolvimento, 2014.**

PÉREZ, Cristina TOCA. **Proposta de um método para a identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte nos fluxos físicos em canteiros de obras, 2016.**

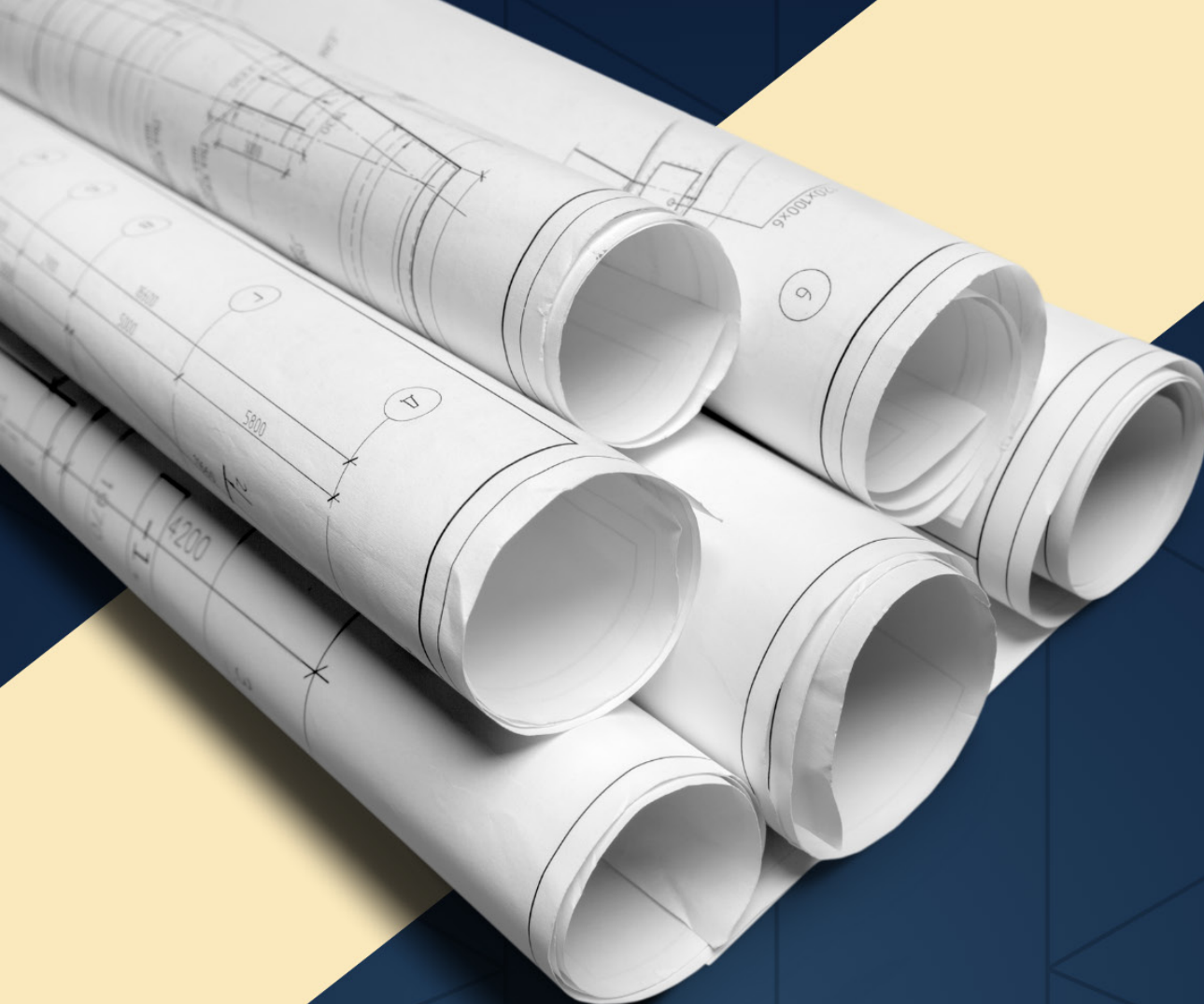
PAGANI, Regina NEGRI; PRZYBYSZ, André LUIZ; DE SÁ, Clayton PEREIRA. **Cidades inteligentes e desenvolvimento sustentável: o contexto dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. AYA Editora, 2023.**

PATRÍCIO, Bárbara MACHADO. **Proposta de melhoria na prática da gestão de resíduos de construção e demolição, 2021.**

RESENDE, Murilo HENRIQUE et al. **POTENCIAL DE RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO DE RIO VERDE-GO, 2023.**

SOUZA, Mariane Cásseres et al. **Identificação de perdas em processo de e-commerce segundo o referencial do sistema toyota de produção. Holos, v. 8, p. 192-210, 2016.**

TEIXEIRA, Daniel GOUVEIA de C. **A regulação do aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: um caminho de gestão municipal urbano ambiental, 2015.**



21

GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

WASTE MANAGEMENT IN CONSTRUCTION

**Matheus Victor dos Santos Dias
Werbeth de Vales Silva**

Resumo

Este estudo aborda a gestão de resíduos na construção civil, com foco em práticas sustentáveis que minimizem o impacto ambiental da geração de resíduos durante a construção. O objetivo geral é identificar estratégias eficazes, como reutilização de materiais, otimização do planejamento e reciclagem, para reduzir a quantidade de resíduos gerados. O método é baseado em revisão de literatura, analisando estudos dos últimos 10 anos, utilizando palavras-chave relacionadas à gestão de resíduos e sustentabilidade. Entre os principais problemas ambientais destacados estão o tratamento inadequado de resíduos e a falta de reutilização, levando a impactos negativos como sedimentação e bloqueio de sistemas de drenagem. Para minimizar esses impactos, o estudo apresenta o uso de tecnologias como o BIM (*Building Information Modeling*), que auxilia na redução de desperdícios por meio da otimização do projeto e da gestão de materiais. Além disso, o estudo discute a importância de um sistema eficaz de coleta e classificação de resíduos, de acordo com as orientações da Resolução CONAMA nº 307/2002, que classifica os resíduos em categorias com base no mecanismo de reciclabilidade e no nível de perigo. O estudo conclui que a adoção de práticas sustentáveis e a utilização de tecnologia avançada podem promover uma gestão de resíduos mais eficaz, minimizar o impacto ambiental e promover uma economia circular no setor da construção.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Redução de Resíduo, Reciclagem de Materiais e Impacto ambiental.

Abstract

This study addresses waste management in the construction industry, focusing on sustainable practices that minimize the environmental impact of waste generation during construction. The overall objective is to identify effective strategies, such as material reuse, planning optimization, and recycling, to reduce the amount of waste generated. The method is based on a literature review, analyzing studies from the last 10 years, using keywords related to waste management and sustainability. Among the main environmental problems highlighted are inadequate waste treatment and lack of reuse, leading to negative impacts such as sedimentation and blockage of drainage systems. To minimize these impacts, the study presents the use of technologies such as BIM (*Building Information Modeling*), which helps reduce waste through design optimization and material management. In addition, the study discusses the importance of an effective waste collection and classification system, in accordance with the guidelines of CONAMA Resolution No. 307/2002, which classifies waste into categories based on the recyclability mechanism and level of hazard. The study concludes that the adoption of sustainable practices and the use of advanced technology can promote more effective waste management, minimize environmental impact and promote a circular economy in the construction sector.

Keywords: Sustainability, Waste Reduction, Material Recycling and Environmental Impact.

1. INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos na construção civil é um campo importante e em constante desenvolvimento na indústria da construção, visando otimizar o tratamento e a destinação dos resíduos gerados durante a construção. Com a crescente consciência ambiental e a necessidade nas práticas mais sustentáveis, a gestão eficaz de resíduos tornou-se uma prioridade máxima para empresas e profissionais da indústria. A capacidade de processar grandes volumes de dados e obter informações valiosas tornou-se uma vantagem competitiva fundamental, ajudando a identificar padrões, tendências e áreas de melhoria na gestão de resíduos.

Confrontada com a urgência da crise ambiental global, a gestão sustentável dos recursos tornou-se uma das principais preocupações na indústria da construção, anteriormente conhecida pelo seu significativo impacto ambiental, está agora cada vez mais sob escrutínio para a adoção de práticas mais responsáveis. Embora tenham sido alcançados processos significativos, ainda existem limitações que precisam ser ultrapassadas no processo de gestão de resíduos de construção, tais como falta de normalização, dificuldade em classificar eficazmente os resíduos e desafios logísticos envolvidos na sua recolha e processamento. No entanto, é essencial reconhecer que estas limitações representam oportunidades de melhoria e inovação no campo.

Justifica-se a presente pesquisa pois com a crescente tendência por práticas mais sustentáveis, a gestão eficaz de resíduos tornou-se uma prioridade máxima para empresas e especialistas do setor. Estratégias como reutilização de materiais, otimização do planejamento de materiais e reciclagem são essenciais para reduzir a quantidade de resíduos gerados e transformá-los em um recurso valioso. O estudo também visa compreender os impactos ambientais da geração de resíduos, desenvolver opções de design sustentáveis e estabelecer sistemas eficientes de coleta e segregação, promovendo uma gestão de recursos mais eficiente e responsável na construção.

O estudo pretende dar um contributo significativo para a sociedade, promovendo práticas mais sustentáveis no setor da construção, potencialmente criando novas oportunidades. Além disso, para a comunidade académica, oferece uma oportunidade de aumentar o conhecimento e desenvolver métodos inovadores, promovendo assim o progresso científico e tecnológico na importante área que é garantir a sustentabilidade.

Diante desse contexto questionou-se: Como a implementação de práticas de gestão de resíduos pode influenciar na redução dos impactos ambientais durante o processo construtivo? Tendo como objetivo geral compreender como reduzir a quantidade de resíduos gerados durante o processo construtivo implementando estratégias de reutilização de materiais, otimização do planejamento de materiais, adoção de técnicas de construção modular e investimento em práticas de reciclagem.

O objetivo da pesquisa foi analisar a gestão de resíduos na construção civil. Como objetivos específicos: Estudar os impactos ambientais associados à geração de resíduos na construção civil, expor alternativas de design que minimizem a geração de resíduos durante a construção, descrever pontos de coleta e separação de resíduos no local da construção, facilitando a reciclagem de materiais como metais, plásticos e vidros.



2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia consistiu em uma revisão bibliográfica para fornecer uma base sólida e informada para a discussão do tema em análise. Nesse processo, foi explorada uma ampla gama de estudos científicos, conceitos e pesquisas dos últimos 10 anos. Foram utilizadas grandes fontes de estudos, incluindo bancos de dados renomados como o Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Gestão de Resíduos, Sustentabilidade, Redução de Resíduo, Reciclagem de Materiais e Impacto ambiental.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Impactos Ambientais Associados à Geração de Resíduos na Construção Civil.

Grande parte dos problemas ambientais gerados pela construção civil está relacionada à destinação inadequada dos resíduos sólidos e ao reaproveitamento insuficiente desses materiais. Como consequência, ocorrem problemas como o assoreamento de rios e o entupimento de galerias de drenagem, agravando as dificuldades urbanas durante o período de chuvas (HOLANDA; BARBOSA, 2011).

Por senti interferência das ações humanas a (CONAMA) visa promover o desenvolvimento sustentável, exigindo a realização de estudos de impacto ambiental (EIA) e relatórios de impacto ambiental (RIMA) para empreendimentos e atividades potencialmente impactantes. Além disso, estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental e define os órgãos responsáveis pela análise e aprovação desses estudos.

Nesse sentido os autores Sánchez (2013, p. 35) citado pelo I Congresso Nacional de Geografia Física (2017, p. 7191) “As ações são as causas, os impactos são as consequências, enquanto os aspectos ambientais são os mecanismos ou os processos pelos quais ocorrem as consequências” (SÁNCHEZ, 2013, p. 35).

Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986 considera o impacto ambiental:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986, Artigo 1º).

O impacto ambiental, conforme definido pela CONAMA, refere-se a qualquer alteração no meio ambiente causada por atividades humanas, podendo ser positivo ou negativo. Essas alterações podem ser caracterizadas pela frequência, extensão, reversibilidade e magnitude. A compreensão desses parâmetros é crucial para avaliar e mitigar os efeitos das atividades humanas sobre o meio ambiente (CONAMA 1986).

O aspecto ambiental pode ser compreendido como a forma pela qual uma ação hu-

mana provoca um impacto no meio ambiente. Por exemplo, a geração de resíduos sólidos não é o propósito principal das atividades humanas, mas esse aspecto está intrinsecamente relacionado aos processos produtivos.

A geração de resíduos não constitui um impacto ambiental em si, mas sim a alteração na qualidade ambiental que decorre dessa geração. O impacto é a manifestação sobre o receptor, seja ele do meio físico, biótico ou antrópico (SÁNCHEZ, 2013).

2.2.2 Alternativas de desing que minimizem a geração de resíduos durante a construção

Os softwares BIM permitem uma modelagem mais detalhada, a coordenação de projetos, a detecção de erros e a otimização do design, contribuindo para a redução do desperdício de materiais desde as fases iniciais do projeto até a construção física (Vasconcelos, 2016).

Scheer e Carvalho (2015) definem que a ferramenta BIM tem se destacado como uma alternativa crucial para aprimorar a gestão de resíduos na construção. Estudos evidenciam a conexão entre projetos que visam minimizar a geração de resíduos e sistemas BIM que quantificam os resíduos de construção e demolição (RCD) em modelos virtuais. Consequentemente, o BIM desempenha um papel significativo na gestão eficaz de RCD, permitindo tomadas de decisão que têm um impacto direto na minimização dos resíduos na construção.

Won, Cheng e Lee (2016) “[...] mostram que a validação de projeto baseada em BIM poderia evitar de 4,3 a 15,2% dos resíduos de construção que poderiam ter sido gerados sem o uso do BIM”.

O uso dessa ferramenta no projeto de construção oferece aos profissionais do setor a oportunidade de adotar uma abordagem proativa para planejar e gerenciar materiais de construção, segundo os autores Cash (2019) e O’Reilly (2017), é particularmente durante os estágios de projeto que a redução da geração de resíduos de construção poderia ser apoiada e aprimorada mediante seu uso.

A autora Liu (2014) destaca que:

diversas pesquisas já foram realizadas explorando o desperdício na construção e a tecnologia BIM separadamente, sem considerar a relação entre os temas. É importante notar, no entanto, que a otimização dos materiais utilizados em uma obra pode ser substancialmente melhorada com a utilização de dados mais precisos de quantitativos de materiais e de compatibilidade de projetos, o que pode ser proporcionado pelo uso da modelagem (Liu 2014).

De acordo com Rodrigues “Minimizar significa reduzir a geração do resíduo no ato do consumo ou na produção do bem ou serviço. Se o resíduo gerado passa a ser percebido como matéria-prima mal aproveitada, ele será valorizado”.

Eastman et al. (2014) citam a utilização do software para o levantamento de quantitativos é amplamente reconhecida como uma aplicação crucial. Ao empregar o BIM nesse contexto, é possível reduzir desperdícios causados por materiais não utilizados no local da obra, o que por sua vez permite um planejamento mais preciso para a aquisição dos materiais necessários. Além disso, os quantitativos gerados estão diretamente ligados aos aspectos financeiros do projeto. Consequentemente, os custos relacionados à aquisição

de materiais podem ser cuidadosamente analisados em relação ao orçamento total, facilitando a tomada de decisões e a destinação adequada dos recursos.

2.2.3 Pontos de coleta e separação de resíduos no local da construção

A Resolução CONAMA nº 307/2002 estabelece diretrizes para a gestão dos resíduos da construção civil, promovendo sua redução, reutilização, reciclagem e disposição adequada. As principais medidas incluem a responsabilidade compartilhada entre diversos setores, estímulo à reutilização e reciclagem, classificação dos resíduos em classes de acordo com sua periculosidade, diretrizes para gestão integrada dos resíduos, definição de áreas para disposição final, exigência de Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) e fiscalização para garantir o cumprimento da resolução.

A Resolução nº 307/2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), divide os resíduos em quatro grupos:

Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como os gerados por construções, demolições, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura. Também estão inclusos os componentes cerâmicos, como telhas, placas de revestimentos, tijolos e outros (CONAMA 2002).



Fonte: Euro Separadora

Classe B: resíduos recicláveis para outros setores e destinos, como plásticos, papéis, madeiras, metais, papelões, vidros e embalagens vazias (CONAMA 2002).



Fonte: Euro Separadora

Classe C: resíduos que não apresentam, até o momento, possibilidades de reciclagem ou recuperação diante das tecnologias ou aplicações atuais, já que essas não são economicamente viáveis (CONAMA 2002).



Fonte: Euro Separadora

Classe D: resíduos que oferecem riscos pela sua composição, como tintas, solventes, óleos e outros materiais que podem contaminar ou prejudicar a saúde de quem os manuseia. Esses resíduos têm como origem reformas, reparos de clínicas radiológicas e instalações industriais, bem como demolições. Além disso, também estão incluídos nessa categoria materiais como telhas e objetos que contêm amianto ou outros produtos nocivos à saúde (CONAMA 2002).



Fonte: Euro Separadora

O transporte desses RCC pode ser realizado por pessoa física ou jurídica seguindo todos os procedimentos para o gerenciamento correto desses e o descarte em locais conforme determinado pelo CONAMA.

A resolução 348 do CONAMA de 2004 classifica os resíduos de classe D como: tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Segundo a Resolução 431 do CONAMA de 2011, os RCC de classes C e D deverão ser armazenados sem exposição ao tempo e ao solo já que se trata de resíduos cujo suas propriedades podem causar contaminação do solo e liberação de gases tóxicos, também não

podem exalar odores e nem causar poluição visual do local e seu transporte e destino devem ser realizados de forma correta, pois esses resíduos ainda não possuem tecnologias para a sua reciclagem.

Após a coleta seletiva, o material é direcionado para tratamento específico: a fração orgânica é encaminhada para compostagem, um processo que transforma resíduos em adubos úteis para uso doméstico, agrícola ou em jardinagem. Enquanto isso, os materiais recicláveis secos são enviados para instalações de triagem, onde ocorre uma seleção meticulosa realizada por usinas municipais ou por cooperativas e associações de catadores (GRIMBERG; BLAUTH, 1998).

De acordo com os autores Upendra, Shashidhar e Reni (2017, p. 2 *apud* PINTO, 2018, p. 18) “Muitos fatores podem influenciar os programas de reciclagem em diferentes locais. Alguns desses fatores incluem: participação pública, comportamentos e atitudes de reciclagem e o papel das estruturas reguladoras. O engajamento público é reconhecido como crítico para construir um programa de reciclagem bem sucedido”.

3. CONCLUSÃO

A presente pesquisa voltada à análise da gestão de resíduos na construção civil, aborda uma série de questões relacionadas com os impactos ambientais, opções de design, bem como técnicas de recolha e classificação de resíduos. O objetivo principal é aprender como reduzir a quantidade de resíduos gerados durante a construção através de estratégias de reaproveitamento de materiais, otimização do planejamento e adoção de medidas sustentáveis como reciclagem e construção modular, parcialmente alcançado.

Ao longo da pesquisa, ficou claro que a gestão eficaz de resíduos é fundamental para minimizar o impacto ambiental, confirmando que a indústria da construção, que historicamente tem sido associada à geração de muitos resíduos, estratégias mais eficazes e integradas precisam ser adotadas para mitigar esses impactos. O uso de tecnologias como o BIM tem demonstrado grande potencial na melhoria do planejamento e quantificação de materiais, reduzindo assim o desperdício desde o projeto até a construção.

No entanto, foram identificadas diversas limitações, como a falta de normas rígidas e de aplicação mais ampla, a dificuldade de implementação de sistemas logísticos de recolha seletiva em estaleiros de construção e a falta de tecnologias economicamente viáveis para reciclar determinados tipos de resíduos, especialmente resíduos de classe C e resíduos de classe D. Além disso, a participação comunitária e empresarial, embora crescente, ainda requer uma maior sensibilização para que a indústria avance no sentido de uma gestão de resíduos mais sustentável e responsável.

Diante dessas limitações, recomenda-se que futuros estudos se aprofundem em questões logísticas e tecnológicas, buscando soluções mais eficazes para a reciclagem de resíduos não convencionais e métodos de incentivo ao engajamento público. Além disso, novas pesquisas podem explorar mais detalhadamente a aplicação de tecnologias emergentes na gestão de resíduos, bem como estratégias de políticas públicas que incentivem práticas sustentáveis de maneira mais ampla no setor da construção.

REFERÊNCIAS

HOLANDA, Romildo Morant; SILVA, Bernardo Barbosa. Cerâmica Vermelha – Desperdício na Construção Versus Recurso Natural Não Renovável: Estudo de Caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física** 04 (2011) 872-890. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewFile/152/215>>. Acesso em: 14 set. 2024.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 001, de 1986. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

Alana Natália Sales Vasconcelos, 2016, Monografia, a influência da tecnologia BIM na geração minimizada e gestão de resíduos sólidos da indústria de construção civil

CARVALHO, H.; SCHEER, S. A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

WON, J.; CHENG, J. C. P.; LEE, G. Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: case studies in South Korea. **Waste Management**, v. 49, p. 170-180, 2016.

CASH, G. BIM (Building Information Modelling) utilisation to achieve resource efficiency in construction: Leeds Arena. Disponível em: http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Leeds_Arena_FINAL.pdf. Acesso em: 18 jan. 2019.

LIU, Z. **Building Information Modelling (BIM) aided waste minimisation framework**. Doctoral Thesis. Submitted in partial fulfilment of the requirements for the award of Doctor of Philosophy of Loughborough University, 2014.

EASTMAN, C. et al. Manual de BIM. **Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Editora Bookman, Porto Alegre, 2014.

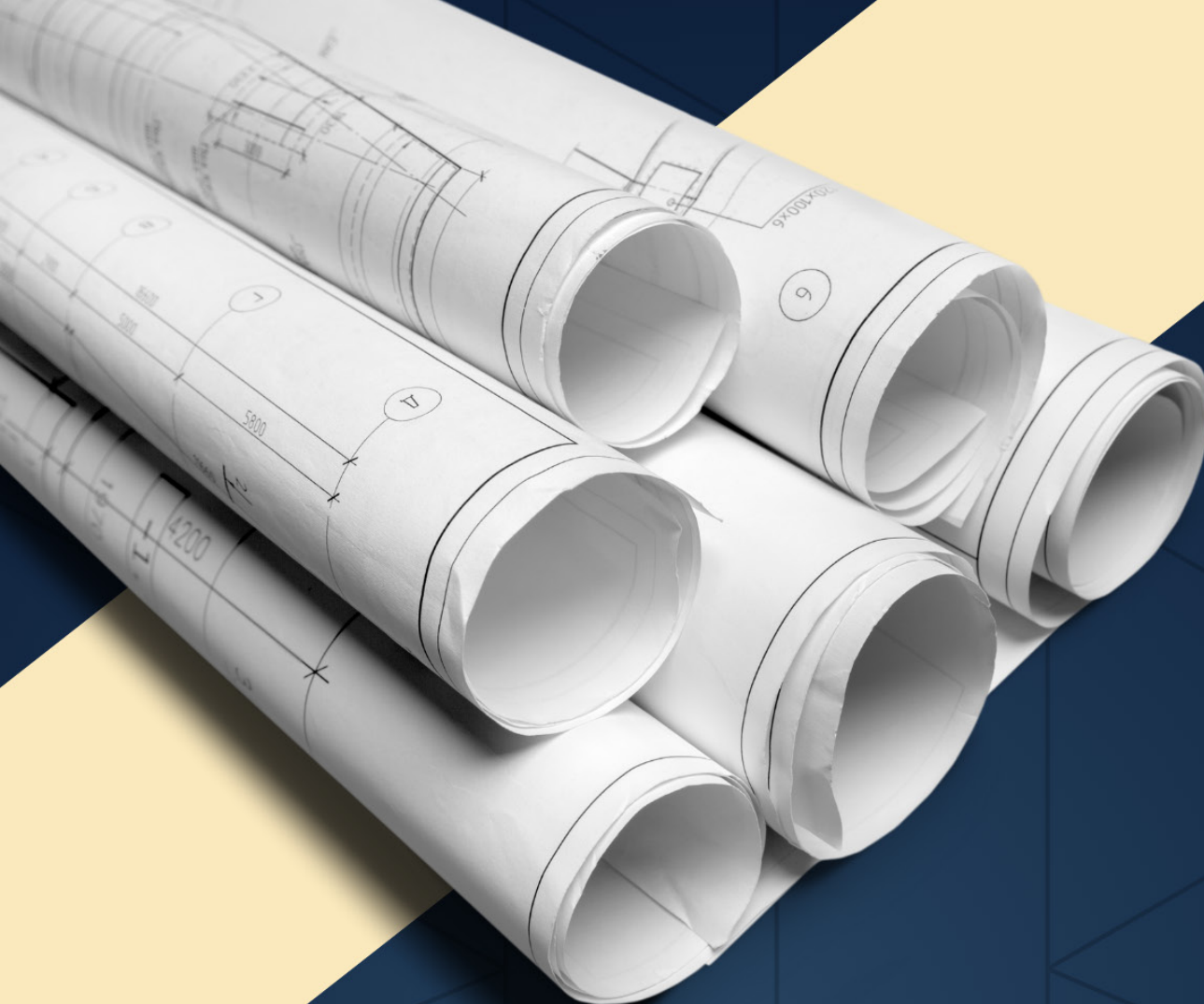
BRASIL. Resolução N. 307 de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios, procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União** (Brasília).

SEBRAE. **A importância do gerenciamento correto de resíduos da construção civil**. 2022.

GRIMBERG, E., & BLAUTH, P. (1998). Coleta seletiva de lixo: reciclando materiais, reciclando valores. **Polis**, 31, 1-100.

Ana Paula Souza Pinto, 2018. **Gestão de resíduos sólidos urbanos: estudo sobre a atuação do programa de coleta seletiva salvador na cooperativa dos agentes ambientais da nova república (Canore) no município de salvador – Bahia**.





22

PRINCIPAS PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

MAIN PATHOLOGIES OF CIVIL CONSTRUCTION

**Jerônimo da Silva Sales
José Átila Matos Aroucha Júnior**

Resumo

A construção civil é um setor fundamental para o desenvolvimento econômico e social, mas, ao longo do tempo, edificações podem apresentar problemas estruturais e funcionais, conhecidos como patologias. Patologias na construção civil representam falhas ou deteriorações em elementos construtivos que comprometem a segurança, a durabilidade e o desempenho de edificações. Os problemas estruturais estão relacionados aos diferentes tipos de solicitações que atuam nas estruturas, seja de caráter estático ou dinâmico. As solicitações estáticas são caracterizadas por cargas cuja sua variação no tempo é pequena, enquanto as dinâmicas possuem uma variação no tempo de forma significativa. Os problemas causados pelas solicitações podem ocasionar fissuras que por consequência podem prejudicar o funcionamento da estrutura. Além dos problemas causados pelas cargas, podem surgir patologias devido ao ambiente que prejudicam o desempenho e conforto das edificações. Neste sentido, o presente artigo descreve as principais patologias de origem mecânicas devido a solicitação de carregamentos e ambientais originadas pelo ambiente em estruturas de concreto armado.

Palavras-chave: Patologias, Solicitações, Desempenho, Fissuras.

Abstract

Civil construction is a fundamental sector for economic and social development, but, over time, buildings can present structural and functional problems, known as pathologies. Pathologies in civil construction represent failures or deteriorations in construction elements that compromise the safety, durability and performance of buildings. Structural problems are related to the different types of requests that act on structures, whether static or dynamic. Static loads are characterized by loads whose variation over time is small, while dynamic loads have a significant variation over time. Problems caused by stress can cause cracks that can consequently impair the functioning of the structure. In addition to the problems caused by loads, pathologies may arise due to the environment that impair the performance and comfort of buildings. In this sense, this article describes the main pathologies of mechanical origin due to loads and environmental stresses caused by the environment in reinforced concrete structures.

Keywords: Pathologies, Requests, Performance, Cracks.

1. INTRODUÇÃO

As patologias na construção civil referem-se a problemas ou falhas que ocorrem em edificações, afetando a segurança, durabilidade e funcionalidade das estruturas. Com o passar do tempo e a exposição a diferentes agentes, como mudanças climáticas, variações de temperatura, umidade, solicitações mecânicas (cargas estáticas e dinâmicas), as construções estão sujeitas a desgastes e danos que podem comprometer seu desempenho. Além disso, fatores como erros de projeto, uso inadequado de materiais, falhas na execução e falta de manutenção contribuem de forma significativa para com o surgimento de patologias.

A identificação e o estudo das patologias são essenciais para garantir a qualidade das construções, já que sua presença impacta a segurança dos usuários, os custos de manutenção e a vida útil das edificações. Dessa forma, conhecer as causas e os tipos mais comuns de patologias – como fissuras, trincas, infiltrações, corrosão de armaduras e recalques diferenciais – permite que engenheiros, arquitetos e outros profissionais adotem medidas preventivas e corretivas mais eficazes. A abordagem adequada das patologias também envolve a observância das normas técnicas e práticas construtivas que buscam mitigar riscos e preservar as condições ambientais.

A justificativa para a pesquisa em patologias na construção civil está fundamentada na necessidade de o engenheiro civil conhecer os diferentes tipos de patologias em edificações ocasionadas pela solicitação de cargas e fatores ambientais. Portanto, conhecendo a particularidade de cada patologia e como ela pode afetar o desempenho e vida útil da estrutura, pode-se adotar medidas de prevenção e soluções para aumentar o tempo de vida útil das edificações. Dessa forma, o estudo a ser realizado busca responder a seguinte problemática: quais as principais patologias da construção civil e suas respectivas causas?

Além disso, uma análise detalhada das patologias fornece insights valiosos sobre os erros mais comuns em projetos, seleção de materiais e execução de obras, permitindo a formulação de práticas e normas preventivas. A prevenção e o tratamento eficaz dessas falhas são mais econômicos do que a correção de danos graves, e recomendados para prolongar a vida útil das estruturas, conforto ou impacto ambiental.

Assim, estudar patologia na construção civil é fundamental não apenas para a manutenção das edificações, mas também para o avanço de técnicas construtivas, a otimização de recursos e a promoção de ambientes seguros e funcionais.

Em suma, investigar as patologias na construção civil é fundamental para prolongar o tempo de vida útil e desempenho das edificações de concreto armado quando estão solicitadas por cargas de caráter dinâmico, estático e fatores ambientais.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Neste estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de avaliar os diferentes tipos de patologias nas edificações. A pesquisa, de natureza qualitativa e descritiva, não exploratória, não quantitativa, não experimental, e sem a proposição de intervenções, abrangeu publicações dos últimos dez anos (2014 a 2024), com o intuito de reunir estudos relevantes e atualizados sobre o tema. A coleta de dados foi realizada em diversas bases de

dados, incluindo artigos científicos, livros, monografias, dissertações e outras publicações disponíveis em websites especializados em construção civil e sustentabilidade. Entre as principais fontes consultadas estão o Google Acadêmico, a Scientific Electronic Library Online (SciELO), o Portal de Periódicos da CAPES, além de bibliotecas virtuais e repositórios institucionais de universidades brasileiras.

Para refinar as buscas, foram selecionadas palavras-chave relacionadas ao tema, como “patologias no concreto armado”, “Construção Civil”, “fissuras”, “patologias devido a fatores ambientais” e “desempenho”. Esses termos foram combinados para garantir uma abordagem ampla e específica em relação aos objetivos do estudo. A análise das fontes encontradas foi realizada de forma sistemática, avaliando-se a relevância de cada uma em relação ao tema proposto, e identificando-se os principais desafios e oportunidades descritos na literatura para a integração de materiais sustentáveis nos processos construtivos. Os resultados foram então sintetizados e discutidos, oferecendo uma visão detalhada sobre os obstáculos e as possibilidades no avanço da sustentabilidade no setor da construção civil.

2.2 Resultados e Discussão

Com o avanço da tecnologia na construção civil, métodos e materiais utilizados fazem com que a indústria da construção seja mais dinâmica e econômica, porém, segundo Ribeiro (2014) ao ponto que as ideais capitalista impunham com maior produtividade e baixos custos, ocorre também o aumento da esbelteza das estruturas, com redução do concreto tornando as armaduras mais expostas a diversos agentes agressivos do meio ambiente e ocasiona o aumento considerável das tensões de trabalho, que é determinante para uma menor durabilidade das edificações.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define durabilidade como a “capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto [...]”. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) a qualidade da estrutura de concreto armado deve atender aos requisitos especificados pela norma técnica sendo projetadas e construídas de maneira que devem satisfazer as condições ambientais calculadas de acordo com a época do projeto no qual deve satisfazer quando utilizada a estabilidade, segurança e aptidão em serviço durante à sua vida útil, com a anuência do contratante. Já o comitê 201.2R do *American Concrete Institute* (ACI, 2001) define durabilidade como a capacidade de o concreto resistir a ações de deterioração em relação à sua vida de serviço pretendida em projeto no qual o concreto manterá sua forma original e qualidade quando exposto ao meio ambiente.

De acordo com Gaspar (1988, apud SANTOS, 2012, p. 04) a durabilidade do concreto armado está ligada uma série de fatores relacionados com a qualidade e sua relação com o meio externo considerando a capacidade da estrutura de manter o serviço com segurança durante todo o período de vida útil especificado em projeto e estipulado pelo contratante, mesmo que o meio seja desfavorável ao concreto.

Observa-se que termo “vida útil” usado na última definição de durabilidade é outro importante conceito no qual possuem significados diferentes e ambos são comumente usados de forma inapropriada. A NBR 6118 (ABNT, 2022) determina vida útil de projeto como o intervalo de tempo que uma estrutura sendo ela de concreto armado conserva suas características sem a necessidade de intervenções consideráveis desde que sejam atendidos os requisitos de manutenção estabelecidos pelo projetista e pelo construtor, partes das estruturas podem merecer atenção especial com tempo de vida útil diferente do todo da estrutura, assim como de execução de reparos necessários resultantes de

danos acidentais. A norma técnica ainda acrescenta que a durabilidade das estruturas de concreto roga por auxílio e procedimentos planejados de todos os envolvidos nos tramites de projeto, construção e utilização.

A Corrosão pode ser dividida em duas classes sendo que a química é uma reação gás-metal conhecida também por oxidação, formando uma película de óxido, a segunda classe é chamada de corrosão eletroquímica que é a principal causadora de problemas às obras da construção civil. Trata-se de um ataque de natureza eletroquímica, que ocorre em meio aquoso, como resultado, há a formação de pilhas ou células de corrosão, com eletrólito e diferença de potencial entre trechos da superfície do aço. O eletrólito é formado a partir da presença de introdução da umidade no concreto. Esse tipo de corrosão promove um movimento de elétrons ao longo de trechos da armadura e um movimento iônico através do eletrólito presente no concreto (CASCUDO, 1997).

No Brasil, as grandes cidades estão localizadas próximas a ambientes marinhos e possuem alta presença de cloretos no ar atmosférico, em razão desse fato Cascudo (1997, p. 41) afirma que “nenhum outro contaminante comum está tão extensivamente documentado na literatura como causador de corrosão dos metais no concreto como estão os cloretos[...]”.

Segundo Gentil (1996) as ações de cloretos ocasionam a diminuição a resistividade do concreto, facilitando o processo eletroquímico de corrosão da armadura, da mesma forma que podem diminuir a ação protetora da película de passivação existente no meio alcalino ou básico, disponibilizado pela pasta de cimento.

De acordo com Cascudo (1997), a ação de íons cloretos é o principal causador de corrosão da armadura do concreto, que podem estar inseridos intencionalmente no concreto, ou podem vir por água e agregados contaminados, até mesmo, através da condução desses sais provenientes da névoa de ambiente marinho pelo vento.

As patologias na construção civil apresentam falhas e problemas que afetam o desempenho, a segurança e a durabilidade das edificações. As patologias relacionadas aos fatores ambientais podem ter sua origem devido radiação, temperatura, água, constituintes do ar e poluentes, gelo-degelo, vento. As estruturas de concreto também podem sofrer patologias devido a agentes biológicos como fungos e bactérias. Em relação a patologias causados pelo carregamento podem ocorrer devido deformação lenta, fadiga do concreto, cargas estáticas e dinâmicas. As patologias causadas pelo carregamento devem ser tratadas com mais atenção pois podem comprometer a utilização da estrutura e causa danos significativos (PEREIRA, 2019).

O cobrimento garante a armadura proteção física e química que depende tanto da qualidade do concreto, quanto da camada com espessura adequada, no qual se o teor de argamassa for homogêneo e adequado garante proteção contra o ataque de agentes agressivos externos, por impermeabilidade. Outra eventual proteção realizada pela camada de concreto sobre o aço é um eventual dano mecânico a estrutura (TAKADA, 2009).

O concreto de cobrimento é uma barreira para a proteção física e química do aço, em que é de grande importância pois evita que agentes agressivos, oxigênio e umidade passem a agir na armadura, garantindo assim o meio alcalino. O cobrimento é um elemento de grande importância, pois projetos com especificações e uso de espessura inadequada ao longo de peças estruturais podem facilitar e acelerar a processos de corrosão já existentes (CASCUDO, 1997).

Conforme Fusco (2007) a qualidade do concreto é fator que contribui de forma imprescindível para a proteção das armaduras, ao passo que a camada de cobrimento com

espessura adequada deve ser respeitada e executada conforme a norma.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) a qualidade do concreto de cobrimento deve atender a condições, cujo a durabilidade depende das características do concreto e da espessura mínima e qualidade da camada de cobrimento da armadura. Em que através de ensaios para a comprovação de desempenho da durabilidade da estrutura de acordo com o tipo e classe de agressividade previsto em projeto, deve estabelecer os requisitos necessários a serem atendidos. Com a falta destes e devido a existência de forte reciprocidade entre a relação água/cimento e a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade, permitindo que sejam adotados os requisitos mínimos descritos na tabela 1.

Concreto (a)	Tipo (b, c)	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
(a). O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655					
(b). CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado					
(c). CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido					

Tabela 1. Relação entre a qualidade da argamassa de concreto e as classes de agressividade do meio ambiente

Fonte: ABNT (2022, p.18)

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), riscos e a evolução de corrosão do aço na região das fissuras paralelas à armadura principal, dependem da qualidade e da espessura da placa de cobrimento da armadura visando bom desempenho com a finalidade de proteger a armadura quanto a corrosão e aprovação dos usuários, procura-se controlar a abertura das fissuras.

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2012), estruturas com armaduras ativas, existe, com menor possibilidade, o aparecimento de fissuras que nesse caso, podem ser mais nocivas devido ao fato da corrosão sob tensão das armaduras.

Caso as fissuras afetem a funcionalidade da estrutura, como no caso de estanqueidade de reservatórios, deve-se adotar valores limites menores para abertura das fissuras. Desse modo, também devem ser adotados valores limites menores para aberturas das fissuras em ocasiões que possam ocorrer desconforto psicológico ao usuário, mesmo se não representar perda de segurança na estrutura (LORENSINI, 2006).

A tabela 2 relaciona as classes de agressividade, com exigências relativas à fissuração e proteção da armadura visando a segurança da estrutura.



Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de proteção	Exigências relativas á fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	-
Concreto armado	CAA I	ELS-W wk≤ 0,4 mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W wk≤ 0,3 mm	
	CAA IV	ELS-W wk≤ 0,2 mm	
Concreto protendido nível 1 (proteção parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W wk≤ 0,2 mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (proteção limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-Tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D (a)	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (proteção completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificas as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D (a)	Combinação frequente
(a) A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com ap=50mm			
1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2			
2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.			
3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações em todas as classes de agressividade ambiental			

Tabela 2. Exigências relativas a fissurações relacionadas às classes de agressividade e proteção

Fonte: (ABNT,2022; p.80)

As fissuras no concreto e trincas são manifestações patológicas comuns, visíveis em diversos tipos de estruturas, como concreto, alvenaria e revestimentos. Elas ocorrem devido a retrações térmicas, cálculos diferenciais, movimentações estruturais ou falhas na execução (PEREIRA, 2019). Além disso, as fissuras no concreto comprometem sua rigidez e seu desempenho. Uma das consequências da fissuração do concreto, permitem que a armadura fique exposta podendo causar corrosão no aço e em algumas situações levar a edificação ao colapso (PEREIRA, 2019).

As principais fontes de dano em estruturas de concreto incluem processos químicos associados a ataques de sulfatos e cloretos, carbonatação e reações álcali-sílica.

Um dos principais mecanismos de degradação de estruturas de concreto está relacionado à difusão de agentes agressivos no concreto, tais como cloretos, que induz a corrosão das armaduras e o processo de danificação do concreto. De acordo com Neville (2008), inicialmente, as armaduras embutidas no concreto são naturalmente protegidas da corrosão pela alta alcalinidade de sua solução intersticial, promovendo um ambiente adequado para a formação de uma camada de passivação.

Na figura 1 é mostrado o processo de corrosão em estruturas de concreto.



Figura 1. Exemplo de corrosão em estruturas de concreto

Fonte: www.mapadaobra.com.br/inovacao/carbonatacao-compromete-a-durabilidade-das-estruturas-de-concreto.

As fissuras no concreto também podem comprometer o desempenho estrutural da edificação devido à perda de rigidez pelo processo de fissuração. As fissuras de acordo a norma ABNT NBR 6118:2022, podem comprometer a durabilidade e a resistência das estruturas de concreto, sendo fundamentalmente entendidas como causas e a severidade. Na figura abaixo é mostrado algumas fissuras em uma viga de concreto quando solicitadas por cargas estáticas.

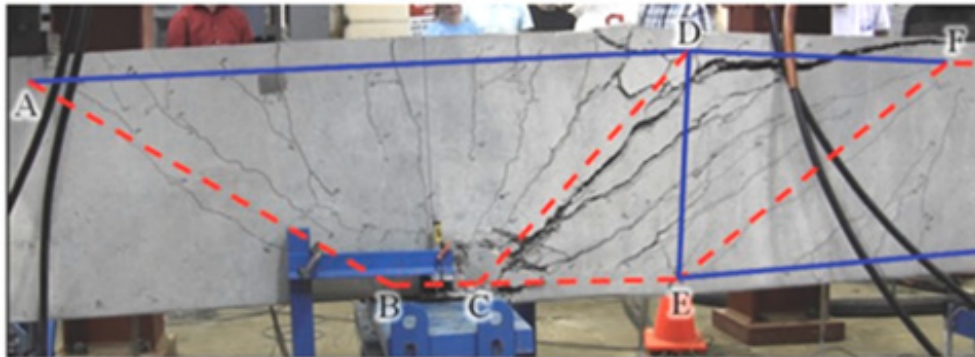


Figura 2. Padrão de fissuração para viga solicitadas por cargas estáticas

Fonte: Kalantary *et al.*, 2024

A infiltração e a umidade afetam revestimentos, estruturas de concreto, alvenaria e componentes de madeira, comprometendo a aparência e a funcionalidade dos ambientes. Causada por falhas na impermeabilização, ascensão capilar ou infiltração pela fachada, a presença de umidade facilita o crescimento de mofo e o aparecimento de eflorescências (SANTOS; SOUZA, 2018).

A norma ABNT NBR 9575:2010 estabelece diretrizes para um sistema de impermeabilização adequado, recomendando uma seleção de materiais com alta durabilidade para evitar infiltrações em áreas sujeitas a umidade. Na figura 3 é mostrado exemplos deste tipo de patologia.



Figura 3. Patologia devido a umidade e infiltrações

Fonte: Zuchetti, 2015

As eflorescências são depósitos brancos que surgem na superfície de alvenarias, concretos e revestimentos devido à presença de sais solúveis. Quando a água evapora, os sais ficam na superfície, prejudicando a estética da edificação e diminuindo a presença de umidade (BARROS; LIMA, 2018). Embora não comprometam diretamente a estrutura, as eflorescências são indicadores de problemas de umidade.



Figura 4. Eflorescências em uma edificação

Fonte: Zuchetti, 2015



Figura 5. Eflorescências em uma edificação comercial

Fonte: Zuchetti, 2015

A carbonatação é um processo químico no qual o dióxido de carbono (CO_2) do ar reage com o hidróxido de cálcio presente no concreto, reduzindo seu pH e comprometendo a proteção contra a corrosão do aço. Esse aspecto é crítico em estruturas de concreto armado e pode acelerar a corrosão das armaduras (MORAES; ALVES, 2017).

Para minimizar a carbonatação, recomenda-se a utilização de concreto de alta densidade e o respeito à espessura de cobertura definido pela ABNT NBR 6118:2022. Na figura abaixo é mostrado uma estrutura de concreto com fenolftaleína utilizada para avaliar o processo de carbonatação.



Figura 6. Estrutura de concreto em processo de carbonatação.

Fonte: Zuchetti, 2015

Note, então, que foram exemplificadas, através de imagens, as principais patologias incidentes em estruturas de concreto, de modo a explicitar seus respectivos sintomas. Este fato que serve para diagnosticar as causas das patologias em questão.

3. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou compreender ação deletéria dos cloretos em estruturas de concreto armado, sendo assim de grande importância para que se possa avaliar melhores métodos de prevenir e combater essa ameaça. O estudo apresentado destaca a importância de uma abordagem preventiva e contínua para garantir a qualidade, segurança e durabilidade das edificações. As patologias, que incluem fissuras, infiltrações, corrosão e outros danos estruturais, resultam frequentemente em falhas nos processos de projeto, execução ou manutenção, podendo comprometer a segurança e a funcionalidade das construções.

Para mitigar esses problemas, é essencial que os profissionais da construção adotem práticas rigorosas de controle de qualidade em todas as etapas, utilizem materiais adequados e promovam a manutenção regular dos edifícios. Além disso, a capacitação técnica e o conhecimento sobre as causas das patologias permitem identificar sinais precoces de interferência, possibilitando a adoção de medidas corretivas antes que os danos se agravem. Assim, o combate às patologias na construção civil não requer apenas ações corretivas, mas um compromisso com práticas seguras e planejadas que garantam a longevidade das edificações e a satisfação dos usuários.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Committee 201.2R. Guide to Durable Concrete. **ACI Manual of Concrete Practice**, Detroit, 2001, 41 p.
- ANDRADE, C; tradução e adaptação: Antonio Carmona e Paulo Helene. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo: PINI, 1992. 104p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento e aceitação**: procedimento. Rio de Janeiro, 2015. 29p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: projeto de estruturas de concreto**: procedimento. Rio de Janeiro, 2022. 238p.
- BARROS, P.; LIMA, R. “**Estudo das Eflorescências em Estruturas de Alvenaria.**” *Revista Brasileira de Engenharia*, 2018.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 1v. 488p.
- BOLINA, C. C. **Inibidores de corrosão: avaliação do desempenho frente a corrosão do aço induzida por carbonatação e cloretos**. Dissertação/Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.
- CAMPOS, F.; MENDES, A.; SILVA, T. “**Prevenção da Corrosão em Estruturas de Concreto Armado.**” *Revista de Construção Civil*, 2022.
- CASCUDO, O. **O Controle de Corrosão das Armaduras em Concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas**. Ed. PINI, São Paulo, Ed. UFG. 1997, 237p.
- CAVALCANTI FILHO, A. N. **Contribuição ao controle tecnológico de concretos estruturais pela ação de sulfatos mediante utilização UPV**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- FERREIRA, G. et al. “**Análise de Trincas em Estruturas de Concreto.**” *Engenharia Estrutural*, 2020.
- FERREIRA, R. B. **Avaliação da durabilidade de estruturas de concreto para geração de energia eólica em ambientes de elevada agressividade**. Formulário de projeto ANEEL. Goiânia, 2005. 17p.
- HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo de corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo: USP, 1993. Tese (Livro Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993. 271p.
- MONTEIRO, E. C. B. **Avaliação do método de extração eletroquímica de cloretos para reabilitação de estruturas de concreto com problemas de corrosão de armaduras**. 2002. 229 f. Trabalho e conclusão de cur-

so (Tese) – Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002

MORAIS, J.; ALVES, R. “**Efeitos da Carbonatação no Concreto Armado.**” *Revista de Engenharia Civil* , 2017.

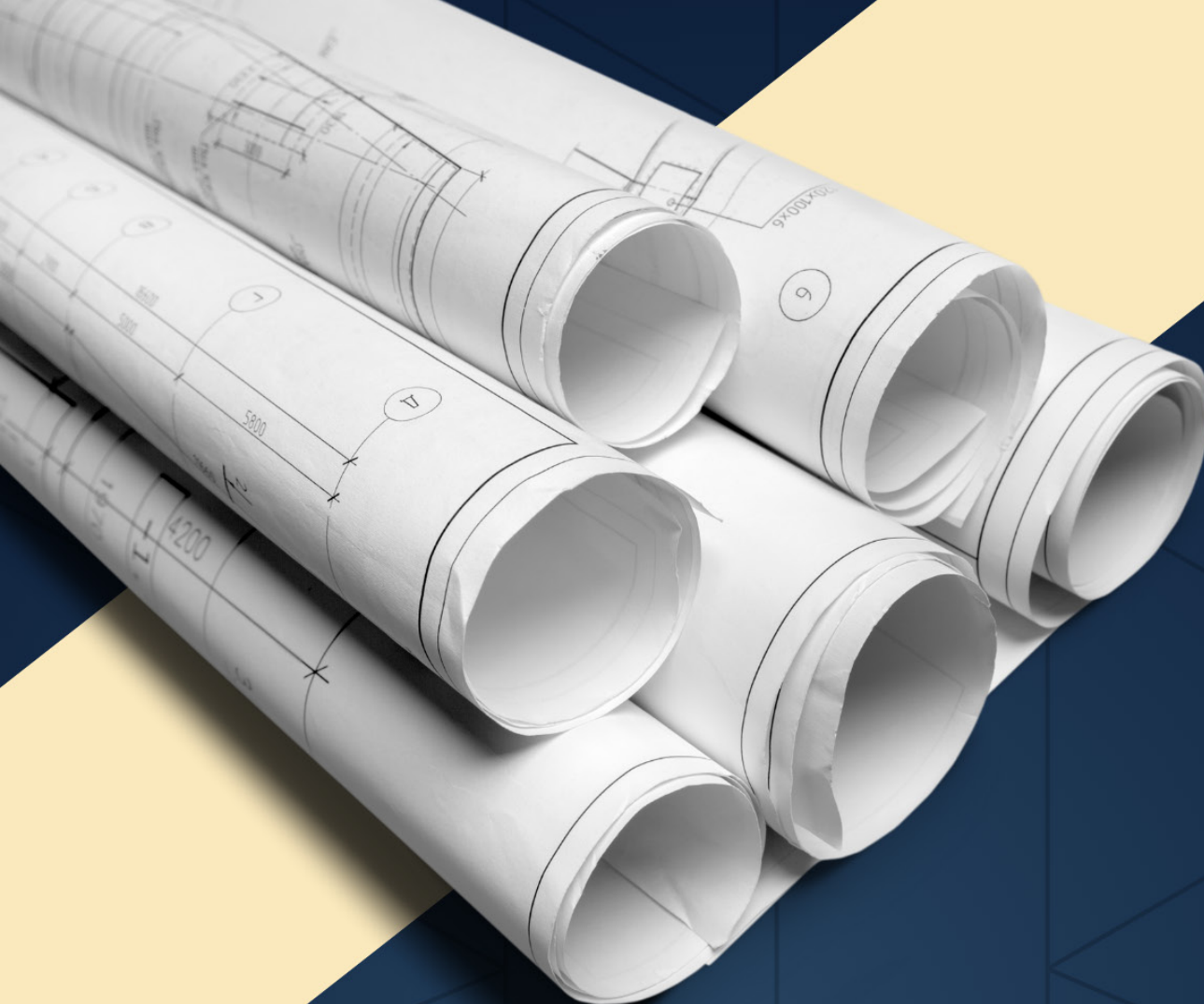
PEREIRA, L. “**Causas e Tipos de Fissuras em Estruturas de Concreto.**” *Engenharia e Construção* , 2019.

SANTOS, A.; SOUZA, B. “**Patologias por Umidade em Edificações.**” *Revista de Construção e Patologias* , 2018.

SILVA, R.; MENEZES, P. “**Corrosão das Armaduras em Estruturas de Concreto.**” *Revista de Engenharia e Materiais* , 2021.

TAKATA, L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas de concreto armado:** estudo de caso. Dissertação/Mestrado em construção civil – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos





23

PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: INFILTRAÇÃO

PATHOLOGY IN CIVIL CONSTRUCTION: INFILTRATION

Rhuan Nasser Froz de Sousa

Resumo

A construção civil é um setor crucial para o desenvolvimento econômico e infraestrutural, responsável pela criação de ambientes habitáveis e funcionais que atendem às necessidades da sociedade moderna. No entanto, a durabilidade e a segurança dessas edificações são frequentemente ameaçadas por uma série de patologias que podem comprometer tanto a estrutura física dos edifícios quanto a saúde e o bem-estar de seus ocupantes. Dentre essas patologias, a infiltração destaca-se como um dos problemas mais comuns e prejudiciais, surgindo como uma questão de significativa preocupação tanto para engenheiros quanto para arquitetos. A infiltração constitui uma das patologias mais críticas na construção civil, afetando a integridade estrutural das edificações, a saúde dos ocupantes e gerando custos elevados de manutenção e reparo. Este estudo visa analisar as infiltrações na construção civil, buscando identificar suas causas, efeitos e possíveis soluções. Utilizando uma metodologia de revisão bibliográfica, foram consultados documentos publicados nos últimos dez anos, em línguas portuguesa e inglesa, incluindo artigos, teses e livros. As infiltrações são frequentemente resultantes de falhas na impermeabilização, erros de projeto, materiais inadequados, execução deficiente e ausência de manutenção preventiva. Os impactos incluem a deterioração de materiais como concreto e argamassa, comprometendo a durabilidade das estruturas e ocasionando problemas como mofo e fungos, que afetam a qualidade do ar interno. As estratégias preventivas recomendadas abrangem desde a seleção apropriada de materiais e técnicas de impermeabilização até a implementação de uma manutenção regular. Este estudo contribui para o entendimento aprofundado das causas das infiltrações e reforça a importância das práticas de prevenção e correção para garantir a longevidade e segurança das edificações.

Palavras-chave: Infiltração. Construção Civil. Impermeabilização. Durabilidade de Estruturas. Manutenção Preventiva.

Abstract

Civil construction is a crucial sector for economic and infrastructural development, responsible for creating habitable and functional environments that meet the needs of modern society. However, the durability and safety of these buildings are often threatened by various pathologies that can compromise both the physical structure of buildings and the health and well-being of their occupants. Among these pathologies, infiltration stands out as one of the most common and harmful issues, emerging as a significant concern for both engineers and architects. Infiltration constitutes one of the most critical pathologies in civil construction, affecting the structural integrity of buildings, the health of occupants, and generating high maintenance and repair costs. This study aims to analyze infiltrations in civil construction, seeking to identify their causes, effects, and possible solutions. Using a bibliographic review methodology, documents published in the last ten years in Portuguese and English were consulted, including articles, theses, and books. Infiltrations often result from failures in waterproofing, design errors, inadequate materials, poor execution, and lack of preventive maintenance. The impacts include the deterioration of materials such as concrete and mortar, compromising the durability of structures and causing issues such as mold and fungi, which affect indoor air quality. Recommended preventive strategies range from the appropriate selection of materials and waterproofing techniques to the implementation of regular maintenance. This study contributes to a deeper understanding of the causes of infiltrations and reinforces the importance of prevention and correction practices to ensure the longevity and safety of buildings.

Keywords: Infiltration. Civil Construction. Waterproofing. Structural Durability. Preventive Maintenance.



1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor fundamental para o desenvolvimento econômico e social, envolvendo a edificação de infraestruturas que são essenciais para a qualidade de vida nas cidades. No entanto, a longevidade e a segurança dessas construções podem ser comprometidas por diversas patologias. Entre essas, a infiltração destaca-se como uma das mais prejudiciais, afetando não apenas a estrutura física dos edifícios, mas também a saúde dos seus ocupantes (Alves; Ribeiro, 2020).

Infiltrações são causadas por falhas no sistema de impermeabilização ou por defeitos estruturais que permitem a entrada de água. Esses problemas podem resultar em danos significativos, como o enfraquecimento de estruturas de concreto, o desenvolvimento de mofo e a deterioração de materiais de construção. O impacto de infiltrações não se restringe apenas ao aspecto físico; também há implicações econômicas consideráveis, derivadas dos custos de reparo e manutenção, assim como repercussões na saúde dos indivíduos, devido à exposição a ambientes úmidos e insalubres (Costa, 2021).

A relevância deste estudo reside na necessidade urgente de compreender as causas e as consequências das infiltrações, visando desenvolver métodos mais eficazes de diagnóstico, prevenção e reparo. A partir dessa compreensão, será possível aprimorar as práticas de construção e manutenção, garantindo edificações mais seguras e duradouras.

Portanto, a justificativa para a escolha deste estudo há uma necessidade prática de resolver um problema comum e de alto custo na construção civil, e uma demanda social por ambientes construídos que promovam a saúde e o bem-estar. Este estudo busca contribuir para a literatura existente ao oferecer novos insights sobre as técnicas de impermeabilização e as estratégias de manutenção preventiva, essenciais para mitigar o problema da infiltração em construções.

Nota-se que a infiltração em edificações pode ter origem em uma série de fatores relacionados tanto à construção quanto à manutenção do edifício. Essas infiltrações ocorrem quando há penetração indesejada de água e umidade nas estruturas, o que pode levar a uma variedade de problemas estruturais e de saúde. A pesquisa vem responder o seguinte problema de pesquisa: Qual a origem e quais são as principais causas da infiltração em edificações, e quais são as melhores práticas para prevenir e remediar esse problema na construção civil?

O objetivo geral deste estudo foi analisar a infiltração na construção civil, buscando identificar suas causas, efeitos e possíveis soluções. Os objetivos específicos são descrever as principais causas de infiltração em edificações; identificar os efeitos da infiltração na durabilidade e na segurança das estruturas; descrever estratégias e soluções para prevenir e a infiltração na construção civil.

O proposto tratou-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizou-se para tanto o método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (Scielo), Revista Científica de Engenharia Civil, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2013 até 2023. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa. Os descritores utilizados na pesquisa foram: Patologia, Infiltração, Construção Civil, Prevenção, Impermeabilização.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 As principais causas de infiltração em edificações

As infiltrações representam uma das patologias mais recorrentes em edificações, causando danos à estrutura e afetando o conforto e a segurança dos usuários. Segundo Freitas (2020), as infiltrações podem resultar tanto de falhas no projeto e execução quanto da ausência de manutenção preventiva.

Segundo Silva e Santos (2018), a infiltração é caracterizada pela penetração de água em materiais porosos, como paredes e lajes, como na Figura 1, resultante de falhas na impermeabilização. Esse fenômeno ocorre de forma progressiva, permitindo que a umidade se acumule e comprometa a estrutura dos materiais. Com o tempo, os danos podem incluir o surgimento de manchas, bolor, deterioração do revestimento e até comprometimento da resistência estrutural. A infiltração também pode favorecer o aparecimento de patologias na construção, elevando os custos de manutenção. Prevenir esse problema exige atenção aos sistemas de impermeabilização durante a construção e inspeções regulares. Soluções inadequadas podem agravar os danos e dificultar reparos futuros.



Figura 1. Infiltração

Fonte: Manifestações patológicas (2019)

A falta de impermeabilização ou a execução inadequada desse processo é apontada como uma das principais causas de infiltração. Mendes e Oliveira (2017) destacam que a impermeabilização é uma das primeiras barreiras contra a entrada de água, sendo essencial para a durabilidade da edificação.

Outro fator que contribui para a infiltração é o erro no dimensionamento e especificação dos materiais. Lima (2019) aponta que projetos mal elaborados, sem considerar as condições climáticas e geológicas do local, aumentam significativamente os riscos de infiltração.

O processo construtivo também tem um impacto direto na ocorrência de infiltrações. Araújo e Costa (2020) ressaltam que falhas durante a execução da obra, como a utilização de materiais de baixa qualidade ou a ausência de fiscalização adequada, podem comprometer a impermeabilidade da estrutura.

Com o passar do tempo, os materiais utilizados na construção podem sofrer desgaste, tornando-se vulneráveis à infiltração. Segundo Costa (2021), o envelhecimento natural de materiais, como concreto e argamassa, pode levar à perda de suas propriedades impermeabilizantes.

O clima é um dos fatores externos que mais influência na ocorrência de infiltrações. De acordo com Pereira (2016), chuvas intensas e longos períodos de umidade podem sobrecarregar os sistemas de impermeabilização e drenagem, facilitando a entrada de água

nas edificações.

Além dos fatores externos, as movimentações estruturais das edificações também podem ocasionar infiltrações. Souza e Lima (2019) explicam que fissuras causadas por recalques, expansões ou contrações da estrutura criam aberturas que permitem a entrada de água.

A ausência de manutenção regular é outro ponto crítico. Ribeiro e Alves (2020) apontam que muitas edificações sofrem com infiltrações devido à negligência na manutenção preventiva, como a limpeza de calhas e a verificação de sistemas de drenagem.

Segundo Oliveira (2018), falhas em telhados e coberturas, como a má instalação de telhas ou o uso de materiais inadequados, são uma fonte comum de infiltrações, principalmente em regiões de grande incidência de chuvas. Como na Figura 2.



Figura 2. Infiltração nos telhados

Fonte: Manifestações patológicas (2019)

A drenagem insuficiente nas áreas externas da edificação também contribui para o problema. Freitas (2020) destaca que a falta de sistemas eficientes de drenagem pode gerar acúmulo de água ao redor da fundação, resultando em infiltrações ascendentes.

Segundo Santos (2017), a capilaridade é um fenômeno que ocorre quando a água sobe pelas paredes devido à falta de impermeabilização adequada nas fundações. Esse processo é comum em edificações antigas, onde as técnicas de impermeabilização não eram amplamente utilizadas.

Vazamentos em tubulações e sistemas hidráulicos são outras causas comuns de infiltrações. Andrade e Silva (2019) destacam que falhas em instalações hidráulicas, como rompimento de tubulações ou vedação inadequada, permitem que a água se infiltre nas estruturas.

As infiltrações, além de comprometerem a estrutura, também afetam a saúde dos ocupantes. Segundo Gomes (2018), a presença constante de umidade pode resultar na proliferação de fungos e mofo, agravando problemas respiratórios e alérgicos.

A prevenção e a correção de infiltrações demandam a aplicação de boas práticas construtivas aliadas a uma manutenção regular e planejada. Vieira (2020) enfatiza que a utilização de materiais de alta qualidade e a execução de técnicas adequadas de impermeabilização são passos essenciais para minimizar o risco de infiltrações. Além disso, a realização de manutenções preventivas periódicas é crucial para identificar e solucionar pequenos problemas antes que eles se agravem. Essas ações contribuem para preservar a integridade estrutural das edificações, prolongando sua vida útil e reduzindo custos com

reparos emergenciais. A atenção a detalhes como a vedação de juntas e o direcionamento correto de águas pluviais também desempenha papel significativo na prevenção. Portanto, investir em práticas preventivas é uma estratégia eficaz para garantir a durabilidade e segurança das construções.

2.2 Os efeitos da infiltração na durabilidade e na segurança das estruturas

As infiltrações em edificações representam um dos principais desafios para a durabilidade e segurança das construções, afetando diretamente a integridade dos materiais. Freitas (2018) destaca que esse problema resulta na deterioração precoce das estruturas, comprometendo sua funcionalidade e longevidade. Silva e Santos (2020) definem a infiltração como o processo de entrada de água em materiais porosos, ocasionado por falhas no sistema de impermeabilização ou por fatores externos, como condições climáticas adversas. Esse fenômeno agrava a deterioração de componentes estruturais, reduzindo sua vida útil. Além disso, os efeitos da infiltração não se limitam à estrutura, mas também afetam o ambiente interno, promovendo o surgimento de mofo e prejudicando a saúde dos ocupantes. Assim, entender suas causas e impactos é essencial para desenvolver estratégias eficazes de prevenção e reparo.

O concreto armado é um dos materiais mais utilizados na construção civil e, segundo Costa (2019), é altamente suscetível à infiltração. A entrada de água na estrutura pode oxidar as armaduras de aço, gerando corrosão e comprometendo a resistência da edificação.

A infiltração de água em estruturas de concreto armado provoca a corrosão das armaduras de aço, processo amplamente documentado por Lima (2017). Esse fenômeno reduz a capacidade de carga da estrutura, gerando fissuras, rachaduras e, eventualmente, o colapso estrutural.

Além da corrosão, a infiltração também acelera a degradação de materiais como a argamassa e o reboco. Mendes e Oliveira (2018) afirmam que a umidade constante faz com que esses materiais percam suas propriedades físicas, comprometendo a qualidade e durabilidade da edificação.

De acordo com Santos (2020), a infiltração pode provocar fissuras e rachaduras, especialmente quando associada a movimentações térmicas e estruturais. Essas fissuras, por sua vez, facilitam ainda mais a entrada de água, agravando o ciclo de deterioração.

As infiltrações contribuem significativamente para a redução da vida útil das edificações. Segundo Souza e Lima (2019), a presença de umidade em pontos críticos das estruturas acelera o processo de envelhecimento, resultando em uma vida útil menor do que a projetada.

A segurança estrutural é severamente comprometida pelas infiltrações. Conforme Andrade e Ferreira (2019), a água pode enfraquecer tanto os componentes metálicos quanto os de concreto, aumentando o risco de falhas estruturais graves.

Segundo Pereira (2020), as fundações são particularmente vulneráveis às infiltrações. A entrada de água no solo ao redor das fundações pode levar à erosão ou saturação, resultando em recalques e movimentações prejudiciais à estabilidade da estrutura.

A infiltração também tem um impacto econômico significativo, já que aumenta consideravelmente os custos de manutenção e reparo. Vieira (2018) aponta que os custos de intervenções para correção de infiltrações podem ser muito superiores aos de medidas preventivas, como a impermeabilização adequada.

As infiltrações podem dar origem a diversas patologias construtivas, como deslocamento de revestimentos e mofo. Freitas (2018) destaca que essas patologias não apenas afetam a durabilidade da edificação, mas também o conforto e a saúde dos ocupantes.

Além dos danos estruturais, as infiltrações representam um risco à saúde dos usuários, já que o ambiente úmido favorece a proliferação de fungos e ácaros. Costa (2019) afirma que a presença constante de umidade em uma edificação pode agravar problemas respiratórios, como asma e alergias.

De acordo com Oliveira (2019), a infiltração de água também prejudica a eficiência energética de uma edificação. Paredes úmidas perdem suas propriedades isolantes, aumentando a necessidade de aquecimento ou resfriamento artificial e, consequentemente, os custos com energia.

A prevenção é a medida mais eficaz para evitar os danos causados pela infiltração. Mendes e Oliveira (2018) sugerem que uma impermeabilização bem executada, aliada à manutenção regular, pode aumentar a durabilidade da edificação e reduzir os custos associados à reparação de danos.

A infiltração de água em edificações é um fator que afeta tanto a durabilidade quanto a segurança das estruturas. Como enfatizam Silva e Santos (2020), medidas preventivas, como o uso correto de materiais impermeabilizantes e a manutenção periódica, são essenciais para evitar os danos estruturais e garantir a longevidade das construções.

2.3 Estratégias e soluções para prevenir e a infiltração na construção civil

Existem várias técnicas de impermeabilização disponíveis no mercado, cada uma adequada para diferentes partes da edificação. Mendes e Santos (2019) destacam o uso de mantas asfálticas, como a Figura 3, membranas líquidas e argamassas poliméricas como soluções eficazes para prevenir infiltrações em lajes, coberturas e fundações.



Figura 3. Manta asfálticas

Fonte: Construções Sustentáveis (2019)

A seleção de materiais de qualidade é fundamental para evitar infiltrações. Segundo Lima (2020), o uso de produtos impermeabilizantes certificados e a escolha de materiais adequados para cada tipo de obra são práticas que contribuem para a durabilidade das construções e a prevenção de infiltrações.

Um projeto de construção bem detalhado é essencial para evitar futuros problemas com infiltrações. De acordo com Costa (2019), a correta especificação dos materiais e das técnicas de impermeabilização no projeto é crucial para garantir a eficiência das soluções adotadas.

Além do planejamento, a execução cuidadosa é uma estratégia fundamental para evitar infiltrações. Freitas (2018) aponta que falhas na aplicação de produtos impermeabilizantes, juntas mal vedadas e a má instalação de sistemas hidráulicos são algumas das principais causas de infiltração, muitas vezes derivadas de erros durante a obra.

As lajes expostas são áreas especialmente vulneráveis à infiltração. Segundo Pereira (2020), o uso de mantas impermeabilizantes e argamassas poliméricas de alta performance em lajes é uma solução eficaz, capaz de proteger essas áreas contra a entrada de água, mesmo sob condições climáticas adversas.

As infiltrações em fundações e subsolos são particularmente preocupantes, pois podem comprometer toda a estrutura da edificação. Santos (2021) recomenda o uso de impermeabilização rígida ou flexível nas fundações, além de sistemas de drenagem eficientes para evitar o acúmulo de água ao redor das estruturas.

A drenagem é uma solução essencial para controlar o escoamento de água ao redor das edificações. Oliveira (2019) resalta a importância de sistemas de drenagem bem projetados e instalados, que impedem a água de se acumular em áreas críticas, como subsolos e telhados, prevenindo assim a infiltração.

As juntas de dilatação são pontos críticos para a infiltração de água. Segundo Costa (2019), é fundamental garantir uma vedação adequada dessas juntas, utilizando materiais elastoméricos que permitem a movimentação da estrutura sem permitir a entrada de água.

A manutenção periódica é uma medida indispensável para garantir a prevenção contínua de infiltrações. Lima (2020) destaca que a inspeção regular das áreas impermeabilizadas e a reparação de pequenas falhas podem evitar danos maiores à estrutura.

Uma solução sustentável para prevenir infiltrações é a instalação de telhados verdes, como apresentado na Figura 4. De acordo com Andrade e Silva (2020), além de contribuir para o controle térmico e a retenção de água da chuva, os telhados verdes criam uma camada extra de proteção contra a infiltração de água.



Figura 4. Telhado Verde

Fonte: Construções Sustentáveis (2021)

As paredes externas são outra área vulnerável à infiltração, especialmente em regiões com alta incidência de chuvas. Mendes (2018) sugere o uso de revestimentos hidrofugantes e tintas impermeabilizantes como uma solução eficaz para proteger as fachadas contra a absorção de umidade.

O uso de tecnologias avançadas, como sensores de umidade e revestimentos autosselantes, tem se mostrado uma estratégia inovadora na prevenção de infiltrações. Segundo Pereira (2021), essas tecnologias são capazes de identificar pontos críticos de infiltração

de forma antecipada, permitindo intervenções antes que os danos se agravem.

A adoção de estratégias e soluções eficazes para prevenir infiltrações é fundamental para garantir a durabilidade e a segurança das edificações. A impermeabilização adequada, o uso de materiais de qualidade, a execução precisa e a manutenção periódica são práticas essenciais para evitar problemas relacionados à infiltração (Freitas, 2018; Costa, 2019).

3. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a complexidade e a gravidade das infiltrações em edificações, destacando que essa patologia não só compromete a durabilidade e a segurança estrutural, como também afeta a saúde dos ocupantes e impõe custos significativos de manutenção e reparo. As causas de infiltrações são multifatoriais, envolvendo tanto deficiências no projeto e na execução da obra quanto na manutenção preventiva inadequada. Portanto, a impermeabilização surge não apenas como um componente essencial da construção, mas como uma necessidade contínua de manutenção para proteger as propriedades e seus habitantes.

A pesquisa sublinha a importância de abordagens proativas para a gestão de infiltrações, que incluem o uso de materiais de qualidade, design apropriado e uma execução de obra rigorosa. Além disso, a manutenção regular e a inspeção das edificações são indispensáveis para prevenir a manifestação e progressão das infiltrações. Estratégias eficazes e sustentáveis, como a instalação de telhados verdes e a utilização de tecnologias inovadoras para detecção precoce de umidade, podem significativamente reduzir os riscos associados a essas patologias.

Conclui-se que as infiltrações representam um desafio substancial na construção civil, exigindo um compromisso renovado com práticas construtivas e de manutenção que sejam robustas e adaptadas às especificidades climáticas e materiais de cada região. Ademais, a conscientização sobre as consequências a longo prazo das infiltrações pode incentivar uma maior integração entre engenheiros, arquitetos e proprietários na busca por soluções eficazes e duradouras, contribuindo assim para o avanço da qualidade e sustentabilidade no setor de construção civil.

REFERÊNCIA

- ALVES, F. C.; RIBEIRO, T. S. Manutenção Predial: Estratégias para Evitar Infiltrações. **Revista de Engenharia Predial**, v. 30, n. 1, p. 55-72, 2020.
- ANDRADE, M. S.; SILVA, R. F. **Instalações Hidráulicas e Patologias em Edificações**: Causas e Soluções. São Paulo: Editora Ciência e Tecnologia, 2019.
- ARAÚJO, P. R.; COSTA, A. L. Qualidade na Execução de Obras: Impactos no Desempenho das Edificações. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 25, n. 3, p. 120-135, 2020.
- COSTA, R. P. **Durabilidade de Materiais em Construções**: Fatores de Desgaste e Manutenção. Rio de Janeiro: Editora Engenharia Moderna, 2021.
- FREITAS, L. A. **Infiltrações em Edificações**: Causas, Prevenção e Correção. Porto Alegre: Editora Universitária, 2020.
- GOMES, S. M. Impacto da Umidade nas Edificações: Saúde e Conforto dos Ocupantes. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 85-102, 2018.
- LIMA, M. C. **Planejamento Estrutural e as Patologias nas Edificações**. São Paulo: Editora Técnica, 2019.
- MENDES, A. J.; OLIVEIRA, F. R. Impermeabilização em Estruturas: Técnicas e Aplicações. **Revista de Construção**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 2019.

ção Civil, v. 18, n. 2, p. 75-89, 2017.

OLIVEIRA, J. P. Problemas em Telhados: Causas e Soluções para Edificações Residenciais. **Revista Engenharia e Construção**, v. 12, n. 4, p. 98-112, 2018.

PEREIRA, D. F. **Influência do Clima nas Patologias de Edificações**. São Paulo: Editora Construção Sustentável, 2016.

SANTOS, A. P. **Infiltração por Capilaridade**: Causas e Tratamento. São Paulo: Editora Técnica de Engenharia Civil, 2017.

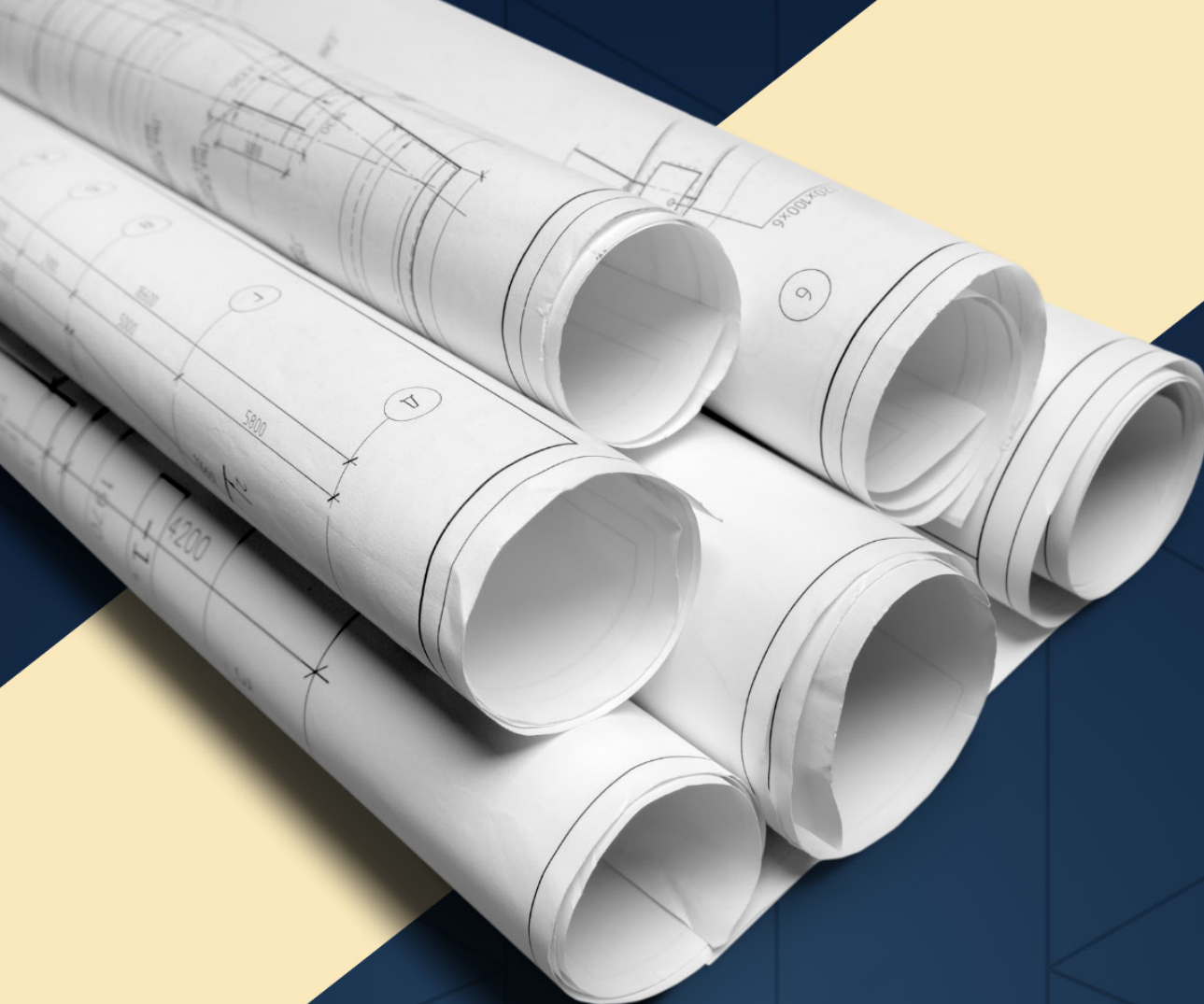
SANTOS, R. L.; SILVA, J. F. **Infiltração e Impermeabilização**: Estudos de Casos em Edificações. Editora Universitária de Engenharia, 2018.

SILVA, J. F.; SANTOS, R. L. **Infiltração**. Editora Universitária de Engenharia, 2018.

SOUZA, L. A.; LIMA, R. F. Movimentações Estruturais e suas Consequências nas Construções. **Revista Brasileira de Patologias em Engenharia**, v. 27, n. 2, p. 140-155, 2019.

VIEIRA, M. G. **Prevenção de Infiltrações**: Boas Práticas em Obras e Manutenção. Rio de Janeiro: Editora Engenharia Moderna, 2020.





24

A UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS

**THE USE OF BIM TECHNOLOGY IN THE PREPARATION OF
WATER SANITARY SYSTEMS PROJECTS**

**Emilly Rodrigues da Silva
José Átila Matos Aroucha Júnior**

Resumo

A tecnologia *Building information modeling* (BIM) é uma ferramenta essencial para a inovação na engenharia civil, que cria modelos digitais tridimensionais tanto de edifícios como de infraestruturas, capaz de integrar todas as informações sobre projeto, construção, sistema e operação. O estudo realizado teve como principal objetivo analisar os benefícios da sua utilização na elaboração de projetos de sistemas hidrossanitários. Verificou-se, no entanto, que apesar das melhorias proporcionadas pela plataforma, existem desafios que limitam a sua implantação: o custo inicial elevado, a necessidade de qualificação técnica da equipe e a transição cultural de softwares já consolidados na indústria da construção civil. A pesquisa revelou que apesar das dificuldades enfrentadas para sua adoção, todo esforço é recompensado a longo prazo. A redução de custo e prazo de execução da obra, a otimização quantitativa dos recursos materiais, a comunicação e colaboração mais eficientes em virtude da interoperabilidade do sistema BIM e a compatibilização entre projetos distintos, são algumas das características que elucidam que os benefícios resultantes do uso da ferramenta superam os desafios gerados para sua implantação.

Palavras-chave: Benefícios, Implantação, Desafios, Otimização.

Abstract

Building information modeling (BIM) technology is an essential tool for innovation in civil engineering, which creates three-dimensional digital models of both buildings and infrastructures, capable of integrating all information about design, construction, system and operation. The main objective of the study carried out was to analyze the benefits of its use in the development of hydrosanitary system projects. It was found, however, that despite the improvements provided by the platform, there are challenges that limit its implementation: the high initial cost, the need for technical qualification of the team and the cultural transition of software already consolidated in the construction industry. The research revealed that despite the difficulties faced in its adoption, every effort is rewarded in the long term. The reduction in cost and execution time of the work, the quantitative optimization of material resources, more efficient communication and collaboration due to the interoperability of the BIM system and the compatibility between different projects, are some of the characteristics that elucidate that the benefits resulting from the use of the tool overcome the challenges generated by its implementation.

Keywords: Benefits, Implementation, Challenges, Optimization.



1. INTRODUÇÃO

A tecnologia Building information Modeling (BIM) se apresenta como um conceito que vem ganhando força na indústria da construção civil. Através dela é possível gerar projetos em modelagem virtual e analisar de forma simplificada, os possíveis cenários de uma construção, possibilitando uma melhor tomada de decisão por parte do projetista, diante das dificuldades impostas pelas demandas complexas da engenharia. A difusão desse novo conceito representa uma importante mudança na forma de construir.

Em qualquer edificação, as instalações hidrossanitárias são essenciais, elas englobam os sistemas hidráulicos, sanitários e pluviais. Não é incomum a ocorrência de problemas relacionados a esses sistemas, geralmente ocasionados pela deficiência de projetos bem elaborados aliada a uma execução ruim. Diante desse cenário, a tecnologia BIM se apresenta como uma solução inovadora, onde é possível prever erros, compatibilizar diversos sistemas e fazer dimensionamentos precisos, com facilidade, agilidade e praticidade.

A metodologia BIM é capaz de integrar diversas disciplinas de um projeto em modelagem virtual, pode ser considerada como um conjunto de tecnologias e processos, em que é possível projetar e construir de forma integrada e organizada. A necessidade de atender as complexidades impostas pelos projetos de engenharia, culminou no surgimento do método, no qual é possível gerar a representação digital das características funcionais e materiais de uma edificação.

Apesar do conceito BIM ter surgido há algumas décadas e atualmente existir uma variedade de softwares que se utilizam de sua metodologia, como os da Alto QI por exemplo, ele ainda se apresenta como algo novo para muitas empresas do ramo da construção civil. Tal realidade está atrelada a alguns fatores, sendo o principal deles, o alto custo de implantação da ferramenta se comparado aos processos tradicionais de elaboração de projetos.

É fato que a implantação da tecnologia traz muitos benefícios para o setor da construção civil, porém, no cenário atual, com o alto custo de investimento inicial, com dificuldades relacionadas à curva de aprendizagem, além da resistência à transição dos programas que já estão consolidados no mercado para a nova metodologia, é viável a implantação do sistema BIM para a elaboração de projetos hidrossanitários?

O presente estudo tem como objetivo, demonstrar através das pesquisas realizadas, a importância dos sistemas hidrossanitários, os benefícios gerados pela implementação da plataforma BIM na elaboração de projetos e gerenciamento da execução de uma obra, além de analisar as dificuldades enfrentadas para a sua aceitação.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa utilizada na condução do presente trabalho se deu através uma revisão de literatura por meio de pesquisas em matérias já publicadas. O método aplicado foi o qualitativo e descritivo. As buscas foram feitas por meio livros, dissertações, artigos científicos, revista científica de engenharia civil, além de sites de pesquisa como google acadêmico e Scribd. Os trabalhos selecionados foram publicados nos últimos 20 anos. Os critérios de exclusão foram aplicados para trabalhos que não abordaram diretamente o tema proposto pelo presente artigo ou que apresentaram textos incompletos. Os

principais autores abordados foram: Degasperi et al (2017), Nascimento (2024), Goldenfum (2006), Miranda (2019) e Santos et al. (2009). As palavras chaves utilizadas na busca foram “BIM”, “tecnologia”, “hidrossanitário”, “compatibilização”, “vantagens”, “projeto” e “interoperabilidade”.

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.2.1 Sistema hidrossanitário

O sistema hidrossanitário, engloba o sistema hidráulico e sanitário, delimitando toda a distribuição de água fria, água quente, esgoto, águas pluviais, caixas de gordura e caixas de passagem, além da ventilação. De maneira geral pode-se dizer que é o sistema que gerencia o processo desde o fornecimento de água até o seu descarte final, dentro de uma edificação.

“A água é um elemento fundamental para a vida, de modo que as primeiras civilizações das quais se tem relato, fixaram-se próximas aos corpos hídricos” (ATHAYDES et al., 2020, p. 137). Considerada um recurso natural vital para a vida na terra, observa-se que a preocupação com seu uso inadequado e consumo inconsciente tem sido motivo constante de estudos e debates em busca de soluções frente aos problemas ambientais enfrentados nos últimos anos.

De acordo com Florençano et al. (2014), o abastecimento de água de forma sistematizada no território brasileiro, acompanhou a evolução industrial ocorrida em outros países, por volta do século XIX. A preocupação histórica quanto a captação e armazenamento desse recurso para uso e consumo, motivou uma busca constante, pela otimização desses processos, resultando no sistema de abastecimento de água como se conhece hoje.

Na figura 01, observa-se o caminho percorrido pela água até chegar à rede de distribuição.

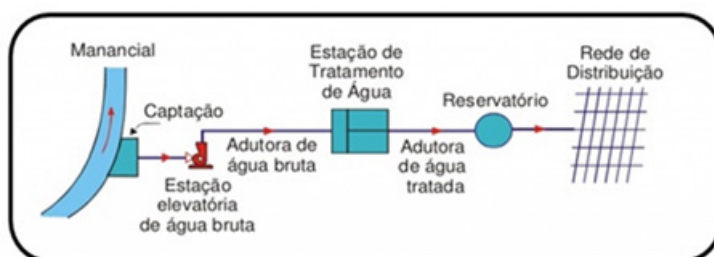


Figura 1. Sistema de Abastecimento de Água

Fonte: <https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-distribuicao-de-agua/>

A figura 01, mostra que após ser captada no manancial, a água segue para uma estação elevatória e posteriormente passa por um tratamento afim de se tornar potável, e partindo do reservatório segue para a rede de distribuição que pode ser residencial ou industrial.

Após ser utilizada em uma edificação, a água é descartada por equipamentos sanitários, como ralos de banheiros, pias, tanques, lavatórios e vasos sanitários e é conduzida por meio de tubulações até o seu destino, a rede coletora de esgoto. Esse sistema é conhecido como sanitário e, assim como o sistema hidráulico, é extremamente importante em uma edificação, onde um é o complemento do outro.

Para Nascimento (2024), entre as especialidades da engenharia civil pode-se destacar a área que atua em projetar e implementar sistemas de água potável, esgoto e tratamento de resíduos. O autor enfatiza o fato de que essas variáveis são vetores que contribuem diretamente para a saúde pública e ambiental.

Esses sistemas são considerados pela Assembleia Geral das Nações Unidas e pelo Conselho de Direitos Humanos como uma questão de saúde pública, sendo assim, no ano de 2010, estes órgãos criaram, juntos, o (DHAES) direito humano a água e ao esgotamento sanitário, visando garantir o acesso ao sistema de água e esgoto para todas as pessoas, sem discriminação (NEVES-SILVA,2016).

Sabe-se que o acesso a condições básicas de saneamento não é uma realidade observada de forma igualitária no cenário brasileiro, porém, o presente artigo não tem finalidade de discutir a aplicabilidade ou o negligenciamento desse direito, tendo sido citado apenas para reforçar a importância das redes hidrossanitárias para a construção civil bem como para a população como um todo.

O sistema de águas pluviais é outro componente da rede hidrossanitária, é responsável pela captação das águas das chuvas, destinando-as para o local correto, geralmente ligada à rede de drenagem. O sistema de esgotamento das águas pluviais precisa ser completamente separado da rede de esgotos sanitários, rede de água fria e de quaisquer outras instalações prediais (NBR 10844,1989).

É importante destacar que, para Goldenfum (2006), a água da chuva é considerada uma das mais puras fontes de água. De acordo com o autor a precipitação, na sua origem, contém muito poucas impurezas, porém ao atingir a superfície terrestre, pode ocorrer a contaminação. De uma forma geral, ele defende que as águas pluviais podem fornecer água limpa e confiável, desde que os sistemas de coleta sejam mantidos de forma adequada e a água seja tratada apropriadamente.

A NBR 10844 é uma norma brasileira onde se encontram regras para projetar, construir e manter os sistemas de drenagem pluvial. É possível observar através da figura 02, uma das condições estabelecidas pela norma. Na cor vermelha, está representada a rede coletora de esgotamento sanitário e em azul a rede coletora de esgotamento pluvial. Apesar de pertencerem ao sistema hidrossanitário de uma mesma edificação, observa-se que não possuem uma ligação direta.



Figura 2. Rede de Esgoto e Drenagem

Fonte: <https://casan.com.br/noticia/index?url/casan-orienta-sobre-o-uso-adequado-dos-sistemas-de-esgotamento-sanitario#0>

A figura 02 mostra ainda, que por serem de origens diferentes, as redes também apresentam destinos distintos. Sendo necessário do caso, o esgoto sanitário passar por uma estação de tratamento, o que não ocorre com o esgoto pluvial, uma vez que a água captada pode retornar para a natureza sem causar nenhum problema. Na imagem a água da rede pluvial segue para a rede de drenagem, porém muitas vezes essa água é armazenada em reservatórios para ser reaproveitada.

As instalações hidrossanitárias ficam embutidas nas estruturas das edificações, normalmente se constroem *shafts* por onde passam as tubulações, essa prática é usada, estrategicamente para que se realize as devidas manutenções nas redes de forma a facilitar o acesso e gerar menos incomodo.

Para que uma estrutura obtenha êxito na garantia da sua vida útil, faz-se necessário que os sistemas prediais hidráulicos e sanitários estejam harmonizados adequadamente, para garantir o correto funcionamento de todos os seus componentes (BONI *et al.*, 2021).

Com base nos estudos apresentados até o momento, é possível compreender que os sistemas hidrossanitários apresentam um papel crucial na indústria da construção civil e na sociedade, fazendo parte do cotidiano das pessoas, e que a sua correta aplicação é imprescindível a qualquer edificação.

2.2.2 Concepção de projetos hidrossanitários por meio da tecnologia BIM

O termo projeto vem do latim *projectum*, que significa “antes de uma ação”. Na indústria da construção civil, a palavra projeto é associada com a elaboração de um planejamento ou esboço de etapas de serviços que devem ser cumpridas a fim de se obter um resultado. Geralmente divididos em estruturais e complementares, os projetos de uma construção englobam todas as fases de uma obra.

O processo de elaboração de projetos passou por grandes transformações no decorrer dos anos, a busca por uma ferramenta que atendesse às necessidades da engenharia e facilitasse não só a concepção de projetos, mas que beneficiasse a indústria da construção civil na sua totalidade, culminou no surgimento do conceito *Building Information Modeling* (BIM).

Atualmente, encontram-se conceitos diversos sendo usados para descrever as funcionalidades da plataforma BIM. Na somatória, estes conceitos são complementares entre si, e visam apresentar tanto os princípios de modelagem quanto os benefícios proporcionados por esta metodologia.

A implementação da tecnologia BIM nos empreendimentos do ramo construtor, gera para os clientes da plataforma, o conforto e a praticidade da interoperabilidade, que é uma das características fundamentais da ferramenta, que nada mais é que a capacidade de comunicação entre diferentes sistemas através de uma base de dados. A figura 03, tem o objetivo de demonstrar como esse conceito funciona na prática.



Figura 3. Interoperabilidade BIM

Fonte: <https://utilizandobim.com/blog/interoperabilidade/>

Observa-se que, a figura 03 sugere que existe uma interação entre os vários departamentos envolvidos na construção. A intenção da imagem é demonstrar que, a utilização dessa metodologia em um processo construtivo, facilita a comunicação entre todos os envolvidos na execução de uma obra, do gerente ao instalador.

De modo geral destacam-se quatro características marcantes dos modelos em BIM, são elas: a modelagem paramétrica, o levantamento de insumos, a interoperabilidade e a geração de simulações. Assim, para que um software seja considerado pertencente ao BIM, é preciso que ele atenda a todas estas características (MIRANDA, 2019).

O BIM, trouxe grandes avanços para a construção civil, através dele é possível integrar diversos projetos e visualizar de forma instantânea a interação entre eles. O que não é possível na metodologia *computer-aided design and drafting* (CAD), ainda muito utilizada. “O processo atual de elaboração e compatibilização de projetos no modelo 2D já demonstrou falhas, apresentando erros e interferências que em sua maioria são vistos somente na fase de execução da obra” (GOMES, 2020, p1).

Comumente as instalações hidráulicas e sanitárias, apresentam a ocorrências de patologias, e a maior parte dos problemas encontrados são ocasionadas por falhas de projeto. O projeto hidráulico-sanitário é indispensável em uma obra, pois através dele é possível evitar inúmeros erros na montagem das instalações, falhas de concepção sistêmica ou falhas de compatibilização com os projetos arquitetônico e estrutural e até mesmo erros de dimensionamento (CARVALHO JÚNIOR, 2021).

Diante dos problemas encontrados comumente em instalações hidrossanitárias, sejam ocasionados por erros de projetos, sejam ocasionados por uma má execução, o método BIM se apresenta como uma plataforma otimizadora desses processos. Atualmente, existem diversos softwares que se utilizam dessa metodologia, dentre os quais pode-se destacar o Revit, Archicad e AltoQiBuilder.

“O Revit é uma plataforma da Autodesk que usa a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*). É um software de design de projeto de arquitetura e engenharia e um sistema completo de documentação do projeto que suporta todas as fases do processo” (JUSTI, 2008, p140).

De acordo com Justi (2008), Projetos que usam o Revit possuem uma vantagem competitiva imediata. Assim como o Revit, as outras ferramentas que também se utilizam da metodologia BIM, apresentam todos os benefícios proporcionado por essa tecnologia, ainda que cada plataforma tenha suas peculiaridades.

Outra propriedade da tecnologia de modelagem virtual que muito auxilia as construções de edificações, é a compatibilização de projetos. A figura 04 retrata a maneira como a ferramenta facilita ao projetista, a visualização de todas as instalações junto à estrutura e arquitetura. A imagem foi gerada por meio da plataforma AltoQiBuilder.

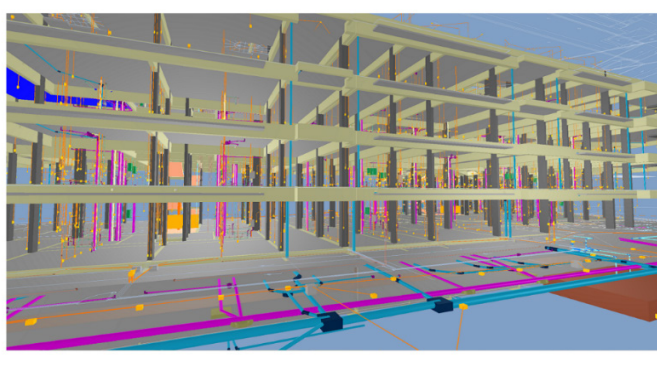


Figura 4. Compatibilização em AltoQiBuilder

Fonte: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115001609233>

É possível observar na imagem, que, para cada instalação o software usa uma cor diferente, essas cores podem ser modificadas pelo projetista nas configurações, conforme necessidade, isso ocorre para facilitar o entendimento do projeto. Vale ressaltar que, qualquer parte das instalações podem ser ocultadas ou exibidas a qualquer momento nesse modo de projetar.

Apresentadas as vantagens da utilização da tecnologia como ferramenta de auxílio na elaboração de projetos e gerenciamento de sua execução, é relevante compreender a razão pela qual a metodologia ainda não é uma realidade encontrada em grande parte das construtoras e demais empreendimentos que operam a construção civil.

O estudo realizado por Degasperri *et al.* (2017), demonstrou que, dentre as dificuldades referentes à implantação e uso do BIM, pode-se destacar a ausência de preparação e especialização por parte de profissionais para operar os softwares, além dos desafios em entender o conceito. O autor afirma apesar do custo para a implementação da tecnologia ser considerado alto, é infinitamente menos relevante que os ganhos gerados pelo seu uso.

3. CONCLUSÃO

Diante do estudo realizado, observou-se que a adoção do BIM (*Building Information Modeling*) para a concepção de projetos hidrossanitários transpassa por desafios que desanimam a utilização da ferramenta. Dentro do contexto atual, a transição dos softwares convencionais para a plataforma BIM sofre uma resistência por parte de profissionais que já possuem expertise nos programas já consolidados.

A pesquisa demonstrou que essa mudança envolve não só novos conhecimentos técnicos para uma curva de aprendizado, mas também uma reestruturação cultural em que os profissionais estão inseridos atualmente. A superação desses desafios exige planejamento estratégico, treinamento da equipe e um compromisso a longo prazo com a nova

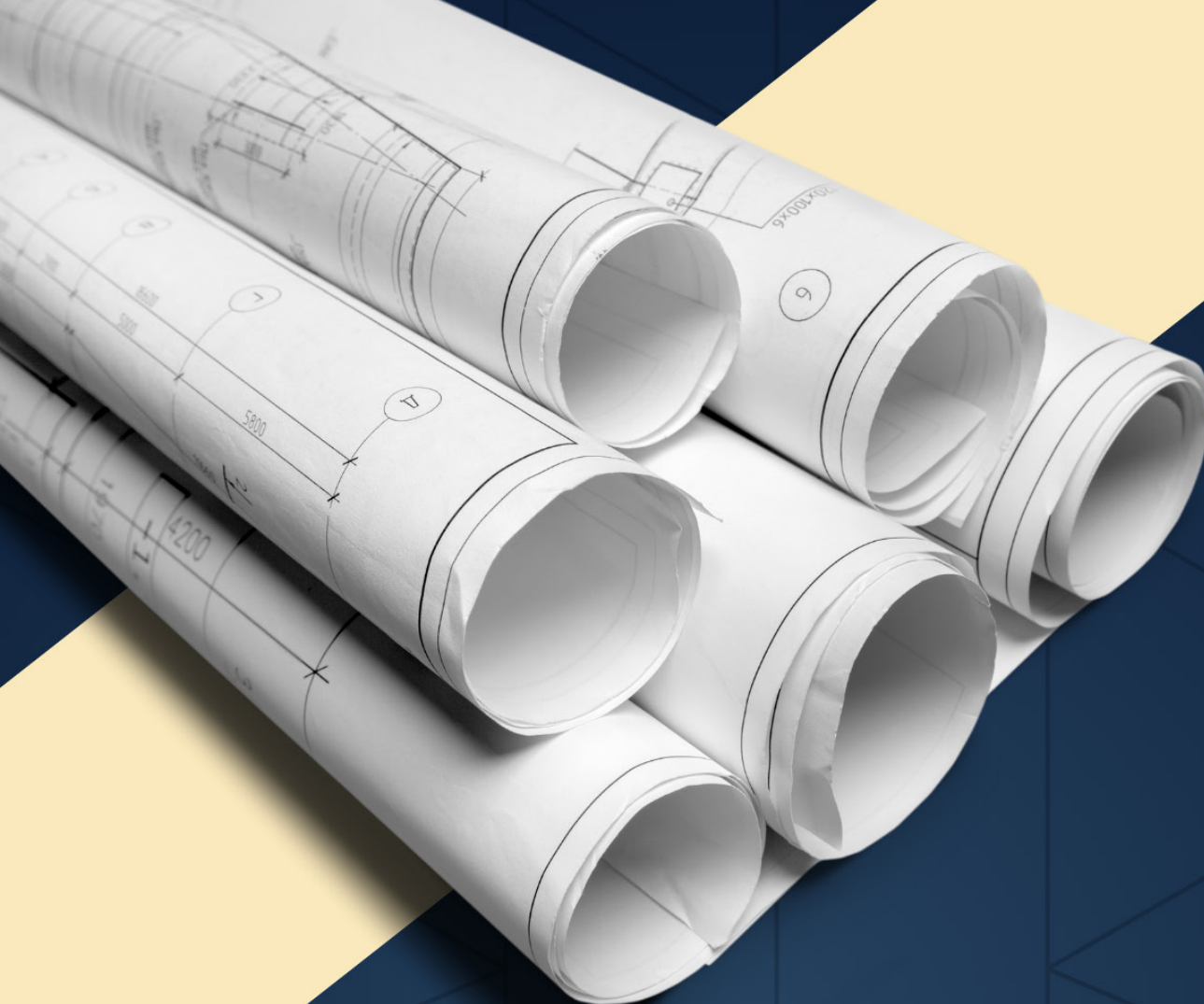
plataforma.

Com relação aos benefícios gerados pelo uso da plataforma, verificou-se que a compatibilização de projetos é um diferencial estratégico no mercado com a integração de diferentes tipos de projetos, facilitando a identificação de problemas e a prevenção de erros ainda na fase de planejamento.

Apesar dos desafios relacionados à implantação da tecnologia BIM, o estudo revelou que a sua adoção para projetos hidrossanitários é totalmente justificável, uma vez que ela oferece maior precisão nos detalhes, análise de custo e cronograma, simulação de desempenho, verificação de atendimento aos requisitos das normas, documentação automática e ainda proporciona colaboração em tempo real entre os envolvidos no processo. Além do mais, que tem acesso à ferramenta BIM, consegue usufruir de todos esses benefícios na elaboração dos demais projetos de engenharia.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. ABNT, 1989.
- ATHAYDES, Tiago Vinicius Silva; PAROLIN, Mauro; DE QUEIROZ CRISPIM, Jefferson. Análise histórica sobre práticas de saneamento básico no mundo. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 65, 2020.
- BONI, Solange da Silva Nunes et al. Análise das patologias levantadas no sistema predial hidrossanitário de edificações da Universidade Federal do Maranhão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 50989-51009, 2021.
- Carvalho Júnior, Roberto de. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias: Princípios básicos para elaboração de projetos**. Brasil, Editora Blucher, 2021.
- DEGASPERI, Anderson Borges et al. Estudo da Tecnologia BIM e os Desafios para sua Implantação. **Revista Espaço Acadêmico. Serra**, v. 7, n. 2, p. 81-93, 2017.den
- FLORENÇANO, José Carlos Simões; DE ASSIS COELHO, Francisco. O Abastecimento de Água e seus Reflexos na Saúde da População. **CONSTRUINDO**, 2014.
- GOLDENFUM, Joel Avruch. Reaproveitamento de águas pluviais. **Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS**, 2006.
- GOMES, Danielly D. Compatibilização de Projetos em BIM. 2020.
- JUSTI, Alexander Rodrigues. Implantação da plataforma Revit nos escritórios brasileiros. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 3, n. 1, p. 140-152, 2008.
- MIRANDA, Rian das Dores de; SALVI, Levi. Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano**, v. 4, p. 79-98, 2019.
- NASCIMENTO, Thiago Monteiro do et al. Avaliação das patologias em sistema predial hidrossanitário: um estudo de caso. 2024.
- NEVES-SILVA, Priscila; HELLER, Léo. O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 1861-1870, 2016.
- SANTOS, Adriana de Paula Lacerda et al. A utilização do BIM em projetos de construção civil. **Revista Ibero-americana de Engenharia Industrial, Florianópolis**, v. 1, n. 2, p. 24-42, 2009.



25

MÉTODOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES DE CONCRETO

METHODS OF WATERPROOFING CONCRETE SLABS

Hemille Alves Carvalho

Resumo

A tecnologia de impermeabilização avançou nas últimas décadas com a introdução de novos materiais e a publicação de novos padrões técnicos. Esses avanços refletem o estudo de falhas passadas e uma maior conscientização sobre erros recorrentes de projeto. Embora a maioria das ocorrências de infiltração de umidade nos sistemas de impermeabilização permaneçam em penetrações e transições verticais, também são muito prevalentes em aplicações horizontais, especialmente lajes. O objetivo geral desse trabalho foi discutir os sistemas utilizados para impermeabilização em lajes de cobertura em concreto expostas ao intemperismo e o objetivo específico foi descrever as vantagens e desvantagens da utilização de sistemas rígidos e flexíveis de impermeabilização em lajes de concreto. A metodologia utilizada foi a de revisão de literatura, incluindo artigos, teses e dissertações produzidas entre 2019 e 2024. Foram apresentados os tipos de patologias de umidade que podem surgir no ciclo de vida de lajes de concreto, assim como analisadas as características dos sistemas de impermeabilização mais usados nas construções em concreto. Conclui-se que a escolha do produto assim como os cuidados necessários para garantir os resultados esperados desse tipo de aplicação são elementos-chave para o sucesso do procedimento e confiabilidade dos resultados.

Palavras-chave: Concreto, Lajes, Impermeabilização, Construção.

Abstract

Waterproofing technology has advanced in recent decades with the introduction of new materials and the publication of new technical standards. These advances reflect the study of past failures and a greater awareness of recurring design errors. Although most occurrences of moisture infiltration in waterproofing systems remain in vertical penetrations and transitions, they are also very prevalent in horizontal applications, especially slabs. The general objective of this work was to discuss the systems used for waterproofing concrete roof slabs exposed to weathering and the specific objective was to describe the advantages and disadvantages of using rigid and flexible waterproofing systems on concrete slabs. The methodology used was a literature review, including articles, theses and dissertations produced between 2019 and 2024. The types of moisture pathologies that can arise in the life cycle of concrete slabs were presented, as well as the characteristics of the waterproofing systems most used in concrete constructions were analyzed. It is concluded that the choice of product as well as the necessary care to ensure the expected results of this type of application are key elements for the success of the procedure and reliability of the results.

Keywords: Concrete, Slabs, Waterproofing, Construction.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais amplamente utilizados na construção civil, graças à sua versatilidade, resistência e durabilidade. Composto basicamente de cimento, água, agregados e, eventualmente, aditivos, o concreto pode ser moldado em diferentes formas e tamanhos, atendendo às mais diversas demandas estruturais. Sua popularidade na construção de edifícios, pontes, rodovias e outras obras de infraestrutura se deve não apenas à sua capacidade de suportar grandes cargas, mas também à sua longevidade e ao fato de ser relativamente econômico quando comparado a outros materiais de construção.

Entretanto, como qualquer material, o concreto tem suas limitações, sendo sua porosidade uma das características que exige maior atenção. A presença de poros e fissuras pode permitir a infiltração de água e outros agentes agressivos, comprometendo a integridade estrutural ao longo do tempo. Esse problema é ainda mais crítico em estruturas horizontais, como as lajes, que são constantemente expostas às intempéries.

As lajes de concreto são elementos fundamentais em diversas tipologias construtivas, atuando como pisos, coberturas ou plataformas de distribuição de cargas. Porém, devido à sua função e localização, estão sujeitas a intensas ações de agentes externos, como chuvas, mudanças de temperatura e a umidade, fatores que aceleram o processo de deterioração caso não seja aplicado um adequado sistema de impermeabilização.

A impermeabilização de lajes de concreto é, portanto, uma etapa indispensável no processo construtivo, pois garante a proteção contra a infiltração de água, previne o surgimento de patologias como mofo, eflorescências e corrosão das armaduras, e, sobretudo, preserva a vida útil da estrutura. Métodos eficazes de impermeabilização contribuem diretamente para a segurança, a durabilidade e a redução de custos de manutenção de uma edificação.

Existem diversos fabricantes de produtos impermeabilizantes no mercado nacional, oferecendo uma vasta gama de soluções rígidas e flexíveis, com inovações desenvolvidas para otimizar os resultados dessa proteção. A definição do sistema a ser utilizado é essencial para o resultado pretendido, assim como o produto e sua aplicação são pontos estratégicos no processo.

Conhecer os tipos, aplicações e desvantagens do uso de cada sistema de impermeabilização é fundamental, ao mesmo tempo em que a indústria da construção está em pleno desenvolvimento de novas matérias e técnicas, que exigem profissionais que dominem o conhecimento técnico que possibilite o planejamento, execução e manutenção das estruturas, especialmente de concreto, que tem se destacado como material preferencial na contemporaneidade, justificando o interesse pelo desenvolvimento de pesquisas sobre o tema.

Diante disso, a questão que norteia essa pesquisa é: considerando o desempenho e as principais contraindicações, qual a importância da adequada definição entre os sistemas rígidos ou flexíveis de impermeabilização de lajes para prevenir o surgimento de patologias do concreto?

Então, o objetivo geral desse artigo é discutir os sistemas utilizados para impermeabilização em lajes de cobertura em concreto expostas ao intemperismo. E quanto ao objetivo específico, é descrever as vantagens e desvantagens da utilização de sistemas rígidos e flexíveis de impermeabilização em lajes de concreto.

2. METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foi usado o método de revisão de literatura, com embasamento em trabalhos acadêmicos e artigos científicos da área de engenharia civil e afins publicados em revistas especializadas, inclusive online.

Para coleta de dados foram acessas as bases de dados eletrônicas Google Acadêmico e Scientific Electronic Library Online (SciELO). As buscas serão conduzidas com a utilização dos termos: a) “concreto”; b) “lajes”; c) “impermeabilização”.

Como critérios de inclusão, foram selecionadas as publicações produzidas em português, com conteúdo integralmente disponibilizado de forma gratuita nas bases de dados citadas e publicadas entre 2019 e 2024. Como critérios de exclusão, foram dispensados os estudos cujos conteúdos não estavam disponíveis integralmente, aqueles que não atenderam aos objetivos definidos para esta pesquisa, além daqueles publicados antes de 2019.

3. CONCRETO E IMPERMEABILIZAÇÃO

O concreto é um material sintético bastante usado na construção civil, extremamente durável ao longo do tempo. É usado em calçadas, lajes, alvenaria, assim como em prédios, estradas e pontes. Permite criar megaestruturas feitas de um material que, em um primeiro momento, pode parecer simples pela sua composição básica: água, cimento e agregado (BRANDÃO; JESUS; CORTIVO, 2020).

O concreto é um dos componentes estruturais mais utilizados na indústria da construção. No entanto, o concreto absorve a água e, se não for impermeabilizado, pode sofrer desgaste físico-químico causado por produtos químicos e contaminantes oriundos da água de chuvas, por exemplo (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

A permeabilidade é uma característica inerente ao concreto, relacionada à capacidade do material em permitir a passagem de líquidos e gases através de seus poros. Mesmo sendo um material sólido e resistente, o concreto não é completamente impermeável. A presença de porosidades e microfissuras em sua matriz ocorre naturalmente durante o processo de cura, sendo influenciada por fatores como a relação água/cimento, o tipo de agregados utilizados e o controle da compactação durante a aplicação (NASCIMENTO; MOTA; BARBOSA, 2023).

A permeabilidade no concreto refere-se à quantidade de migração de água ou outras substâncias líquidas através dos poros do material em um determinado período de tempo. É assim o resultado de: composição da porosidade na pasta de concreto, hidratação ou associação com a liberação de calor, evaporação da água de mistura, exposição à mudanças de temperatura, formação de cavidades e encolhimento plástico causam rachaduras no concreto durante o tempo de ajuste (LIMA *et al.*, 2020).

Os poros do concreto são determinados pela exposição ambiental do material e pelos danos causados por líquidos e gases que o penetram, como dióxido de carbono, água, oxigênio, cloretos, sulfatos etc.; esses elementos ou compostos causam várias reações químicas, cujo efeito mais crítico é a corrosão da alma de aço do elemento de construção. Assim, o conceito de durabilidade do concreto está associado à qualidade da mistura empregada, bom desempenho quando exposto ao ambiente de serviço e manutenção de sua forma original (BRANDÃO; JESUS; CORTIVO, 2020).

O grau de porosidade dos agregados comuns varia de 0 a 50%, considerando que o

agregado representa aproximadamente três quartos do volume do concreto, é por isso a qualidade do agregado utilizado é um fator que pode contribuir para a porosidade total do concreto. No entanto, é a porosidade capilar que geralmente influencia a durabilidade do concreto. Além disso, deve-se considerar que na mistura de concreto são gerados alguns espaços/interstícios não conectados, para que a porcentagem de poros no concreto endurecido seja calculada através da relação entre a porcentagem teórica e real de poros (MODENA; NEGRI, 2022).

A porosidade da pasta de cimento é a soma do volume dos orifícios capilares e dos orifícios de gel e representa o espaço não preenchido pelos componentes sólidos da pasta de cimento hidratada. Depende principalmente da relação água / cimento (a / c) e do grau de hidratação alcançado pelo cimento (SANTOS; MARCO; FLORIAN, 2022).

A permeabilidade do concreto pode ser particularmente problemática em estruturas horizontais, como as lajes, que estão frequentemente expostas a condições ambientais adversas, como chuvas e umidade constante. A água pode penetrar através desses poros e microfissuras, promovendo a deterioração gradual da estrutura. Esse processo é agravado em climas mais rigorosos, com variações extremas de temperatura, onde a infiltração de água pode levar à formação de fissuras maiores devido ao fenômeno de congelamento e descongelamento (SIMÕES, 2023).

As consequências da permeabilidade do concreto nas lajes são variadas e, muitas vezes, severas. A infiltração de água pode acarretar: corrosão das armaduras, eflorescências e manchas, diminuição da durabilidade e problemas em revestimentos. A presença de água, especialmente quando combinada com substâncias agressivas como cloretos e sulfatos, pode causar a corrosão das armaduras de aço no interior das lajes. Isso compromete a resistência e estabilidade da estrutura, aumentando os riscos de colapso ou falhas estruturais ao longo do tempo (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

A migração de água através do concreto pode trazer sais dissolvidos à superfície, formando depósitos brancos conhecidos como eflorescências. Além do impacto estético, essas eflorescências indicam que a água está se movendo através da estrutura, podendo agravar outros tipos de deterioração (LIMA et al., 2020).

A eflorescência, uma consequência da umidade em paredes ou lajes nitrosas, geralmente afeta principalmente as superfícies externas. No entanto, às vezes manchas podem aparecer internamente, por exemplo, divisórias de banheiros e cozinhas, onde podem surgir condições favoráveis para a aparência, como resultado de falhas no sistema hidráulico (BEZERRA; LIRA, 2021).

A infiltração constante de água, especialmente em lajes não protegidas, pode reduzir significativamente a vida útil da estrutura. A umidade presente no interior do concreto favorece o surgimento de fissuras, e a repetida ação de ciclos de secagem e umedecimento acelera esse processo de degradação. A água que permeia o concreto também pode comprometer a aderência de revestimentos, como cerâmicas e impermeabilizantes, resultando em deslocamentos e outros defeitos estéticos e funcionais (SILVA et al., 2019).

Dado o impacto negativo da permeabilidade do concreto em estruturas de laje, é essencial adotar medidas preventivas e corretivas, como a escolha adequada dos materiais e a implementação de técnicas de impermeabilização eficazes, para preservar a integridade e funcionalidade dessas estruturas ao longo de sua vida útil (SAMPAIO; FERREIRA FILHO; FLORIAN, 2021).

Cloretos intimamente associados ao cimento hidratado não são solúveis em água, portanto, não causam corrosão; no entanto, os cloretos que estão ligados a algum com-

posto de hidratação no cimento podem quebrar essa ligação e retornar à solução porosa novamente. O ataque por cloretos varia de acordo com a região geográfica, de acordo com a salinidade ou a concentração dos sais contidos na água, dependendo principalmente de três fatores: evaporação, precipitação e proximidade das descargas fluviais (SILVA; MIRANDA, 2023).

A umidade que é evidente nas paredes interiores e na cobertura dos edifícios, geralmente se origina de fontes externas, seja por infiltração através das paredes em caso de chuva forte ou por acúmulo de água no exterior das paredes ou lajes por água estagnada neles, escoamento do telhado devido à falha em caso de chuva ou escoamento do piso superior, devido à capilaridade da umidade do solo da fundação e à condensação gerada excepcionalmente dentro do recinto (BRANDÃO; JESUS; CORTIVO, 2020).

Para entender melhor os danos causados pelo aparecimento de umidade no interior dos edifícios, bem como a maneira recuperar as partes afetadas, é importante definir que, em uma construção, a difusão de umidade através de suas estruturas ocorre exclusivamente como consequência de um fenômeno capilar e da pressão exercida pela água a partir dos pontos de penetração (LIMA *et al.*, 2020).

A umidade afeta uma construção na oxidação de sua estrutura de aço, a putrefação de suas paredes de madeira ou outra matéria orgânica, gerando um odor desagradável que torna insalubre estar dentro das áreas afetadas, levando à degradação irreversível do edifício (SILVA; MIRANDA, 2023).

No que diz respeito ao interior das construções, a umidade causada pela infiltração é especialmente evidente por três fenômenos: presença de pontos úmidos, localizados nas partes das paredes próximas ao teto ou ao piso; surgimento sem causa aparente de falhas no acabamento, na pintura decorativa ou em outros acabamentos, como papel de parede; e pela proliferação de colônias de fungos nas superfícies e nos cantos escuros, geralmente imediatos ao pavimento ou laje de cobertura (MENDONÇA JÚNIOR, 2019).

A umidade ascendente devido à capilaridade vem do subsolo, devido ao excesso de água no solo onde as fundações do edifício estão entrincheiradas, embora também possam se originar em poças ou saturações de água, devido à existência de correntes de água subterrâneas ou à queda de fortes chuvas, sem bom escoamento ao redor do edifício. A água que entra em contato com as paredes do edifício penetra nelas e, por ação capilar, sobe para os andares superiores, dada a falta de impermeabilização das fundações e paredes (SILVA, 2023).

A umidade devido à gravidade tem origem em defeitos de impermeabilização dos telhados do edifício, onde pequenos reservatórios podem se formar como consequência de chuvas intensas, principalmente quando há falhas no sistema de evacuação de águas pluviais. A água retida, antes de ser seca pela ação do ar e da energia solar, pode filtrar uma parte através de fissuras e pequenas rachaduras, onde se conecta à rede capilar da estrutura e desce até o piso imediato. Em outras circunstâncias, as vias de acesso são importantes o suficiente para permitir que a água caia diretamente, sem a necessidade de recorrer à capilaridade. É o caso de vazamentos, cuja presença indica a existência de falhas nas coberturas (DONATI; SCHULZE, 2023).

A umidade lateral por infiltração é originada pela chuva que bate nas fachadas de um edifício, todos os pisos podem ser afetados pelo aparecimento de umidade nas superfícies interiores correspondentes às paredes. Essa infiltração é causada pela ausência ou pela degradação da camada de impermeabilização, devido à sua aplicação incorreta, ao uso de materiais deficientes ou às condições do próprio trabalho (SILVA, 2023).

A condensação é produzida pela comunicação permanente dos ambientes externos, com os internos do edifício, estabelecidos pela porosidade dos materiais com os quais sua estrutura foi construída, das paredes e dos telhados, cujo contato busca alcançar o equilíbrio higrométrico entre ambos os fatores. Por outro lado, ambientes internos também podem gerar sua própria umidade de condensação, geralmente como consequências da falta de ventilação (BEZERRA; LIRA, 2021).

O fenômeno é ainda mais pronunciado quando o compartimento é pequeno e não possui um volume mínimo para absorver as contribuições do vapor de água da transpiração e da respiração humana, bem como das plantas de interior, é comum em banheiros, cozinhas e lavanderias com pouca ventilação (MENDONÇA JÚNIOR, 2019).

Os principais danos causados pela umidade nas lajes são identificados como infiltrações que causam manchas, mofo, eflorescências, criptoflorescências e gelividade. Todos esses danos citados, com o tempo, deterioram os materiais e a própria construção. A impermeabilização é basicamente um processo projetado para impedir que a água e a umidade penetrem na estrutura, causando diversas patologias (SILVA; MIRANDA, 2023)

Impermeabilização é o sistema de proteção e vedação de superfícies para que umidade, água, fluídos e vapores não infiltrem nas superfícies impermeabilizadas, podendo contê-los ou dirigi-los para outro local pré-definido. Existe dois tipos de impermeabilização na construção civil, a impermeabilização rígida e a flexível (BRANDÃO; JESUS; CORTIVO, 2020).

A impermeabilização garante a proteção da estrutura de concreto, tornando a vida útil mais extensa. É aplicada em projetos de construção e áreas que requerem absorção zero de água, como telhados, varandas, muros de arrimo, fachadas decorativas e tanques de água (CECCON; BIGOLIN, 2022).

Uma estrutura pode ser impermeabilizada com sistemas rígidos ou flexíveis, tem como vantagem a proteção da integridade estrutural. Uma combinação desses sistemas envelopa uma edificação. O tratamento de superfície por impermeabilização a ser escolhido depende do local onde está instalada a laje de concreto, a que será exposta, a aparência desejada, aos usos da laje e de quanto tempo se pretende gastar na manutenção (GALVÃO; RESENDE; CARRIJO, 2019).

As propriedades de impermeabilização são obtidas com a aplicação de produtos que visam tornar as superfícies resistentes à infiltração, impedindo que a água penetre na laje. Diversos produtos e técnicas podem, então, ser aplicados para esse fim, especialmente sistemas rígidos e flexíveis (RODRIGUES; PINHEIRO, 2021).

Portanto, a compatibilidade de materiais, suas interações e conexões interferem no desempenho da estrutura de concreto de um edifício. E esse desempenho é mais prejudicado pelos fatores climáticos externos, dos quais a água da chuva e a drenagem inadequada do local desempenham o papel principal (MOURA, 2022).

A proteção dessas áreas contra a penetração de água é um requisito importante na prevenção de danos causados pela água. A impermeabilização tem como função principal proporcionar a funcionalidade e habitabilidade da edificação, assegurando a saúde o conforto e segurança, assim preservando a edificação (GALVÃO; RESENDE; CARRIJO, 2019).

A impermeabilização rígida usa mantas, lonas ou outras proteções físicas que são aplicadas sobre a estrutura a ser protegida. As mantas usadas são a base de asfalto usam produtos impermeabilizantes compostos por água emulsionada, poliéster e fibras de vidro, que oferece maior resistência ao sistema e, portanto, melhora sua durabilidade. Esses tipos de materiais suportam melhor o contato contínuo com a água do que os somente emulsificados. Os materiais betuminosos são aqueles que em sua composição contêm as-

falto natural, betume de penetração, betume de oxidação ou alcatrão (DONATI; SCHULZE, 2023).

Por sua vez, o tipo flexível geralmente usa produtos, denominados de impermeabilizantes, que são substâncias que impedem a passagem da água e são amplamente utilizadas no revestimento de peças e objetos que devem ser mantidos secos. Trabalham removendo ou reduzindo a porosidade do material, preenchendo os vazios e isolando a umidade do meio (BEZERRA; LIRA, 2021).

Os agentes químicos de impermeabilização podem ter origem natural ou sintética, orgânica ou inorgânica. Entre os naturais, destaca-se o óleo de mamona e, entre os sintéticos, os derivados do petróleo. Impermeabilizantes de asfalto à base de solventes geralmente têm uma consistência pastosa e secam por evaporação dos solventes que dissolvem os asfaltos (MENDONÇA JÚNIOR, 2019).

A impermeabilização com membrana asfáltica pré-fabricada consiste em membranas feitas de asfalto modificado por polímero e possui reforço de poliéster, cujo acabamento superficial pode ser polietileno, poliéster, areia, mica ou metal (SILVA et al., 2019). Dependendo do substrato, a membrana pode ser instalada soldada à laje, semi soldada, flutuante ou autoadesiva. Geralmente são mais de maior custo, mais difíceis de aplicar, são inflamáveis e deve ser utilizada ventilação adequada em sua aplicação, alguns são usados como barreiras a vapor, selantes de juntas ou cimentos plásticos (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

A impermeabilização com pastas betuminosas, consiste em uma emulsão asfáltica diluída em água (ou asfalto aquoso) aplicada ao substrato com várias demãos. Esta impermeabilização é realizada aplicando-se várias camadas da emulsão asfáltica, entre as quais é interposta uma malha elástica entrelaçada, que atua como reforço (SILVA, 2023).

Os agentes impermeabilizantes acrílicos, produzido a partir de polímeros sintéticos, plásticos e elásticos podem ser pigmentados para obter cores diferentes. São fáceis de aplicar, secagem rápida e boa adesão. São ideais para impermeabilização de muros, paredes e superfícies horizontais para os quais são considerados a melhor opção (GALVÃO; RESENDE; CARRIJO, 2019).

Impermeabilização acrílica é um tipo de impermeabilização líquida semelhante a uma tinta externa, formulada com base em resinas sintéticas e fibras de vidro. Nesta categoria, também podem ser incluídos agentes impermeabilizantes à base de resinas acrílicas. Por sua durabilidade, por ser completamente atóxico, ter alta qualidade e oferecer um acabamento estético pode ser aplicado em qualquer ambiente, sendo amplamente utilizados (SIMÕES, 2023).

Os agentes de impermeabilização à base de poliuretano são ideais para edifícios e obras civis, com a vantagem de reduzir os custos de manutenção e reparos, pode ser adicionado uma trama ou malha de proteção que aumenta a resistência a ataques do ambiente, como choques térmicos ou raios ultravioletas (SENA; NASCIMENTO; NABUT NETO, 2020).

A impermeabilização à base de poliuretano incide na aplicação de uma membrana de impermeabilização com aplicação de líquido frio que, uma vez aplicada in situ, polimeriza formando uma membrana contínua de poliuretano, sem juntas ou juntas visíveis. Pode ser usada em áreas com trânsito de pessoas ou veículos de acordo com suas características (RODRIGUES; PINHEIRO, 2021).

As membranas de poliuretano (PU) são ideais para superfícies externas, embora sejam muito sensíveis à umidade, sendo caracterizadas acima de tudo pela alta flexibilidade

que oferecem. As vantagens desses agentes de impermeabilização são: fácil aplicação, alta elasticidade, excelente aderência, resistência às intempéries, aplicabilidade em qualquer superfície, além de secagem e aplicação rápidas (FÉLEX; LACERDA; SILVA, 2021).

As membranas cimentícias impermeabilizantes, por sua vez, são altamente resistentes às intempéries, sendo ideais para climas temperados e frios. Além disso, oferecem grande durabilidade e evitam o aparecimento de salitre. Destacam-se as argamassas poliméricas, cujo material de base cimentícia é produzido industrialmente com aditivos, polímeros e minerais específicos que atribuem ao produto propriedades impermeabilizantes e com uma maior trabalhabilidade do que a argamassa convencional (NASCIMENTO; MOTA; BARBOSA, 2023).

Os agentes de impermeabilização pré-fabricados representam a opção mais recente, eficaz e rápida em quase todas as condições de trabalho e têm as seguintes vantagens: rapidez e limpeza na instalação, espessura uniforme. Podem ser usados em lajes pré-fabricadas. São resistentes a assentamentos de casas e edifícios, possuem uma variedade de cores, de modo que oferecem um acabamento esteticamente atraente em espaços de passagem (MENDONÇA JÚNIOR, 2019).

Os sistemas de impermeabilização plásticos ou elásticos são produzidos com mantas pré-fabricadas ou com elastômeros dissolvidos e aplicados no local. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) devem ser fabricadas a partir de copolímeros acrílicos e oferecem grande elasticidade, para resistir bem aos movimentos de contração e expansão próprias dos materiais construtivos, em especial superfícies de concreto armado (SILVA et al., 2019).

As membranas líquidas, que se tratam-se então de um sistema flexível e sem emendas, consistem na aplicação de uma camada de primer e depois de outras camadas de polímeros. São sistemas muito flexíveis com boas propriedades de durabilidade. Esses sistemas de impermeabilização líquidos têm sido considerados como a melhor solução para evitar vazamentos (SENA; NASCIMENTO; NABUT NETO, 2020).

As soluções de impermeabilização líquida são compostas por produtos líquidos de uma variedade de componentes. Uma vez aplicados, esses sistemas polimerizam dando origem a um revestimento elástico na forma de membrana aderida, semi-aderida ou solta no substrato. Desta forma, é possível criar um filme à prova d'água e durável, capaz de garantir a tamponagem dos poros e vazios das coberturas de concreto (RODRIGUES; PINHEIRO, 2021).

Os elementos mais comuns nesse tipo de sistema são: camada de suporte, primers, fibras de alta resistência (vidro, poliéster ou polipropileno), camada de proteção pesada e camada de acabamento. A camada de suporte consiste em uma camada de material que forma a base onde fica a impermeabilização (SILVA, 2023).

Os primers são produtos líquidos aplicados como primeira camada no substrato para melhorar a adesão entre o suporte e o impermeabilizante. Já as fibras de alta resistência proporcionam maior resistência ao sistema, além de uma espessura determinada. Seu uso é recomendado em casos como pontos singulares dos telhados, reparo de superfícies rachadas ou em superfícies transitáveis, como terraços (BEZERRA; LIRA, 2021).

A camada de proteção pesada é composta por uma ou mais camadas de materiais aplicadas à impermeabilização que impedem a separação do sistema do substrato. Podem ter outras funções de proteção, como à danos mecânicos ou à agentes ambientais. A camada de acabamento é aplicada sobre a produto impermeabilizante com finalidade estética e protetora (SIMÕES, 2023).

A impermeabilização por membrana líquida apresenta mais flexibilidade do que qualquer outro tipo de impermeabilização de concreto. Fornece uma impermeabilização perfeita, com capacidade de cobertura rápida com aplicação de spray (NASCIMENTO; MOTA; BARBOSA, 2023).

Membranas de chapa ou de poliolefina termoplástica (TPO) promove um tipo de impermeabilização ideal para quase todas as áreas horizontais que requerem prevenção de água, incluindo telhados e passarelas. É um método de impermeabilização do tipo colado e autoadesivo. Oferece uma impermeabilização robusta, controlada e espessa, ideal para impermeabilização a longo prazo (GALVÃO; RESENDE; CARRIJO, 2019).

Já a impermeabilização com membrana de cloreto de polivinila (PVC) consiste na aplicação de membranas feitas de camadas de reforçadas com armadura de reforço. A impermeabilização à base de revestimento de policloropreno usa um sistema elastomérico que forma uma membrana de impermeabilização in situ, auto-vulcanizado à frio (MOURA, 2022).

Uma outra opção são os revestimentos de poliureia, um elastômero altamente resistente e com excelência em impermeabilização. A poliureia é produzida a partir da reação entre isocianeto e resina composta sintética. Sua aplicação é feita em spray e possui ação extremamente rápida, com cura ao toque de dois minutos em média. É um revestimento elastomérico projetável, com alta resistência mecânica aplicada à superfície com equipamentos de alta pressão. Produz uma superfície contínua, sem juntas ou juntas visíveis, elástica e totalmente aderida ao substrato (NASCIMENTO; MOTA; BARBOSA, 2023)

4. CONCLUSÃO

A penetração da água no concreto cria riscos para a durabilidade e operação da estrutura, especialmente quando o espaço construído não se destina a conter líquidos. Assim, para a maioria das aplicações em construção de concreto armado, a penetração de água é classificada como um problema que pode comprometer a usabilidade, durabilidade e segurança da estrutura.

O aspecto da impermeabilização é um tema complexo e recorrente na área de construção e manutenção de construções, pois um dos erros mais comuns dos proprietários e construtores é subestimar a importância de sistema de impermeabilização, já que esta é a última etapa da construção quando, muitas vezes um orçamento adequado não é mais alocado para garantir o uso do material apropriado, de acordo com as condições do substrato.

O uso de sistemas de impermeabilização, tanto em novas construções quanto em reabilitação, exige um projeto que contemple todas as áreas de maior risco de infiltrações, profissionais capacitados para execução e alto desempenho dos materiais de vedação a serem utilizados.

Existem vários sistemas de impermeabilização no mercado, incluindo: impermeabilizações cimentícias aprimoradas com aditivos especiais que são aplicados à superfície do elemento: polimérica acrílica, com tintas e pastas de asfalto, com membrana asfáltica, à base de poliuretano e produtos para impermeabilização geral de fachadas e residências de edifícios.

A aplicação de agentes impermeabilizantes segundo as recomendações de aplicação e usos é a chave para que o produto escolhido adequadamente atinja seu desempenho potencial. No entanto, no caso de uma laje de concreto, é essencial que ela tenha uma

inclinação superficial que permita evacuar a água para os dutos correspondentes e que esses dutos estejam adequadamente limpos e operacionais. Tendo cumprido esses dois aspectos, a aplicação do agente de impermeabilização é uma atividade crítica que deve ser monitorada desde o início, considerando a preparação do substrato que o agente de impermeabilização receberá até a avaliação final.

Conclui-se que a impermeabilização de lajes com membranas asfálticas é um procedimento que pode aumentar a vida útil da construção, promovendo maior segurança e durabilidade, pois protege a estrutura dos danos causados pela infiltração e consequentes danos associados. A escolha do produto assim como os cuidados necessários para garantir os resultados esperados desse tipo de aplicação são elementos-chave para o sucesso do procedimento e confiabilidade dos resultados.

Como indicação para trabalhos futuros, recomenda-se o estudo dos diversos tipos de manta asfálticas, com ênfase na adequação dos aditivos a cada tipo de aplicação. Pode-se ainda desenvolver estudos comparativos entre os resultados dos diferentes tipos de mantas e membranas asfálticas.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, João Wellyton Silva; LIRA, Monalyssa. Sistema de impermeabilização da infraestrutura de uma edificação: abordagem comparativa e consequências patológicas. **Revista Multidisciplinar do Sertão**, v. 3, n. 3, p. 302-312, 2021. Disponível em: <https://revistamultisertao.com.br/index.php/revista/article/view/356>. Acesso em: 15 abr. 2024.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de textos, 2019.

CECCON, Andressa Cristhina Vargas; BIGOLIN, Morgane. Vida útil estimada para sistemas de impermeabilização: um estudo de caso. *In*: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 19., 2022. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-12. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2155>. Acesso em: 17 set. 2024.

DONATI, Rodrigo; SCHULZE, Frank. Impermeabilização em construções de alvenaria convencional com estrutura em concreto armado. **Ignis**, Caçador, v.12, n.1, p. 49-59, jan./jun. 2023. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/ignis/article/view/3447/1673>. Acesso em: 05 set. 2024.

FÉLEX, Danielle dos Santos; LACERDA, Thamirys Rakel Vieira de; SILVA, Pedro Henrique de França. Manifestações patológicas relacionadas à impermeabilização em lajes de coberturas em edificações. **Revista Mangão Acadêmico**, v. 6, n. 1. p. 64-82, 2021. Disponível em: <https://estacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/mangaio/article/download/1548/1266>. Acesso em: 15 abr. 2024.

GALVÃO, Luan Martins; RESENDE, Carlos Diego Costa; CARRIJO, Selma Araújo. A importância do sistema de impermeabilização na prevenção de manifestações patológicas na construção civil. *In*: Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. 4. **Anais...**, 2019. Disponível em: <https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/834>. Acesso em: 15 abr. 2024.

LIMA, Patrick Alves Silva et al. Patologias recorrentes em sistema de impermeabilização – Vitória da Conquista – BA. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. ano 05, ed. 12, v. 13, p. 32-55. dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sistema-de-impermeabilizacao>. Acesso em: 02 set. 2024.

MENDONÇA JÚNIOR, Gabriel de Freitas. **Estudo de caso**: ausência de impermeabilização em uma laje exposta e possíveis soluções. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado – Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24817>. Acesso em: 15 abr. 2024.

MODENA, Gabriela Rosin; NEGRI, Robison. Estudo sobre as manifestações patológicas prediais relacionadas à ineficiência do sistema de impermeabilização e proposição de soluções construtivas. **Conhecimento em Construção**, [S. l.], v. 9, p. 203-220, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/conheconstr/article/view/30045>. Acesso em: 17 set. 2024.



MOURA, João Sávio Ferreira. **Análise da impermeabilização da laje do Palácio do Tribunal de Justiça do Estado de Sergipe**. São Cristóvão, 2022. Monografia (Graduação – Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2022. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/18539>. Acesso em: 15 abr. 2024.

NASCIMENTO, Demetrios Farias do; MOTA, João Manoel de Freitas; BARBOSA, Fred Rodrigues. **Principais falhas no processo de impermeabilização em lajes de cobertura na região metropolitana do Recife**. Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Engenharia Civil. 02 fev. 2023.

RODRIGUES, Lázaro da Costa; PINHEIRO, Érika Cristina Nogueira Marques. Manifestações patológicas causadas pela falha de impermeabilização em uma laje de concreto armado: Estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.12, p.110915-110929 dec. 2021.

SAMPAIO, Rafael Mancini; FERREIRA FILHO, Walter Gonçalves; FLORIAN, Fabiana. A necessidade da impermeabilização nas edificações da construção civil. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. e211991, 2021. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/991>. Acesso em: 17 set. 2024.

SANTOS, Robson Gaion Faustino dos; MARCO, Gerson de; FLORIAN, Fabiana. Impermeabilização de reservatórios de água potável com poliuretano. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. e3112379, 2022. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/2379>. Acesso em: 17 set. 2024.

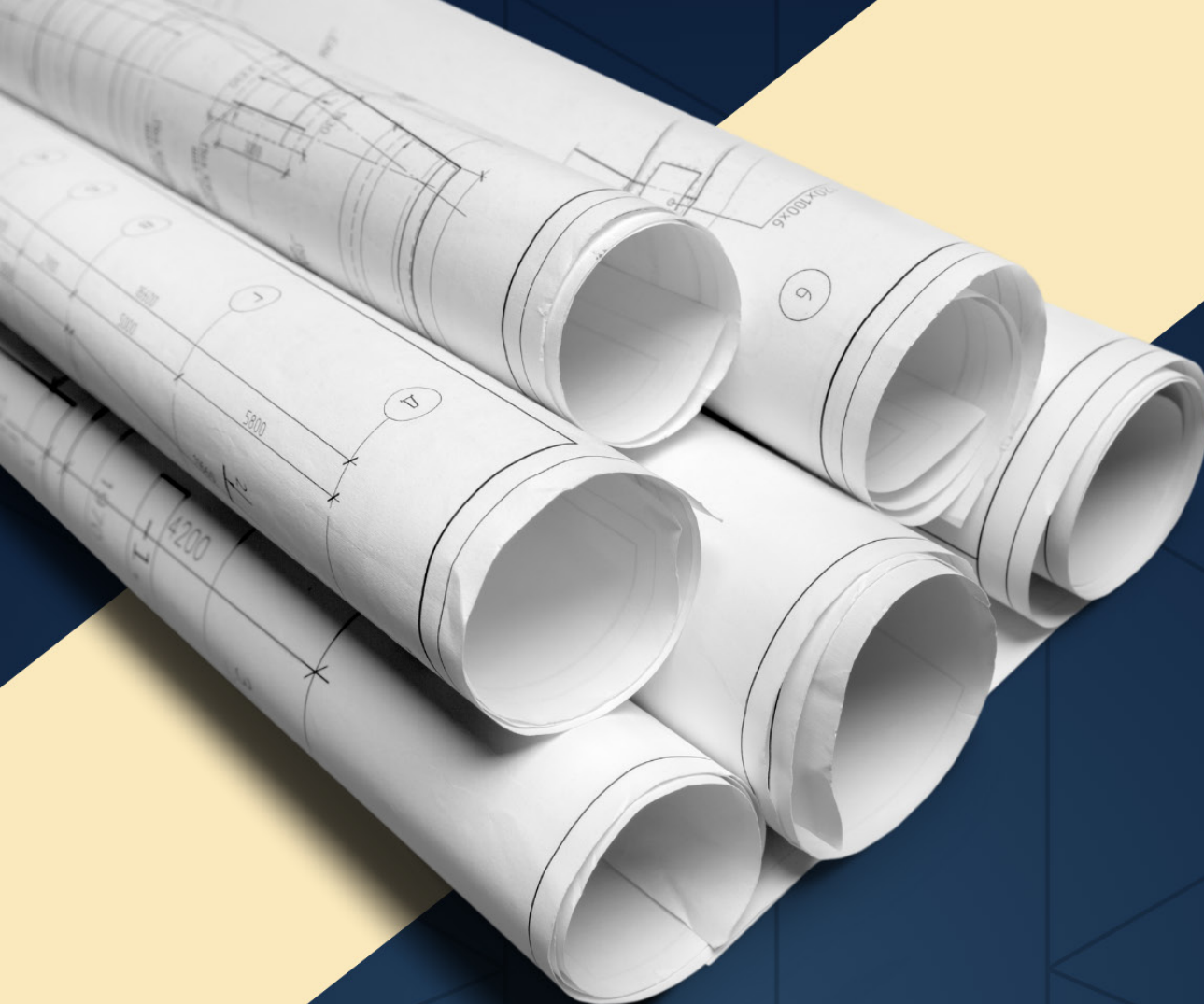
SENA, Gildeon Oliveira de; NASCIMENTO, Matheus Leoni Martins; NABUT NETO, Abdala Carim. **Patologias das Construções**. Salvador: 2B, 2020.

SILVA, Celiane Mendes *et al.* Sistemas de impermeabilização na construção civil: caracterização, importância e métodos de execução. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 5, n. 2, p. 315, 2019. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/6803>. Acesso em: 15 abr. 2024

SILVA, Delcina Ricardina da. **Diretrizes para elaboração de projeto de impermeabilização**. 2023. 69f. Monografia (Especialização – Construção Civil). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

SILVA, Felipe Ferreira; MIRANDA, Thaís Magno da Silva. Patologias Consequentes de Falta ou Má Execução de Impermeabilização. **Boletim do Gerenciamento**, [S.l.], v. 34, n. 34, p. 49-59, fev. 2023. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/610>. Acesso em: 17 set. 2024.

SIMÕES, Thaís Estanislau. **Patologias identificadas na aplicação de sistemas de impermeabilização em edificações**. 2023. 28f. Monografia (Especialização – Construção Civil). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.



26

EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE NO TRATAMENTO DE EFLUENTES: O PAPEL DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO COMPACTAS EM GRANDES CORPORAÇÕES

**EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY IN WASTEWATER
TREATMENT: THE ROLE OF COMPACT TREATMENT
PLANTS IN LARGE CORPORATIONS**

**Samuel Silva Nascimento Filho
José Átila Matos Aroucha Júnior**

Resumo

Este estudo investiga o funcionamento das Estações de Tratamento de Água (ETA), com ênfase na implementação de uma ETA compacta em grandes corporações. O intuito é avaliar como essa configuração pode melhorar a eficiência no uso da água para a limpeza de equipamentos, contribuindo para a sustentabilidade e a diminuição dos custos operacionais, ao permitir o reaproveitamento da água usada na lavagem de um equipamento para o próximo que necessitar. A abordagem metodológica inclui a explicação dos processos de tratamento, que englobam as etapas de gradeamento, pré-cloração, coagulação, floculação, decantação, filtração e pós-alkalinização. Adicionalmente, são analisados a geração e o tratamento de efluentes industriais e sanitários, ressaltando a importância de monitorar a qualidade da água por meio de auditorias de contaminação, para gerenciar a poluição originada pelos produtos químicos. As conclusões ressaltam que a implementação de ETAs compactas não só cumpre as exigências legais de potabilidade, mas também favorece a reutilização da água, minimizando o desperdício e os gastos associados, especialmente em grandes empresas com elevada demanda hídrica. Esta pesquisa destaca a importância do tratamento eficiente de água e efluentes em um cenário industrial que prioriza a consciência ambiental, sendo um dos principais fundamentos para empresas que se preocupam com o futuro do planeta.

Palavras-chave: Efluentes industriais. Reutilização de água. Gestão de recursos.

Abstract

This study investigates the operation of Water Treatment Plants (WTP), with an emphasis on the implementation of a compact WTP in large corporations. The aim is to evaluate how this configuration can improve water efficiency for equipment cleaning, contributing to sustainability and reducing operating costs by allowing the reuse of water used to wash one piece of equipment for the next. The methodological approach includes an explanation of the treatment processes, which encompass the stages of screening, pre-chlorination, coagulation, flocculation, decantation, filtration, and post-alkalization. Additionally, the generation and treatment of industrial and sanitary effluents are analyzed, highlighting the importance of monitoring water quality through contamination audits to manage pollution caused by chemicals. The conclusions highlight that the implementation of compact WTPs not only meets legal potability requirements but also favors water reuse, minimizing waste and associated costs, especially in large companies with high water demand. This research highlights the importance of efficient water and wastewater treatment in an industrial setting that prioritizes environmental awareness, a key foundation for companies concerned about the future of the planet.

Keywords: Industrial effluents. Water reuse. Resource management.

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental para a sobrevivência e para a realização das atividades humanas, abrangendo também o setor industrial. Sua relevância transcende o uso direto, pois está ligada à proteção da biodiversidade e à manutenção do equilíbrio climático. Contudo, a diminuição das reservas de água doce é uma preocupação crescente, impactando diretamente a acessibilidade desse recurso para utilização e produção. Nesse contexto, a indústria se depara com desafios importantes, uma vez que a escassez hídrica pode prejudicar a eficiência produtiva e resultar em perdas financeiras.

A conservação da água passou a ser uma prioridade vital. Tanto pessoas quanto organizações devem implementar métodos sustentáveis, incluindo a diminuição do desperdício e o correto tratamento de resíduos. Para as empresas, é fundamental que façam escolhas responsáveis em relação ao consumo de água, incorporando tecnologias que possibilitem o reaproveitamento desse recurso em suas atividades cotidianas. As Estações de Tratamento de Água (ETAs) compactas surgem como uma alternativa eficaz para enfrentar esse desafio.

Este estudo centrou-se na eficácia das tecnologias de purificação de água, com ênfase nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) compactas, em corporações de grande porte. A pesquisa teve como objetivo compreender de que maneira essas tecnologias favorecem a sustentabilidade e a eficiência no uso da água, além de destacar os principais obstáculos enfrentados durante sua implementação. Tal assunto é significativo, pois resalta a necessidade de incorporar a responsabilidade ambiental nas práticas industriais, estimulando uma administração mais responsável dos recursos hídricos.

Este artigo teve como meta principal examinar as tecnologias para o tratamento de água, focando na empresa Sotreq, e ressaltando a eficácia e a sustentabilidade oferecidas pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs) compactas. Entre os objetivos específicos, estão a exploração dos métodos de tratamento, a análise dos impactos econômicos e ambientais do reaproveitamento de água, além da identificação de estratégias para a gestão de efluentes.

Dessa forma, esta pesquisa se insere em um cenário de aumento da conscientização acerca da proteção do meio ambiente e do uso sustentável dos recursos naturais. A implementação de tecnologias sustentáveis no tratamento de água não apenas ajuda a garantir a disponibilidade desse recurso no futuro, mas também se alinha aos compromissos das empresas com o meio ambiente.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Este trabalho foi feito através de uma pesquisa qualitativa e descritiva, usando a metodologia de revisão bibliográfica. O objetivo foi analisar as tecnologias de tratamento de água, especialmente as estações compactas de tratamento de água (ETAs) e como elas são usadas em grandes empresas. A pesquisa focou em artigos publicados nos últimos dez anos, para garantir que as informações fossem relevantes e atuais.

Para isso, foram definidos alguns critérios para incluir ou excluir os recursos. Os critérios de inclusão foram artigos disponíveis em português que falassem diretamente so-

bre ETAs e efluentes. Por outro lado, foram excluídos estudos que eram apenas revisões, primeiras impressões ou resumos, assegurando que a análise se baseasse em trabalhos completos e substanciais.

A busca por artigos aconteceu em várias bases de dados, como Google Acadêmico, SciELO e documentos publicados por empresas. As palavras-chave usadas na pesquisa incluíram termos como “estação de tratamento de água”, “ETA compacta”, “reuso de água” e “efluente industrial”. Essas palavras foram escolhidas para ajudar a encontrar recursos mais relevantes.

Na análise das fontes coletadas, foram identificados padrões, tendências e lacunas na literatura, utilizando técnicas de análise qualitativa. Essa abordagem proporcionou uma compreensão mais profunda das tecnologias usadas na gestão dos recursos hídricos nas empresas, contribuindo para uma visão mais clara das práticas sustentáveis de tratamento de água.

2.2 Resultados e Discussão

Esta seção examina os principais resultados sobre o uso de ETAs compactas em empresas, com principal foco no reaproveitamento de água para processos industriais. Neste contexto, busca-se entender como ETAs compactas podem atender à demanda interna de água tratada, aumentando a eficiência dos recursos e reduzindo o impacto ambiental das operações industriais.

Para contextualizar, é essencial entender o que são efluentes industriais. As águas residuais industriais são geradas em diversas etapas de um processo produtivo, e suas características químicas, físicas e biológicas variam conforme o ramo de atividade da indústria.

Esses despejos líquidos incluem aqueles oriundos das etapas de produção, lavagem, limpeza e outras fontes, apresentando poluição por produtos utilizados ou gerados no próprio estabelecimento. Essa diversidade nos efluentes destaca a necessidade de métodos eficazes de tratamento, pois a qualidade da água residual pode impactar significativamente o meio ambiente e a saúde pública (OPERSAN, 2024).

O tratamento de efluentes pode ser realizado por meio de processos físicos e químicos. O tratamento físico é responsável pela remoção de contaminantes sólidos e misturas coloidais em suspensão, sejam eles sedimentavam ou flutuantes, através de separações físicas. Esse processo utiliza técnicas como gradeamento, peneiramento, caixas separadoras de óleos e gorduras e flotação.

Em contraste, o tratamento químico elimina poluentes ao alterar a composição molecular do efluente, empregando produtos específicos, como agentes de coagulação, floculação, neutralização de pH, oxidação, redução e desinfecção. Ambas as etapas são fundamentais para garantir a qualidade da água tratada e minimizar os impactos ambientais (OPERSAN, 2024).

Por último, o tratamento biológico, utiliza de reações bioquímicas para a eliminação dos contaminantes solúveis ou coloidais. Podem ser anaeróbicos ou aeróbicos.

Podemos definir as etapas de tratamento:

1. Pré-tratamento: Este é o processo inicial no tratamento dos efluentes, cujo principal objetivo é remover os sólidos em suspensão ou misturados. Podemos remeter a coagulação: Esse processo lida com partículas de impurezas que, por serem pequenas e leves, permanecem em suspensão sem sedimentar. Para torná-las mais

pesadas e facilitar sua remoção, é adicionado sulfato de alumínio à água captada, um coagulante insolúvel que promove a união desses elementos (BRK Ambiental, 2024).

2. Tratamento primário: O segundo processo nas Estações de Tratamento de Efluentes (ETE's) envolve a separação da água de seus poluentes. Essa separação pode ser realizada por diferentes métodos, e a escolha do tratamento primário adequado dependerá do tipo de poluentes e de suas concentrações. Entre os métodos de separação, destacam-se os tanques de decantação, que podem utilizar ou não produtos flocculantes ou polímeros, além de processos de sedimentação em bacias, entre outros. Os flocos de impureza formados afundam e são separados do restante do líquido. No fundo, eles formam um lodo que será posteriormente removido e descartado em aterros sanitários. A água, agora livre das partículas sólidas, pode passar para as etapas seguintes de tratamento (BRK Ambiental, 2024).
3. Tratamento secundário e terciário: Se persistir a contaminação na água, é necessário que mais um tratamento na água, esse já é feito por filtro biológico, o material poluente é consumido por micro-organismos. Ou acontece a filtragem, esses materiais podem reter flocos que não sedimentaram, além de remover completamente outros resíduos menores (BRK Ambiental, 2024).

As empresas estão cada vez mais levando a sério a importância do tratamento e reutilização da água, especialmente visando a redução dos custos. Diante disso, as estações de tratamento compactas vêm ganhando destaque dentro das corporações. Segundo Eduardo (2024), no site Saluta, essas ETAs compactas podem ser definidas como “uma versão miniaturizada das tradicionais estações de tratamento de água. Projetada para ocupar menos espaço, ela é ideal para comunidades pequenas, indústrias ou locais que não comportam uma estrutura de grande porte.”

Esse tipo de estação tem diversas vantagens, a principal delas é a redução dos custos, tanto no reaproveitamento de água, quanto nos processos industriais, pois em grandes empresas que necessitam do uso contínuo de água para suas atividades o processo de tratamento acaba sendo a melhor opção.

Um grande exemplo disso temos as práticas de sustentabilidade implementadas pela Ambev incluem o uso de Estações de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEIs), que juntas têm capacidade de tratar uma carga orgânica equivalente à gerada por uma população de aproximadamente 6,5 milhões de habitantes. Essa infraestrutura permite que a empresa não apenas trate seus efluentes de maneira eficiente, mas também contribua para a redução de seu impacto ambiental, alinhando-se a metas de sustentabilidade e reaproveitamento de água em suas operações (Ambev, 2024).

Outro case de sucesso para empresas de grande porte é a Coca-Cola, com a sua indústria em Itabirito – MG, a fábrica possui diversas tecnologias para cuidar dos recursos hídricos, dentre elas as estações de tratamento compactas.

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) são projetadas para garantir a recuperação de grande parte da água utilizada durante o processo de produção, proporcionando uma economia substancial de recursos naturais sem comprometer a eficiência operacional (Coca-Cola FEMSA, 2024).

Considerando os benefícios que as Estações de Tratamento de Água (ETAs) compactas proporcionam às empresas, é evidente que a implementação dessas tecnologias tem crescido de maneira expressiva na indústria. Essas estações compactas possibilitam uma redução considerável no uso de água e diminuem a perda de recursos.



Variando de acordo com a aplicação e a necessidade de reaproveitamento. Essa redução nos recursos promove uma melhoria nos custos operacionais e favorece uma gestão mais eficaz dos efluentes industriais.

O design compacto oferece benefícios como a diminuição do espaço físico exigido para a instalação, tornando essas estações perfeitas para indústrias que enfrentam restrições espaciais, além de diminuir os gastos com infraestrutura. Corporações como Ambev e Coca-Cola adotam ETAs compactas para melhorar a eficiência no uso da água em suas operações, favorecendo o reaproveitamento da água tratada em tarefas como limpeza e resfriamento, o que reduz consideravelmente a necessidade de fontes externas e ajuda a conservar os recursos hídricos da região.

É muito importante ressaltar que essas estações compactas ajudam as empresas a cumprir uma série de normas que são colocar no Brasil com relação aos recursos hídricos. Dentre elas, temos a CONAMA 430/2011 e a lei 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos).

A resolução CONAMA 430/2011. Esta norma, especificamente no Artigo 24, determina que os responsáveis por fontes poluidoras devem realizar o automonitoramento dos efluentes lançados nos corpos receptores, com base em amostragem representativa.

Vale ressaltar e como discussão a efeito de curiosidade, estudos realizados com relação as características do esgoto. Sendo os esgotos industriais, compreendem os resíduos orgânicos, de indústria de alimentos, matadouros etc.; as águas residuárias agressivas, procedentes de indústrias de metais etc.; as águas residuárias procedentes de indústrias de cerâmica, água de refrigeração etc. (FUNASA, 2003).

É importante ressaltar que os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, e apenas 0,1% de sólidos. É devido a esse percentual de 0,1% de sólidos que ocorrem os problemas de poluição das águas, trazendo a necessidade de se tratar os esgotos (FUNASA, 2003).

Embora os esgotos domésticos apresentem baixa concentração de sólidos, ainda representam uma fonte significativa de poluição pela contaminação dos recursos hídricos. Já os resíduos industriais trazem um risco maior, pois contêm substâncias tóxicas que, sem tratamento adequado, podem impactar gravemente ecossistemas aquáticos e a saúde humana, comprometendo a qualidade da água consumida.

A fiscalização de efluentes industriais abrange mais do que apenas os processos de tratamento aplicados aos resíduos gerados. Há uma preocupação crescente com o descarte de resíduos não tratados em aterros e outros ambientes, o que exige o estabelecimento de parâmetros de controle. Esses parâmetros permitem monitorar o que as empresas estão lançando na natureza, garantindo que cumpram as normas ambientais e minimizem o impacto nos ecossistemas.

Vamos levar como exemplo um Dealer da Caterpillar, empresa do ramo de máquinas pesadas. Ao chegar um equipamento na loja, é realizado a lavagem dele, utilizado de detergente, pode ser que na lavagem ocorra o vazamento de óleo e graxa. Devido a isso, temos a importância da aplicação de desengraxante para que não haja a mistura do óleo e graxa nos efluentes que serão tratados na ETE, ou até mesmo a contaminação no solo.

Os detergentes são amplamente utilizados na indústria para limpeza de equipamentos, pisos, tubulações e sanitários, além de atuarem como lubrificantes em alguns processos industriais. Existem detergentes catiônicos e aniônicos, sendo que apenas os aniônicos estão sob controle legal (GIORDANO, 2003).

Quando falamos sobre metais, temos uma fiscalização ainda mais rigorosa, os que apresentam toxicidade são os seguintes: alumínio; cobre; cromo; chumbo; estanho; níquel; mercúrio; vanádio; zinco. A toxicidade dos metais é função também de seus números de oxidação (GIORDANO, 2003).

É interessante pontuar, que o nitrogênio e fósforo, apesar de serem essenciais para manutenção da vida, eles trazem consigo a proliferação das plantas aquáticas nos corpos hídricos que são lançados, podendo trazer obstrução no sistema e nas estações compactas internas das indústrias, necessitando de um controle ativo dos efluentes.

A legislação no Brasil é variável de estado para estado, devido a isso, alguns parâmetros podem mudar com relação aos efluentes gerados pelas indústrias. Uma ETEI pode ser suficiente para atender a legislação de um estado, mas não atender a todos os limites estabelecidos por outro Estado (GIORDANO, 2003). Geralmente são utilizados do BDO e do QDO para realizar a avaliação.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), também conhecida como Demanda Biológica de Oxigênio, é a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos presentes em uma amostra de efluente, como o esgoto doméstico e industrial (FUSATI, 2021). Por exemplo, se a DBO de um efluente (resíduo líquido) é alta, significa que ele tem muita matéria orgânica e, portanto, consome mais oxigênio, o que pode prejudicar a vida aquática. Quanto menor o DBO, mais limpo é o efluente.

Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica em uma amostra, medida indiretamente através de compostos orgânicos que um reagente de digestão pode decompor. Uma DQO elevada indica que a amostra consome uma alta quantidade de oxigênio durante a degradação (SUPERBAC, 2021).

A DQO desempenha um papel crucial na compreensão da contaminação gerada por efluentes industriais, que frequentemente apresentam uma quantidade de matéria orgânica significativamente elevada. Ademais, ao serem avaliadas em conjunto, a DBO e a DQO permitem mensurar o nível de biodegradabilidade dos efluentes, indicando se esses podem ser decompostos naturalmente por micro-organismos.

As estações compactas, com suas tecnologias avançadas, permitem um tratamento eficaz que facilita a conformidade com os padrões impostos pelas leis e resoluções. O uso dessas tecnologias evita penalizações por descumprimento das normas, além de cuidar daquilo que é nosso bem mais precioso e necessário para manutenção da vida na Terra.

Essa adoção de estações de tratamento internas demonstra o compromisso das empresas com a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental. Como estabelece a Lei 9433/1997 no §1º do art. 1º, “a água é um bem de domínio público,” reforçando a importância de uma gestão sustentável desse recurso vital.

3. CONCLUSÃO

A implementação de Estações de Tratamento de Água (ETAs) de tamanho reduzido constitui um progresso importante na administração dos recursos hídricos, especialmente para indústrias que almejam tanto a eficiência em suas operações quanto a preservação do meio ambiente, além de redução dos custos. A avaliação dos efluentes, utilizando os indicadores DBO e DQO, ressalta a relevância de acompanhar e processar a água residual, assegurando que o seu reuso não prejudique a qualidade dos recursos hídricos.



Casos de renomadas corporações como Ambev e Coca-Cola demonstram de que maneira a adoção dessas tecnologias pode proporcionar vantagens econômicas e ambientais, harmonizando a atividade industrial com as regulamentações ecológicas. Ao incorporar métodos de reutilização de água, as indústrias não só cumprem com as leis atuais, mas também ajudam a proteger os ecossistemas aquáticos e promovem a saúde da população.

Em última análise, a fusão entre inovação tecnológica e dedicação à sustentabilidade não só auxilia na proteção do meio ambiente, mas também destaca as empresas como protagonistas na comunidade. Dessa forma, a implementação de estações de tratamento de água (ETAs) compactas é um avanço crucial para um amanhã mais sustentável, onde a administração eficaz dos recursos hídricos se transforma em um fator de competitividade no ramo industrial.

REFERÊNCIAS

AMBEV. **Estação de tratamento de efluentes industriais atinge capacidade para atender uma população de 6,5 milhões de habitantes**. 2024. Disponível em: <https://www.ambev.com.br/sustentabilidade/etei/>. Acesso em: 29 out. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 16 maio 2011.

BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 29 out. 2024.

BRK AMBIENTAL. **Etapas do tratamento de água**. Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/etapas-tratamento-de-agua/>. Acesso em: 29 out. 2024.

COCA-COLA FEMSA. **Uma fábrica verde**. Disponível em: <https://coca-colafemsa.com/noticias/uma-fabrica-verde/>. Acesso em: 29 out. 2024.

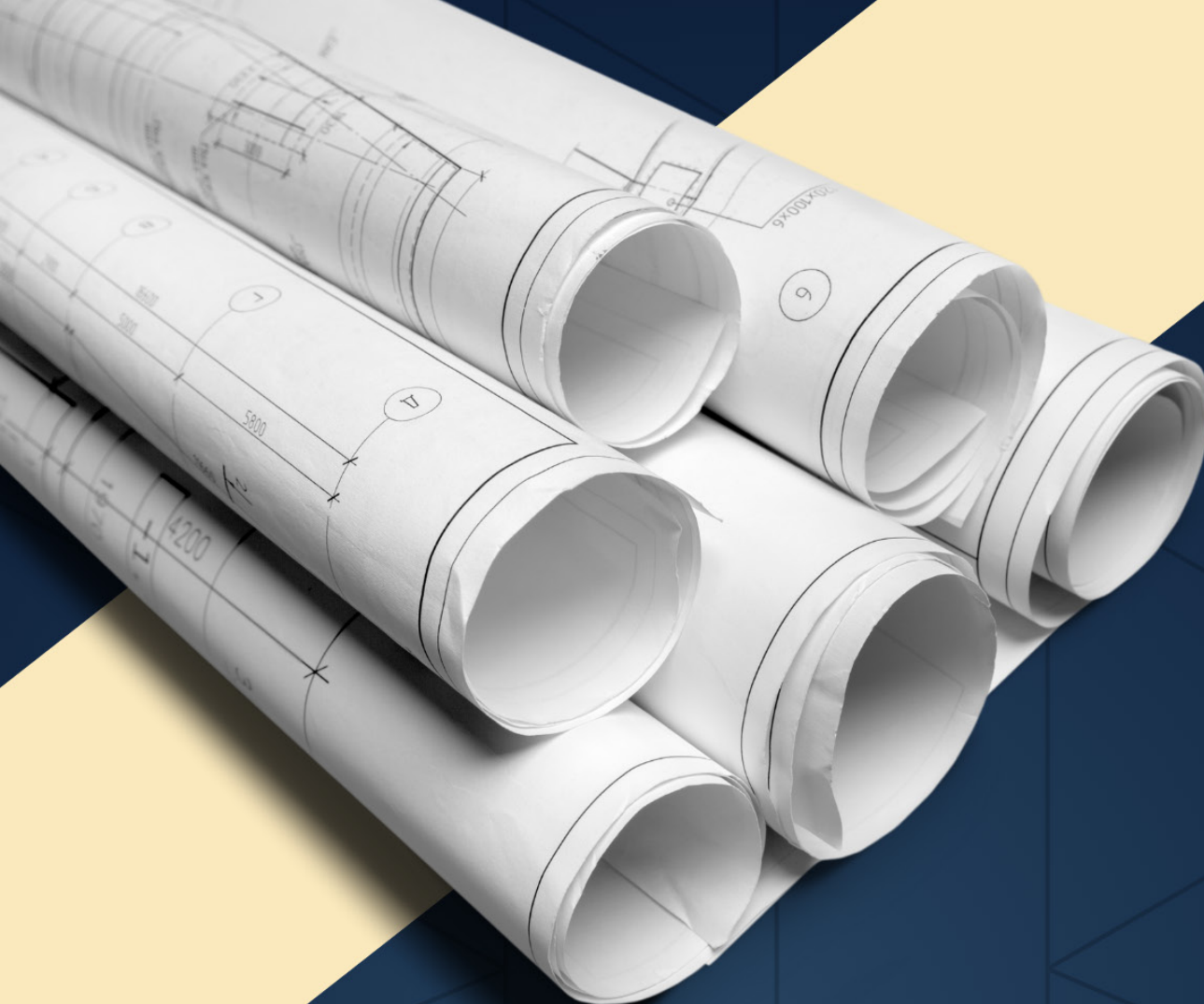
FUSATI FILTROS E TRATAMENTO DE ÁGUA. **O que é demanda bioquímica de oxigênio (DBO)?** Disponível em: <https://www.fusati.com.br/o-que-e-demanda-bioquimica-de-oxigenio-dbo/>. Acesso em: 29 out. 2024.

GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Rio de Janeiro: UERJ, Tecma-Tecnologia em Meio Ambiente Ltda, 2003.

OPERSAN. **Tratamentos de efluentes e os principais métodos utilizados**. Disponível em: <https://info.oper-san.com.br/tratamentos-de-efluentes-e-os-principais-metodos-utilizados>. Acesso em: 29 out. 2024.

SALUTA. **Como funciona uma ETA compacta: eficiência e tecnologia em tratamento de água**. Eduardo, 2024. Disponível em: <https://saluta.com.br/como-funciona-uma-eta-compacta-eficiencia-e-tecnologia-em-tratamento-de-agua/>. Acesso em: 29 out. 2024.

SUPERBAC. **DBO e DQO: entenda como é possível fazer a redução de carga orgânica**. Publicado em 3 de agosto de 2021. Atualizado em 9 de junho de 2022. Disponível em: <https://www.superbac.com.br/blog/dbo-e-dqo-entenda-como-e-possivel-fazer-a-reducao-de-carga-organica/>. Acesso em: 30 out. 2024.



27

SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE: UMA ANÁLISE DA SUA APLICAÇÃO À CONSTRUÇÃO CIVIL

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM: AN ANALYSIS OF ITS
APPLICATION TO CIVIL CONSTRUCTION**

**José Reginaldo de Carvalho Junior
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
José Átila Matos Aroucha Júnior**

Resumo

A presente pesquisa apresenta uma revisão de literatura sobre o Sistema de Gestão da Qualidade: uma análise da sua aplicação à Construção Civil, visa conhecer os processos que norteiam a Gestão da Qualidade na Construção Civil, e como objetivos específicos: conhecer a base das normas NBR ISO 9001, PBQP-H e NBR 15575 que tratam de controle tecnológico, de qualidade e de desempenho dos materiais, assim como os processos de gestão para alcançar esses requisitos em uma edificação. Para elaboração desse estudo foi utilizada a pesquisa bibliográfica como metodologia, viabilizando a discussão sobre como o Sistema de Gestão da Qualidade contribui para uma maior segurança, efetividade e confiabilidade de uma edificação, baseando-se em normas específicas, conhecimento dos materiais e processos construtivos e avaliando seus testes de desempenho. Assim os resultados a pesquisa evidenciam como as ferramentas da gestão e as normas contribuem para que haja segurança, efetividade e confiabilidade em todas as etapas de uma obra, desde a sua concepção até o seu uso.

Palavras-chave: NBR ISO 9001, NBR 15575, Construção Civil, Gestão da Qualidade, Ferramentas da Administração.

Abstract

This research presents a literature review on the Quality Control of Construction Processes and also of Materials in Civil Construction, aims to understand the processes that guide Quality Management in Civil Construction, and as specific objectives: to know the basis of NBR ISO standards 9001, PBQP-H and NBR 15575 which deal with technological control, quality and performance of materials, as well as the management processes to achieve these requirements in a building. To prepare this study, bibliographical research was used as a methodology, enabling the discussion on how the Quality Management System contributes to greater safety, effectiveness and reliability of a building, based on specific standards, knowledge of materials and construction processes and evaluating your performance tests. Thus, the research results show how management tools and standards contribute to ensuring safety, effectiveness and reliability at all stages of a project, from its conception to its use.

Keywords: NBR ISO 9001, NBR 15575, Civil Construction, Quality Management, Administration Tools.

1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) surgiu devido à necessidade de as organizações prestarem serviços com maior confiabilidade através da melhoria contínua do seu desempenho e proverem um desenvolvimento sustentável, com foco no cliente, liderança, engajamento das pessoas, abordagem de processos, tomada de decisão baseada em evidência e gestão de relacionamento.

Seu uso na Construção Civil permite que haja maior segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Além de contribuir para a economia, maior organização na obra e mitigar desperdícios de insumos. Através do cumprimento de normas e regras que norteiam a Gestão da Qualidade que são expressamente definidas pela Alta Direção através de documentos que definem a Política, os Objetivos e os Planos de Qualidade da Obra.

Esta pesquisa faz-se importante, pois trará conhecimento a respeito das normas NBR ISO 9001, PBQP-H e NBR 15575 que tratam de controle tecnológico, de qualidade e de desempenho dos materiais, assim como os processos de gestão que norteiam as tomadas de decisões na Construção Civil, também descreverá os critérios e especificações para a melhor escolha dos materiais e processos construtivos a serem utilizados na edificação, além de apresentar os critérios e procedimentos para os testes de desempenho e controle de qualidade de insumos utilizados na obra, que, comprovem ter uma maior eficiência do seu uso na Construção Civil.

Desta forma, este trabalho contribuirá para difundir o conhecimento entre a comunidade acadêmica e de profissionais da área da Construção Civil a respeito da importância de implantar o Sistema de Gestão de Qualidade, que visa atender aos requisitos estabelecidos em normas, nas edificações em geral, contribuindo para maior segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

O propósito desta pesquisa foi solucionar o seguinte questionamento: Como o Sistema de Gestão da Qualidade contribui para a segurança, efetividade e confiabilidade na Construção Civil? Tendo como objetivo geral, conhecer os processos que norteiam a Gestão da Qualidade na Construção Civil, e como objetivos específicos: conhecer a base das normas NBR ISO 9001, PBQP-H e NBR 15575 que tratam de controle tecnológico, de qualidade e de desempenho dos materiais, assim como os processos de gestão para alcançar esses requisitos em uma edificação; descrever os critérios e especificações para a escolha dos materiais e processos construtivos a serem utilizados na edificação; e apresentar os critérios e procedimentos para os testes de desempenho e controle da qualidade dos serviços e materiais utilizados na obra, bem como apresentar resultados de trabalhos que analisaram empresas que aplicaram o SGQ.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Metodologia

Esta é uma pesquisa bibliográfica, com caráter qualitativo e descritivo. Foram contemplados livros, trabalhos científicos e acadêmicos, tanto no formato físico quanto no formato digital, selecionados por meio de buscas relacionadas ao tema da pesquisa.

As pesquisas em meios digitais foram realizadas em repositórios públicos como o Google Acadêmico e a Scielo, com esse propósito foi utilizado as seguintes palavras-cha-



ves: processos construtivos; controle de qualidade; desempenho dos materiais; construção civil. Foram selecionadas as publicações desenvolvidas nos últimos 10 anos.

Considerando a relevância da pesquisa alguns autores renomados fazem parte desse contexto, no caso desta pesquisa alguns autores foram apreciados e reflexões de seus estudos foram realizadas. Dentre esses autores, destacam-se: Sorgato et al. (2014), Santos e Losekann (2017), Pacheco (2018), Sampaio, Alcântara e Campos (2021), Silva e Mello (2021) e Mudesto Neta (2024). Além do aprofundamento nas normas relevantes ao tema como a NBR ISO 9001, PBQP-H e NBR 15575.

2.2 Resultados e discussão

2.2.1 Normas que fundamentam a gestão da qualidade.

2.2.1.1 NBR ISO 9001 e o PBQP-H

De acordo com Santos e Losekann (2017) A norma ABNT NBR ISO 9001 estabelece os requisitos para a implementação de um Sistema de Gestão de Qualidade com certificação. Seu objetivo principal é transmitir confiança aos clientes, assegurando que os produtos e serviços da empresa sejam consistentemente realizados com alta qualidade, de acordo com os padrões estabelecidos pela organização. Ela garante a competência da organização para planejar, executar, verificar e agir de acordo com os requisitos de qualidade estabelecidos.

Essa Norma é pautada em sete princípios que norteiam as organizações: foco no cliente, liderança, engajamento de pessoas (da equipe), abordagem de processo, Melhoria contínua, tomada de decisão baseada em evidência e gestão de relacionamento (PACHECO, 2018).

O Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) trata-se de um instrumento governamental que garante o cumprimento dos compromissos acordados na Conferência do Habitat II - 1996, visando organizar o setor da construção civil no que se diz respeito a melhor qualidade do habitat e a modernização produtiva (SANTOS; LOSEKANN, 2017, p. 25).

Ele controla o regimento do Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC), que tem por finalidade avaliar o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) das organizações do setor de serviços e obras. E tem grande importância para a concessão de financiamentos habitacionais, pois o certificado SiAC é exigido em programas federais como o Minha Casa, Minha Vida, pela Caixa Econômica Federal (PACHECO, 2018).

De maneira geral, o PBQP-H é a aplicação da ABNT NBR ISO 9001 à Construção Civil, pois ele especifica os requisitos abordados na ISO 9001 que trata do Sistema de Gestão da Qualidade de maneira geral, para o contexto da obra. Desta maneira, pode se afirmar que o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat nada mais é do que a ISO 9001 com suas especificações voltadas para atender as necessidades que permeiam a indústria da construção, acrescido da NBR 15.575 no que tange a Execução da Obra no escopo do Projeto.

Dentre essas especificações, de acordo com o Regimento SiAC, vale ressaltar: o Contexto da Organização, a Liderança, o Planejamento, o Apoio, a Execução da Obra, a Avaliação de Desempenho e a Melhoria.

2.2.1.2 NBR 15575

A NBR 15575 teve sua primeira versão publicada pela ABNT em 2008, mas só entrou em vigor a partir da versão de 2013 e com validade a partir de 19 de julho do mesmo ano. Ela surgiu, no Brasil, devido a uma crescente preocupação a respeito do desempenho mínimo das edificações. Essa norma estabelece requisitos mínimos de desempenho, vida útil e garantia para os principais sistemas que compõem as edificações (SORGATO et al., 2014).

Ela especifica os requisitos de usuário que serão utilizados como referência para definir os requisitos e critérios estabelecidos nessa Norma que são: Segurança, Habitabilidade e Sustentabilidade.

Onde os requisitos relativos à Segurança são: Segurança estrutural, Segurança contra fogo e Segurança no uso e na operação. Os requisitos relativos à Habitabilidade são: estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico. Os requisitos relativos à Sustentabilidade são: durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental. “Sendo atendidos os requisitos e critérios estabelecidos nesta Norma, considera-se para todos os efeitos que estejam atendidos os requisitos do usuário” (ABNT, 2013, p. 11).

2.2.2 Critérios e especificações para a escolha dos materiais e processos construtivos

Para definir os critérios e especificações para a escolha dos materiais e processos construtivos a serem utilizados na construção, se faz necessário conhecê-los. Aquino e Cunha (2021) delimitam três principais processos construtivos que são: Fundações, Alvenaria de vedação e Lajes. Mas, além destes, é importante destacar Vigas e Pilares de concreto armado, Estruturas Metálicas, Estruturas de Madeira e Alvenaria Estrutural. E de acordo com Lopes (2017) e Santos, Real e Lopes (2018) os materiais da construção civil são: Agregados graúdos e miúdos, aglomerantes, materiais cerâmicos, materiais de madeira e derivados, materiais metálicos, materiais poliméricos, concreto, argamassa e revestimentos, materiais de acabamento e entulho e materiais reciclados.

Após conhecer os materiais e processos construtivos, também é necessário conhecer os fatores externos inerentes à construção, como a existência de mão de obra especializada para o tipo de obra escolhido, fácil acesso à matéria prima a ser utilizada, se o terreno é propício para o tipo de construção, entender o clima da região e ainda conhecer os fatores culturais de onde a edificação estará inserida.

O setor da Construção Civil é muito amplo e para cada obra existem inúmeras possibilidades e decisões diferentes que podem ser tomadas, pois envolvem diversas variáveis que podem gerar diferentes consequências no decorrer da obra.

De acordo com Pacheco (2018) a definição dos sistemas e materiais construtivos é papel fundamental dos projetistas, onde é levada em consideração a compatibilização dos projetos para a garantia da qualidade da construção, além disso, também é considerado o custo, exigências de contrato, determinação legal, legislação urbana específica e outros fatores como desempenho e durabilidade dos processos construtivos e mão de obra especializada.

Ela destaca também a importância do Sistema de Avaliações Técnicas (SINAT), que tem por finalidade avaliar o desempenho de sistemas inovadores no Brasil. E o Sistema

de Qualificação de Empresas de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos (SIMAT) que tem por objetivo garantir que os materiais atendam aos requisitos de segurança, economia, durabilidade e sustentabilidade, além de promover o aumento da qualidade e da inovação dos produtos, bem como aprimorar a produtividade e a competitividade tanto no setor específico quanto nas edificações.

2.2.3 Apresentação dos critérios e procedimentos para os testes de desempenho

O teste de desempenho é essencial para que haja confiabilidade na segurança e na qualidade dos materiais e serviços de uma obra, ele é parte fundamental na implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade. Os principais materiais sujeitos a teste de desempenho são o aço, o concreto, blocos e tijolos cerâmicos e materiais de revestimento (PACHECO, 2018).

Para aplicar esses testes, faz-se necessário seguir normas técnicas da ABNT que definem os métodos e cálculos a serem empregados nos testes relativos a cada material. Como a NBR 5739 que rege o ensaio de compressão do Concreto através de corpos de provas cilíndricos, a NBR 8522 que prescreve o ensaio para a obtenção do modo de elasticidade do Concreto, a NBR 5738 que define os procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova, a NBR 15270 que rege os ensaios aplicáveis aos blocos e tijolos cerâmicos e a NBR 13818 que especifica e aborda métodos de ensaios para placas cerâmicas para revestimento (PACHECO, 2018).

2.2.4 Segurança, efetividade e confiabilidade no SGQ.

Para compreender como o Sistema de Gestão da Qualidade conduz Segurança, Efetividade e Confiabilidade na construção civil, é necessário entender o conceito a respeito dessas três características.

A NBR 15575 delimita a Segurança em três subtipos: segurança estrutural, segurança contra fogo e segurança no uso e na operação. Onde a respeito da segurança estrutural a norma delimita requisitos que incluem:

- a) Garantir que a estrutura não colapse ou perca estabilidade em nenhuma de suas partes.
- b) Fornecer segurança aos usuários contra impactos, choques, vibrações e outras condições previsíveis durante o uso normal da edificação.
- c) Evitar que as deformações dos elementos da edificação causem sensação de insegurança aos usuários, desde que essas deformações estejam dentro dos limites estabelecidos pela norma.
- d) Não causar fissuras indesejáveis nas vedações e acabamentos.
- e) Não afetar a operação normal de elementos móveis, como portas e janelas, nem prejudicar o funcionamento das instalações devido as deformações nos elementos estruturais.
- f) A respeito da segurança contra fogo ela delimita requisitos que incluem:
- g) Proteger a vida dos ocupantes em caso de incêndio.

- h) Dificultar a propagação do incêndio e reduzir danos ao meio ambiente e ao patrimônio.
- i) Fornecer meios de controle e extinção do incêndio.
- j) Garantir condições de acesso para as operações do Corpo de Bombeiros.

A respeito da segurança no uso e na operação a norma delimita requisitos que incluem:

- a) A segurança deve ser considerada no projeto, especialmente em relação a agentes agressivos, como proteção contra queimaduras e pontos cortantes;
- b) O requisito de segurança na utilização do imóvel visa garantir medidas de segurança para os usuários da edificação;
- c) Os sistemas não devem apresentar rupturas, instabilidades, partes cortantes, deformações acima de limites especificados, ou defeitos que coloquem em risco a integridade física dos ocupantes ou transeuntes nas proximidades;
- d) A avaliação do atendimento a esses critérios pode ser realizada por meio de análise do projeto ou inspeção em protótipo;
- e) O projeto deve prever formas de minimizar riscos, como quedas de pessoas em altura, acessos não controlados a áreas com riscos de quedas, rupturas de proteções, irregularidades em pisos, ferimentos por partes cortantes, ferimentos por partes móveis de componentes, ferimentos por explosões de gás combustível, entre outros;
- f) A segurança das instalações deve evitar ferimentos ou danos aos usuários em condições normais de uso, e deve seguir as normas específicas.

No que diz respeito à efetividade no âmbito da construção civil, ela é a característica que define se a edificação cumpre a função para qual foi projetada, aliada a uma boa utilização dos recursos, mitigando desperdícios e promovendo economia desde a concepção do projeto, durante obra até seu usufruto.

Para alcançar esses requisitos da efetividade existem ferramentas que norteiam o Sistema de Gestão da Qualidade, dentre elas vale ressaltar:

- a) O ciclo PDCA que deriva do inglês *Plan* (planejar), *Do* (fazer), *Check* (verificar), *Act* (agir), ele busca a melhoria contínua e pode ser aplicado em cada parte do projeto ou no projeto como um todo;
- b) O Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito que identifica as causas de um problema para poder enxergar qual a melhor decisão a ser tomada para solucionar esse problema;
- c) O 5W2H que auxilia no desenvolvimento de uma determinada tarefa respondendo a sete perguntas onde as suas iniciais também derivam do inglês "*What?* (O quê?) *Who?* (Quem?), *Where?* (Onde?), *When?* (Quando?), *Why?* (Por que?), *How?* (Como?), *How much?* (Quanto?)".

Com a aplicação de todos os conceitos apresentados pelo SGQ, o cliente ou usuário da edificação estará mais confiante a respeito da garantia de conforto, segurança, habitabilidade, durabilidade e boa utilização dos recursos da mesma, desta forma, agregando ainda mais valor e confiabilidade ao projeto realizado, como ficará evidente na análise a seguir.



2.2.5 Análise da aplicação do sgq em empresas da construção civil

Sampaio, Alcântara e Campos (2021) analisaram três empresas (A, B e C) da construção civil localizadas no estado do Ceará, evidenciando suas práticas, desafios e os benefícios percebidos. As empresas estudadas apresentam perfis diversos em termos de tempo de mercado, porte e certificações como demonstrado na tabela 1 a seguir:

Empresa	Ramo de atuação/escopo	Tempo de atuação	Porte/nº de funcionários	Local de atuação	SGQ
Empresa A	Construção Civil	21 anos	600	Grande Fortaleza	ISO 9001:2015 e PBQP-H 2018
Empresa B	Incorporação e Construção Imobiliária	43 anos	300	Grande Fortaleza	Sistema Lean da Qualidade - ISO 9001
Empresa C	Construção Civil	7 anos	20	Cariri	Nenhuma

Tabela 1. Caracterização das empresas entrevistadas

Fonte: Sampaio et al (2021, p. 5)

Essa diversidade proporcionou uma visão ampla sobre diferentes níveis de maturidade na aplicação do SGQ.

Na análise das práticas adotadas, Sampaio, Alcântara e Campos (2021) observaram que a Empresa B apresentou o sistema mais robusto, empregando diversas ferramentas como Kanban, controle de não conformidades, gestão do conhecimento e indicadores de desempenho baseados na filosofia Lean. A Empresa A se destacou pelo uso de ferramentas clássicas como o diagrama de espinha de peixe e o 5W2H, além de manter reuniões semanais e relatórios periódicos. Já a Empresa C, apesar de não utilizar ferramentas formais, realiza acompanhamento técnico com engenheiros em campo, demonstrando preocupação com a qualidade, mesmo sem estruturação institucional do SGQ.

Diversos critérios são considerados na gestão da qualidade dessas empresas. No que diz respeito à mão de obra, a Empresa B destacou-se por valorizar competências técnicas e comportamentais, utilizando treinamentos e uma tabela de competências para contratação. A seleção de fornecedores também seguiu procedimentos criteriosos, como a exigência de laudos técnicos, certificações e adequação ao projeto. No controle dos serviços de terceiros, a inspeção direta e cláusulas contratuais específicas são comuns, especialmente na Empresa B, que segue práticas Lean para liberar medições e validar serviços.

Algumas dificuldades foram relatadas pelas empresas na implementação do SGQ como problemas no controle de produtos e retrabalho, não conformidades na execução dos serviços e no recebimento de materiais e a baixa qualificação da mão de obra. Esses problemas evidenciaram a importância de investir na formação de profissionais e na padronização dos processos para alcançar níveis elevados de qualidade (SAMPAIO *et al.*, 2021).

Quanto aos benefícios alcançados com a implementação do SGQ, a fidelização do cliente foi unanimemente destacada pelas empresas. A Empresa A também ressaltou o envolvimento das pessoas e o controle de materiais e serviços como aspectos positivos. A Empresa B destacou ganhos mais amplos, como padronização, clareza nas responsabilidades, redução de custos com manutenção pós-obra e alto índice de satisfação dos clientes. Já a Empresa C observou uma baixa taxa de manutenção e indicações para novos projetos como resultado da atenção à qualidade.

Mudesto Neta (2024) analisou o processo de implantação do SGQ em uma construtora de médio porte de Belo Horizonte, destacando os benefícios alcançados, os desafios enfrentados e o papel das auditorias internas como ferramenta de melhoria contínua.

A empresa em questão, fundada em 1976, atua em diversos segmentos da construção civil e já possuía certificações ISO 9001 e PBQP-H aplicadas aos seus canteiros de obras. A análise se concentrou na fase de extensão do SGQ à sede administrativa, onde cerca de 65% dos processos já estavam mapeados. Para esse mapeamento, a construtora utilizou uma estrutura documental padronizada, composta por Procedimentos Gerais, Procedimentos Operacionais e Instruções de Trabalho, disponibilizados via plataforma digital (Autodoc).

Um dos principais instrumentos avaliativos foi a auditoria interna realizada no setor de Controladoria, mais especificamente na Central de Notas. Foram auditadas atividades relacionadas ao recebimento e processamento de notas fiscais. A auditoria identificou quatro não conformidades graves, como erros no registro de documentos, falhas de comunicação e pagamentos com boletos vencidos, resultando em apenas 55% de conformidade. Com base nisso, foi elaborado um plano de ação para correção dos problemas, como a formalização de comunicações por e-mail e a correção de falhas no sistema de rastreamento interno (MUDESTO NETA, 2024).

Além de evidenciar falhas, Mudesto Neta (2024), em seu estudo, demonstrou que a implantação do SGQ contribui significativamente para a eficiência organizacional, por meio da padronização de processos, aumento da rastreabilidade, redução de retrabalho e melhoria da reputação da empresa. O envolvimento da alta direção e o uso de ferramentas como o Ciclo PDCA e auditorias baseadas em risco são fundamentais para o sucesso do SGQ.

Silva e Mello (2021) obtiveram uma análise dos dados por meio do estudo de caso realizado em quatro obras com estruturas pré-fabricadas que evidenciou o impacto significativo das não conformidades na elevação dos custos de montagem. O levantamento sistemático das falhas permitiu não apenas a identificação das causas, mas também a proposição de melhorias no sistema de gestão da qualidade da indústria fornecedora.

Em termos quantitativos, os acréscimos nos custos finais de montagem em relação ao orçamento inicial foram os seguintes:

- Obra 1: acréscimo de 6,18%;
- Obra 2: acréscimo de 7,25%;
- Obra 3: acréscimo de 5,5%;
- Obra 4: acréscimo de 9,67%.

Esses valores foram diretamente associados à necessidade de retrabalhos nas peças pré-fabricadas, causados por não conformidades recorrentes como: acabamento mal executado, furos fora de posição, encaixes incorretos, desalinhamentos, peças com etiquetas erradas ou ausentes, e cargas com peças trocadas ou danificadas no transporte. Tais falhas evidenciam deficiências no controle de qualidade durante o processo de fabricação (SILVA; MELLO, 2021).

Através do uso das ferramentas da qualidade, como o ciclo PDCA e os princípios do Lean Construction, foi possível revisar processos e implementar melhorias. A padronização de inspeções, a criação de relatórios de não conformidade mais detalhados e a redefinição de critérios de liberação de peças mostraram-se essenciais para reduzir a recorrência dos problemas (SILVA; MELLO, 2021).

O estudo de Silva e Mello (2021) indicou que a maioria das falhas era proveniente do

setor de produção, seguido dos setores de projeto, inspeção e logística. A maior concentração das não conformidades na etapa de fabricação reforçou a necessidade de ações preventivas ainda na fábrica, antes da expedição das peças às obras.

Além dos ganhos financeiros esperados, as ações corretivas trouxeram benefícios organizacionais importantes, como:

- a) Maior engajamento das equipes;
- b) Melhoria da comunicação entre setores;
- c) Criação de uma cultura de prevenção de falhas;
- d) Revisão dos processos e aumento da confiabilidade dos produtos entregues.

3. CONCLUSÃO

A implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) na construção civil representa um importante avanço no aprimoramento dos processos e na garantia da conformidade dos serviços prestados. A pesquisa realizada permitiu compreender, por meio de revisão bibliográfica, como as normas técnicas, especialmente a NBR ISO 9001, o PBQP-H e a NBR 15575, estruturam a base para a melhoria contínua das atividades nas empresas do setor. Tais normas orientam desde os procedimentos organizacionais até os requisitos mínimos de desempenho das edificações, reforçando a importância de padronização, controle de qualidade e foco na segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

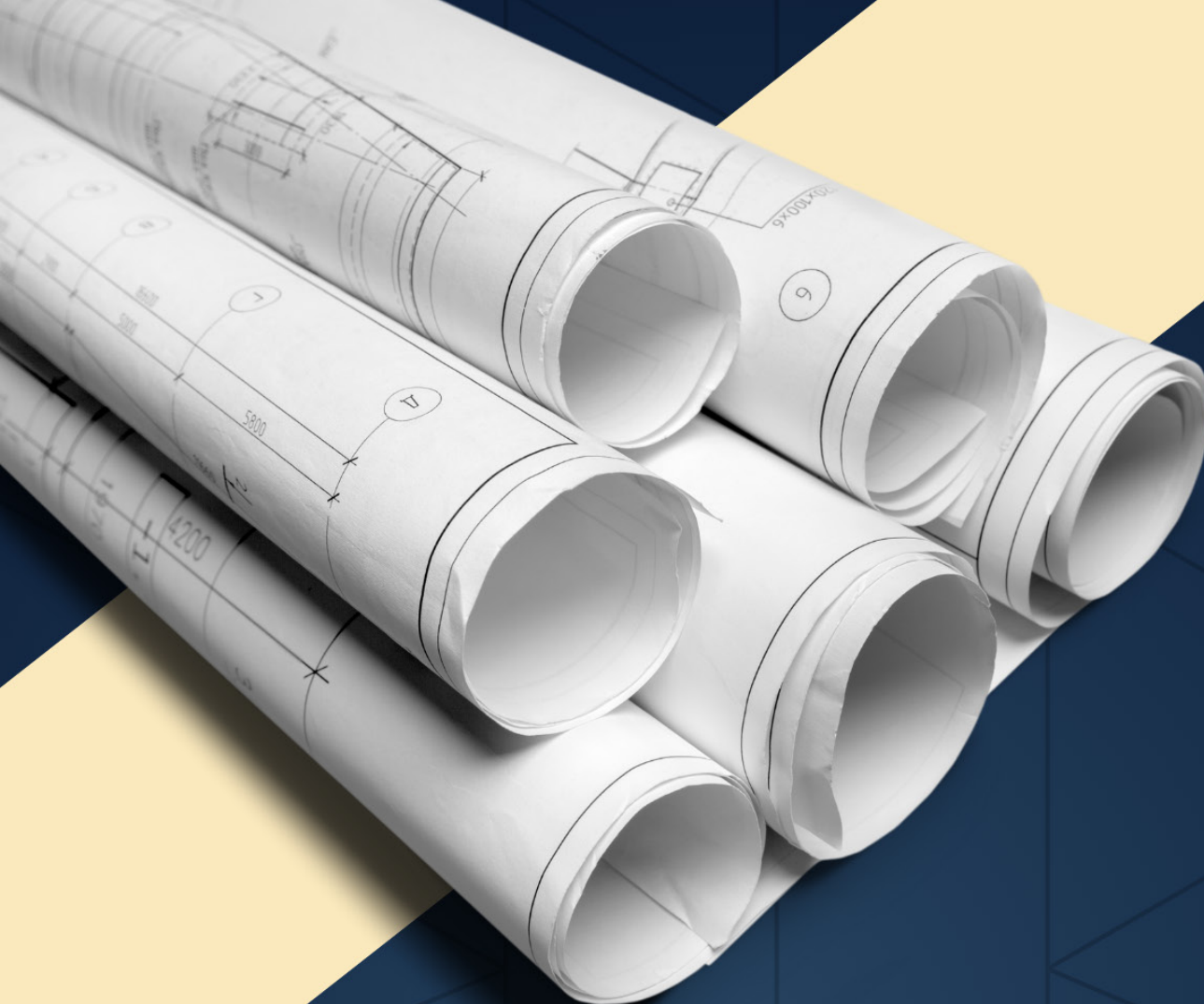
Com o aprofundamento no conteúdo das normas e nas ferramentas utilizadas pela gestão da qualidade, foi possível verificar que o SGQ não se limita à documentação ou ao cumprimento de exigências formais, mas influencia diretamente a produtividade, o uso racional de recursos e a redução de retrabalhos. A adoção de ferramentas como o ciclo PDCA, o diagrama de Ishikawa e o método 5W2H facilita a identificação de falhas, a análise de causas e a definição de ações corretivas e preventivas. Esses instrumentos promovem maior integração entre os setores da empresa, organizam o fluxo de informações e contribuem para decisões mais precisas e fundamentadas.

Os estudos de caso analisados mostraram, na prática, como diferentes construtoras aplicam o SGQ e enfrentam desafios relacionados à mão de obra, à não conformidade de materiais e à falta de padronização de processos. Ainda assim, os benefícios percebidos superaram as dificuldades: a melhoria na comunicação interna, a fidelização de clientes, a redução de custos e a elevação da qualidade final das obras são resultados recorrentes nas empresas que adotam um SGQ de forma estruturada e comprometida. A experiência dessas empresas reforça que o sucesso do sistema depende do engajamento das lideranças, da capacitação técnica e da clareza nos objetivos organizacionais.

Portanto, pode-se concluir que a Gestão da Qualidade na construção civil é uma estratégia fundamental para garantir a eficiência operacional e a valorização dos empreendimentos. Ao cumprir os requisitos normativos e utilizar ferramentas adequadas, as empresas conseguem assegurar que os produtos finais atendam às expectativas dos clientes e aos padrões técnicos exigidos. Além disso, o SGQ promove uma cultura de melhoria contínua, essencial para enfrentar os desafios de um mercado competitivo e em constante transformação. Este trabalho, ao abordar os fundamentos e aplicações do SGQ, contribui para o entendimento da sua relevância e incentiva sua adoção por empresas que buscam maior excelência em seus processos construtivos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.738:** Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.739:** Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.522:** Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.818:** Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.270:** Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575:** Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.636:** Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001:** Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- AQUINO, Joás Tomaz de; CUNHA, Annielli Araújo Rangel. **Modelo multicritério para seleção conjunta de processos construtivos em obras civis.** 2021. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/276>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- LOPES, Livia Faria de. **Tecnologia das Construções I.** Londrina: Educacional S.A., 2017. 192 p.
- MUDESTO NETA, Jacira de Oliveira. **Análise do processo de implantação de sistema de Gestão da Qualidade em uma construtora de médio porte.** 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/78024>. Acesso em: 23 mar. 2025.
- PACHECO, Paula Marie Siqueira. **Tecnologia das Construções II.** Londrina: Educacional S.A., 2018. 240 p.
- SAMPAIO, Andressa Dyalla de Sá; ALCÂNTARA, Caio Siebra; CAMPOS, Vanessa Ribeiro. **Análise do sistema de gestão da qualidade em três empresas da construção civil do ceará.** 2021. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/479>. Acesso em: 23 mar. 2025.
- SANTOS, Guilherme Furlin dos; LOSEKANN, Guilherme Schmitt. **Gestão da Qualidade na indústria da Construção Civil: o caso da empresa Grupo Lumis.** 2017. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4512>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- SANTOS, Liane Ferreira dos; REAL, Ligia Vitória; LOPES, Karina Leonetti. **Materiais de Construção Civil II.** Londrina: Educacional S.A., 2018. 208 p.
- SILVA, Edson Neves da; MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito. **Proposta de um sistema de gestão integrando os princípios da construção enxuta (Lean Construction) aos aspectos da gestão da qualidade, segurança, meio ambiente e saúde ocupacional, com o foco nas empresas de pequeno porte da construção civil.** 2021. Disponível em: <https://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/view/2127>. Acesso em: 23 mar. 2025.
- SORGATO, M. J., Melo, A. P., MARINOSKI, D. L., & LAMBERTS, R. 2014. **Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais.** Ambiente Construído, 14(4), 83–101. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400007>. Acesso em: 05 abr. 2023.



28

APLICAÇÃO E TÉCNICAS DE OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO

APPLICATION AND TECHNIQUES OF PAVING WORKS

**Ricardo Bruno Diniz Cantanhede
José Átila Matos Aroucha Júnior
Mirian Nunes de Carvalho Nunes**

Resumo

Este trabalho abordou a importância das obras de pavimentação no contexto do desenvolvimento urbano e da infraestrutura viária, destacando a necessidade de soluções técnicas que promovam qualidade, durabilidade e sustentabilidade. O objetivo geral foi analisar as principais técnicas e aplicações em obras de pavimentação, visando identificar soluções que melhorem a qualidade e a durabilidade das vias. Para isso, adotou-se uma metodologia baseada em pesquisa bibliográfica, com a análise de conteúdos técnicos, normas e estudos científicos da área. A investigação permitiu compreender o papel dos materiais nas diferentes etapas das obras, avaliar os métodos construtivos e suas influências na durabilidade do pavimento, bem como apresentar soluções sustentáveis e tecnologias aplicáveis ao setor. As principais conclusões apontam que a qualidade das vias depende diretamente da escolha dos materiais, da aplicação correta das técnicas de execução e da fiscalização contínua. No entanto, foram observadas limitações relacionadas à escassez de dados práticos sobre obras regionais e à dificuldade de acesso a informações atualizadas sobre inovações tecnológicas. Recomenda-se que estudos futuros incluam pesquisas de campo, análise de desempenho de materiais reciclados e monitoramento estrutural com o uso de tecnologias digitais. O trabalho contribui para a formação de uma base técnica sólida, capaz de orientar decisões mais eficientes na engenharia de pavimentação e auxiliar na superação dos desafios enfrentados na infraestrutura viária atual.

Palavras-chave: Pavimentação. Técnicas construtivas. Durabilidade. Materiais. Sustentabilidade.

Abstract

This study addressed the importance of paving works in the context of urban development and road infrastructure, highlighting the need for technical solutions that promote quality, durability and sustainability. The general objective was to analyze the main techniques and applications in paving works, aiming to identify solutions that improve the quality and durability of roads. To this end, a methodology based on bibliographic research was adopted, with the analysis of technical content, standards and scientific studies in the area. The investigation allowed us to understand the role of materials in the different stages of the works, evaluate the construction methods and their influence on the durability of the pavement, as well as present sustainable solutions and technologies applicable to the sector. The main conclusions indicate that the quality of roads depends directly on the choice of materials, the correct application of construction techniques and continuous monitoring. However, limitations were observed related to the lack of practical data on regional works and the difficulty in accessing updated information on technological innovations. It is recommended that future studies include field research, performance analysis of recycled materials and structural monitoring using digital technologies. The work contributes to the formation of a solid technical base, capable of guiding more efficient decisions in paving engineering and helping to overcome the challenges faced in the current road infrastructure.

Keywords: Paving. Construction techniques. Durability. Materials. Sustainability.



1. INTRODUÇÃO

A pavimentação desempenha um papel essencial no desenvolvimento urbano e na infraestrutura de transportes, influenciando diretamente o crescimento econômico e a qualidade de vida das populações. As obras de pavimentação englobam desde a escolha de materiais e métodos construtivos até a implantação de tecnologias inovadoras para garantir maior durabilidade e eficiência. Este tema é de extrema relevância no contexto atual, em que a crescente demanda por infraestrutura viária segura e sustentável desafia profissionais da engenharia civil e gestores públicos a buscarem soluções que equilibrem custo, desempenho e impacto ambiental.

Apesar dos avanços tecnológicos e do acúmulo de conhecimento na área, muitas regiões enfrentam problemas recorrentes de manutenção precária, execução inadequada e materiais de baixa qualidade em obras de pavimentação. Esses desafios resultam em rodovias e vias urbanas deterioradas, aumento nos custos de transporte e maior risco de acidentes. A ausência de padronização nos processos e a falta de fiscalização efetiva agravam ainda mais esse cenário, tornando necessário um estudo aprofundado sobre as técnicas e aplicações adequadas em obras de pavimentação.

A pesquisa sobre técnicas e aplicações em obras de pavimentação justifica-se pela necessidade de promover soluções eficazes e sustentáveis para melhorar a infraestrutura viária. Além disso, um aprofundamento neste tema contribui para o aprimoramento de práticas profissionais e a formação de uma base técnica mais consistente, capaz de atender às demandas crescentes por qualidade e eficiência.

O desenvolvimento de diretrizes claras e aplicáveis também é crucial para apoiar gestores e engenheiros na tomada de decisões, reduzindo desperdícios e otimizando recursos. Surge assim uma problemática a ser analisada: Quais são os impactos da escolha dos materiais e das técnicas de execução na durabilidade e no desempenho estrutural de pavimentos rodoviários?

O objetivo geral foi analisar as principais técnicas e aplicações em obras de pavimentação, visando identificar soluções que melhorem a qualidade e a durabilidade das vias. Já os objetivos específicos buscaram: compreender o uso dos materiais utilizados nas diferentes etapas das obras de pavimentação destacando suas características e aplicações; avaliar os métodos construtivos empregados em pavimentação e sua influência na durabilidade das vias e a apresentar soluções tecnológicas e práticas sustentáveis para otimizar a qualidade das obras de pavimentação; estudar a influência das técnicas de compactação e estabilização do solo na resistência e durabilidade das camadas de pavimentação.

O tipo de pesquisa a ser realizada foi uma Revisão de Literatura, onde foram pesquisados livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases: Google acadêmico, Revista Eletrônica de Engenharia Civil (REEC) e *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 5 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Pavimentação, Materiais Rodoviários, Técnicas Construtivas, Engenharia Civil e Infraestrutura Viária.

2. TIPOS DE PAVIMENTAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES

A pavimentação desempenha um papel fundamental na infraestrutura urbana e rural, sendo essencial para garantir a mobilidade e segurança nas vias públicas. Diversos tipos

de pavimentação são utilizados, cada um adequado a diferentes condições e finalidades, como a pavimentação asfáltica, de concreto e os pavimentos intertravados e ecológicos, que se destacam por sua durabilidade, funcionalidade e impactos ambientais. A escolha do tipo de pavimento deve ser feita com base em fatores como o tráfego de veículos, o custo de instalação, a manutenção e as condições climáticas da região. Estudos apontam que é necessário considerar os impactos ambientais das obras de pavimentação, como exemplificado nas intervenções realizadas na BR 316 / AL, para garantir um planejamento eficiente e sustentável (Faria; Marques; Pereira, 2017).

A pavimentação asfáltica é uma das mais populares mundialmente, especialmente em áreas urbanas e rodovias. Ela apresenta vantagens como a adaptabilidade a diferentes condições climáticas, sendo mais econômica e de instalação rápida. O asfalto também oferece uma superfície mais suave e silenciosa para os motoristas. No entanto, sua durabilidade pode ser prejudicada em regiões com grandes variações de temperatura ou em locais com tráfego intenso, exigindo reparos constantes. Autores como Leite (2015) destacam que a pavimentação asfáltica também possui implicações legais e socioeconômicas, especialmente em planos comunitários de pavimentação urbana. Além disso, a produção de asfalto gera emissões de gases poluentes, o que representa um desafio ambiental. A pavimentação asfáltica é comumente utilizada em ruas, avenidas, rodovias e locais que necessitam de uma solução rápida e eficiente para a mobilidade urbana.

A pavimentação de concreto é amplamente reconhecida por sua durabilidade e resistência. Ela suporta grandes volumes de tráfego e condições climáticas extremas, o que a torna uma excelente opção para vias de grande circulação e áreas industriais. Além disso, o concreto é mais resistente à ação de agentes químicos e à deformação, como rachaduras e ondulações, comuns em pavimentos asfálticos. Apesar do custo inicial mais elevado, sua vida útil mais longa pode resultar em economia a longo prazo. A pavimentação de concreto é frequentemente aplicada em estradas, estacionamentos, áreas industriais e em locais que exigem maior resistência e durabilidade. A utilização de geossintéticos na restauração de pavimentos de concreto tem sido uma solução eficaz para prolongar sua durabilidade (Rodrigues; Ceratti, 2018).

Os pavimentos intertravados e ecológicos vêm ganhando destaque devido aos seus benefícios ambientais e à alta eficiência. Compostas por blocos de concreto que se encaixam perfeitamente, essas pavimentações formam superfícies sólidas e estáveis, mas permeáveis, permitindo que a água da chuva seja absorvida pelo solo. Isso contribui para a redução do risco de enchentes e melhora a drenagem urbana. Esses pavimentos têm um impacto ambiental menor, pois seu processo de fabricação consome menos energia e emite menos poluentes do que o asfalto. A reciclagem de pavimentos também é uma alternativa sustentável no desenvolvimento de projetos rodoviários (Costa; Filho, 2020).



Figura 1. Pavimentos Intertravados e Ecológicos

Fonte: Costa e Filho (2020, p.70)

Embora a pavimentação asfáltica seja uma opção econômica e de instalação rápida, ela exige cuidados contínuos para manter sua funcionalidade ao longo do tempo. Em locais com tráfego intenso ou em regiões de grandes variações de temperatura, a pavimentação pode sofrer deformações, como buracos e rachaduras. A aplicação de revestimentos e a reestruturação das camadas de asfalto são necessárias para prolongar sua vida útil. Estudos indicam que o dano nos pavimentos asfálticos pode ser avaliado por meio de modelos específicos, possibilitando um planejamento mais eficiente para manutenção (Santiago *et al.*, 2018). A pavimentação asfáltica ainda é uma solução viável para áreas onde o custo de instalação e a rapidez de execução são decisivos, sendo possível realizar manutenções rápidas e menos invasivas.

A pavimentação de concreto é muito mais durável e resistente em comparação com outras opções. Sua manutenção é geralmente mínima, já que o concreto não se degrada com facilidade, diferentemente do asfalto. No entanto, em locais com tráfego pesado, fissuras podem surgir devido ao peso dos veículos ou condições climáticas extremas. Quando necessário, a manutenção envolve o preenchimento dessas fissuras ou a aplicação de selantes. A pavimentação de concreto, embora mais cara inicialmente, oferece benefícios a longo prazo devido à sua vida útil prolongada. A resistência a agentes químicos e a altas temperaturas é outro fator que a torna vantajosa em ambientes industriais. O uso de geossintéticos na restauração de pavimentos de concreto tem sido apontado como uma alternativa eficaz para melhorar a durabilidade (Mello, 2022).



Figura 2. Pavimentos de Concreto

Fonte: Mello (2022, p.23)

A pavimentação asfáltica é amplamente utilizada em rodovias, avenidas, ruas e estacionamentos, sendo a melhor opção em locais que exigem instalação rápida e econômico. Ela é indicada especialmente para áreas com tráfego intenso, como vias expressas e rodovias. É também frequentemente utilizada em estradas secundárias e em projetos de infraestrutura que envolvem pavimentação temporária, uma vez que o asfalto oferece uma solução prática e funcional em curto prazo. Além disso, a pavimentação asfáltica contribui para o desenvolvimento urbano, como destacado em estudos sobre os impactos socioeconômicos de rodovias, como a BR-153 (Nunes *et al.*, 2020).

A pavimentação de concreto é ideal para áreas com tráfego pesado, como portos, aeroportos e indústrias. Ela também é usada em locais que exigem resistência extra, como estacionamentos e vias com grande circulação de caminhões. Além disso, o concreto é utilizado em ambientes urbanos que necessitam de pavimentos duráveis e resistentes a

variações climáticas e produtos químicos. A pavimentação de concreto também tem sido aplicada em vias de alto desempenho, como avenidas e ruas principais em centros urbanos. O uso de geossintéticos em pavimentos de concreto é uma solução inovadora para melhorar a estabilidade e resistência dessas superfícies (Zornberg, 2020).

Os pavimentos intertravados e ecológicos, além de sua alta eficiência em drenagem e controle de águas pluviais, são cada vez mais escolhidos por sua sustentabilidade. Esses pavimentos permitem a absorção da água da chuva, o que reduz o risco de enchentes e favorece a recarga dos lençóis freáticos, sendo especialmente importantes em regiões com escassez de água. A fabricação desses pavimentos utiliza menos recursos naturais e gera menos poluição em comparação com o asfalto. A pesquisa sobre os impactos ambientais das obras de pavimentação reforça que as alternativas ecológicas têm menos efeito negativo sobre os ecossistemas locais (Acácio *et al.*, 2023).

A escolha do tipo de pavimento ideal depende de diversos fatores, como o tráfego, o custo de instalação, a durabilidade, a manutenção e os impactos ambientais. Cada tipo de pavimento possui vantagens e desvantagens, sendo que a pavimentação asfáltica é indicada para solução rápida e econômica, a pavimentação de concreto é ideal para locais de tráfego intenso e exigência de durabilidade, e os pavimentos intertravados e ecológicos são mais adequados a projetos sustentáveis e de baixo impacto ambiental. A escolha cuidadosa de cada tipo de pavimento é essencial para garantir eficiência, economia e responsabilidade ambiental (Faria; Marques; Pereira, 2017).

3. ETAPAS E TÉCNICAS DE EXECUÇÃO DE OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO

A execução de obras de pavimentação é um processo detalhado e meticuloso que envolve várias etapas, cada uma essencial para garantir a durabilidade, estabilidade e qualidade do pavimento final. A primeira fase crucial de qualquer obra de pavimentação é a preparação do subleito e sub-base. O subleito corresponde ao solo original, e sua preparação é fundamental, pois a qualidade deste solo impacta diretamente na performance do pavimento. O processo de compactação tem o objetivo de aumentar a densidade do solo, garantindo que ele suporte as cargas que serão aplicadas sobre o pavimento. Quando o solo é inadequado, pode ser necessário realizar a melhoria do subleito, que pode incluir a adição de materiais estabilizantes, como cal ou cimento, a fim de melhorar suas características de resistência e impermeabilidade (Faria; Marques; Pereira, 2017).

Etapas	Técnicas de Execução
1. Projeto e Planejamento	Levantamento topográfico, estudos geotécnicos e de tráfego.
2. Limpeza do Terreno	Desmatamento e remoção de materiais orgânicos.
3. Terraplenagem	Escavação, aterro e compactação do subleito.
4. Sub-base e Base	Aplicação de materiais britados, estabilização e compactação.
5. Revestimento/Pavimentação	Aplicação de asfalto, concreto ou blocos intertravados.
6. Drenagem	Construção de valetas, sarjetas, bueiros e tubulações.
7. Acabamentos e Sinalização	Meio-fio, sarjetas, pintura de faixas e colocação de placas.
8. Controle Tecnológico	Ensaio laboratoriais e verificação de qualidade das camadas.

Tabela 1. Etapas e Técnicas de Execução de Obras de Pavimentação

Fonte: Adaptado de Leite (2015)

Uma vez que o subleito está adequadamente compactado e estabilizado, passa-se à execução da sub-base, que tem a função de distribuir as cargas provenientes do tráfego para as camadas inferiores do solo. A sub-base é composta por materiais como brita ou cascalho, que são aplicados de forma compactada para garantir estabilidade à estrutura do pavimento. A espessura da sub-base pode variar dependendo das condições do solo e da intensidade do tráfego esperado. A qualidade da sub-base é avaliada por meio de ensaios de compactação e resistência, que asseguram que ela oferecerá suporte adequado à camada seguinte (Leite, 2015).

A aplicação das camadas estruturais é a etapa que define o desempenho final do pavimento. As camadas estruturais incluem a base, o binder (ou capa intermediária) e o revestimento. A base é a camada responsável por fornecer resistência ao pavimento e, geralmente, é composta por materiais como pedras britadas ou areias estabilizadas. Ela deve ser aplicada de forma homogênea e compactada, com uma espessura que atenda às necessidades de carga e tráfego da via. O binder, por sua vez, é uma camada intermediária que visa melhorar a aderência entre a base e o revestimento, além de fornecer uma estrutura mais robusta para suportar o tráfego pesado. O revestimento final, que pode ser de asfalto, concreto ou outros materiais, é o que garante a superfície de rolamento do pavimento, protegendo as camadas inferiores de danos causados pelo desgaste do tráfego e pelas intempéries (Acacio; Pacheco; Pinheiro, 2023).

Durante a execução dessas camadas, os métodos de compactação são essenciais para garantir que as camadas estruturais sejam aplicadas de forma eficiente e com a resistência necessária. A compactação é realizada utilizando equipamentos pesados, como rolos compactadores e cilindros vibratórios, que aplicam uma pressão constante sobre o material, compactando-o de maneira uniforme. O tipo de compactação a ser utilizado depende do tipo de solo e do material da camada, sendo fundamental para a integridade do pavimento. A compactação insuficiente pode levar ao afundamento ou deformação da estrutura do pavimento, o que comprometerá a segurança e a durabilidade da obra (Costa;

Filho, 2020).

Além da compactação, o controle de qualidade é uma parte crucial durante toda a execução da pavimentação. Para garantir que as camadas de pavimento atendam às especificações, são realizados ensaios de laboratório e testes de campo. A verificação da densidade, resistência e espessura das camadas é feita periodicamente para garantir que os materiais estejam sendo aplicados de acordo com as normas estabelecidas. O controle de qualidade envolve também o monitoramento constante das condições climáticas, pois a chuva, a umidade ou as altas temperaturas podem afetar negativamente a aplicação e a compactação dos materiais (Santiago *et al.*, 2018).

Um dos principais métodos de controle de qualidade durante a execução da pavimentação é o uso de sondagens e testes de compactação *in situ*. Esses ensaios garantem que as camadas estão sendo compactadas corretamente e atendem aos requisitos de resistência e durabilidade. Outro aspecto importante no controle de qualidade é a vigilância sobre a dosagem dos materiais, como o cimento, a cal e os agregados, que devem ser misturados de acordo com as especificações do projeto. Qualquer variação na composição dos materiais pode comprometer a resistência e a vida útil do pavimento (Rodrigues; Cerratti, 2018).

Após a aplicação das camadas e a compactação, realiza-se uma inspeção final para garantir que o pavimento esteja dentro dos padrões de qualidade estabelecidos. Isso inclui a verificação de aspectos como a espessura das camadas, a uniformidade da superfície, o alinhamento e a drenagem. Se todas as etapas forem executadas corretamente, o pavimento será capaz de suportar o tráfego de veículos e resistir às condições climáticas, proporcionando uma superfície segura e durável. O uso de técnicas adequadas de execução e controle de qualidade durante toda a obra é essencial para evitar a necessidade de reparos futuros e para prolongar a vida útil do pavimento (Zornberg, 2020).

A manutenção periódica do pavimento é fundamental para garantir sua durabilidade ao longo do tempo. A pavimentação de uma estrada ou rua não termina com sua construção; ela deve ser monitorada constantemente para detectar sinais de desgaste, rachaduras ou deformações. A realização de reparos preventivos, como o recapeamento ou a troca de material, assegura que o pavimento continue funcionando adequadamente e sem oferecer riscos aos usuários (Mello, 2022; Leonardi; Suraci, 2022).

4. MANUTENÇÃO E SUSTENTABILIDADE NA PAVIMENTAÇÃO

A manutenção de pavimentos é um aspecto fundamental na engenharia civil, principalmente quando se busca a longevidade das infraestruturas e a redução de custos a longo prazo. A pavimentação das vias é exposta a diversos fatores que podem acelerar seu desgaste, como o tráfego intenso, as condições climáticas e a exposição a substâncias químicas. Para garantir sua durabilidade e segurança, são aplicadas diferentes técnicas de manutenção, como as preventivas e corretivas. A manutenção preventiva busca evitar danos futuros através de intervenções periódicas, enquanto a corretiva é aplicada quando o pavimento já apresenta falhas, como buracos, trincas ou deformações (Faria; Marques; Pereira, 2017).

As técnicas de manutenção preventiva incluem o selamento de fissuras e o recapeamento superficial, processos que ajudam a proteger o pavimento da infiltração de água e da ação de agentes externos. O monitoramento contínuo das condições do pavimento também é uma estratégia essencial para identificar problemas antes que se agravem, evi-



tando gastos elevados com reparos de grande escala. Já a manutenção corretiva é mais intensa e ocorre quando os danos já são visíveis e comprometem a funcionalidade da via, como o preenchimento de buracos ou a troca de trechos do pavimento (Santiago *et al.*, 2018).

No contexto da sustentabilidade, o uso de materiais reciclados tem ganhado destaque na pavimentação. A aplicação de materiais como asfalto reciclado e concreto de resíduos da construção civil reduz a necessidade de extração de novos recursos naturais, minimizando o impacto ambiental. Além disso, o uso de agregados reciclados contribui para a diminuição do volume de resíduos nos aterros sanitários, promovendo a economia circular. O asfalto, por exemplo, pode ser aquecido e reutilizado em novos pavimentos, o que não apenas economiza recursos, mas também reduz o consumo de energia (Costa; Filho, 2020).

Outra tecnologia sustentável que tem se mostrado eficiente é o uso de pavimentos permeáveis, que permitem a infiltração da água da chuva no solo, reduzindo o risco de enchentes e a sobrecarga nos sistemas de drenagem. Esses pavimentos são feitos com materiais porosos que garantem a absorção da água, contribuindo para a recarga dos lençóis freáticos e para a diminuição da poluição das águas pluviais. Essa solução é especialmente interessante em áreas urbanas densamente construídas, onde a impermeabilização do solo é um grande desafio ambiental (Leite, 2015).

Além das técnicas e materiais, a escolha de tecnologias mais eficientes no processo de pavimentação tem sido uma preocupação crescente. O uso de tecnologias como o Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP) e o uso de geossintéticos, como geotêxteis e geogrelhas, tem trazido melhorias significativas. Essas soluções proporcionam maior estabilidade e resistência aos pavimentos, além de otimizarem a distribuição das cargas e aumentarem a vida útil das vias, diminuindo a necessidade de manutenção constante e, consequentemente, os impactos ambientais (Rodrigues; Ceratti, 2018).

A degradação dos pavimentos é inevitável, mas existem soluções que podem ser adotadas para reduzir seus impactos ambientais. Entre as principais causas da degradação estão o tráfego de veículos pesados, a exposição constante a condições climáticas extremas e a falta de manutenção preventiva. Essas condições resultam em danos estruturais, como trincas e buracos, que, se não corrigidos rapidamente, podem comprometer a integridade da via e aumentar os custos com reparos. A falta de uma abordagem sustentável na pavimentação pode gerar impactos negativos, como o aumento da poluição do ar e da água (Acacio; Pacheco; Pinheiro, 2023).

Uma das soluções para mitigar a degradação dos pavimentos é a implementação de métodos de conservação que minimizem o desgaste causado pelo tráfego e pelas condições climáticas. O uso de aditivos no asfalto, como polímeros, pode melhorar a elasticidade e a resistência do material, aumentando a durabilidade do pavimento. Além disso, técnicas de rejuvenescimento asfáltico, que envolvem a aplicação de substâncias para restaurar as propriedades do asfalto, têm se mostrado eficazes na preservação das vias e na redução da necessidade de reparos frequentes (Mello, 2022).

O impacto ambiental das técnicas de pavimentação pode ser significativamente reduzido com o uso de pavimentos ecológicos, que têm como objetivo principal reduzir os efeitos negativos da construção e manutenção das vias. Os pavimentos ecológicos utilizam materiais que absorvem poluentes, promovem a redução do aquecimento urbano e aumentam a permeabilidade do solo. Essas soluções contribuem para a qualidade ambiental das cidades, melhorando a qualidade do ar e das águas pluviais e reduzindo os efeitos da urbanização no meio ambiente (Callejas; Durante; Rosseti, 2015).

Além dos aspectos técnicos, a escolha de materiais também é crucial para garantir que a pavimentação seja sustentável. A utilização de materiais que possuam menor impacto ambiental, como asfalto com menor índice de carbono ou concreto com materiais de baixo impacto, pode ser uma estratégia eficiente para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Além disso, o uso de técnicas que promovam a reutilização de materiais, como o reaproveitamento de pavimentos antigos, contribui para uma gestão mais responsável dos recursos naturais e para a redução dos impactos da construção civil no meio ambiente (Han *et al.*, 2020).

A manutenção e a sustentabilidade na pavimentação exigem um esforço conjunto entre profissionais da área de engenharia, urbanismo e meio ambiente. O desenvolvimento de novas tecnologias e a aplicação de práticas sustentáveis são fundamentais para garantir que as vias públicas atendam às necessidades da população de maneira eficiente e ambientalmente responsável. Dessa forma, a pavimentação não apenas contribui para a mobilidade urbana, mas também para a preservação do meio ambiente e o bem-estar das comunidades (Balbo, 2017).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho sobre a aplicação e as técnicas utilizadas em obras de pavimentação permitiu compreender, de maneira abrangente, os principais métodos empregados nesse tipo de construção, bem como os avanços tecnológicos e os cuidados necessários para garantir a eficiência das vias. O objetivo proposto analisar as principais técnicas e aplicações em obras de pavimentação, visando identificar soluções que melhorem a qualidade e a durabilidade das vias foi satisfatoriamente alcançado, oferecendo uma visão clara sobre os procedimentos técnicos, as etapas essenciais e as boas práticas adotadas atualmente no setor.

A partir da investigação realizada, foi possível responder à pergunta de pesquisa, demonstrando que a escolha adequada dos materiais, o conhecimento técnico das equipes envolvidas e o cumprimento rigoroso das especificações do projeto são fatores determinantes para a qualidade e a longevidade das pavimentações. No entanto, algumas limitações foram observadas, como a escassez de dados atualizados sobre tecnologias sustentáveis aplicadas em diferentes realidades regionais e a restrição no acesso a informações práticas de obras em execução, o que impediu uma análise mais detalhada de alguns aspectos operacionais.

Diante dessas limitações, recomenda-se que trabalhos futuros aprofundem a análise de técnicas inovadoras, como o uso de materiais reciclados, o emprego de pavimentos permeáveis e a aplicação de sensores inteligentes para monitoramento contínuo das vias. Além disso, a integração entre estudos teóricos e análises de campo pode enriquecer ainda mais o entendimento sobre os desafios e oportunidades relacionados às obras de pavimentação. Conclui-se, portanto, que este estudo alcançou seu propósito e oferece uma base sólida para reflexões e aperfeiçoamentos técnicos no setor de infraestrutura viária.

REFERÊNCIAS

- ABNT- **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 7182. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2020.
- ACACIO, Arnaldo Souza; PACHECO, Maria dos Anjos Fernandes; PINHEIRO, Érica Cristina Nogueira Marques.



Análise de possíveis impactos ambientais resultantes de obras de pavimentação – Estudo de caso: um ramal de acesso no município de Iranduba. **Revista FT**, Edição 122, maio de 2023.

BALBO, J. T. **Construção e Pavimentação**. São Paulo/SP, USP – Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, 2017.

CALLEJAS, Ivan; DURANTE, Luciane; ROSSETI, Karyna. Pavimentação Asfáltica: Contribuição no Aquecimento de Áreas Urbanas. **E&S -Engineering and Science**, v. 1, ed. 3, p. 64-72, mai/jun. 2015. ISSN: 2358-5390.

COSTA, Clauber; FILHO, Wandemyr. O uso de reciclagem de pavimentos, como alternativa para o desenvolvimento sustentável em obras rodoviárias no Brasil. **Revista Traços**, Belém, v. 12, n. 26, p. 39-58, dez. 2020.

FARIA, Agnes; MARQUES, Eduardo; PEREIRA, Luana. **Gestão ambiental aplicada às obras de pavimentação da BR 316 / AL**. In: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 8., 2017, Campo Grande. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2017. p. 7.

HAN, B.; WANG, Y.; ZHANG, Z.; YAO, S.; LI, H. Accelerated Pavement Testing to Evaluate the Reinforcement Effect of Geogrids in Flexible Pavements. **Transportation Research Record**, v. 2674, n. 10, p. 134-145, 2020.

LEITE, Rodrigo. **A inconstitucionalidade dos planos comunitários de pavimentação urbana**. Direito em Foco, ed. 07, p. 225-244, 2015.

LEONARDI, G.; SURACI, F. A 3D-FE Model for the Rutting Prediction in Geogrid Reinforced Flexible Pavements. **Sustainability**, v. 14, n. 6, p. 3695, 2022.

MELLO, M. S. **Degradação térmica e mecânica de geossintéticos utilizados em restauração de pavimentos flexíveis com concreto asfáltico**. 2022. 201 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Departamento de Engenharia Civil, Natal, 2022.

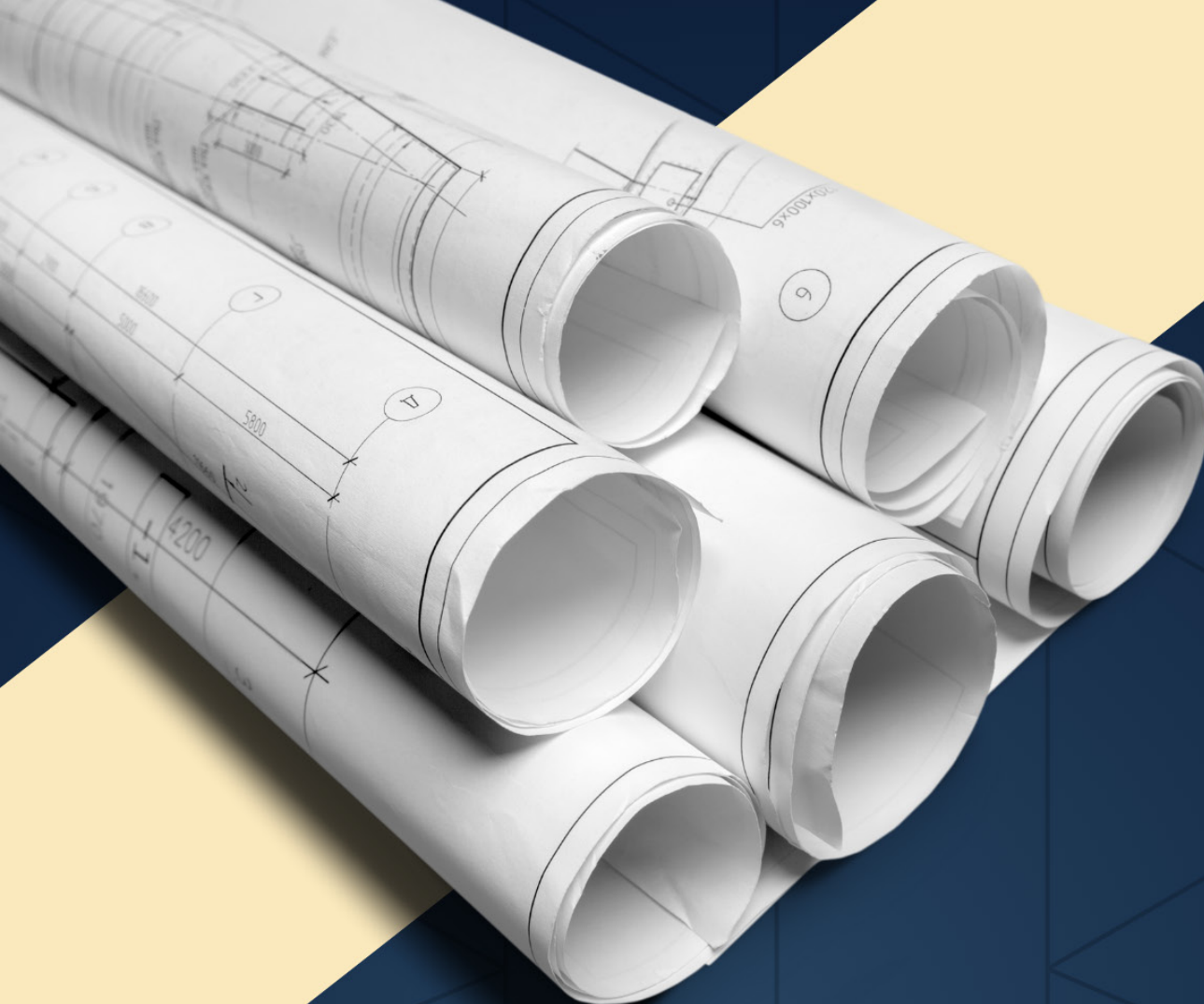
NUNES, Danilo; DE MELO, Welma; BRACARENSE, Lílian. Implicações socioeconômicas da rodovia BR-153 e os reflexos no desenvolvimento urbano no Tocantins. **Revista humanidades & inovação**, Palmas, v. 7, n. 14, p. 47-61, jun. 2020.

RODRIGUES, R. M.; CERATTI, J. A. P. **Capítulo 12: Aplicações em Restauração de Pavimentos**. In: VERTEMATTI, J. C. (Org.). Manual brasileiro de geossintéticos. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018. p. 395-419.

SANTIAGO, Lucimar et al. **Determinação do dano em pavimentos asfálticos por meio da combinação do modelo S-VECD com análises elásticas**. Transportes, v. 26, n. 2, p. 31-43, 2018.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2 ed. Vol. II. São Paulo: Editora Pini. 2018. 688 p.

ZORNBERG, J. G. **Functions and applications of geosynthetics in roadways**. **Procedia Engineering**, v. 189, p. 298-306, 2020.



29

GESTÃO DA QUALIDADE APLICADO A CANTEIRO DE OBRAS

**QUALITY MANAGEMENT APPLIED TO CONSTRUCTION
SITES**

**Ana Priscila Moraes Alves Abreu dos Santos
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
José Átila Matos Aroucha Júnior**

Resumo

Este artigo explora a importância da gestão de qualidade no canteiro de obras, um dos aspectos mais críticos da construção civil, pois a aplicação eficaz do processo de qualidade impacta diretamente a sociedade. A construção Civil é responsável por grande parte da infraestrutura urbana e, portanto, a entrega de um trabalho de alta qualidade não apenas assegura a segurança e a durabilidade das construções, mas também promove o desenvolvimento sustentável e o uso eficiente dos recursos. Ao aderir indicadores de desempenho, como o Índice de Não Conformidades e a Taxa de Retrabalho, e ao fiscalizar o desempenho de fornecedores e subempreiteiros, as empresas podem identificar os problemas o mais cedo possível, corrigi-los e economizar materiais e tempo. Além disso, a documentação e análise de não conformidades geram uma base de conhecimento que serve como um guia para projetos futuros, fomentando o aperfeiçoamento contínuo do setor. O resultado dessa gestão eficiente se reflete em obras entregues dentro dos prazos previstos, custos e padrões de qualidade estabelecidos, beneficiando tanto os clientes quanto a sociedade em geral. Ao final, o artigo evidencia a importância da melhoria dos processos construtivos que resulta em um ambiente urbano mais seguro, sustentável e eficiente, impactando positivamente a qualidade de vida das pessoas. Assim a gestão de qualidade no canteiro de obras é um fator chave para o avanço do setor e para o benefício direto da comunidade.

Palavras-chave: Construção Civil, Fundações, Segurança, Controle.

Abstract

This article explores the importance of quality management on the construction site, one of the most critical aspects of civil construction, since the effective application of the quality process directly impacts society. Civil construction is responsible for a large part of urban infrastructure and, therefore, the delivery of high-quality work not only ensures the safety and durability of buildings, but also promotes sustainable development and the efficient use of resources. By adhering to performance indicators, such as the Nonconformity Index and the Rework Rate, and by monitoring the performance of suppliers and subcontractors, companies can identify problems as early as possible, correct them and save materials and time. In addition, the documentation and analysis of nonconformities generate a knowledge base that serves as a guide for future projects, fostering the continuous improvement of the sector. The result of this efficient management is reflected in projects delivered within the expected deadlines, costs and established quality standards, benefiting both customers and society in general. Finally, the article highlights the importance of improving construction processes, which results in a safer, more sustainable and efficient urban environment, positively impacting people's quality of life. Thus, quality management on construction sites is a key factor for the advancement of the sector and for the direct benefit of the community.

Keywords: Civil Construction, Foundations, Safety, Control.

1. INTRODUÇÃO

É de fundamental relevância o planejamento de implantação do canteiro de obras, com o objetivo de garantir o gerenciamento eficaz para assegurar a lucratividade, manter o faturamento ativo, cumprir prazos, controlar custos e garantir a qualidade da construção. O processo de transformação da construção civil, de uma produção artesanal para uma produção orientada à produtividade, passa pelo planejamento. Nesse contexto, a necessidade do gerenciamento do canteiro de obras se apresenta.

Após o planejamento, o gerenciamento é uma das etapas mais importantes, resultando na elaboração de projetos detalhados das locações e áreas destinadas às instalações temporárias, que podem variar conforme a natureza do empreendimento. Para alcançar um resultado eficaz no final de uma edificação, o gerenciamento de projetos se torna essencial. A crescente demanda por resultados rápidos, associada ao aumento da competitividade e da complexidade no mundo empresarial, faz com que a competência em gestão de projetos seja um fator crucial para o sucesso da organização.

Historicamente, o setor da construção civil desenvolveu seu planejamento com base na experiência, no senso comum e na adaptação de projetos passados, o que resultou em desorganização nos canteiros de obras, uma vez que as decisões eram tomadas conforme os problemas surgiam. A transformação da construção civil de um modelo artesanal para um mais produtivo passa, novamente, pelo planejamento, e, neste contexto, o gerenciamento se torna essencial.

A presente pesquisa tem como objetivo auxiliar na compreensão dos profissionais da área da construção civil, com ênfase nos fatores necessários, de acordo com as normas técnicas, para garantir a qualidade e a produtividade na execução das obras.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura. A pesquisa se baseou na consulta de livros, dissertações e artigos científicos selecionados, com o objetivo de proporcionar uma visão clara e precisa das informações sobre o planejamento e gerenciamento de canteiros de obras na construção civil. A busca por conteúdos abordou publicações dos últimos 5 anos, permitindo uma análise atualizada dos temas discutidos.

O trabalho se concentrou em compreender o planejamento necessário para a implantação de canteiros de obras, apresentando as normas técnicas utilizadas para a organização desses espaços e destacando as relações práticas eficazes que podem ser adotadas para melhorar a organização e a produtividade no canteiro de obras. A revisão de literatura foi estruturada para fornecer uma análise detalhada das melhores práticas e das normativas aplicáveis à construção civil, com o intuito de ajudar na melhoria contínua da gestão dos canteiros e na busca pela eficiência nos processos de construção.

As palavras-chave utilizadas na busca foram: Planejamento; Canteiro de Obra; Gestão de Qualidade. Essas palavras-chave foram fundamentais para orientar a pesquisa e selecionar as publicações mais relevantes para o avanço do estudo. A abordagem metodológica escolhida possibilitou uma avaliação aprofundada da literatura disponível, ajudando a construir um entendimento robusto sobre os erros técnicos em fundações e seus impactos.



2.2 Resultados e Discussão

O planejamento e o gerenciamento adequados do canteiro de obras são fundamentais para o sucesso de um empreendimento na construção civil. Esses processos são essenciais para garantir a lucratividade, o cumprimento dos prazos estabelecidos, o controle de custos e a manutenção da qualidade da obra. Segundo Reis (2014), a evolução da construção civil, devido ao desenvolvimento das máquinas, ferramentas e técnicas de construção, tornou o planejamento e gerenciamento de projetos e, conseqüentemente, do canteiro de obras, essenciais para todo empreendimento, seja ele de pequeno, médio ou grande porte. Nesse contexto, o gerenciamento do canteiro de obras surge como um elemento chave, pois permite uma organização eficiente do espaço, com a definição das áreas e instalações temporárias necessárias para o bom andamento das atividades.

A gestão de projetos, portanto, torna-se indispensável para a obtenção de resultados eficazes ao final de uma edificação. De acordo com Reis (2014), muitas empresas negligenciam essa etapa ou a realizam de forma despreziosa, o que pode levar até a falência dessas. O crescente ritmo de trabalho e a alta competitividade no setor da construção civil tornam a competência em gestão de projetos um fator de sucesso. No entanto, é importante destacar que, no passado, o planejamento no setor foi baseado na experiência e na adaptação de projetos anteriores, o que, muitas vezes, resultou em decisões tomadas à medida que os problemas surgiam. Isso levou a uma certa desorganização nos canteiros de obras e destacou a necessidade de um planejamento mais estruturado e eficiente.

A pesquisa realizada visa aprofundar a compreensão dos profissionais da construção civil, com foco nas normas técnicas e nos aspectos necessários para manter a qualidade e a produtividade nas obras. Os objetivos específicos foram: entender o planejamento para implantação de canteiros de obra, apresentar as normas técnicas que regem a organização desses espaços e identificar as práticas que podem ser adotadas para melhorar a produtividade e a organização nos canteiros de obra. Segundo Leão *et al.* (2021), a gestão do canteiro de obras é de extrema importância, pois permite que a logística seja eficiente, reduz custos desnecessários e permite o atendimento às programações das atividades.

O canteiro de obras, segundo a NR18, é definido como uma área temporária destinada ao apoio das operações e à execução de uma obra, enquanto a NBR12284 detalha as áreas de vivência e operacionais, necessárias para a organização do trabalho no canteiro. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2021), a NR-18 estabelece condições mínimas de higiene e conforto nos canteiros de obras, especificando as áreas de vivência necessárias e a quantidade de instalações sanitárias e chuveiros em função do número de funcionários.

O estudo da tipologia do canteiro de obra é essencial para que o projeto de implantação seja eficaz, sendo específico para cada empreendimento. Segundo Illingworth (1993), com relação a tipologia, os canteiros são encaixados em três tipos: restritos, amplos e longo e estreitos. Na tabela 1 é caracterizada cada um destes tipos.

Tipo	Descrição
1. Restritos	A construção ocupa o terreno completo ou uma alta percentagem deste. Acessos restritos.
Exemplos	Construções em área centrais da cidade, ampliações e reformas

2 . Amplos	A construção ocupa somente uma parcela relativamente pequena do terreno. Há disponibilidade de acessos para veículos e de espaço para áreas de armazenamento e acomodações de Pessoal
Exemplos	Construção de plantas industriais, conjuntos habitacionais horizontais e outras grandes obras como barragens ou sinais Hidrelétricas
3 . Longos e estreitos	São restritos em apenas uma das dimensões, com possibilidade de acesso em poucos pontos do canteiro
Exemplos	Trabalhos em estradas de ferro e rodagem, redes de gás e petróleo, e alguns casos de obras de edificações em zonas urbanas.

Tabela 1. Tipos de Canteiros

Fonte: adaptado de Illingworth (1993)

O canteiro de obras caracterizado como restrito é o tipo mais comum nas áreas urbanas, principalmente devido ao custo elevado dos terrenos. Geralmente, esse canteiro tem formato retangular e ocupa uma parte significativa do terreno disponível, com o objetivo de maximizar a lucratividade da edificação. Esse tipo de canteiro é cercado por tapumes ou muros e possui um portão de acesso, com toda a obra ocorrendo dentro de seus limites. A principal preocupação nesse tipo de canteiro é o planejamento logístico, que deve ser bem elaborado para evitar tumultos e desorganização nas áreas de produção, conforme afirma Illingworth (1993), que destaca a necessidade de atenção especial ao planejamento em canteiros restritos.

Illingworth (1993) sugere duas regras essenciais para o planejamento eficaz desses canteiros: a primeira, de iniciar os trabalhos pela fronteira mais difícil do canteiro, visa evitar que problemas de acesso sejam enfrentados nas fases finais da obra, quando outras partes já estiverem concluídas. A segunda regra aplica-se especialmente a terrenos com grande ocupação do subsolo, recomendando a construção precoce de espaços utilizáveis no nível térreo para facilitar o armazenamento e as instalações provisórias, além de melhorar o acesso e a circulação no canteiro.

O planejamento do canteiro tem como objetivo principal organizar o processo produtivo, minimizando o transporte de materiais e perdas, e oferecendo suporte à criação do layout do canteiro. Esse planejamento envolve a definição do sistema de transporte, o armazenamento de materiais e a criação de áreas operacionais e de vivência, tudo com o intuito de garantir a segurança dos trabalhadores e a eficiência da obra. Oliveira e Serra (2006) afirmam que o projeto do canteiro deve buscar a melhor distribuição dos elementos, considerando as diferentes necessidades em cada fase da obra.

A implantação do projeto do canteiro envolve várias etapas, como a análise das condições locais, o estudo de viabilidade, o cronograma de compras de materiais e equipamentos, além da instalação e montagem das instalações necessárias. Oliveira e Leão (1997) destacam a importância de conhecer essas etapas para garantir uma execução eficiente do projeto. No entanto, as diversas estratégias de planejamento de canteiro podem se sobrepor e não há, muitas vezes, uma integração entre o projeto do produto e a produção, o

que pode dificultar o desenvolvimento de um planejamento eficaz.

A definição de prioridades no canteiro de obras é fundamental para garantir a utilização eficiente dos espaços disponíveis. Ferreira e Franco (1998) sugerem que se deve analisar os espaços necessários para a execução da obra, levando em consideração as restrições de uso, e priorizar os elementos essenciais para o processo produtivo. O canteiro de obras sofre constantes mudanças físicas durante a execução da obra, com a adaptação do layout às necessidades das etapas da construção, como afirmam Formoso (1999) e outros autores.

Por fim, o projeto do canteiro de obras deve atender tanto a objetivos de alto nível, como promover segurança e motivação no ambiente de trabalho, quanto a objetivos de baixo nível, como a redução do tempo de movimentação de materiais e trabalhadores. Tommelein *et al.* (1992) defendem que um bom projeto de canteiro deve equilibrar esses objetivos para melhorar a eficiência da obra. A execução do projeto deve ser cuidadosamente planejada, considerando as diferentes fases da obra e as necessidades específicas de cada uma, conforme indicado por Franco (1992). O estudo e a análise de cada fase da obra são fundamentais para garantir a eficiência do canteiro de obras e, por conseguinte, o sucesso do empreendimento.

A gestão da qualidade na construção civil é um dos pilares fundamentais para garantir que os projetos sejam executados conforme os requisitos técnicos, prazos estabelecidos e expectativas do cliente. Quando aplicada diretamente ao canteiro de obras, essa gestão se torna ainda mais estratégica, pois é nesse ambiente que ocorrem as principais atividades operacionais que impactam o desempenho final do empreendimento.

O canteiro de obras, por sua natureza dinâmica e complexa, exige um controle rigoroso dos processos, materiais, equipamentos e mão de obra. Assim, a implementação de práticas de gestão da qualidade visa à padronização das atividades, à prevenção de falhas e à promoção da melhoria contínua.

Entre os principais objetivos da gestão da qualidade no canteiro, destacam-se: Garantir a conformidade dos processos e produtos com os requisitos normativos e de projeto; Minimizar retrabalhos e desperdícios; Assegurar a rastreabilidade dos materiais e serviços; Promover a segurança, organização e limpeza do ambiente de trabalho; Melhorar a comunicação entre as equipes de produção e supervisão.

Para que esses objetivos sejam alcançados, é necessário adotar ferramentas e metodologias que possibilitem o controle sistemático da execução. A elaboração e aplicação de planos da qualidade, checklists de verificação, fichas de inspeção, auditorias internas e indicadores de desempenho são exemplos de instrumentos que permitem monitorar e aperfeiçoar os processos no canteiro.

Além disso, a capacitação contínua da equipe e o engajamento dos trabalhadores são elementos essenciais para consolidar uma cultura de qualidade na obra. A participação ativa dos colaboradores na identificação e solução de não conformidades reforça o compromisso coletivo com a excelência dos serviços prestados.

A gestão da qualidade no canteiro de obras tem se mostrado uma prática essencial para garantir a eficácia e a excelência na execução dos projetos de construção civil. Segundo Juran (1988), a qualidade deve ser planejada, controlada e melhorada continuamente para atender às necessidades dos consumidores e reduzir custos. O canteiro de obras é, por natureza, um ambiente dinâmico e complexo, onde múltiplos processos se intercalam e interagem. A aplicação das ferramentas da qualidade neste contexto não só assegura o controle rigoroso das etapas de construção, mas também contribui significativamente para a melhoria contínua dos resultados e a satisfação do cliente final.

Deming (1982) enfatiza que a melhoria contínua e a padronização dos processos são cruciais para a excelência na produção, essas ferramentas são fundamentais para identificar falhas em estágios iniciais, prevenir retrabalhos que possam comprometer o cronograma e o orçamento, assegurando uma execução mais eficiente e sem surpresas. Ao integrar essas ferramentas ao cotidiano do canteiro de obras, é possível alcançar um nível elevado de organização e controle, o que resulta em obras entregues com maior qualidade, dentro dos parâmetros estabelecidos, e em conformidade com as expectativas dos clientes.

Uma das ferramentas-chave na gestão da qualidade é o Plano de Inspeção e Ensaios (PIE), um documento que define de maneira clara os critérios de aceitação para cada etapa da obra. O PIE não só especifica os procedimentos de verificação e as inspeções visuais, como também inclui os ensaios laboratoriais necessários, de acordo com as normas técnicas e as especificações do projeto. Segundo Halpin e Woodhead (2004), a implementação de estratégias eficazes no canteiro de obras é essencial para evitar problemas durante a execução, esse rigor técnico ajuda a garantir que todos os processos atendam aos requisitos necessários, desde a escolha dos materiais até a execução dos serviços, minimizando riscos de falhas e retrabalhos.

Conforme destacado por Barbosa (2010), os checklists são fundamentais para assegurar que todas as especificações sejam atendidas e que não haja desvios nos processos construtivos. Eles permitem que os profissionais do canteiro de obras registrem, de forma objetiva e prática, as conformidades e não conformidades encontradas durante a execução. Este controle minucioso facilita a tomada de decisões rápidas e eficientes, especialmente quando surgem problemas que precisam ser corrigidos para evitar comprometer a qualidade da obra. Além disso, as fichas de verificação e os registros fotográficos desempenham um papel importante na documentação de atividades críticas, fornecendo uma evidência concreta da conformidade das obras com os requisitos definidos no projeto.

A metodologia 5W2H, amplamente utilizada para planejar ações corretivas e preventivas, também se destaca entre as ferramentas da qualidade. Com ela, é possível responder perguntas essenciais como: O quê? Por quê? Onde? Quando? Quem? Como? Quanto custa? Dessa maneira, a ferramenta organiza de forma eficiente a abordagem de problemas, identificando não apenas as causas, mas também os passos necessários para resolvê-los e evitar que se repitam. Crosby (1979) enfatiza que a clareza nas ações e responsabilidades é crucial para a eficácia das estratégias de melhoria contínua.

O Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) é uma ferramenta que auxilia na análise aprofundada de problemas de qualidade, identificando suas causas subjacentes. Ishikawa (1982) desenvolveu essa ferramenta com o objetivo de representar a relação entre um efeito e suas possíveis causas, facilitando a identificação de problemas e a implementação de soluções eficazes. Ao entender as raízes dos problemas, as equipes podem implementar ações corretivas mais eficazes. Juntamente com o PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Agir), um ciclo de melhoria contínua, o Diagrama de Ishikawa contribui para o aprimoramento constante dos processos no canteiro de obras. O PDCA é um ciclo de gestão que permite monitorar as atividades, identificar melhorias necessárias e ajustar as ações conforme os resultados obtidos, garantindo que a qualidade seja mantida e aprimorada ao longo do projeto. Segundo Periard (2011) o objetivo principal é tornar os processos de uma organização mais ágeis, claros e objetivo. Pode ser utilizado por qualquer tipo e tamanho de empresa, com a finalidade de melhorar a gestão e obter os melhores resultados no negócio.



Ciclo PDCA



Figura1. PDCA

Fonte: Periard (2011)

Por fim, os Indicadores de Desempenho (KPIs) são métricas essenciais para monitorar o andamento da obra e a performance das equipes envolvidas. Silva (2020) destaca que os KPIs são fundamentais para avaliar o desempenho das obras e garantir que sejam concluídas dentro do planejado. Com KPIs, como a taxa de retrabalho, índice de produtividade, e percentual de não conformidades, é possível ter uma visão clara sobre a evolução do projeto e tomar decisões baseadas em dados concretos. Esses indicadores ajudam a identificar áreas que precisam de melhorias e a ajustar o curso da obra para garantir que ela atenda aos padrões de qualidade estabelecidos desde o início.

A implementação eficaz dessas ferramentas requer, porém, mais do que apenas a sua adoção formal. Treinamentos e capacitação contínuos da equipe são essenciais para garantir que todos os envolvidos compreendam a importância das ferramentas da qualidade e saibam utilizá-las corretamente. Costa (2018) ressalta que a resistência à mudança e a falta de treinamento adequado podem dificultar a efetiva aplicação das ferramentas de qualidade no canteiro de obras. Além disso, o engajamento das lideranças no canteiro de obras – engenheiros, mestres de obras e encarregados – é fundamental para disseminar a cultura da qualidade, garantindo que os procedimentos sejam seguidos com rigor e de forma sistemática. As lideranças devem ser os maiores aliados da qualidade, incentivando suas equipes e criando um ambiente no qual a excelência seja uma prioridade em todas as etapas do processo de construção.

A integração de metodologias de melhoria contínua e a adoção de uma abordagem colaborativa, com foco na educação e capacitação da equipe, resulta em uma obra mais bem executada e na satisfação dos clientes, o que é fundamental para o sucesso no competitivo mercado da construção civil. Nesse contexto, o uso de indicadores de desempenho se torna uma ferramenta indispensável, pois permite um acompanhamento contínuo do progresso da obra, além de identificar desvios e falhas em relação aos padrões estabelecidos.

A implementação e o monitoramento desses indicadores garantem uma visão clara da qualidade das operações no canteiro de obras, permitindo ajustes rápidos e eficazes durante o processo construtivo. Segundo Sousa (2016), a integração dessas ferramentas é fundamental para garantir a excelência na execução dos projetos de construção civil.

Esses indicadores devem ser objetivos, claros e baseados em dados reais coletados ao longo da execução da obra, conforme destacado pela CBIC (2017). Isso assegura que as decisões tomadas sejam fundamentadas em informações precisas e atualizadas. Entre os principais indicadores de desempenho utilizados na construção civil, destacam-se o Índice de Não Conformidades (INC), a Taxa de Retrabalho, o Percentual de Conformidade dos Serviços, o Índice de Satisfação da Equipe e Clientes, e o Desempenho de Fornecedores e Subempreiteiros. A Revista ÁREA (2020) enfatiza que a análise desses indicadores proporciona insights valiosos para melhorar o desempenho das obras. O INC, por exemplo, mede a frequência com que falhas são identificadas nos processos e serviços executados, sendo um importante reflexo da eficácia da gestão e das práticas de qualidade no canteiro, conforme observado pela Celere (2021). Um INC elevado pode ser um sinal de problemas em áreas críticas, como a capacitação da equipe ou a falta de padronização nas atividades, conforme destacado pelo Grupo HARD (2018).

A Taxa de Retrabalho, outro indicador importante, monitora o percentual de atividades que precisam ser refeitas devido a erros de execução. Segundo pesquisa da PlanRadar, os custos de retrabalho podem representar até 11% do custo total dos projetos, afetando diretamente o orçamento e o cronograma das obras. Esse indicador não só afeta diretamente o custo e o cronograma da obra, mas também tem um impacto direto na qualidade final do produto entregue. O blog Obra na Mão destaca que a alta taxa de erros e retrabalho é uma questão crítica que afeta diversas indústrias, reduzindo a eficiência operacional, aumentando custos e comprometendo a satisfação do cliente. Quanto maior a taxa de retrabalho, maior o risco de comprometimento da qualidade, já que o retrabalho frequentemente envolve a correção de falhas que poderiam ter sido evitadas com uma execução mais precisa desde o início. Um estudo de caso realizado pela UFRPE analisou 34 incidentes de retrabalho em um empreendimento da construção civil, resultando em um custo adicional de aproximadamente R\$ 301.000,00 para o projeto. Assim, a redução dessa taxa deve ser uma prioridade para garantir maior eficiência e qualidade no processo construtivo. A Sienge enfatiza que o índice de retrabalho serve para medir a quantidade de trabalho que precisou ser repetido ou corrigido em relação ao total de serviços executados em uma obra, sendo essencial para identificar ineficiências no processo produtivo.

O Percentual de Conformidade dos Serviços é outro indicador essencial, pois avalia a proporção de atividades realizadas de acordo com os critérios técnicos definidos no projeto e nas normas aplicáveis. Esse índice assegura que o trabalho executado esteja alinhado com as especificações previstas, minimizando o risco de falhas e retrabalhos. Segundo a Sienge (2022), a taxa de conformidade de serviços é um dos principais indicadores de qualidade na construção civil, refletindo diretamente a qualidade do trabalho realizado. Além disso, o Índice de Satisfação da Equipe e Clientes, embora nem sempre utilizado de maneira formal nas obras, é uma métrica importante para avaliar a percepção das partes envolvidas sobre o ambiente de trabalho e a entrega dos serviços. A Sienge (2022) destaca que medir a satisfação dos clientes e colaboradores é fundamental para entender como os produtos e serviços são percebidos, permitindo ajustes necessários para aprimorar os processos e a relação com o mercado.

Outro aspecto fundamental para garantir a qualidade na construção civil é o acompanhamento do desempenho de fornecedores e subempreiteiros. Esses agentes desempenham um papel crucial no andamento da obra, pois fornecem insumos e executam



serviços que podem impactar diretamente a qualidade do projeto. A pontualidade na entrega, a conformidade dos materiais fornecidos e a qualidade do trabalho realizado são parâmetros essenciais a serem monitorados, uma vez que qualquer falha nesse sentido pode comprometer a execução da obra e os resultados. Segundo o Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos (IBEC, 2020), uma gestão eficiente de fornecedores envolve a avaliação contínua de aspectos como qualidade, pontualidade e conformidade legal, o que contribui para a redução de retrabalhos e desperdícios. Além disso, a Obra Play (2023) destaca que a seleção criteriosa dos fornecedores, aliada à implementação de padrões e especificações de qualidade, é fundamental para assegurar o alinhamento entre os serviços prestados e as expectativas do projeto.

No entanto, além de medir e monitorar esses indicadores, é imprescindível que as não conformidades identificadas durante a execução sejam tratadas de forma sistemática e documentada. A não conformidade é qualquer desvio em relação ao que foi previamente especificado, seja no projeto, nas normas ou nos procedimentos internos da obra. Segundo a Prática Engenharia (2024), a adoção de uma abordagem estruturada para o tratamento de não conformidades envolve o registro detalhado da ocorrência, incluindo dados e evidências concretas, como fotos, laudos e checklists. Além disso, é essencial classificar a gravidade da falha, identificando se ela é leve, moderada ou crítica, e investigar suas causas utilizando ferramentas como o Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa). A Celere (2021) destaca que o Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta eficaz para identificar e organizar as causas potenciais de um problema, permitindo uma análise aprofundada e a implementação de ações corretivas adequadas.

A implementação de ações corretivas e preventivas é uma etapa fundamental no processo de gestão das não conformidades. As ações corretivas visam corrigir a falha identificada, enquanto as preventivas buscam evitar que o problema se repita no futuro. Segundo a Eurofins Environment (2025), uma ação corretiva é uma medida tomada para eliminar a causa raiz de uma não conformidade detectada, garantindo que não volte a ocorrer. Após a execução dessas medidas, é necessário verificar a eficácia das ações adotadas para garantir que o problema tenha sido de fato resolvido. A 8Quali (2025) destaca que a avaliação da eficácia das ações executadas é essencial, onde todas as ações cadastradas devem passar por uma análise crítica para confirmar se foram realmente resolvidas. O controle eficiente das não conformidades contribui para a melhoria contínua da obra, reduzindo a recorrência de falhas e aprimorando os processos ao longo do tempo. A Quiker (2025) enfatiza que a gestão de não conformidades deve ser integrada às iniciativas de melhoria contínua, utilizando metodologias como o PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) para resolver não conformidades e prevenir recorrências.

Manter um histórico de não conformidades e as respectivas tratativas é essencial para consolidar uma base de conhecimento que pode ser utilizada em treinamentos futuros e como fonte para lições aprendidas. Essa documentação não só facilita a solução de problemas semelhantes em obras futuras, mas também fortalece a cultura de qualidade dentro da empresa, promovendo uma aprendizagem contínua e a melhoria constante dos processos construtivos. A QMS Brasil (2025) destaca que o registro adequado das não conformidades permite identificar padrões e causas recorrentes, facilitando a implementação de ações corretivas eficazes e a prevenção de problemas similares. Além disso, a Sancon (2025) enfatiza que uma gestão eficaz das não conformidades contribui para a melhoria contínua da obra, reduzindo a recorrência de falhas e aprimorando os processos ao longo do tempo. Assim, a gestão eficaz das não conformidades, aliada ao uso adequado de indicadores de desempenho, é fundamental para garantir a entrega de projetos de alta qualidade, dentro dos prazos e custos estabelecidos.

3. CONCLUSÃO

O presente estudo abordou a importância da gestão de qualidade no canteiro de obras, destacando a essencialidade deste recurso para alcançar resultados mais eficientes, seguros e alinhados às exigências técnicas e às expectativas dos clientes. Ao longo do estudo, foi possível observar que o uso adequado de indicadores de desempenho permite não apenas o monitoramento constante da obra, mas também a identificação de falhas e oportunidades de melhoria.

O tratamento sistemático das não conformidades, aliado à aplicação de ações corretivas e preventivas bem planejadas, contribui diretamente para a redução de retrabalhos e o fortalecimento de uma cultura de melhoria contínua no ambiente construtivo.

Além disso, manter um histórico documentado dessas ocorrências se revela uma ferramenta estratégica para a formação de equipes, a padronização de processos e a tomada de decisões em projetos futuros. A análise do desempenho de fornecedores e subempreiteiros também se destaca como fator determinante para garantir a qualidade dos insumos e serviços contratados.

Dessa forma, conclui-se que a gestão da qualidade, quando aplicada de forma estruturada e integrada à rotina do canteiro, torna-se um diferencial competitivo para as empresas do setor e um instrumento eficaz para promover obras mais sustentáveis, econômicas e seguras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12284:1991 – **Áreas de vivência em canteiros de obras**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9001:2015 – **Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BIRNBERG, H. G. **Project Management for building designers and owners**. 2nd. Ed. Boca Raton: CRC, 2009. 256 f.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 18 – **Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Brasília: Ministério do Trabalho, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego>. Acesso em: 05 abr. 2025.

C3 CLUBE. **Retrabalhos representam até 11% do custo dos projetos, diz pesquisa**. Disponível em: <https://c3clube.com.br/mercado/retrabalhos-representam-ate-11-do-custo-dos-projetos/>. Acesso em: 08 maio 2025.

CARVALHO, M. M.; RABECHINI JUNIOR, R. **Gestão de projetos: metodologia, modelos e estruturas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil**. 2017. Disponível em: <https://brasil.cbic.org.br/acervo-publicacao-manual-basico-de-indicadores-de-produtividade-na-construcao-civil-2017>. Acesso em: 08 maio 2025.

CELERE. **Diagrama de Ishikawa na gestão da construção civil**. 2021. Disponível em: <https://celere-ce.com.br/gestao/diagrama-de-ishikawa-na-gestao-da-construcao-civil>. Acesso em: 8 maio 2025.

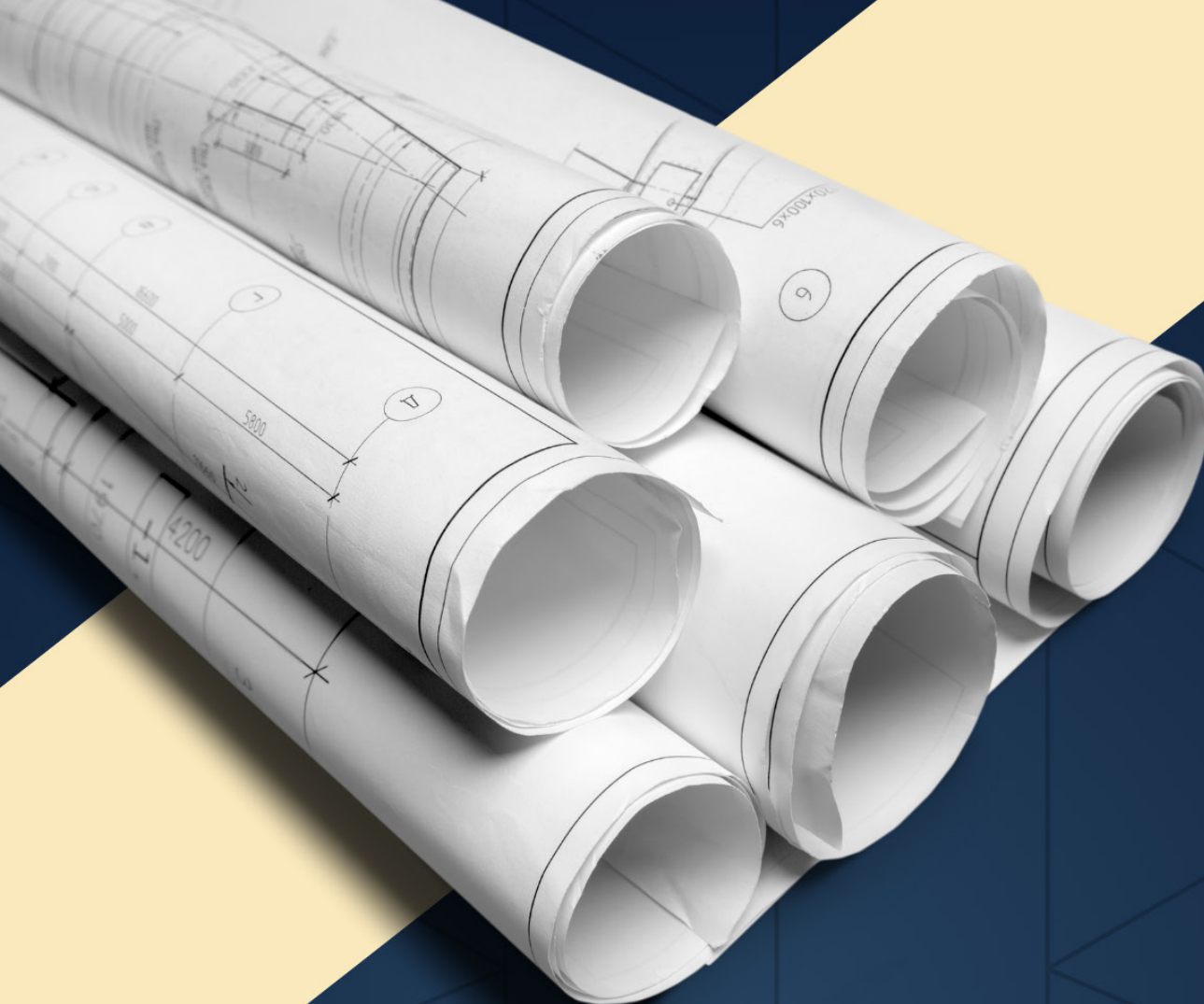
CELERE. **Indicadores de performance na construção civil**. 2021. Disponível em: <https://celere-ce.com.br/gestao-de-obras/indicadores-de-performance-na-construcao-civil>. Acesso em: 08 maio 2025.

EUROFINS ENVIRONMENT. **Gestão de não-conformidades e ações corretivas em sistemas ISO**. Disponível em: <https://www.eurofins-environment.es/pt/nao-conformidades-e-acoes-corretivas/>. Acesso em: 8 maio 2025.

FERREIRA, E. A. M; FRANCO, L.S. **Proposta de Metodologia para o Projeto do Canteiro de Obras**. Congresso Latino-americano - Tecnologia e Gestão na produção de edifícios 1998.



- GRUPO HARD. **Saiba como mensurar os indicadores da construção civil**. 2018. Disponível em: <https://www.hard.com.br/blog/saiba-como-mensurar-os-indicadores-da-construcao-civil>. Acesso em: 08 maio 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE CUSTOS – IBEC. **Gestão de fornecedores: qual seu impacto nos projetos de obra?** 2020. Disponível em: <https://ibecensino.org.br/gestao-de-fornecedores/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- LIMMER, C.V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras** – LTC 2010
- LINS, L. S. S. **Qualidade na construção civil: gestão, sustentabilidade e produtividade**. São Paulo: Pini, 2018.
- LINS, Luis André. **Organização do canteiro de obras: um estudo aplicativo na Construção do Centro de Convenções de João Pessoa** – PB. 2012. 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – UFPB, Centro de Tecnologia, João Pessoa, 2012.
- OBRA NA MÃO. **A alta taxa de erros e retrabalho nas indústrias**. 2024. Disponível em: <https://blog.obrana-mao.com/a-alta-taxa-de-erros-e-retrabalho/>. Acesso em: 08 maio 2025.
- OBRA PLAY. **Gestão de fornecedores na construção civil**. 2023. Disponível em: <https://www.obraplay.com/gestao-de-fornecedores-na-construcao-civil/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- OLIVEIRA, U. R.; SANTOS, A. C. M. **Planejamento e controle de obras na construção civil**. 2. ed. São Paulo: Erica, 2016.
- PERIARD, G.; **O Ciclo PDCA e melhoria contínua**. 2011. Disponível em: <http://www.sobreadministracao.com/o-ciclo-pdca-deming-ea-melhoria-continua/>. Acesso em: 04 de Junho 2025.
- PRÁTICA ENGENHARIA. **Diagrama de Ishikawa: guia completo para solução de problemas e melhoria de processos**. 2024. Disponível em: <https://www.praticaengenharia.com.br/blog/processos/diagrama-ishikawa-guia-completo-solucao-problemas-melhoria-processos>. Acesso em: 8 maio 2025.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PM-BOK®)**. 6. ed. São Paulo: Project Management Institute, 2016
- QMS BRASIL. **Gestão de não conformidades – etapas e como fazer?** 2025. Disponível em: <https://qmsbrasil.com.br/blog/gestao-de-nao-conformidades-etapas-e-como-fazer/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- QUALI. **8 passos fundamentais da gestão de não conformidades**. Disponível em: <https://www.8quali.com.br/passos-gestao-de-nao-conformidades/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- QUIKER. **Gestão de não-conformidade na melhoria contínua: guia completo**. Disponível em: <https://quiker.com.br/gestao-de-nao-conformidade/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- REVISTA ÁREA. **Indicadores de performance na construção civil**. 2020. Disponível em: <https://revistaarea.com.br/artigo-indicadores-de-performance-na-construcao-civil>. Acesso em: 08 maio 2025.
- SANCON. **Melhorando a Qualidade com a Gestão de Não Conformidades**. 2025. Disponível em: <https://sancon.com.br/blog/gestao-de-nao-conformidades-guia-para-aprimorar-seus-processos/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- SAURIN, Tarcisio Abreu; FORMOSO, Carlos Torres. **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. 112 p. v. 3
- SIENGE. **Indicadores de qualidade da construção civil para ficar de olho**. 2022. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/indicadores-de-qualidade-construcao-civil/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- SIENGE. **Indicadores de qualidade na construção civil**. 2022. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/indicadores-de-qualidade-construcao-civil/>. Acesso em: 08 maio 2025.
- SIENGE. **KPIs na construção civil: os principais indicadores de desempenho**. 2022. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/kpis-na-construcao-civil/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- SIENGE. **Sistema de gestão da qualidade na construção civil: como atingir a excelência**. 2022. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/sistema-de-gestao-da-qualidade-construcao-civil>. Acesso em: 08 maio 2025.
- UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE. **Estudo de caso sobre os custos do retrabalho na construção civil**. 2018. Disponível em: <https://repository.ufrpe.br/handle/123456789/6478>. Acesso em: 08 maio 2025.



30

GESTÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: METODOLOGIAS E MELHORIA DE PROCESSOS

**PROJECT MANAGEMENT IN CIVIL CONSTRUCTION:
METHODOLOGIES AND PROCESS IMPROVEMENT**

**Pablo Mariano Silva Silva
Mirian Nunes De Carvalho Nunes
José Átila Matos Aroucha Júnior**

Resumo

A gestão de projetos na construção civil apresenta desafios significativos devido à complexidade das obras, prazos reduzidos e orçamentos limitados. Este trabalho teve como objetivo geral analisar como as metodologias de gestão de projetos *Lean Construction*, PMI (Project Management Institute) e metodologias ágeis influenciam na redução de custos, aumento da produtividade e garantia da qualidade no setor da construção civil. A pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, permitindo identificar as principais características, benefícios e limitações de cada metodologia. Os resultados evidenciam que o *Lean Construction* contribui significativamente para a eliminação de desperdícios e melhoria dos processos operacionais, embora enfrente resistência cultural. A abordagem PMI oferece um modelo estruturado eficaz para grandes projetos, mas pode se mostrar inflexível em ambientes que exigem adaptações rápidas. As metodologias ágeis, adaptadas do setor de tecnologia, mostraram-se úteis para projetos dinâmicos, promovendo maior interação com os stakeholders e flexibilidade frente a mudanças, embora encontrem barreiras culturais na construção civil. Conclui-se que a adoção combinada e contextualizada dessas metodologias pode potencializar seus benefícios e minimizar suas limitações, contribuindo para uma gestão de projetos mais eficiente e eficaz no setor.

Palavras-chave: Construção civil. Gestão de projetos. *Lean Construction*. PMI. Metodologias ágeis.

Abstract

Project management in the construction industry presents significant challenges due to the complexity of the projects, tight deadlines and limited budgets. The general objective of this study was to analyze how the project management methodologies *Lean Construction*, PMI (Project Management Institute) and agile methodologies influence cost reduction, increased productivity and quality assurance in the construction industry. The research was developed through a literature review, allowing the identification of the main characteristics, benefits and limitations of each methodology. The results show that *Lean Construction* contributes significantly to the elimination of waste and improvement of operational processes, although it faces cultural resistance. The PMI approach offers an effective structured model for large projects, but it can prove inflexible in environments that require rapid adaptations. Agile methodologies, adapted from the technology sector, have proven useful for dynamic projects, promoting greater interaction with stakeholders and flexibility in the face of change, although they encounter cultural barriers in the construction industry. It is concluded that the combined and contextualized adoption of these methodologies can enhance their benefits and minimize their limitations, contributing to more efficient and effective project management in the sector.

Keywords: Civil construction. Project management. *Lean Construction*. PMI. Agile methodologies.

1. INTRODUÇÃO

A gestão de projetos na construção civil é um campo desafiador, que exige uma abordagem estratégica e eficiente para lidar com a complexidade das obras, prazos apertados e orçamentos muitas vezes restritos. A aplicação de metodologias adequadas se torna crucial para o sucesso de qualquer empreendimento, visando não apenas a entrega no prazo, mas também a otimização dos custos e a garantia da qualidade. Nos últimos anos, diversas metodologias de gestão de projetos têm sido adotadas no setor, como o *Lean Construction*, o PMI (Project Management Institute) e as metodologias ágeis, cada uma trazendo soluções específicas para melhorar o desempenho das obras.

O *Lean Construction*, por exemplo, busca eliminar desperdícios e otimizar processos, promovendo uma cultura de melhoria contínua dentro dos canteiros de obras. Essa metodologia tem como foco a maximização do valor gerado para o cliente, ao mesmo tempo em que minimiza os recursos empregados. A implementação do Lean tem mostrado resultados positivos, especialmente na redução de custos operacionais e no aumento da eficiência dos processos, mas também apresenta desafios relacionados à resistência cultural e à necessidade de treinamento específico para a equipe de trabalho.

Por outro lado, o PMI (Project Management Institute) oferece uma abordagem mais estruturada e tradicional de gestão de projetos, com ênfase na aplicação de processos formais e boas práticas de planejamento, execução e monitoramento. A metodologia PMI foca em áreas como gerenciamento de escopo, tempo, custo, qualidade e riscos, proporcionando um framework robusto para a gestão de grandes empreendimentos. Embora seja eficaz para projetos de grande porte, a abordagem PMI pode se mostrar rígida em contextos onde a flexibilidade e a adaptação rápida às mudanças são necessárias.

As metodologias ágeis, por sua vez, têm ganhado espaço na construção civil ao serem adaptadas para projetos mais dinâmicos, com foco em entregas rápidas e na interação constante com os stakeholders. Embora originalmente criadas para a indústria de software, essas metodologias têm se mostrado úteis para lidar com incertezas e mudanças constantes durante a execução das obras. A introdução de práticas ágeis pode resultar em uma comunicação mais eficiente e na adaptação mais rápida às necessidades do cliente, mas também pode encontrar barreiras relacionadas à cultura conservadora do setor. A revisão dessas metodologias visa compreender seus impactos e as dificuldades enfrentadas em sua implementação no contexto da construção civil.

Diante disso, questiona-se: como as diferentes metodologias de gestão de projetos, como *Lean Construction*, o PMI (Project Management Institute) e as metodologias ágeis, contribuem para a redução de custos, o aumento da produtividade e a garantia da qualidade na construção civil, e quais são os principais desafios e benefícios na sua aplicação prática?

Essa pesquisa é relevante não só para profissionais da área de construção civil, mas também para acadêmicos, gestores e empresas que buscam melhorar seus processos de gestão. A partir dessa análise, será possível identificar as metodologias que melhor atendem às necessidades do setor e propiciar um melhor entendimento dos obstáculos que dificultam sua implementação efetiva. Portanto, a justificativa para este estudo está na relevância prática e acadêmica de se explorar como a adoção dessas metodologias pode contribuir para a melhoria da gestão de projetos e para a eficiência operacional na construção civil.



O objetivo geral desta pesquisa foi analisar como as metodologias de gestão de projetos, como *Lean Construction*, o PMI (Project Management Institute) e as metodologias ágeis, influenciam na redução de custos, no aumento da produtividade e na melhoria da qualidade na construção civil, identificando os principais desafios e benefícios relacionados à sua aplicação prática. Para alcançar esse propósito, buscou-se investigar as principais características e diferenças entre essas metodologias no contexto da construção civil, avaliando os impactos que sua aplicação pode gerar na redução de custos e na eficiência das operações nos canteiros de obras. Além disso, procurou-se identificar os principais desafios enfrentados durante a implementação dessas metodologias no setor, bem como as estratégias utilizadas para superar tais obstáculos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A pesquisa realizada foi do tipo revisão bibliográfica, com abordagem qualitativa e descritiva, voltada à análise das principais metodologias de gestão de projetos na construção civil, como *Lean Construction*, PMI e metodologias ágeis. O objetivo foi compreender como essas abordagens impactam a redução de custos, o aumento da produtividade e a garantia da qualidade nas obras. Para isso, foram consultados artigos científicos, livros, dissertações e outras publicações acadêmicas que abordassem práticas consolidadas na gestão de projetos, sem proposição de hipóteses ou realização de experimentos.

A coleta de dados ocorreu por meio de bases como Google Acadêmico, SciELO, Web of Science e Scopus, priorizando publicações dos últimos dez anos. Foram selecionados estudos que discutem os benefícios, desafios e a aplicação prática das metodologias no setor da construção civil, com foco na eficiência operacional, controle de custos e qualidade. Utilizaram-se palavras-chave específicas para direcionar a busca e garantir a relevância do material. A análise dos dados foi feita de forma crítica e comparativa, permitindo identificar as vantagens e limitações das metodologias, bem como os principais entraves para sua implementação efetiva nos canteiros de obras.

2.2 Resultados e Discussão

A gestão de projetos na construção civil é caracterizada por sua complexidade, pela diversidade de stakeholders envolvidos e pela necessidade de conciliar prazos, custos e qualidade. Para lidar com essa complexidade, diversas metodologias de gestão de projetos têm sido aplicadas ao longo do tempo, com o objetivo de aumentar a eficiência, reduzir desperdícios e melhorar os resultados dos empreendimentos. Entre as metodologias mais adotadas no setor, destacam-se o *Lean Construction*, o PMI (Project Management Institute) e as metodologias ágeis. Cada uma dessas abordagens possui características distintas, que podem ser vantajosas dependendo das especificidades de cada projeto. Este estudo tem como objetivo analisar as principais características e diferenças entre essas metodologias no contexto da construção civil (Ballard, 2000).

O *Lean Construction* é uma metodologia inspirada nos princípios do sistema de produção enxuta (*lean manufacturing*), que visa a eliminação de desperdícios e a maximização do valor para o cliente, focando na eficiência de todos os processos envolvidos no projeto. Sua aplicação na construção civil envolve a reestruturação do fluxo de trabalho, o aumento da colaboração entre os diversos envolvidos na obra e a adoção de práticas que

garantem a melhoria contínua dos processos (Ballard, 2000). O conceito central do Lean é que qualquer recurso ou atividade que não agregue valor ao cliente deve ser considerado um desperdício e eliminado do processo. Isso inclui a redução de retrabalhos, redução de inventários desnecessários e a melhoria da comunicação e dos processos logísticos no canteiro de obras (Koskela, 1992).

O PMI (Project Management Institute), por sua vez, é uma metodologia mais tradicional e formal, que se baseia em um conjunto estruturado de processos e práticas para gerenciar projetos. A abordagem PMI é descrita no PMBOK (Project Management Body of Knowledge), um guia que estabelece as melhores práticas em áreas como escopo, tempo, custo, qualidade, recursos humanos, comunicação, riscos, aquisições e partes interessadas. A metodologia PMI é amplamente utilizada em grandes projetos de construção devido à sua ênfase em um planejamento rigoroso, no acompanhamento contínuo dos progressos e na gestão detalhada de riscos (Project Management Institute, 2021). No entanto, o PMI pode ser considerado menos flexível do que o *Lean Construction*, especialmente quando se trata de adaptação a mudanças rápidas no projeto, um fator importante na construção civil, onde imprevistos são comuns.

As metodologias ágeis, originalmente desenvolvidas para a indústria de software, têm ganhado espaço na construção civil pela sua capacidade de adaptar-se rapidamente às mudanças e permitir entregas mais rápidas e com maior interação entre os stakeholders. O princípio central das metodologias ágeis é a iteratividade, onde o projeto é dividido em ciclos curtos de entrega, chamados de sprints, permitindo ajustes contínuos conforme o feedback dos clientes e stakeholders. Embora seu uso na construção civil ainda seja incipiente, as metodologias ágeis têm se mostrado promissoras, principalmente em projetos menores ou em ambientes que exigem flexibilidade e uma comunicação mais eficaz entre as equipes de trabalho (Serrador & Turner, 2015). A vantagem das metodologias ágeis é sua capacidade de responder rapidamente a mudanças, o que pode ser crucial em ambientes de construção dinâmicos.

Uma das principais características que diferencia o *Lean Construction* das metodologias ágeis é o foco no processo. Enquanto o *Lean Construction* busca eliminar desperdícios e melhorar continuamente todos os aspectos do processo de construção, as metodologias ágeis concentram-se mais na entrega rápida e eficiente de resultados, com ênfase na adaptação e na interação constante com o cliente (Highsmith, 2009). No entanto, ambas as abordagens compartilham o objetivo de reduzir ineficiências e melhorar a colaboração entre os diversos envolvidos no projeto, seja por meio de processos mais enxutos ou por ciclos iterativos de entrega (Hughes, 2014).

Outra diferença significativa entre o *Lean Construction* e o PMI está na abordagem do planejamento. O PMI adota um modelo linear de planejamento, onde o escopo do projeto é definido de forma detalhada no início, e todas as fases subsequentes seguem esse planejamento de forma rigorosa. Isso é útil em projetos de grande porte e complexidade, onde uma visão clara e estruturada do projeto é essencial para o sucesso. No entanto, essa abordagem pode ser menos eficaz em contextos onde a flexibilidade e a adaptação rápida são necessárias. Por outro lado, o *Lean Construction* adota um planejamento mais flexível, com ênfase na resolução de problemas à medida que surgem, o que permite um maior grau de adaptação às mudanças do projeto (Ballard; Howell, 2003).

No que diz respeito à gestão de riscos, o PMI se destaca pela sua abordagem estruturada e formal. A metodologia prevê um processo de identificação, análise e mitigação de riscos em todas as fases do projeto, proporcionando um controle rigoroso sobre os riscos associados. Por outro lado, o *Lean Construction* adota uma abordagem mais reativa, onde



os riscos são identificados à medida que surgem, com foco na resolução rápida dos problemas, o que pode ser vantajoso em contextos de maior incerteza (Ballard; Howell, 2003). As metodologias ágeis, por sua vez, tratam os riscos de maneira contínua, com a revisão constante do progresso do projeto e ajustes rápidos conforme necessário (Highsmith, 2009).

A comunicação entre os stakeholders é outra área onde as metodologias apresentam diferenças significativas. O PMI tem uma comunicação mais formal e hierárquica, com fluxos de informação bem definidos e processos estabelecidos para garantir que todos os stakeholders estejam atualizados sobre o progresso do projeto. O *Lean Construction*, por sua vez, promove uma comunicação mais aberta e colaborativa, permitindo que todos os membros da equipe participem ativamente da identificação de problemas e soluções. As metodologias ágeis, por sua vez, são altamente colaborativas e envolvem comunicação constante entre os membros da equipe, os clientes e os stakeholders, permitindo uma adaptação rápida às necessidades emergentes (Serrador; Turner, 2015).

Outra importante diferença entre o *Lean Construction*, o PMI e as metodologias ágeis é o grau de formalização das práticas adotadas. O PMI, com sua abordagem formal e estruturada, exige um conjunto bem definido de documentos, relatórios e processos de aprovação para garantir que o projeto esteja no caminho certo. Essa formalidade é vantajosa em projetos de grande porte, onde a rigidez e o controle são fundamentais. Já o *Lean Construction* é menos formal e se baseia em uma abordagem mais fluida, com foco na colaboração e melhoria contínua (Ballard & Howell, 2003). As metodologias ágeis, por sua vez, são as menos formais, com ênfase na adaptabilidade e na comunicação constante entre todos os envolvidos (Highsmith, 2009).

Em termos de eficiência operacional, o *Lean Construction* é a metodologia que mais se destaca. A abordagem de eliminar desperdícios e otimizar processos tem mostrado resultados significativamente positivos na redução de custos e no aumento da eficiência das obras. O PMI, apesar de sua abordagem detalhada, pode ser mais adequado a projetos de maior porte, onde a estrutura rígida é essencial para o sucesso. Já as metodologias ágeis, devido à sua capacidade de adaptação rápida, são mais indicadas para projetos com alta volatilidade e que exigem entregas rápidas e mudanças frequentes (Hughes, 2014).

A gestão de custos e a eficiência operacional são dois dos maiores desafios enfrentados pela construção civil. A aplicação de metodologias de gestão de projetos, como *Lean Construction*, PMI e metodologias ágeis, tem ganhado destaque por sua capacidade de melhorar o desempenho das obras, resultando em redução de custos e otimização das operações. Cada uma dessas abordagens tem características que impactam diretamente nos custos e na eficiência das operações. Este estudo visa avaliar esses impactos e como as metodologias podem ser aplicadas de forma estratégica nos canteiros de obras, contribuindo para uma gestão mais eficiente dos recursos e resultados mais eficazes.

O *Lean Construction* destaca-se por sua abordagem focada na eliminação de desperdícios e na maximização da eficiência dos processos. Ao adotar práticas de melhoria contínua e reduzir atividades que não agregam valor, o Lean busca otimizar o uso de recursos e minimizar os custos operacionais. A implementação de ferramentas como o *Last Planner System* e o *Value Stream Mapping* tem demonstrado resultados positivos em termos de redução de desperdícios de materiais, tempo e mão-de-obra. Em estudos recentes, a aplicação do *Lean Construction* tem sido associada à redução de custos diretos e indiretos, com uma diminuição significativa no tempo de execução das obras, o que impacta diretamente nos custos totais do projeto (Alarcón et al., 2014).

A metodologia PMI, por sua vez, foca em um controle mais rígido sobre o escopo, prazos e custos do projeto, utilizando um conjunto de processos e práticas claramente defini-

dos. Embora sua abordagem mais tradicional não seja tão flexível quanto o Lean ou as metodologias ágeis, o PMI permite um acompanhamento detalhado dos custos e da alocação de recursos, o que contribui para a identificação precoce de desvios no orçamento. A sua aplicação em grandes projetos de construção tem mostrado que, embora o controle de custos seja rigoroso, sua eficácia pode ser comprometida em projetos que exigem adaptação rápida e flexibilidade, onde a rigidez da metodologia possa gerar custos adicionais relacionados à necessidade de ajustes constantes (Kerzner, 2017).

As metodologias ágeis, com sua abordagem flexível e iterativa, oferecem uma perspectiva diferente para a gestão de custos e eficiência. A principal vantagem das metodologias ágeis na construção civil está na sua capacidade de adaptar rapidamente os processos conforme as mudanças nas condições do projeto ou as necessidades do cliente. Ao dividir o projeto em ciclos curtos de trabalho, ou sprints, é possível revisar constantemente os custos, ajustar as prioridades e reagir a imprevistos de forma mais eficiente. Essa flexibilidade tem mostrado ser particularmente útil em projetos de menor porte ou em ambientes mais dinâmicos, onde mudanças constantes são esperadas (Serrador; Turner, 2015).

O controle de custos na construção civil é frequentemente afetado por imprevistos que surgem durante a execução das obras, como mudanças no escopo do projeto, atrasos na entrega de materiais ou problemas com a equipe. A aplicação do *Lean Construction* contribui diretamente para a mitigação desses imprevistos, uma vez que o foco na eliminação de desperdícios leva a uma gestão mais eficiente dos recursos e a uma maior previsibilidade dos resultados. Além disso, a colaboração entre as equipes e a comunicação constante, características-chave do Lean, ajudam a reduzir erros e retrabalhos, elementos que geram custos adicionais no projeto (Ballard, 2000).

Por outro lado, o PMI possui um controle de custos que, embora rigoroso, pode ser ineficaz em situações em que o projeto é sujeito a mudanças rápidas ou imprevistos. O modelo de gestão de projetos do PMI exige um planejamento detalhado desde o início e uma revisão contínua dos custos ao longo do projeto, o que pode resultar em custos administrativos adicionais. Apesar disso, a metodologia PMI é eficaz em projetos de grande porte, nos quais a necessidade de um controle rígido de custos e prazos é essencial para o sucesso do projeto (Kerzner, 2017).

As metodologias ágeis, ao adotarem uma abordagem mais flexível e iterativa, são mais adequadas para lidar com a dinâmica imprevisível de muitas obras de construção. Sua aplicação tem sido associada a melhorias na eficiência operacional, uma vez que permitem a adaptação rápida às mudanças e evitam o desperdício de recursos em atividades que se tornam obsoletas ao longo do projeto. Essa flexibilidade resulta em um controle de custos mais eficiente, pois permite a redistribuição de recursos conforme necessário, sem que haja uma sobrecarga de processos formais e burocráticos (Highsmith, 2009).

Em termos de gestão de recursos, o *Lean Construction* e as metodologias ágeis se destacam pela otimização do uso de mão-de-obra e materiais. O Lean busca, de forma contínua, reduzir os custos associados ao estoque de materiais e ao retrabalho, o que resulta em uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis. Já as metodologias ágeis garantem que os recursos sejam alocados de acordo com as prioridades do projeto, evitando desperdícios de tempo e materiais e proporcionando maior flexibilidade para a equipe de trabalho. Essa gestão eficiente de recursos é crucial para a redução de custos, uma vez que evita investimentos desnecessários e acelera a execução do projeto (Hughes, 2014).

A eficiência nas operações também pode ser medida pela qualidade do produto final entregue ao cliente. No contexto do *Lean Construction*, a qualidade é um resultado da melhoria contínua e da busca constante por eficiência. Ao eliminar desperdícios e otimizar

processos, o Lean tem mostrado resultados positivos na entrega de projetos com menos falhas e retrabalhos, o que reflete diretamente na redução de custos associados à correção de erros. No caso do PMI, a qualidade é garantida por meio de um controle rígido das etapas do projeto, com monitoramento constante e verificações em cada fase, o que, embora aumente a carga administrativa, também contribui para uma maior conformidade com os requisitos do cliente (Project Management Institute, 2021).

Em um ambiente de construção, onde os imprevistos são comuns e os custos podem ser facilmente elevados, a implementação de metodologias ágeis pode ser particularmente vantajosa. Ao permitir ajustes rápidos nos processos e entregas iterativas, as metodologias ágeis ajudam a reduzir os custos associados a mudanças inesperadas. A interação constante com o cliente e a flexibilidade para ajustar as prioridades podem resultar em uma redução significativa de custos, especialmente em projetos de menor porte, onde a rigidez das metodologias tradicionais poderia resultar em sobrecarga de recursos e custos adicionais (Highsmith, 2009).

Portanto, a aplicação das metodologias Lean, PMI e ágeis no controle de custos e na melhoria da eficiência operacional depende fortemente da natureza e do porte do projeto. Enquanto o *Lean Construction* é mais eficaz em reduzir desperdícios e melhorar a produtividade por meio de processos enxutos e colaborativos, o PMI é mais indicado para projetos grandes e complexos, onde a estrutura rígida e o controle detalhado dos custos são essenciais. As metodologias ágeis, por sua vez, se destacam pela sua flexibilidade e capacidade de adaptação, o que permite uma gestão mais eficiente dos custos em projetos dinâmicos e sujeitos a mudanças constantes (Kerzner, 2017).

O quadro abaixo mostra de forma simplificada as principais características dessas duas metodologias:

Quadro 1. Principais características do *Lean Construction* e PMI

Critério	<i>Lean Construction</i>	PMI (Guia PMBOK)
Origem	Indústria automobilística (<i>Toyota Production System</i>)	Desenvolvido pelo Project Management Institute (EUA)
Foco principal	Redução de desperdícios, aumento de valor	Estruturação e controle do projeto em 5 grupos de processos
Metodologia	Fluxo contínuo, melhoria contínua (<i>Kaizen</i>), <i>Just-in-Time</i>	Áreas de conhecimento (escopo, tempo, custo, risco etc.)
Ferramentas comuns	<i>Last Planner System</i> , <i>Value Stream Mapping</i>	EAP (WBS), cronogramas, análise de riscos
Abordagem	Prática, adaptativa e colaborativa	Formal, estruturada e baseada em documentação
Melhoria de processos	Contínua (ciclos curtos)	Cíclica ou faseada (iniciação até encerramento)
Ponto forte	Agilidade na execução e eliminação de retrabalho	Planejamento robusto e controle formal
Setor de aplicação	Construção, manufatura	Todos os setores
Eficiência de custos	Alta eficiência com baixo custo	Boa eficiência com controle de escopo e qualidade

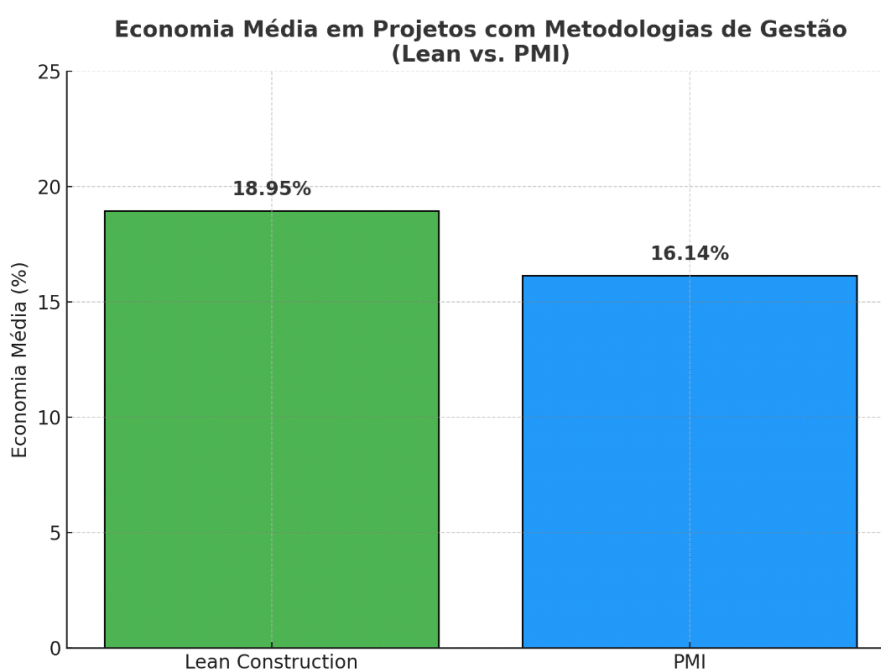
Fonte: Kerzner (2017).

A implementação de metodologias de gestão de projetos na construção civil, como o *Lean Construction*, PMI e as metodologias ágeis, enfrenta desafios distintos que variam

de acordo com o porte, complexidade e características específicas de cada projeto. A introdução de tais metodologias requer uma adaptação significativa por parte das empresas, além de um esforço conjunto para superar obstáculos relacionados à cultura organizacional, resistência à mudança, e falta de capacitação dos profissionais envolvidos. Esse processo de adaptação pode ser um fator determinante no sucesso ou fracasso das práticas adotadas.

A adoção de metodologias de gestão de projetos tem se mostrado uma estratégia eficaz para otimizar os processos na construção civil, principalmente no que diz respeito à redução de custos e desperdícios. Dentre as abordagens mais utilizadas, destacam-se o *Lean Construction* e o modelo proposto pelo Project Management Institute (PMI). O gráfico a seguir apresenta uma comparação da economia média obtida com a aplicação de cada metodologia em projetos simulados, evidenciando o impacto positivo dessas práticas na eficiência financeira das obras.

Gráfico 1. Comparativo da economia média em projetos com Metodologias de Gestão (Lean x PMI)



Fonte: Kerzner (2017).

Um dos principais desafios na implementação do *Lean Construction* é a resistência cultural das equipes de trabalho, que estão acostumadas com métodos tradicionais de gestão de obras. O modelo Lean exige um alto nível de colaboração, comprometimento e comunicação constante entre todos os envolvidos no projeto, algo que muitas vezes contrasta com as práticas anteriores, onde as equipes tendem a trabalhar de forma mais isolada. De acordo com Ballard e Howell (2003), a resistência cultural é uma das barreiras mais significativas, já que muitas equipes não estão habituadas a pensar no processo como um sistema contínuo de melhorias. Para superar essa resistência, as empresas têm investido em treinamentos contínuos e na capacitação das equipes, além de envolver os trabalhadores desde as fases iniciais do planejamento para garantir maior adesão.

Outro desafio relevante está relacionado à falta de conhecimento e treinamento das equipes sobre as metodologias adotadas. A construção civil é um setor tradicionalmente conservador, e muitos profissionais não têm familiaridade com as novas práticas de gestão de projetos, o que pode prejudicar a implementação eficaz dessas metodologias. A capacitação contínua é uma estratégia importante para superar esse obstáculo. Diversos estudos

indicam que programas de treinamento especializados são essenciais para garantir que os profissionais se sintam confortáveis e preparados para aplicar conceitos como *Last Planner System* e *Value Stream Mapping*, ferramentas fundamentais no *Lean Construction* (Koskenvesa, 2017).

No caso do PMI, um dos principais desafios é a complexidade e rigidez dos processos. Embora o PMI seja reconhecido pela sua metodologia detalhada e estruturada, muitos gestores de obras enfrentam dificuldades em aplicar suas práticas de forma flexível no contexto da construção civil, especialmente em projetos de menor porte ou mais dinâmicos. De acordo com o Project Management Institute (2021), a necessidade de um planejamento prévio detalhado e o controle rigoroso de custos podem ser vistos como um obstáculo quando os projetos necessitam de adaptações rápidas. Para superar essa dificuldade, muitas empresas adotam uma combinação de práticas do PMI com ferramentas mais flexíveis, como a introdução de revisões periódicas e ajustes nos cronogramas conforme a evolução da obra.

A falta de integração entre as diferentes tecnologias e ferramentas utilizadas nos canteiros de obras também é um desafio considerável. Muitas vezes, as ferramentas de software utilizadas para a gestão do projeto não estão interligadas entre si, o que dificulta a troca de informações e o controle em tempo real das atividades. Esse problema é particularmente significativo no contexto do *Lean Construction*, onde a comunicação em tempo real e a troca de informações contínua são essenciais para o sucesso. Para superar essa barreira, muitas empresas têm investido em tecnologias de gestão de projetos integradas, que permitem a centralização das informações e facilitam a comunicação entre as equipes de campo e as equipes de planejamento (Koskela, 1992).

Outro desafio enfrentado na implementação dessas metodologias é a dificuldade em mensurar resultados de forma objetiva e consistente. As metodologias *Lean* e ágeis, por exemplo, baseiam-se em indicadores qualitativos como o aumento da colaboração e da eficiência, que podem ser difíceis de quantificar. Isso dificulta a avaliação de sua eficácia em termos de redução de custos e melhoria de desempenho. De acordo com Rigby *et al.* (2016), uma estratégia eficaz para superar essa dificuldade é a implementação de métricas específicas de desempenho, como o *Lead Time* e a Taxa de Entrega no *Lean*, ou velocidade e produtividade no ágil, que permitem uma análise mais objetiva dos resultados.

A adequação do planejamento às características específicas da obra também é um desafio significativo na adoção das metodologias. O planejamento das atividades em projetos de construção, especialmente aqueles que envolvem múltiplas disciplinas, exige uma coordenação complexa que pode ser desafiadora para as metodologias *Lean* e ágeis. A integração entre os diferentes processos e a necessidade de garantir que todas as partes do projeto estejam alinhadas pode criar dificuldades. Uma solução proposta é a customização das metodologias, adaptando suas ferramentas e processos de acordo com as características do projeto. Isso permite que as equipes de planejamento encontrem um equilíbrio entre a rigidez das metodologias tradicionais e a flexibilidade exigida pela construção (Kerzner, 2017).

A escassez de mão-de-obra qualificada também representa um obstáculo importante na implementação das metodologias de gestão de projetos na construção civil. Profissionais que entendem os conceitos do *Lean*, PMI ou metodologias ágeis são escassos no mercado, o que dificulta a aplicação eficaz dessas metodologias nas obras. A formação contínua e o recrutamento especializado são estratégias fundamentais para mitigar essa deficiência. Empresas que buscam incorporar essas metodologias em seus processos devem investir em treinamento especializado, além de buscar parcerias com instituições

educacionais e organizações de formação para capacitar suas equipes de forma contínua (Serrador; Turner, 2015).

Por fim, outro desafio significativo na implementação dessas metodologias é a adaptação à realidade local. A construção civil no Brasil, por exemplo, apresenta particularidades como a diversidade de condições climáticas, dificuldades logísticas e variabilidade de fornecedores, o que pode interferir na aplicação de metodologias padronizadas. As empresas precisam adaptar as metodologias aos contextos regionais e específicos de cada obra, o que exige uma análise detalhada das condições locais e a implementação de ajustes necessários nas estratégias de gestão de projetos (Alarcón *et al.*, 2014).

3. CONCLUSÃO

A gestão de projetos na construção civil tem se mostrado um campo em constante evolução, exigindo estratégias cada vez mais eficientes para lidar com os desafios complexos característicos desse setor. A análise das metodologias *Lean Construction*, PMI e ágeis evidenciou que cada uma oferece contribuições distintas e relevantes para a melhoria dos processos, desde a fase de planejamento até a execução e entrega das obras.

O *Lean Construction* demonstrou grande potencial na eliminação de desperdícios e na promoção de uma cultura de melhoria contínua, resultando em ganhos significativos de produtividade e redução de custos operacionais. No entanto, sua aplicação prática ainda encontra obstáculos relacionados à resistência cultural e à necessidade de capacitação das equipes.

A metodologia PMI, por sua vez, mostrou-se eficaz no gerenciamento de grandes empreendimentos, oferecendo um framework sólido para o controle de escopo, tempo, custo e qualidade. Apesar disso, sua rigidez pode ser um fator limitante em projetos que demandam maior flexibilidade e adaptabilidade frente a mudanças inesperadas.

Já as metodologias ágeis, mesmo sendo originalmente concebidas para o desenvolvimento de software, vêm ganhando espaço na construção civil por proporcionarem maior dinamismo, foco no cliente e adaptação rápida às mudanças. A introdução de práticas ágeis tem contribuído para melhorar a comunicação entre os stakeholders e acelerar as entregas, embora também esbarre em desafios relacionados à cultura organizacional e à estrutura tradicional do setor.

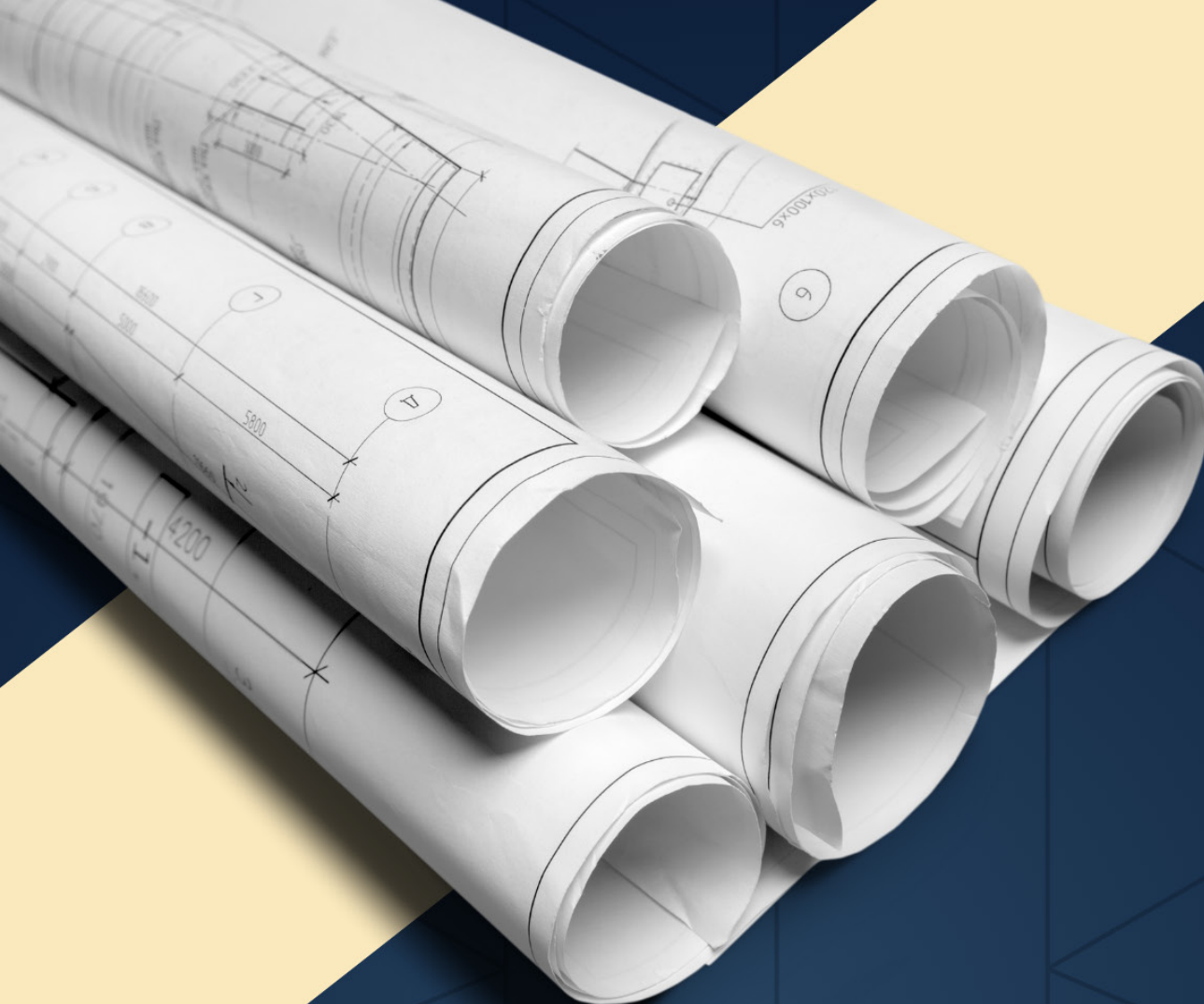
A pesquisa conclui que não existe uma metodologia única e universalmente superior; ao contrário, a escolha da abordagem mais adequada depende do perfil do projeto, do porte da obra, da cultura da empresa e do grau de maturidade da equipe em gestão de projetos. A combinação de práticas de diferentes metodologias, de forma estratégica e contextualizada, pode ser uma solução eficaz para potencializar os benefícios e minimizar as limitações de cada abordagem.

Portanto, este estudo reforça a importância de se compreender profundamente as características, os benefícios e os desafios de cada metodologia, para que sua aplicação seja feita de forma consciente e alinhada aos objetivos específicos de cada empreendimento. A adoção criteriosa dessas metodologias pode contribuir significativamente para a melhoria da eficiência operacional, a redução de custos e a elevação da qualidade das obras na construção civil.



REFERÊNCIAS

- ALARCÓN, L. F.; MUNOZ, D. M.; PARRA, D. Lean Construction: An Effective Tool for the Reduction of Construction Costs. *International Journal of Project Management*, v. 32, n. 7, p. 1106-1117, 2014.
- BALLARD, G. The Last Planner System of Production Control. 2000. Tese (Doutorado) – University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Lean construction: A new approach to project delivery. In: PROCEEDINGS OF THE IGLC-11 CONFERENCE, 2003.
- HIGHSMITH, J. Agile Project Management: Creating Innovative Products. Pearson Education, 2009.
- HUGHES, W. Construction Management: New Directions. Wiley-Blackwell, 2014.
- KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. CIFE Technical Report, Stanford University, 1992.
- KERZNER, H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. John Wiley & Sons, 2017.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7. ed. Project Management Institute, 2021.
- RIGBY, D. K.; SUTHERLAND, J.; TAKEUCHI, I. Embracing Agile: How to Transform Your Organization with the New Agile Toolkit. Harvard Business Review Press, 2016.
- SERRADOR, P.; TURNER, R. The influence of project managers' leadership style on project success: A study of project managers in the construction industry. *International Journal of Project Management*, v. 33, n. 2, p. 221-232, 2015.



31

ERROS TÉCNICOS EM FUNDAÇÕES E SEUS IMPACTOS NA ESTRUTURA DE EDIFICAÇÕES

**TECHNICAL ERRORS IN FOUNDATIONS AND THEIR
IMPACTS ON THE STRUCTURE OF BUILDINGS**

**José Lira Silva Neto
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
José Átila Matos Aroucha Júnior**

Resumo

Este trabalho se concentra na análise das falhas em fundações de construções, ressaltando os erros técnicos que prejudicam a segurança e a estabilidade das estruturas. A investigação enfatiza a escolha errônea de tipos de fundação e a ausência de estudos geotécnicos aprofundados como fatores principais para falhas nas estruturas. O foco é entender esses equívocos e suas consequências, sugerindo métodos eficazes para sua mitigação e prevenção. A abordagem empregada abrange uma revisão de literatura e a análise de casos específicos, permitindo a identificação de padrões recorrentes de falhas e suas origens. Os achados sugerem que práticas construtivas sólidas e a formação contínua dos profissionais são fundamentais para prevenir problemas nas fundações. O estudo realça a relevância de uma abordagem integrada na área da construção civil, sublinhando a necessidade de investigações geotécnicas minuciosas e escolha criteriosa de materiais. Conclui-se que a implementação de normas técnicas rigorosas e o aprimoramento das práticas de engenharia são essenciais para assegurar a segurança e a durabilidade das edificações, diminuindo custos e riscos relacionados a reparos. Este estudo oferece uma compreensão mais profunda dos desafios na construção civil e propõe melhorias significativas nas práticas de engenharia.

Palavras-chave: Segurança estrutural, Engenharia civil, Patologias construtivas, Mitigação de riscos, Estudos geotécnicos.

Abstract

This paper focuses on the analysis of foundation failures in buildings, highlighting the technical errors that compromise the safety and stability of structures. The investigation emphasizes the erroneous choice of foundation types and the lack of in-depth geotechnical studies as the main factors for structural failures. The focus is on understanding these errors and their consequences, suggesting effective methods for their mitigation and prevention. The approach employed includes a literature review and the analysis of specific cases, allowing the identification of recurring patterns of failures and their origins. The findings suggest that solid construction practices and ongoing training of professionals are essential to prevent problems in foundations. The study highlights the relevance of an integrated approach in the area of civil construction, emphasizing the need for thorough geotechnical investigations and careful selection of materials. It is concluded that the implementation of rigorous technical standards and the improvement of engineering practices are essential to ensure the safety and durability of buildings, reducing costs and risks related to repairs. This study provides a deeper understanding of the challenges in civil construction and proposes significant improvements in engineering practices.

Keywords: Structural safety, Civil engineering, Construction pathologies, Risk mitigation, Geotechnical studies.

1. INTRODUÇÃO

As fundações são essenciais para a segurança das edificações, pois são responsáveis por transmitir as forças estruturais para o solo. No Brasil, dada sua variedade geológica, a seleção apropriada do tipo de base é muito importante. As diferenças no solo e nas condições climáticas requerem um planejamento minucioso para evitar complicações estruturais, enfatizando a relevância de pesquisas sobre a solidez das fundações.

O aumento de patologias como fissuras e recalques diferenciais nas construções destaca a necessidade de revisões nos processos de construção. Falhas nas estruturas evidenciam a necessidade de revisar os métodos de construção. Deficiências nas fundações não apenas colocam em risco a integridade da edificação, mas também aumentam os custos de conserto. Isso ressalta a urgência de identificar as razões dessas deficiências para criar estratégias de prevenção.

A razão para a realização deste estudo reside na crescente necessidade de edifícios seguros em ambientes urbanos. A questão de pesquisa centrou-se nos erros técnicos mais frequentes que afetam a segurança das fundações. Esta análise evidenciou a importância de um acompanhamento técnico apropriado em cada fase da construção.

O propósito principal foi aprofundar a compreensão dos erros técnicos relacionados às fundações e suas consequências para a segurança. A pesquisa tinha como meta identificar falhas habituais, investigar suas origens e sugerir medidas de prevenção, avaliando a influência da seleção do modelo de fundação e da qualidade na execução das construções.

A pesquisa também destacou a importância da capacitação contínua dos profissionais para implementar melhores práticas desde o planejamento. Fornecendo uma compreensão das causas dos problemas nas fundações, este trabalho visou contribuir para a melhoria das práticas construtivas e promover a segurança.

Dessa forma, o estudo visou ser uma contribuição valiosa para a engenharia civil, promovendo práticas seguras e eficientes na infraestrutura urbana. Ele reforçou a necessidade de um enfoque integrado e baseado em evidências para enfrentar os desafios na construção civil.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O presente estudo foi conduzido através de uma revisão bibliográfica, caracterizada por sua natureza qualitativa e descritiva. Este método foi escolhido para permitir uma análise abrangente dos erros técnicos em fundações de edificações, sem recorrer a estudos exploratórios, sistemáticos, quantitativos ou experimentais. A revisão bibliográfica se concentra na coleta e análise de dados já publicados, visando sintetizar e discutir o conhecimento existente sobre o tema.

A pesquisa abrangeu trabalhos publicados nos últimos dez anos, garantindo a atualidade das informações. Os critérios de inclusão foram artigos escritos em português e inglês, enquanto artigos de revisão, primeiras impressões e resumos foram excluídos. As fontes de dados consultadas incluíram Google Acadêmico, SciELO, bancos de teses e dissertações, e Periódicos CAPES, assegurando uma ampla cobertura das publicações relevantes.



As palavras-chave utilizadas para a busca foram: “erros em fundações”, “falhas estruturais”, “segurança nas edificações” e “fundamentação adequada”. Estas palavras-chave foram essenciais para direcionar a pesquisa e identificar as publicações que melhor contribuíram para o desenvolvimento do estudo. A metodologia adotada permitiu uma análise crítica da literatura existente, contribuindo para o desenvolvimento de um conhecimento sólido sobre os erros técnicos em fundações e suas consequências

2.2 Resultados e Discussão

As falhas na fundação estão entre as principais razões para problemas em construções, comprometendo sua solidez e tempo de vida. Esses enganos, que abrangem a seleção errônea do tipo de fundação e erros no cálculo, muitas vezes são consequência da ausência de análises geotécnicas e do não cumprimento das propriedades do terreno. As consequências podem variar de trincas e fissuras a colapsos parciais, gerando custos elevados para correção, que superam o investimento inicial em projetos adequados. A adoção de melhores práticas, como estudos geotécnicos detalhados e a utilização de tecnologias modernas, é fundamental para prevenir tais problemas. Além disso, a interação entre erros de fundação e outras patologias, como infiltrações, destaca a necessidade de uma gestão integrada das edificações (Sena et al., 2020; Oliveira et al., 2024).

A seguir serão analisados diversos estudos sobre a temática, oferecendo uma visão abrangente dos impactos dos erros de fundação.

A Tabela 1 compila informações de diversos estudos sobre patologias e erros de fundação, incluindo a descrição dos erros, causas identificadas, consequências das patologias e técnicas de recuperação propostas. Essa sistematização proporciona uma visão abrangente das problemáticas enfrentadas em diferentes contextos, permitindo uma comparação entre os resultados obtidos em diferentes pesquisas. Dessa forma, a tabela serve como um recurso valioso para profissionais e acadêmicos que buscam compreender melhor as manifestações patológicas e suas implicações na durabilidade das edificações.

Autores	Descrição do Erro	Causa Identificada	Consequência do Erro	Técnicas de Recuperação/ Reparo Propostas	Comentários Adicionais
Franco & Niedermeyer (2017)	Recalque diferencial	Falta de estudos adequados do solo, dimensionamento inadequado da fundação	Fissuras, comprometimento da integridade estrutural	Monitoramento, reforço com estacas, ajustes de carga	Importância de estudos geotécnicos detalhados e supervisão contínua
Mitsuzaki et al. (2019)	Falta de manutenção	Desgaste natural, infiltrações, falhas de drenagem	Degradação dos materiais, aumento das patologias ao longo do tempo	Manutenção regular, impermeabilização, reparos localizados	Manutenção preventiva é mais econômica e eficaz do que correção de falhas graves

Gontijo (2020)	Capacidade de carga inferior à projetada	Falta de manutenção e a inadequação das metodologias de cálculo	Comprometimento da integridade estrutural, aumento do risco de colapso, fissuras, degradação e corrosão	Otimização das intervenções para reduzir custos, implementação de um sistema de drenagem eficaz e realização de inspeções regulares	É de suma importância abordagens geotécnicas específicas para as condições locais
Costa & Santos (2020)	Recalques de fundação e movimentações térmicas	Falhas na impermeabilização e no sistema de drenagem, aplicação de tinta em superfícies úmidas e intervenções físicas não previstas	Comprometimento da integridade estrutural da edificação, aparecimento de bolor e manchas nas superfícies, desagregamento da pintura, fissura e trincas	Acompanhamento técnico em todas as etapas da construção, inspeção regular e manutenção dos sistemas de drenagem, utilização de tintas adequadas e manutenção preventiva e reparos	É fundamental a realização de manutenções periódicas e a avaliação prévia das condições de aplicação dos materiais, uma vez que a umidade é um fator crítico a ser controlado
Ortega & Pedreiro (2023)	Uso inadequado de materiais	Materiais de baixa qualidade, incompatibilidade de componentes	Redução da vida útil, comprometimento da segurança	Substituição de materiais, reforço estrutural, uso de materiais compatíveis	Escolhas informadas e supervisão adequada são cruciais para evitar problemas
Fonseca et al. (2024)	Sobrecarga na estrutura	Adição de pavimentos sem reforço adequado, cálculo incorreto de carga	Movimentação diferencial, fissuras, comprometimento estrutural	Reforço da fundação, redistribuição de cargas, uso de estacas adicionais	A supervisão contínua e ajustes conforme necessário podem mitigar riscos
Santos et al. (2024)	Recalque diferencial	Falta de estudo geotécnico, erros de projeto, falhas na execução	Fissuras, trincas, rachaduras, risco de colapso estrutural	Reforço com estacas, injeções de cimento, enrijecimento da estrutura	A prevenção por meio de monitoramento e planejamento adequado é essencial

Tabela 1. Análise de erros em fundações: causas, consequências e soluções

Fonte: Elaboração dos autores

Costa e Santos (2020) realizaram um estudo de caso em um prédio da Universidade Federal do Maranhão, onde identificaram diversas manifestações patológicas na fachada, evidenciando a importância do monitoramento da saúde estrutural das edificações públicas. Dentre as patologias observadas, destacaram-se fissuras e trincas na alvenaria, atribuídas a recalques de fundação e movimentações térmicas, que indicam tensões excessivas nos materiais e podem comprometer a integridade estrutural. Além disso, infiltrações fre-



quentes geraram bolor e manchas nas superfícies, com a umidade exacerbada por falhas na impermeabilização e sistemas de drenagem inadequados.

O estudo também revelou a deterioração das estruturas de suporte, com corrosão nas armaduras expostas, especialmente nas áreas de pergolado, indicando falhas na proteção do concreto. Adaptações não previstas no projeto, como a perfuração da estrutura para passagem de tubulações, contribuíram para o surgimento de novas fissuras e comprometeram a impermeabilização (Costa & Santos, 2016).

Esses resultados ressaltam a necessidade de acompanhamento técnico rigoroso em todas as fases de construção e manutenção, assim como a importância de intervenções preventivas para garantir a durabilidade e funcionalidade das edificações. A pesquisa conclui que a falta de manutenção adequada pode reduzir significativamente a vida útil das construções, afetando a segurança e integridade dos usuários.

A gestão de riscos em projetos de engenharia desempenha um papel crucial no sucesso dos empreendimentos. Silva et al. (2018) destacam que a maioria das falhas nos projetos deriva da ausência de uma análise eficaz dos riscos desde o início do desenvolvimento. Os projetos estão se tornando mais complexos, e essa complexidade tende a criar incertezas que podem afetar o tempo, custo, escopo e qualidade, comprometendo o resultado final do projeto (Aven, 2016; Kermanshachi et al., 2016).

A implementação de um sistema de gestão de riscos adequado é vital para antecipar possíveis impactos negativos e positivos, garantindo que os projetos de engenharia apresentem uma melhor qualidade e desempenho em relação a prazo, qualidade e resultados financeiros.

Ademais, Sousa et al. (2022) revelam que a falta de impermeabilização e a escolha inadequada das fundações são causas comuns de manifestações patológicas, como umidade ascendente e fissuras em edificações. A pesquisa destaca a importância de um acompanhamento técnico adequado durante a construção para evitar tais problemas. Recomenda-se a execução de verga e contraverga em janelas, a impermeabilização adequada das áreas em contato com o solo e o reforço das fundações como medidas corretivas essenciais (Thomaz, 2020).

Estes achados ressaltam a importância de incorporar práticas de construção cuidadosas e baseadas em evidências para garantir a durabilidade e a segurança das edificações.

Gontijo (2020) analisou a capacidade de carga de ancoragens em uma estrutura de contenção de uma avenida, em Belo Horizonte (MG), utilizando métodos semiempíricos clássicos, como os de Bustamante e Doix, Falconi e Porto, além da extrapolação matemática de Van der Veen, modificada por Aoki. Os resultados revelaram que a maioria dos tirantes apresentava capacidade de carga inferior à projetada, com cerca de 73% tendo comprimento ancorado menor que os 8 metros estipulados no projeto.

Essa discrepância sugere uma oportunidade de otimização nas intervenções, o que poderia reduzir significativamente os custos de construção e manutenção da estrutura.

Além disso, o estudo identificou diversas patologias, como fissuras, desagregação e corrosão, associadas à falta de manutenção ao longo do tempo, destacando a importância de inspeções regulares e de um sistema de drenagem eficaz. A análise comparativa entre as metodologias de cálculo demonstrou variações nos resultados, sendo o método de Van der Veen modificado por Aoki o que apresentou maior dispersão, enquanto o de Bustamante e Doix forneceu resultados mais consistentes. Esses achados enfatizam a necessidade de abordagens geotécnicas que considerem as condições locais e oferecem uma base valiosa para futuras pesquisas e intervenções em estruturas semelhantes (Gontijo,

2020).

A investigação geotécnica é um dos pilares fundamentais para o sucesso de projetos de fundações. Alonso (2019) enfatiza a necessidade de uma caracterização detalhada do solo, incluindo a determinação da espessura, composição e resistência das camadas. Métodos como o Padrão de Penetração (SPT) e testes de permeabilidade são essenciais para avaliar a capacidade de suporte do solo. Além disso, a presença de lençóis freáticos e suas variações sazonais devem ser monitoradas cuidadosamente, pois influenciam diretamente na estabilidade das estruturas (Barros & Melhado, 2006). Essa abordagem detalhada é crucial para garantir a integridade das fundações e prevenir patologias que possam comprometer a edificação.

Os resultados do estudo de Coutinho et al. (2022) analisam o comportamento de muros de betão restringidos pela fundação, focando na determinação da armadura necessária para controlar a fissuração vertical. Utilizando os métodos de cálculo do Eurocódigo 2 (EC2-1.1) e do documento CIRIA C766, a pesquisa realizou análises não-lineares com o software DIANA. Os achados mostraram que o método do EC2-1.1 resultou em quantidades excessivas de armadura, levando a um sobredimensionamento significativo. Em contraste, o método do CIRIA C766 permitiu uma redução da armadura necessária, mas ainda foi insuficiente para controlar as aberturas de fendas dentro do limite de 0,3 mm. As tensões máximas nas armaduras, mesmo sob o dimensionamento do EC2, estavam bem abaixo da tensão de cedência, indicando que os critérios atuais não refletem adequadamente o comportamento real das estruturas.

Além disso, a relação entre a altura e o comprimento do muro (L/H) influenciou a progressão das fendas, com muros maiores apresentando fissuras que alcançaram o topo, enquanto muros menores não apresentaram o mesmo comportamento (Coutinho et al., 2020). Esses resultados ressaltam a necessidade de revisar as metodologias de dimensionamento de armaduras, buscando um equilíbrio entre segurança e economia na construção civil.

Bortoli et al. (2019) analisou as manifestações patológicas em um edifício que sofreu recalque diferencial, identificando fissuras horizontais e inclinadas, principalmente nas portas e janelas, causadas por movimentações térmicas e recalque do solo. As anomalias também foram observadas nas bases dos pilares, resultando em rachaduras no pavimento térreo e no muro de divisa, devido ao movimento negativo da estrutura. As fissuras apresentaram dimensões menores à medida que se afastavam do ponto crítico do recalque, evidenciando a relação entre a gravidade das patologias e a localização em relação ao movimento do solo.

Para restaurar a estrutura, foi escolhido o fortalecimento com estacas mega, uma técnica que se revelou apropriada por causa da umidade em camadas de solo, inviabilizando outras alternativas. O estudo enfatizou a relevância de levar em conta as circunstâncias locais e as propriedades do solo ao selecionar o método de reforço, com o intuito de assegurar a estabilidade da construção. Os resultados ressaltam a necessidade de uma abordagem cuidadosa na análise e execução de reforços, especialmente em estruturas com histórico de recalque diferencial, para prevenir novas manifestações patológicas (Bortoli et al., 2019).

Os resultados do estudo de Reis Filho e Pinheiro (2022) revelam diversas patologias que afetam as fundações das edificações na cidade de Manaus, destacando a seriedade das consequências de construções realizadas sem o devido planejamento e supervisão técnica. Entre as principais descobertas, foram observadas fissuras e trincas nas estruturas, que comprometem a integridade estrutural. Esses danos são frequentemente atribuídos à



falta de estudos geotécnicos adequados e à escolha inadequada de materiais, resultando em edificações vulneráveis a problemas estruturais.

Estudos de caso como esses, fornece, insights valiosos sobre as consequências desse fenômeno, incluindo a formação de fissuras e rachaduras que podem ser observadas em ângulos de 45°, conforme ilustrado na Figura 1. Essas fissuras são típicas de recalques diferenciais, que causam deslocamentos irregulares na estrutura, afetando a estabilidade dos pilares e resultando em rachaduras em muros de divisa.

Na Figura 1, é possível observar também como recalques e aberturas podem gerar diferentes padrões de fissuras em paredes e lajes e como essas fissuras se manifestam, destacando a importância de identificar precocemente tais sinais para mitigar riscos maiores.

Estudo realizado por Saraiva *et al.* (2023) constatou diversas manifestações patológicas em escolas públicas de Açailândia (MA) como fissuras, trincas, bolor, mofo, deslocamento do revestimento, rachaduras e deterioração do concreto. O deslocamento do revestimento e a presença de bolor e mofo foram as manifestações mais frequentes, com percentuais de 25,32%, enquanto fissuras e trincas mostraram incidências significativas. Essas patologias podem evoluir para problemas mais graves se não forem tratadas, e suas causas estão relacionadas a fatores como umidade excessiva, falhas na impermeabilização, mão de obra inadequada e baixa qualidade dos materiais utilizados, além da falta de manutenção e fiscalização das edificações.

Essas manifestações afetam diretamente a durabilidade das estruturas, comprometendo tanto a estética quanto a segurança e a funcionalidade das edificações. A deterioração do concreto, decorrente da corrosão e da umidade, pode levar a falhas estruturais se não for tratada de forma adequada. Para mitigar esses problemas, é crucial realizar diagnósticos precisos e intervenções corretivas, além de implementar inspeções regulares e um plano de manutenção preventiva. Este estudo reforça a importância de um enfoque proativo na construção e manutenção das edificações, destacando a necessidade de conhecimento das causas e manifestações patológicas para que os profissionais da engenharia civil possam tomar decisões informadas durante o planejamento e execução de obras (Milititsky *et al.*, 2019).

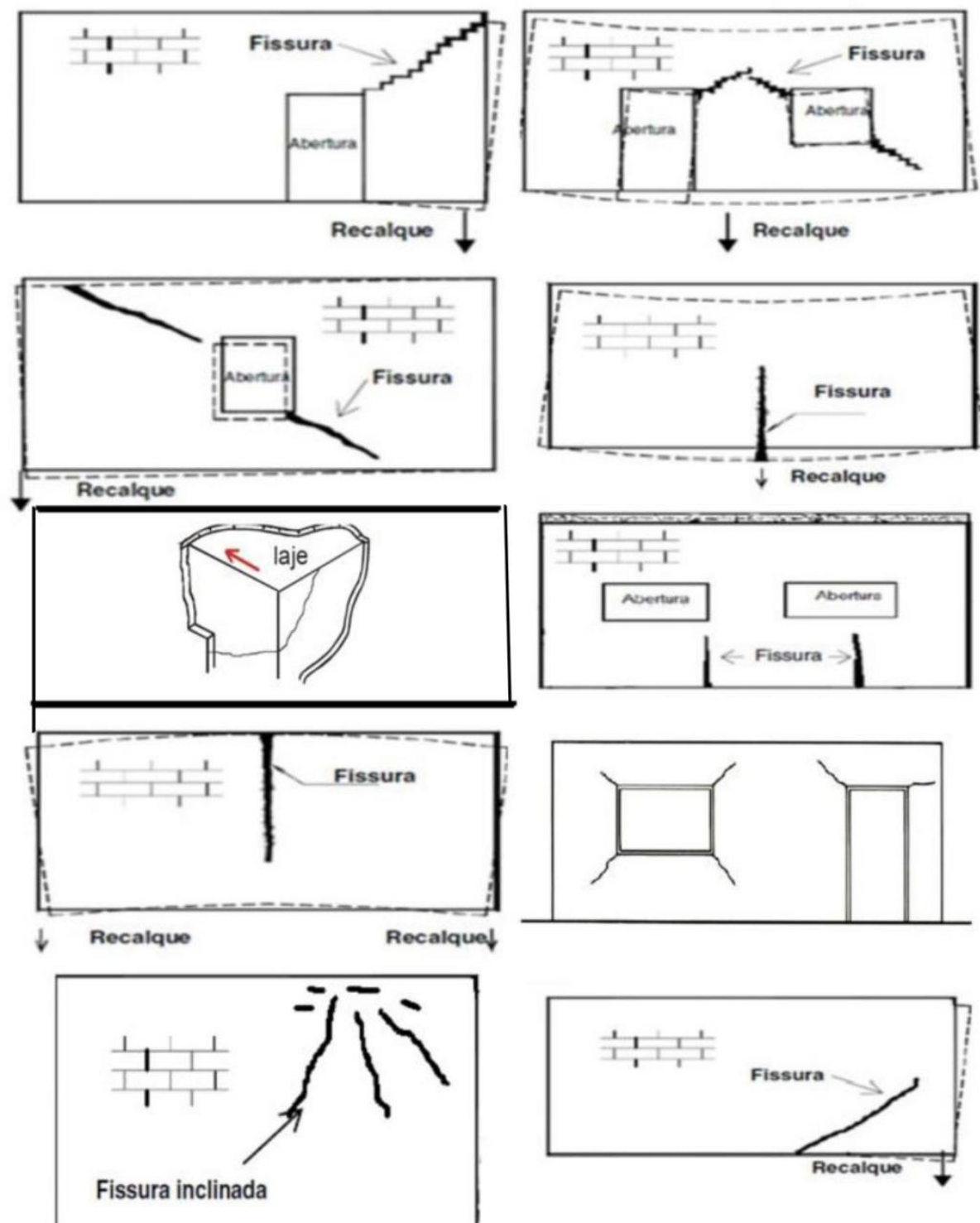


Figura 1. Fissuras em edificações: tipos e causas

Fonte: Adaptado de Silva (2013)

Outro aspecto significativo identificado no estudo de Reis Filho e Pinheiro (2022) foi o comprometimento da durabilidade e segurança das edificações. A falta de um planejamento cuidadoso e a ignorância das normas técnicas resultaram em construções que não conseguem suportar as cargas esperadas, elevando o risco de colapso. Além disso, a umidade do solo onde as construções estão situadas foi identificada como um elemento crucial. A entrada de água nas fundações agrava a degradação das estruturas, potencialmente ocasionando danos permanentes e a necessidade de consertos complicados e caros.

Os autores enfatizam a urgência de realizar intervenções corretivas para mitigar os problemas identificados, como o reforço das fundações e a implementação de sistemas de drenagem eficazes. Essas medidas são essenciais para garantir a estabilidade e segurança das edificações, propondo um caminho para a recuperação das estruturas afetadas. Por fim, ressaltou a importância do papel dos profissionais de engenharia civil, que são fundamentais na prevenção de patologias nas fundações. A participação de engenheiros qualificados em todas as etapas da construção é crucial para assegurar que as edificações atendam aos padrões de segurança e qualidade, promovendo uma cultura de responsabilidade e comprometimento com a construção civil (Silva, 2021).

Corroborando com essa premissa, a literatura aponta para uma alarmante correlação entre a supervisão inadequada e a alta incidência de patologias estruturais, especialmente em edificações realizadas por profissionais autônomos. Mendes e Brandão (2015) advogam por regulamentações mais rígidas e melhorias nas práticas construtivas, uma preocupação que também é compartilhada por Gonçalves (2015). A supervisão eficaz e a aplicação rigorosa de normas técnicas são imperativas para garantir a qualidade e a segurança das construções, conforme demonstrado por reduções significativas de falhas em cenários onde essas práticas são implementadas adequadamente.

A capacitação contínua dos profissionais da construção civil é fundamental para assegurar a aplicação das melhores práticas, bem como, fomentar a inovação e a adoção de novas tecnologias no setor da construção civil, promovendo assim um ambiente de construção mais seguro e eficiente.

Os diferentes estudos revisados abordaram diversas manifestações patológicas em edificações, como recalque diferencial, fissuras e comprometimento estrutural, frequentemente atribuídos à falta de estudos geotécnicos adequados, dimensionamento incorreto das fundações e falta de manutenção. As consequências incluem degradação dos materiais e aumento do risco de colapso, destacando a importância de supervisionar continuamente a construção e realizar manutenções regulares. Para mitigar esses problemas, são recomendadas técnicas como o reforço com estacas, a redistribuição de cargas, a impermeabilização e o monitoramento das condições estruturais, enfatizando a necessidade de abordagens informadas e adequadas ao contexto geológico e ambiental da edificação (Franco; Niedermeyer, 2017; Mitsuizaki *et al.*, 2019; Ortega; Pedreiro, 2023; Fonseca *et al.*; 2024; Santos *et al.*, 2024).

Como citado anteriormente, outra correlação importante está no fato de que a segurança das edificações está intrinsecamente ligada à qualidade das fundações. Fernandes (2018) destaca que essa característica é essencial não apenas para a segurança, mas também para a longevidade e a eficiência econômica das construções. A colaboração entre projetistas de fundações e estruturas é crucial para o sucesso dos projetos de engenharia civil, permitindo uma abordagem mais integrada e eficaz no planejamento e execução das obras.

Adicionalmente, estudos recentes identificam que grandes empreendimentos podem causar danos a edificações vizinhas, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas. Milititsky *et al.* (2019) enfatizam a necessidade de regulamentações rigorosas para o manejo seguro de grandes projetos urbanos. A gestão cuidadosa dos impactos ambientais e estruturais nessas áreas requer um planejamento meticuloso e a aplicação de técnicas avançadas de mitigação, fundamentais para minimizar os danos colaterais. Quando problemas de solo são identificados em fundações já construídas, é crucial adotar estratégias de correção que minimizem o impacto estrutural e assegurem a durabilidade da edificação.

Uma abordagem eficaz é a implementação de técnicas de reforço, como a injeção de calda de cimento ou resinas expansivas, que visa aumentar a capacidade de carga do solo e estabilizar a estrutura. Essa técnica é particularmente útil em solos que sofreram perda de volume ou apresentam características de colapsibilidade. Além disso, a instalação de estacas de reforço pode ser considerada para redistribuir as cargas e reduzir a pressão sobre as áreas comprometidas, garantindo maior estabilidade à edificação (Alonso, 2019).

Outra solução prática envolve a drenagem adequada do solo, pois a presença excessiva de água pode comprometer a estabilidade das fundações. Sistemas de drenagem, como drenos superficiais e subterrâneos, podem ser instalados para controlar a umidade do solo, prevenindo a sua expansão ou contração excessiva. A monitorização contínua por meio de sensores de umidade e pressão é recomendada para identificar mudanças no comportamento do solo e permitir intervenções tempestivas. Além disso, a consolidação do solo através de compactação dinâmica pode ser aplicada para melhorar sua resistência e reduzir o risco de recalques diferenciais. Essas soluções, quando implementadas corretamente, não apenas corrigem os erros existentes, mas também previnem problemas futuros, promovendo a integridade estrutural das fundações (Rebello, 2017).

Em suma, os resultados reforçam a necessidade de práticas construtivas mais rigorosas e de um planejamento detalhado para reduzir a incidência de falhas em fundações e estruturas. A aplicação de normas técnicas, como a NBR 6118/2014, e suas atualizações é essencial para garantir a durabilidade e a segurança das edificações, como discutido por Silva *et al.* (2020). Estes achados sublinham a importância de uma abordagem integrada e baseada em evidências para o desenvolvimento sustentável e seguro da infraestrutura urbana.

3. CONCLUSÃO

O objetivo principal da pesquisa foi examinar as falhas nas fundações das construções, levando em conta suas causas e implicações, além de avaliar as práticas de engenharia que podem ajudar a resolver esses problemas. Através de uma revisão extensa da literatura e estudo de casos, foi possível detectar que a falta de investigações geotécnicas minuciosas e a escolha inadequada do tipo de fundação são elementos fundamentais que afetam a integridade estrutural dos edifícios. Ademais, a pesquisa sublinhou a relevância de métodos de construção sólidos e da formação contínua dos profissionais da área, com o intuito de evitar problemas e assegurar a segurança das estruturas.

A investigação sobre a questão central revelou que falhas técnicas nas fundações, como a ausência de estudos geotécnicos e a seleção errônea de fundações, são os principais fatores que levam a problemas estruturais. Tais falhas resultam em questões significativas, como recalques diferenciais e rachaduras, que afetam a longevidade das construções. A pesquisa ainda destacou que a adoção de práticas construtivas fundamentadas em evidências e a aplicação rigorosa de normas técnicas são fundamentais para reduzir esses perigos e assegurar a segurança das edificações no longo prazo.

No entanto, algumas limitações foram observadas na pesquisa. A escassez de dados específicos para certas regiões e a variabilidade nas condições do solo foram obstáculos para uma análise mais ampliada. Essas limitações enfatizam a urgência de novos estudos que possam abranger uma gama variada de contextos geográficos, contribuindo para um entendimento mais abrangente e detalhado das dificuldades enfrentadas nas fundações das construções em todo o país.



Por último, o estudo sugere a implementação de normas técnicas rigorosas e a adoção de práticas construtivas fundamentadas em evidências para assegurar a segurança e a durabilidade das edificações. A formação contínua dos profissionais e a supervisão adequada em todas as fases da construção são fundamentais para evitar falhas estruturais. Essas ações não apenas garantem a segurança das edificações, mas também minimizam os custos a longo prazo relacionados a consertos e manutenção, promovendo um ambiente construído mais seguro e eficiente.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ALONSO, U. R. **Previsão e controle das fundações**. 3. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2019. 160p.
- AVEN, T. **Risk assessment and risk management: review of recent advances on their foundation**. European Journal of Operational Research, v. 253, p.1-13, 2016.
- BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S.B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado de edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 86p.
- BORTOLI, M. F.; HIRANO, E. L.; BRESSIANI, L.; SAVARIS, G.; BALESTRA, C. E. T. **Análise das manifestações patológicas de um edifício que sofreu recalque diferencial**. 4º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções (4º SPPC), artigo 4SPPC115, p. 124-135, 2019.
- COSTA, Y. K. L.; SANTOS, M. L. L. O. **Patologias em fachadas de edificação pública: um estudo de caso no prédio Castelo Branco da Universidade Federal do Maranhão**. Engineering Environmental Science, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.35265/2236-6717-202-9074>>. Acesso em: 30 jan. 2025.
- COUTINHO, L.; SOUSA, C.; FARIA, R. **Uma análise para determinação da armadura para controle da fissuração vertical em muros de betão restringidos pela fundação**. 6ªs Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas. Lisboa: JPÉE, p. 2487-2501, 2022.
- FERNANDES, H. **A responsabilidade do profissional engenheiro civil**. 2018. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/68841/a-responsabilidade-do-profissional-engenheiro-civil>>. Acesso em: 25 de mar. 2025.
- FONSECA, R. A. S.; ALMEIDA, A. C.; CAMPELLO, R. I. C.; SILVA, D. S. R.; SOUZA, R. C.; LOPES, J. E. B. **Financiamento de imóveis populares: um estudo de identificação de patologias estruturais e reparação estrutural**. Interfaces Científicas - Humanas e Sociais, v. 12, n. 2, p. 114-128, 2024.
- FRANCO, V. N. C.; NIEDERMEYER, F. M. **Manifestações patológicas geradas por recalque de fundações**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 1. p. 194-214, 2017.
- GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 2015. 156f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- GONTIJO, G. M. **Reavaliação geotécnica das ancoragens de uma estrutura de contenção com patologias diversas**. 2020. 126f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.
- KERMANSHACHI, B. D.; SHANE, J.; ANDERSON, S. **An empirical study into identifying project complexity management strategies**. Procedia Engineering, v. 145, p. 603-610, 2016.
- MENDES, E. A.; BRANDÃO, R. M. L. **Levantamento e caracterização dos erros técnicos praticados por engenheiros civis no estado do Maranhão**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020. 17p.
- MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. 2. ed, São Paulo : Oficina de Textos, 2015. 256f.
- MITZSUZAKI, C. Y. Y. et al. **Patologias na construção civil**. Revista Pesquisa e Ação, v.5, n. 4, p. 132-145, 2019.
- OLIVEIRA, E. S.; CASTRO, M. R.; SOUZA, W. C. **Análise e prevenção de patologias causadas pela umidade em edificações habitacionais: um estudo de caso em João Monlevade, MG**. Revista DELOS, v. 17, n. 62, p. 1-27, 2024.

ORTEGA, W. V.; PEDREIRO, M. R. de M. **Tipos de estruturas para fundações de pequeno e médio porte: revisão de literatura**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 9, n. 9, p. 3696-3719, 2023.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações. Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento**. 2. ed. Franca: Editora Zigurate, 2021. 352p.

REIS FILHO, J. J. ; PINHEIRO, E. C. N. M. **Patologias em fundações: estudo de caso**. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 5, p. 39507-39526, 2022.

SANTOS, D. C. S.; CASTRO, M. R.; SOUZA, W. C. **Identificação e recuperação de patologias causadas por recalque da fundação: revisão bibliográfica**. Revista DELOS, v. 17, n. 62, p. 1-18, 2024.

SARAIVA, A. B. S.; SOUSA, L. V. C.; FERREIRA, L. S.; CONCEIÇÃO, R. S.; SILVA, S. E. S.; ALMEIDA, T. P. **Manifestações patológicas e a relação com a durabilidade das estruturas: um estudo de caso em escolas públicas do município de Açailândia/MA**. In: FERREIRA, L. da S. (Org.). Fundamentos de Estruturas – Volume 1. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2023. p.53-68.

SENA, G. O.; NASCIMENTO, M. L. M.; NETO, A. C. N. **Patologia das construções**. Salvador: 2B Educação, 2020. 256 p.

SILVA, L. B. **Patologias em alvenaria estrutural: causas e diagnóstico**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

SILVA, L. F. **Avaliação da relevância da atuação do Engenheiro civil: um estudo de caso em obras de pequeno porte em Itaíçaba-CE**. 2021. 61f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Russas, 2021.

SILVA, M. F.; FERREIRA, C. V.; MATOS, W. E. C.; SILVA, J. D. C. **Análise de manifestações patológicas em edificação residencial situado no estado do Maranhão**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções. Fortaleza: CBPAT, 2020.

SILVA, T.F.L., KIKUTI, S.Z., MELHADO, S.B. **Gestão de Riscos em Projetos de Engenharia**. 2018. In: Anais do XVII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre: ANTAC, 2018.

SOUZA, S. C.; MACEDO, F. R. C.; FONSÊCA, T. S.; MARTINS, D. A. **Avaliação de manifestações patológicas em edificações: estudos de caso em duas residências na cidade de Paraibano-MA**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 14, n. 1, p. 102-111, 2022.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 2. ed, ver. ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. 244p.

A engenharia civil é muito mais do que construções — é a base do desenvolvimento sustentável das sociedades. Este livro apresenta uma visão abrangente sobre o papel dessa área na infraestrutura urbana, segurança, economia e meio ambiente. Aborda desde projetos de moradia e saneamento até grandes obras como portos e ferrovias, sempre com foco em inovação, sustentabilidade e responsabilidade social. A obra também destaca o uso de novas tecnologias, como BIM e materiais avançados, além da atuação da engenharia civil em cenários de emergência. Ideal para estudantes, profissionais e curiosos, este livro é um convite ao aprofundamento em uma das mais importantes engenharias da atualidade.

ISBN: 978-65-6068-176-7

