

VIII WORKSHOP  
DO PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA CIVIL DA  
**UFSCar**

VOLUME I - CONSTRUÇÃO CIVIL  
| 1ª EDIÇÃO |



# VIII WORKSHOP DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA UFSCar

**VOLUME I - CONSTRUÇÃO CIVIL**

| 1ª EDIÇÃO |

Este livro reúne os trabalhos apresentados no VIII Workshop do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), um evento anual que promove o encontro entre estudantes, professores, pesquisadores e profissionais da área. Com foco nas linhas de pesquisa em Construção Civil, Estruturas e Geotecnia, a obra apresenta as investigações em desenvolvimento e reflexões sobre temas atuais da Engenharia Civil, estimula a troca de experiências e promove a atualização técnica, profissional e científica dos participantes. O Workshop se destaca como um espaço aberto ao aprendizado, à inovação e ao fortalecimento do conhecimento sobre o ambiente construído. Ao valorizar a inovação, o aprendizado e o avanço científico, este livro convida o leitor a conhecer contribuições relevantes para o desenvolvimento do ambiente construído e da Engenharia Civil.

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

VIII Workshop do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFSCar [livro eletrônico] / organização Sheyla Mara Baptista Serra...[et al.]. -- 1. ed. -- São Carlos, SP : AEASC, 2026.

Outros organizadores: Elaine Guglielmi Pavei Antunes, Agnaldo José Spaziani Júnior, Luana Cristina Sala Mourato.

ISBN 978-65-978757-0-2

1. Construção civil 2. Engenharia civil - Estudo e ensino 3. Engenheiros - Formação profissional 4. Geotecnia 5. Estruturas - Análise (Engenharia) I. Serra, Sheyla Mara Baptista. II. Antunes, Elaine Guglielmi Pavei. III. Spaziani Júnior, Agnaldo José. IV. Mourato, Luana Cristina Sala.

26-329784.1

CDD-624

### Índices para catálogo sistemático:

1. Engenharia civil 624

Henrique Ribeiro Soares - Bibliotecário - CRB-8/9314

## Organizadores:

Sheyla Mara Baptista Serra  
Elaine Guglielmi Pavei Antunes  
Agnaldo José Spaziani Júnior  
Luana Cristina Sala Mourato

## Projeto gráfico

Fernando D'Antonio - Inka Estúdios

# SUMÁRIO

## VOLUME 1 - CONSTRUÇÃO CIVIL

### Artigos

1. Avaliação do uso de água e energia em edifícios da UFSCar: classificação por setores .....	12
2. Uso da tecnologia Internet das Coisas na construção civil .....	17
3. O efeito das aberturas nas propriedades dinâmicas das edificações de madeira .....	22
4. Educação em engenharia civil no contexto da Construção 5.0: reflexões sobre o ensino de competências .....	28
5. Fluxograma para sincronização dos parâmetros de prazo e do custo do serviço de alvenaria no modelo BIM .....	34
6. Implementação de estratégias Net Zero em retrofit de edificações: avaliações do ciclo de vida aplicadas a um estudo de caso brasileiro .....	39
7. O uso de jogos lúdicos no ensino-aprendizagem de princípios Lean Construction .....	44
8. Desafios para implementação da construção volumétrica offsite na construção civil brasileira: visão do mercado .....	49
9. Integração do BIM na otimização da montagem de edifícios em pré-fabricados com a utilização de guindastes em canteiro de obras .....	55
10. Análise da resistência à compressão do cimento LC <sup>3</sup> .....	61
11. Proposta de modelo de maturidade para sustentação da Lean Quality na indústria da construção .....	67
12. Determinação de indicadores de geração de resíduos de porcelanato em obras residenciais .....	72
13. Desenvolvimento de um instrumento de medição do clima organizacional em construção civil .....	77
14. Influência da ativação mecânica e da substituição por vidro moído no desempenho mecânico de geopolímeros .....	83
15. Comportamento eletroquímico de argamassas de cimento Portland e de geopolímero .....	89
16. Procedimentos para extração de quantitativos em modelagem BIM com base na NBR 12.721 e nas composições SINAPI .....	94
17. Identificação de problemas de interoperabilidade em softwares que automatizam processos em BIM - uma revisão sistemática da literatura .....	99
18. Não-conformidades na elaboração de laudos de inspeção predial à luz da ABNT NBR 16747:2020 .....	105
19. Framework multidimensional de abordagem colaborativa para aprimoramento da reutilização adaptativa de edifícios .....	112
20. Sistema de gerenciamento de resíduos da construção civil: aplicação prática e estudo de caso em diferentes tipos de obras .....	117
21. Modelo de simulação para projeto e otimização de linha de montagem de edificações em Light Wood Frame .....	122
22. Cenário da construção civil com relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável .....	128

### Legislação Profissional

1. Ética Profissional .....	134
2. Anotação de Responsabilidade Técnica .....	141

## APRESENTAÇÃO

Ao longo da sua trajetória profissional, diversos engenheiros e tecnólogos se deparam com as inovações do seu mercado e com uma gama muito ampla de problemas que exigem conhecimento e soluções técnicas rápidas, eficazes, sustentáveis e atualizadas. Em alguns casos, os profissionais nem sempre conhecem o conteúdo ou o componente a ser utilizado, o que gera a necessidade de atualização e de alteração do estado da arte.

Visando aproximar os profissionais às pesquisas estudadas e propostas no âmbito das Universidades, este Caderno Técnico – Pesquisas em Construção Civil, Estruturas e Geotecnia – apresenta um conjunto de pesquisas que vêm sendo desenvolvidas no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos.

É uma pequena amostra de apenas uma área de conhecimento da Engenharia, a Civil, que resultou numa grande variedade de pesquisas, nos níveis de Mestrado e Doutorado. Pode-se verificar o quanto têm sido os esforços empreendidos em prol do avanço da ciência e da tecnologia, cujos resultados têm aplicação direta em diversas atividades de engenharia. Este Caderno Técnico deve ser visto como uma referência pontual, que reuniu 58 trabalhos de engenheiros e tecnólogos, que se dedicam ao seu aprimoramento profissional, sendo que os resultados das pesquisas por eles desenvolvidas constituem um grande acervo disponível e que podem e devem ser lidos e aplicados por toda a sociedade. Devido aos esforços destes profissionais, podemos usufruir destas pesquisas, que muitas vezes nos ajudam na resolução de problemas e colaboram na proposição de soluções tecnológicas adequadas e inovadoras.

Por fim, destaca-se que há muito mais pesquisas sendo feitas nas Universidades, e que explorar este imenso mar de conhecimento só traz benefícios aos profissionais, de modo a encurtar distâncias entre academia e mercado. Esse Caderno Técnico tem como objetivo fornecer um feedback que avance ainda mais o conhecimento e a tecnologia na área de Engenharia Civil, favorecendo o aprimoramento contínuo dos profissionais envolvidos. Também, destaca-se o apoio do CREA-SP que sempre incentiva ações que permitem a ampliação da capacitação dos profissionais do Sistema.

**Agnaldo José Spaziani Júnior, Engenheiro Civil, Presidente AEASC.**

# INTRODUÇÃO

Há muito conhecimento sendo gerado no âmbito das universidades pelos Programas de Pós-Graduação, por meio de pesquisas de mestrado e doutorado. Segundo a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), principal órgão regulador e fomentador da pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado) no Brasil, em 2025, havia cerca de 4700 programas distribuídos em todas as áreas do saber que promovem o desenvolvimento científico, acadêmico e profissional, aprofundando o conhecimento após a graduação.

Os Programas de Pós-Graduação *stricto sensu* oferecem cursos de Mestrado e Doutorado, acadêmico e profissional, sendo que são recomendados pela CAPES aqueles que são avaliados e tenham nota igual ou superior a “3”, e somente os cursos reconhecidos pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) do Ministério da Educação (MEC) estão autorizados a expedir diplomas de mestrado e/ou doutorado com validade nacional.

Segundo a CAPES, na Plataforma Sucupira, em 2025, existiam 127 Programas de Pós-Graduação, na área de Engenharias I, que abrange as Engenharias Civil, Ambiental, de Transportes, Sanitária, entre outras. Em 2025, a área de Engenharia Civil possuía 71 programas, sendo que a UFSCar conta com dois: um de Engenharia Civil (PPGECiv) e outro de Engenharia Urbana (PPGEU).

O PPGECiv teve em 2026 nota de avaliação de nível “6” sendo reconhecido como um programa de excelência internacional, indicando um desempenho de altíssimo nível, com forte reconhecimento e produção científica de destaque. Essa nota funciona como um selo de qualidade, atrai melhores alunos e amplia as oportunidades profissionais e acadêmicas dos egressos do programa.

Conforme breve histórico constante no site do PPGECiv: “O Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil iniciou suas atividades de pesquisa em 2002, com o curso de Mestrado, sob a denominação de Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Naquele momento, o objetivo principal do curso era atuar como agente transformador/gerador de conhecimento, desenvolvendo

---

Plataforma SUCUPIRA - CAPES. Disponível em <[https://sucupira.capes.gov.br/#busca\\_avalizados\\_reconhecidos](https://sucupira.capes.gov.br/#busca_avalizados_reconhecidos)>. Acesso em março de 2026. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv). Disponível em <<http://www.ppgeciv.ufscar.br/index.php/apresentacao>>. Acesso em março de 2026.

pesquisas, formando profissionais de alto nível em áreas estratégicas e contribuindo de forma efetiva para o desenvolvimento tecnológico, científico e social de todo o setor da construção civil no Brasil. Em 2012, o Programa foi reformulado, passando a denominar-se Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PPGECiv), em razão da integração diferenciada já existente entre as linhas de pesquisa de construção civil e de estruturas. Concomitantemente, foi aprovado o curso de Doutorado, em sintonia com a proposta inicial do Programa, dando continuidade e ampliando os objetivos do curso de Mestrado. Com isso, foi possível consolidar um polo de formação de recursos humanos de alto nível, para atuarem como pesquisadores e docentes nas áreas de estruturas e construção civil. Em 2018, passou a se chamar Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, agregando mais uma linha de pesquisa em sistemas e materiais geotécnicos e passando a ser composto por duas áreas de concentração: Construção Civil e Estruturas e Geotecnia.”

Anualmente, a comunidade do programa se reúne para divulgar as pesquisas em andamento, num evento denominado “Workshop do PPGECiv”, com o objetivo geral de promover a interação e a troca de experiências entre pesquisadores, estudantes e professores. Como objetivos específicos podem ser mencionados:

Apresentação das pesquisas em desenvolvimento;

- 
- Aprimoramento de técnicas e métodos de pesquisa;
  - Atualização e capacitação profissional dos participantes;
  - Discussão de temas relevantes no ambiente construído;
  - Fomento ao avanço do conhecimento nas três linhas de pesquisa do programa.
- 

Os estudantes são convidados a produzir resumos expandidos que apresentem as pesquisas em desenvolvimento e as contribuições específicas para o avanço do conhecimento na Engenharia Civil e em modalidades relacionadas, como a Ambiental, a de Materiais e a de Geologia. Os trabalhos técnicos e científicos são revisados por uma Comissão Científica composta por doutores, de modo a atender aos requisitos formais e técnicos das publicações.

Os trabalhos são frutos de experiências e reflexões que envolvem, muitas vezes, a sociedade e parceiros externos do programa, como órgãos públicos, empresas e associações técnico-científicas. Vários resultados já foram aplicados comercialmente e industrialmente, e alguns deles deram origem a pedidos de patentes e a registros de programas de computador.

O foco deste Caderno Técnico é apresentar um panorama das pesquisas realizadas e do objeto do “VIII Workshop do PPGE Civ: Construção Civil, Estruturas e Geotecnia”, realizado em novembro de 2025 no campus de São Carlos da UFSCar. Os trabalhos foram apresentados na forma de resumos expandidos, e foram organizados de acordo com as linhas de pesquisa do Programa, conforme o Quadro 1. Para melhor apresentação dos trabalhos, os anais estão divididos em três volumes, sendo um para cada linha de pesquisa, a saber:

- **Volume 1:** Construção Civil,
- **Volume 2:** Estruturas e
- **Volume 3:** Geotecnia.

Quadro 1 - Trabalhos técnico-científica por linha de pesquisa do PPGE Civ

Volume	Linha de pesquisa	Quantidade de trabalhos	Mestrado	Doutorado	Pós-Doutorado
1	Construção Civil	22	10	12	-
2	Estruturas	30	4	25	1
3	Geotecnia	6	2	4	-
<b>TOTAL</b>		58	16	41	1

A seguir, apresentam-se os resumos dos 58 trabalhos de pesquisa, organizados por linha de pesquisa, avaliados e aprovados pela Comissão Científica.

Espera-se que a leitura dos trabalhos apresentados contribua para o aprimoramento dos profissionais envolvidos no sistema CREA-CONFEA e para que sejam utilizados no cotidiano das atividades relacionadas ao processo de formação de recursos humanos e à construção de empreendimentos e de cidades sustentáveis, bem como do seu entorno.

**Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra - Coordenadora do PPGE Civ, gestão 2025-2027.**

## **VIII Workshop do PPGE Civ: Construção Civil, Estruturas e Geotecnia**

### **Comissão Organizadora:**

Carolina Martins Nogueira  
Elaine Guglielmi Pavei Antunes  
Elder Pita Garcia Padre  
Gabriel da Silva Macedo  
Javier Francisco Mueses Roja  
Priscila Mirapalhete Rodegheri  
Sheyla Mara Baptista Serra

### **Comissão de Apoio:**

Cecilia Carniello Correa  
Louise Adélia Gama da Silva  
Lucas Broggio  
Mayla Stephane Souza da Silva  
Yan de Souza Ascoli

### **Comissão Científica:**

Elaine Guglielmi Pavei Antunes (Presidente)  
Herlander Mata-Lima (Construção Civil)  
Ricardo Laguardia Justen de Almeida (Estruturas)  
Tiago de Jesus Souza (Geotecnia)

### **Patrocínio:**

Marka Soluções Pré-fabricadas  
TSL Construções  
Strageo Engenharia e Consultoria Geotécnica

### **Apoio Institucional:**

AEASC (Associação de Engenheiros e Arquitetos de São Carlos)  
CREA-SP (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo)

# CONSTRUÇÃO CIVIL

# AVALIAÇÃO DO USO DE ÁGUA E ENERGIA EM EDIFÍCIOS DA UFSCar: CLASSIFICAÇÃO POR SETORES

## Lucas Broggio

Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
lbroggio@estudante.ufscar.br

## Herlander Mata-Lima

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil.  
herlander.lima@unila.edu.br

**Resumo:** Universidades apresentam consumos significativos de água e energia devido à multiplicidade e complexidade das suas atividades. Este tem por objetivo avaliar o consumo de água e energia da UFSCar, campus de São Carlos, considerando classificação por setores funcionais, fornecendo subsídios para gestão mais eficiente dos recursos. Foram analisados os dados mensais de consumo de água e energia de janeiro/2022 a outubro/2024. O campus foi classificado em cinco categorias funcionais (Ensino, Pesquisa, Administração, Apoio e Serviços, Comunitário/Esportivo) com base na área construída de 201.700,03 m<sup>2</sup> e 22.532 usuários. Utilizou-se abordagem proporcional para distribuição do consumo por categoria devido à ausência de submedição individualizada. O consumo médio mensal foi 27519,89 m<sup>3</sup> de água e 70619,15 kWh de energia. A Administração apresentou maior consumo (42,68%), seguida por Pesquisa (19,88%) e Apoio e Serviços (19,30%). Os indicadores específicos foram 1,64 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/ano e 4,2 kWh/m<sup>2</sup>/ano, valores significativamente inferiores aos benchmarks nacionais e internacionais. A análise apresentou distribuição proporcional conforme área construída, com infraestrutura administrativa demandando maior consumo absoluto. Os baixos indicadores requerem estudo aprofundado para entender as razões subjacentes que podem variar desde o comportamento dos usuários até o procedimento de medição. As limitações dos resultados ressaltam a necessidade de submedição para viabilizar análises rigorosas por setor e atividade, bem como definir estratégias de melhoria e de eficiência no uso da água e energia.

**Palavras-chave:** Consumo de água, Consumo de energia, Sustentabilidade universitária, Benchmarking, Gestão de recursos.

## 1. INTRODUÇÃO

Universidades são ambientes complexos e representam significativo consumo de água e energia, devido à diversidade de atividades que abrigam, como laboratórios, salas de aula, áreas administrativas e de serviços

(Sánchez, 2018).

Este estudo tem como objetivo avaliar o consumo de água e energia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) nos últimos anos, utilizando dados quantitativos. Para isso, propõe-se a delimitação e classificação dos edifícios da universidade em categorias para uma análise proporcional do consumo. A partir desta avaliação, o estudo visa fornecer insights para uma gestão mais eficiente e servir como ferramenta para futuras pesquisas sobre sustentabilidade no campus.

---

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Coleta de dados

O consumo de água e energia elétrica do campus São Carlos da UFSCar foram obtidos junto à Prefeitura Universitária. Para o consumo água, as fontes de dados foram as faturas mensais emitidas pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de São Carlos, referentes ao período de janeiro de 2022 a novembro de 2024. Os valores medidos correspondem ao valor calculado considerando o volume de esgoto faturado sendo 80% da água consumida. Para o consumo de energia elétrica, os dados foram extraídos das faturas da concessionária Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), abrangendo o período de janeiro de 2022 a outubro de 2024. Os registros correspondem a quatro medidores principais que atendem as áreas Norte e Sul do campus e instalações anexas.

Para o cálculo dos indicadores de consumo per capita, foi necessário estabelecer uma base populacional representativa dos usuários regulares da infraestrutura do campus. Os dados demográficos foram obtidos da Secretaria Geral de Planejamento e Desenvolvimento Institucionais (SPDI) (UFSCar, 2025). Esta população é composta por discentes e servidores/colaboradores, resultando em uma população total de 22.532 usuários, adotada como população média representativa para todo o período de análise (2022-2024).

### 2.2 Delimitação e classificação das áreas dos setores da UFSCar

A delimitação dos setores e edificações do campus foi baseada em dados oficiais da universidade, disponibilizados pela Secretaria Geral de Gestão do Espaço Físico (SeGEF) da UFSCar, órgão responsável pelo cadastro imobiliário e planejamento físico da instituição.

Após o levantamento, cada edifício foi classificado de acordo com seu uso primário, seguindo uma metodologia adaptada de estudos similares em outras universidades (Almeida et al., 2021). Foram estabelecidas cinco categorias funcionais principais para refletir a diversidade de atividades no campus: Ensino; Pesquisa; Administrativo; Apoio e Serviços; Comunitário e Esportivo.

## 2.3 Cálculo das proporções das categorias de área

A metodologia para medir a área construída total e a de cada categoria partiu do valor oficial de 200.462 m<sup>2</sup> para o campus São Carlos, conforme dados da Secretaria Geral de Planejamento e Desenvolvimento Institucionais (SPDI) da UFSCar. A área individual de cada edifício, obtida a partir do levantamento descrito na seção anterior, foi somada dentro de sua respectiva categoria funcional.

## 2.4 Abordagem para análise dos consumos por categoria

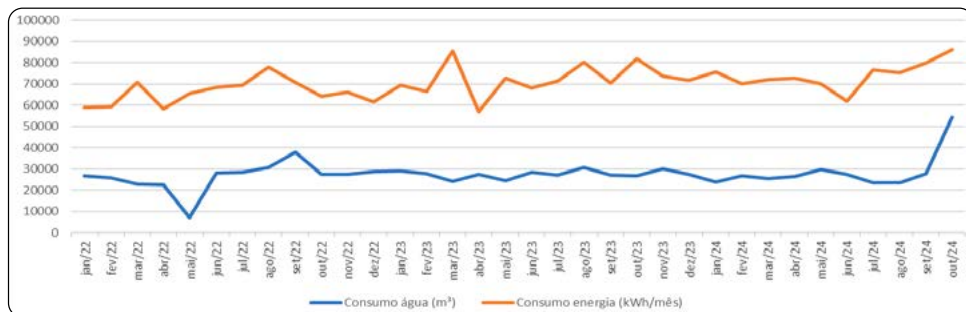
Devido à ausência de sistemas de submedição de consumo por edifício, foi adotada uma abordagem proporcional para a análise. O consumo mensal total de água e energia do campus foi distribuído de forma proporcional. Para permitir a comparação entre as categorias e com outros estudos, o consumo estimado de cada categoria foi normalizado pela sua respectiva área, produzindo indicadores de intensidade de uso, como consumo de energia (kWh/m<sup>2</sup>) e água (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) por unidade de área.

# 3. RESULTADOS

## 3.1 Dados gerais de consumo nos últimos anos

A evolução dos consumos de água (m<sup>3</sup>) e energia elétrica (kWh/mês) no período analisado constam da **Figura 1**.

**Figura 1:**  
Consumo de água e energia de 2022-2024 na UFSCar campus São Carlos – SP, Próprio autor (2025).



Conforme ilustra a **Figura 1**, o consumo de água apresentou relativa estabilidade, com valores mensais entre 22.000 m<sup>3</sup> e 30.000 m<sup>3</sup>, exceto por uma redução atípica em maio de 2022 (7215 m<sup>3</sup>) e um pico expressivo em outubro de 2024 (54276,25 m<sup>3</sup>), que podem indicar irregularidades ou eventos pontuais. O consumo energético manteve-se entre 57.000 kWh e 87.000 kWh por mês, com tendência de elevação nos meses mais quentes e secos (agosto a outubro), período com maior demanda por climatização. A média de consumo mensal da água e energia foram de 27519,89 m<sup>3</sup>/mês e 70619,15 kWh/mês, respectivamente. A ausência de grandes variações interanuais sugere que o perfil de uso dos recursos permaneceu constante.

### 3.2 Consumo específico por categoria e análise proporcional

A distribuição proporcional do consumo de recursos por categoria foi feita por meio do percentual de área de cada setor na área construída total do campus. Embora apresente limitações pela ausência de medição individualizada, permite uma primeira aproximação quantitativa dos padrões de consumo setoriais e oferece base para análises comparativas.

**Tabela 1:**  
Distribuição do consumo de água e energia por categoria funcional no campus São Carlos da UFSCar.

Categoria	Área (m <sup>2</sup> )	Proporção (%)	Média consumo água (m <sup>3</sup> /mês)	Média consumo energia (kWh/mês)
Ensino	19.237,66	9,54%	2624,78	6735,48
Pesquisa	40.089,21	19,88%	5469,76	14036,02
Administração	86.076,95	42,68%	11744,31	30137,23
Apoio e serviço	38.933,94	19,30%	5312,13	13631,54
Comunitário e Esportivo	17.362,27	8,61%	2368,90	6078,87
Total	201.700,03	100,00%	27519,89	70619,15

Fonte: Próprio autor (2025).

Esta distribuição proporcional, embora forneça uma estimativa inicial do consumo setorial, não considera as intensidades de uso específicas de cada categoria. Conseqüentemente, os valores apresentados devem ser interpretados como uma primeira aproximação quantitativa que demanda validação através de sistemas de submedição para revelar os verdadeiros padrões de consumo setoriais.

### 3.3 Comparação com outras universidades

Os indicadores específicos anuais revelam consumo de água de 1,64 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/ano e 14,66 m<sup>3</sup>/pessoa/ano, e consumo energético de 4,2 kWh/m<sup>2</sup>/ano e 37,6 kWh/pessoa/ano. A comparação com outras universidades brasileiras demonstra valores relativamente baixos para a UFSCar. No estudo de Almeida (2021) na Universidade Federal de Roraima (UFRR) indicaram consumo variando entre 0,2 e 2,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/ano para água e entre 0,4 e 297,44 kWh/m<sup>2</sup>/ano para energia. O consumo per capita na UFRR (Almeida et al., 2021) alcançou 15,12 m<sup>3</sup>/pessoa/ano de água e 963,54 kWh/pessoa/ano de energia, valor significativamente superior aos 14,66 m<sup>3</sup>/pessoa/ano e 37,6 kWh/pessoa/ano da UFSCar, refletindo diferenças climáticas, de infraestrutura e eventualmente os fatores relacionados com as diferenças entre os períodos pré- e pós-pandemia.

A comparação com universidades internacionais demonstra que a UFSCar apresenta valores significativamente baixos. O estudo de Khoshbakht, Gou e Dupre (2018) em 80 edifícios universitários austra-

lianos quantificaram indicadores de consumo com valores variando entre 137 kWh/m<sup>2</sup>/ano para escritórios acadêmicos e 216 kWh/m<sup>2</sup>/ano para edifícios de pesquisa, com média geral de 170 kWh/m<sup>2</sup>/ano. O valor anualizado da UFSCar de 4,2 kWh/m<sup>2</sup>/ano posiciona-se significativamente abaixo dos demais, indicando consumo energético mais baixo que requer análise profunda.

---

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais limitações metodológicas relacionam-se à ausência de submedição individualizada, que impossibilitou análises precisas dos padrões setoriais reais de consumo. Recomenda-se a implementação de sistemas de monitoramento inteligente por edifício, iniciando pelos laboratórios de pesquisa e áreas administrativas. Sugerem-se também combinações de medidas tecnológicas (retrofits LED, automação HVAC), operacionais (programação inteligente, manutenção preventiva) e comportamentais (campanhas de conscientização).

Pesquisas futuras devem incluir estudos comparativos entre os edifícios da UFSCar campus São Carlos, análises detalhadas por categoria e integração de tecnologias (IoT, inteligência artificial) para gestão inteligente. A expansão para outras universidades brasileiras pode contribuir para estudos de benchmarking nacionais específicos, fornecendo referências adequadas para avaliação de desempenho.

---

## 5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. P.; SOUSA, V.; SILVA, C. M. Methodology for estimating energy and water consumption patterns in university buildings: case study, Federal University of Roraima (UFRR). *Heliyon*, v. 7, n. 12, p. e08642, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08642>.

KHOSHBAKHT, M.; GOU, Z.; DUPRE, K. Energy use characteristics and benchmarking for higher education buildings. *Energy and Buildings*, v. 164, p. 61–76, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.001>.

SANCHEZ, A. S. Internet of Things for a Smart Campus On Line Monitoring of Water Consumption in University Buildings. *International Journal of Engineering Research & Technology*, v. V7, n. 03, 2018. <https://doi.org/10.17577/ijertv7is030187>.

UFSCar. **UFSCar em números**. [s. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.spdi.ufscar.br/departamentos/informacao-institucional/indicadores-1/ufscar-em-numeros>. Acesso em: 18 set. 2025.

# USO DA TECNOLOGIA INTERNET DAS COISAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

## **Gabriel Vieira Pinheiro**

Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
gabrielvp@estudante.ufscar.br

## **José Carlos Paliari**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
jpaliari@ufscar.br

**Resumo:** A indústria da construção civil é de fundamental importância para o desenvolvimento social e econômico de um país, entretanto, é reconhecida ao longo da história por enfrentar desafios como baixa produtividade, desperdícios e resistência à inovação. Por outro lado, outros setores já têm implantado conceitos da Indústria 4.0, especialmente da Internet das Coisas (IoT), que permitem a coleta e transmissão de dados em tempo real, resultando em automação de processos e digitalização. A IoT tem grande potencial nos canteiros de obras, mas sua adoção no setor encontra-se em estágio embrionário. Este trabalho investiga o uso da IoT em empresas construtoras e como fabricantes desta tecnologia têm desenvolvido seus produtos, com foco em identificar os equipamentos existentes, suas finalidades, os benefícios e barreiras para sua implementação. A revisão de literatura foi realizada em três bases de dados (Scopus, Web of Science, e Engineering Village), resultando inicialmente em 315 documentos. Após a aplicação de critérios de inclusão e exclusão, 44 documentos foram utilizados para síntese da literatura. A síntese apontou que, embora existam benefícios claros como aumento de produtividade e segurança, há barreiras como alto custo de implementação, falta de mão de obra qualificada e problemas de interoperabilidade. A pesquisa propõe, portanto, aprofundar o entendimento sobre como a IoT pode modernizar e digitalizar o setor, contribuindo para a evolução da construção civil rumo à automação e à Construção 4.0.

**Palavras-chave:** Internet das coisas, automação, canteiro de obras, indústria 4.0, construção civil.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é fundamental para o desenvolvimento da sociedade, provendo infraestruturas como moradias, sistema rodoviário e hospitais (Kostavelis et al., 2024). No entanto, é conhecida historicamente por problemas como baixa produtividade, altos custos, desperdícios e resistência à adoção de novas tecnologias (Srivastava et al., 2022).

A Indústria 4.0 trouxe tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), que já transformaram outros setores como o automotivo e o agrícola por meio da digitalização e automação de processos (Osorio-Gómez et al., 2024).

Já em 2016, Dave et al. (2016) afirmaram que a construção civil ainda estava em estágios iniciais na adoção dessas tecnologias. Este cenário permanece nos dias atuais, apesar de avanços sutis. A IoT oferece soluções para grandes desafios do setor, permitindo o monitoramento do canteiro de obras em tempo real, a otimização de processos e o aumento da segurança dos trabalhadores. Dispositivos com a tecnologia IoT podem, por exemplo, monitorar a condição de equipamentos para prever falhas, rastrear o estoque de materiais para evitar perdas e gerenciar a produtividade da mão de obra. Desta forma, seria possível transformar o setor conhecido por ser reativo às mudanças, para preditivo (Sacks et al., 2020).

Contudo, a implementação da IoT enfrenta barreiras como o alto custo de investimento inicial, a dificuldade de prover conectividade em todo o canteiro e a falta de mão de obra qualificada (Yang et al., 2024). Desta forma, esta pesquisa busca investigar como a IoT tem sido utilizada na construção de edifícios, quais benefícios podem ser obtidos e quais são as barreiras atuais, a fim de compreender como o setor pode ser efetivamente modernizado e automatizado.

---

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A IoT é uma das tecnologias centrais para a transformação do setor em direção à Construção 4.0. A aplicação da IoT pode abranger a maioria dos processos do canteiro de obras (Aste et al., 2017). Equipamentos pesados, como escavadeiras e guindastes, podem ser equipados com sensores que monitoram a profundidade da escavação ou o peso do material içado, permitindo um controle de produtividade e segurança automatizado; betoneiras inteligentes podem controlar a qualidade do material e, com o GPS, é possível realizar o rastreamento da frota de veículos ou até pessoas, otimizando a logística de materiais e o fluxo de trabalho.

Para além das máquinas, a tecnologia também é capaz de realizar o monitoramento ambiental e estrutural, com sensores que medem a qualidade do ar e temperatura, deformações na estrutura e até a corrosão de armaduras. O gerenciamento de materiais é possível ser otimizado com o uso de etiquetas RFID (Radio Frequency Identification), que automatizam o controle de estoque, evitando perdas. A segurança do trabalho é ampliada por meio de dispositivos vestíveis (wearables), como capacetes e relógios inteligentes, que monitoram sinais vitais e a localização, e emitindo alertas quando o operário adentra em zonas delimitadas como de risco.

A integração da IoT com outras tecnologias, como Building Information Modeling (BIM) e Gêmeos Digitais (Digital Twins), é uma etapa a mais em direção a eficiência, criando um fluxo de informações contínuo

entre a entidade digital (projeto, planejamento) e a entidade física (as-built, as-performed) (Lekan et al., 2022, Heigermoser et al., 2019). Ferramentas como a Realidade Aumentada (AR) permitem que profissionais visualizem informações do projeto sobrepostas ao ambiente real, facilitando a verificação e a execução de tarefas complexas (Rafsanjani; Nabizadeh, 2023). Essas inovações, embora promissoras, enfrentam barreiras como o alto custo de implantação, a resistência cultural à mudança, a falta de mão de obra qualificada, a incompatibilidade entre dispositivos e a falta de um framework para a efetiva implantação da Construção 4.0 (Ernstsen et al., 2021).

---

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa tem uma abordagem qualitativa baseada em entrevistas semiestruturadas, visando obter um entendimento profundo e detalhado das experiências, percepções e desafios enfrentados por profissionais do setor. A pesquisa será dividida em duas partes complementares:

---

- **Entrevistas com fabricantes e desenvolvedores de produtos IoT:**

O objetivo é mapear os produtos com tecnologia IoT disponíveis no mercado, entender suas funcionalidades, o público-alvo e as barreiras de comercialização e implementação sob a ótica dos desenvolvedores. O roteiro abordará temas como: produtos específicos para a construção, etapas do ciclo de vida em que se aplicam, tipo de automação que proporcionam e a percepção sobre a aceitação do mercado.

- **Entrevistas com empresas construtoras:**

Compreender a perspectiva do usuário dos produtos. Serão investigados os produtos IoT efetivamente utilizados nos canteiros de obras, motivações para sua adoção, benefícios práticos observados, e barreiras enfrentadas no uso diário, como as técnicas, humanas ou econômicas. Também será explorado o nível de automação alcançado, desde o simples monitoramento até o controle coordenado entre múltiplos sistemas.

---

As entrevistas serão gravadas mediante consentimento e, posteriormente, transcritas para análise de conteúdo, permitindo identificar padrões, desafios comuns e oportunidades para a disseminação da IoT na construção civil.

---

### 4. RESULTADOS

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) foi realizada nas bases de dados Scopus, Web of Science e Engineering Village. Foram identificados

44 artigos relevantes (após a aplicação de filtros e critérios de exclusão). A análise desses artigos mostrou um potencial transformador da IoT na construção. Os benefícios mais citados incluem:

- **Aumento da produtividade e eficiência:** por meio do monitoramento em tempo real das atividades (ex.: rastreamento de materiais com tecnologias, como RFID);
- **Melhoria da segurança:** com o uso de dispositivos vestíveis, como capacetes inteligentes que monitoram sinais vitais e a localização dos trabalhadores, prevenindo acidentes;
- **Redução de desperdícios:** pelo controle do estoque e monitoramento da qualidade de materiais, como o concreto em tempo real;
- **Automação de processos:** como o acionamento de iluminação, ou operação remota de guias e uso de robôs autônomos para tarefas como laser scanning.

No entanto, a literatura mostra que existem barreiras para a adoção, como o alto custo de implantação, resistência cultural de um setor reconhecidamente tradicionalista, falta de mão de obra com qualificação adequada para lidar com os equipamentos e a dificuldade de integração entre diferentes dispositivos. A pesquisa com entrevistas buscará validar e aprofundar esses achados da literatura sob o ponto de vista dos agentes do mercado que atuam neste segmento.

## 5. CONCLUSÃO

A IoT é fundamental para a modernização e digitalização da construção civil, oferecendo soluções para problemas conhecidos como baixa produtividade, falta de segurança e ineficiências. A literatura científica aponta vastas possibilidades de aplicações e benefícios para um canteiro de obras conectado com automação de processos construtivos.

Contudo, a transição do potencial teórico para a prática ainda enfrenta grandes barreiras. A compreensão aprofundada dessas barreiras técnicas, econômicas e humanas é essencial para potencializar o uso da IoT no setor. Este trabalho, através da sua abordagem qualitativa com entrevistas, espera contribuir para esse entendimento, fornecendo um panorama sobre como fabricantes e construtoras estão passando por este cenário, e desta forma esclarecer o caminho para consolidação da Construção 4.0, tendo em vista que em alguns setores já se discute conceitos voltados ao termo Indústria 5.0.

## 6. REFERÊNCIAS

- Aste, N., Manfren, M., & Marenzi, G. (2017). Building Automation and Control Systems and performance optimization: A framework for analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 75, 313–330). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.072>
- Dave, B., Kubler, S., Främling, K., & Koskela, L. (2016). Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. *Automation in Construction*, 61, 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.10.009>
- Ernstsen, S. N., Whyte, J., Thuesen, C., & Maier, A. (2021). How Innovation Champions Frame the Future: Three Visions for Digital Transformation of Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001928](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001928)
- Heigermoser, D., García de Soto, B., Abbott, E. L. S., & Chua, D. K. H. (2019). BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. *Automation in Construction*, 104, 246–254. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.019>
- Kostavelis, I., Nalpantidis, L., Detry, R., Bruyninckx, H., Billard, A., Christian, S., Bosch, M., Andronikidis, K., Lund-Nielsen, H., Yosefpor, P., Wajid, U., Tomar, R., Martínez, F. Ll., Fugaroli, F., Papargyriou, D., Mehandjiev, N., Bhullar, G., Gonçalves, E., Bentzen, J., Tzovaras, D. (2024). RoBétArmé Project: Human-robot collaborative construction system for shotcrete digitization and automation through advanced perception, cognition, mobility and additive manufacturing skills. *Open Research Europe*, 4. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.16601.1>
- Lekan, A., Clinton, A., Stella, E., Moses, E., & Biodun, O. (2022). Construction 4.0 Application: Industry 4.0, Internet of Things and Lean Construction Tools' Application in Quality Management System of Residential Building Projects. *Buildings*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/buildings12101557>
- Osorio-Gómez, C. C., Herrera, R. F., Prieto-Osorio, J. M., & Pellicer, E. (2024). Conceptual model for implementation of digital transformation and organizational structure in the construction sector. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(7). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102749>
- Rafsanjani, H. N., & Nabizadeh, A. H. (2023). Towards digital architecture, engineering, and construction (AEC) industry through virtual design and construction (VDC) and digital twin. *Energy and Built Environment*, 4(2), 169–178. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.10.004>
- Sacks, R., Brilakis, I., Pikas, E., Xie, H. S., & Girolami, M. (2020). Construction with digital twin information systems. *Data-Centric Engineering*, 1(6). <https://doi.org/10.1017/dce.2020.16>
- Srivastava, A., Jawaid, S., Singh, R., Gehlot, A., Akram, S. V., Priyadarshi, N., & Khan, B. (2022). Imperative Role of Technology Intervention and Implementation for Automation in the Construction Industry. *Advances in Civil Engineering* (Vol. 2022, 6716987.). <https://doi.org/10.1155/2022/6716987>
- Yang, Z., Tang, C., Zhang, T., Zhang, Z., & Doan, D. T. (2024). Digital Twins in Construction: Architecture, Applications, Trends and Challenges. *Buildings*, 14(9), 2616. <https://doi.org/10.3390/buildings14092616>

# O EFEITO DAS ABERTURAS NAS PROPRIEDADES DINÂMICAS DAS EDIFICAÇÕES DE MADEIRA

## **Marielza Corrêa dos Reis**

Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
marielza.reis@uemg.br

## **André Luís Christoforo**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
alchristoforo@ufscar.br

## **Sheyla Mara Baptista Serra**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

**Resumo:** As construções industrializadas em madeira têm se destacado por aliar eficiência, conforto e sustentabilidade. No entanto, essas estruturas estão sujeitas a ações dinâmicas, como vibrações induzidas por uso e choques sísmicos. Este estudo analisa a influência do tamanho e da posição de aberturas no comportamento dinâmico de edificações em wood frame. A simulação foi conduzida pelo Método dos Elementos Finitos no ABAQUS, utilizando elementos de casca e conexões modeladas por contato com atrito, representando encaixes tipo inner tube sem parafusos. Foram avaliados três modelos: um de referência, sem aberturas; e dois com variações de tamanho e posicionamento de janelas. A análise modal considerou frequências de 0 a 20 Hz, com refinamento de malha ajustado às arestas das aberturas e das conexões. O modelo de referência apresentou comportamento dominado pela flexão, enquanto os modelos com aberturas revelaram acoplamento entre flexão e torção devido à descontinuidade geométrica. O estudo, ainda em andamento, busca aprimorar a simulação e contribuir para diretrizes construtivas que associem eficiência estrutural, conforto dinâmico e sustentabilidade em edificações em madeira industrializada.

**Palavras-chave:** Wood frame, Frequência natural, Modelagem numérica, Aberturas, Comportamento dinâmico.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema construtivo *wood frame* tem se consolidado como uma das principais alternativas sustentáveis em países desenvolvidos como Estados Unidos, Canadá, Japão e Alemanha, sendo amplamente empregado em edificações residenciais e, mais recentemente, em construções de múltiplos pavimentos (Szczepanski *et al.*, 2022). Entre suas vantagens destacam-se a menor emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) quando comparado a estruturas de concreto e aço, a elevada eficiência energética e a significativa redu-

ção do tempo de execução, decorrente da industrialização dos componentes (Shyamala *et al.*, 2020).

Apesar do avanço na aplicação do *wood frame*, ainda há lacunas relevantes no conhecimento sobre o seu comportamento estrutural dinâmico e investigações detalhadas sobre a resposta vibracional do sistema frente a ações dinâmicas não sísmicas (Long *et al.*, 2018). Esta ausência de informações é crítica, pois o comportamento dinâmico influencia diretamente o conforto dos ocupantes e a integridade estrutural ao longo do tempo.

O comportamento excepcional das estruturas durante eventos sísmicos passados criou a necessidade de estudar o comportamento e inspecionar as práticas atuais de projeto para estruturas com madeira (Gani, Banday, Rai, 2023; Estrella *et al.*, 2020).

Normas técnicas, como a Norma Brasileira (NBR) 7190 (Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2022) e o Eurocode 5 (Europäische Norm (EN), 2004), fornecem diretrizes fundamentais para o cálculo e a verificação de desempenho mecânico. No entanto, ambas ainda carecem de especificações voltadas à análise dinâmica de edificações modulares e à influência de aberturas em painéis estruturais.

Nesse cenário, a modelagem pelo Método dos Elementos Finitos (MEF) tem se mostrado eficaz na análise de aspectos como geometria de aberturas e tipos de conexão (Szczepanski *et al.*, 2022).

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de simulação numérica, a influência da dimensão e da localização de aberturas nas frequências naturais de vibração de edificações em sistema *wood frame*, buscando contribuir para o aprimoramento do desempenho estrutural e do conforto dinâmico dessas construções.

---

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Comportamento dinâmico da madeira

A madeira é um material viscoelástico anisotrópico cujas propriedades influenciam seu comportamento vibracional (Koblar e Boltežar, 2013). Além da leveza e da alta relação resistência-peso, essas características conferem à madeira uma resposta favorável frente a excitações dinâmicas, tornando-a adequada para construções em regiões suscetíveis a abalos sísmicos (Gautam e Chaulagain, 2016).

Entre as espécies utilizadas no sistema *wood frame*, destaca-se as coníferas (*softwood*), como o *Pinus Sylvestris* (Szczepanski *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2021), amplamente empregadas devido à homogeneidade e ao bom desempenho mecânico.

No campo das análises dinâmicas, três propriedades são fundamentais: o módulo dinâmico de elasticidade, a frequência natural e o amortecimento (Koblar e Boltežar, 2013). Esses parâmetros são essenciais para ca-

racterizar o comportamento vibracional. A frequência natural é relevante, pois representa a taxa de oscilação livre do sistema após uma excitação inicial e depende das propriedades mecânicas e geométricas da estrutura (Zheng, Huo e Yuan, 2008).

## 2.2 Aberturas e seus efeitos estruturais

Na prática, aberturas são incorporadas nas paredes para finalidades funcionais e arquitetônicas. No entanto, sua disposição e geometria modificam a rigidez global e a resistência ao cisalhamento, podendo alterar em até 30% as frequências naturais do sistema (Szczepanski *et al.*, 2022). Assim, compreender a influência das aberturas é essencial para a segurança e o desempenho vibracional das construções em *wood frame*.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Geometria e propriedades dos modelos

O modelo tridimensional representou uma edificação de quatro pavimentos, com 19 m de largura e 41 m de comprimento, tipologia plataforma. As paredes, com 0,15 m de espessura e 3,95 m de altura, foram modeladas como material homogêneo. Essa abordagem é válida para análises dinâmicas lineares, nas quais o comportamento global é dominado pela rigidez e pela massa efetiva dos painéis (Szczepanski *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2021). As conexões foram executadas conforme tipo tubular interno (*inner tubes*), atuando como sistemas de retenção por atrito capazes de se acoplar com precisão à superfície inferior das peças.

As propriedades do material adotado, *Pinus Sylvestris*, estão apresentadas na Tabela 1, conforme Yang *et al.* (2021).

**Tabela 1. Propriedades mecânicas do material adotado.**

Elemento	Material	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Elasticidade (GPa)	Coefficiente Poisson
Estrutura / Parede	Pinus Sylvestris	440	3,178	0,3

A aplicação das cargas foi realizada antes da análise, considerando apenas as ações permanentes, representadas pelo peso próprio da estrutura. Para simular de forma mais realista o comportamento global, as reações de apoio na base foram engastadas, restringindo translações e rotações, a fim de representar os vínculos de fundação.

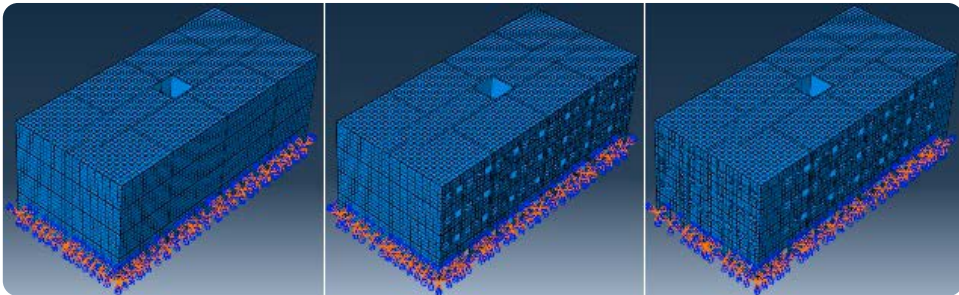
### 3.2 Configuração dos modelos numéricos

Três modelos principais foram analisados (**Figura 1**):

- **Modelo 1** (referência): sem aberturas;
- **Modelo 2**: 22 aberturas por pavimento nas paredes externas de maior comprimento;
- **Modelo 3**: combinação de 18 aberturas nas paredes maiores e 10 nas paredes menores.

As janelas utilizadas foram de dois tipos: J1 ( $1,2 \times 1,2$  m) e J2 ( $0,6 \times 1,0$  m).

Figura 1. Localização das aberturas nos modelos.



### 3.3 Estratégia de simulação

As simulações foram realizadas pelo MEF no software ABAQUS. Os painéis de madeira (paredes e entrespis) empregando elementos de casca S4R, de quatro nós e integração reduzida. A malha foi conduzida pelas partições coincidentes com as arestas dos *inner tubes* e das aberturas, de modo a alinhar as arestas às descontinuidades geométricas e interfaces de contato. Esse refinamento afetou diretamente a quantidade de nós do modelo – fator que implicou diferenças numéricas entre os resultados modais.

Assim, a comparação entre as configurações foi conduzida em pontos de referência definidos, considerando a localização exata dos nós analisados e com intervalos de 0 a 20 Hz para os modos.

## 4. RESULTADOS PARCIAIS

Os resultados da análise modal indicaram que modelo de referência apresentou comportamento dominado pela flexão global, enquanto as demais configurações revelaram interação entre flexão e torção, causada pela assimetria introduzida pelas aberturas. Essa diferença evidencia uma descontinuidade de rigidez que altera desempenho vibracional global.

O refinamento de malha e o ajuste das condições de contorno proporcionaram melhor convergência e precisão dos modos. Embora o aumento do número de nós implique maior tempo de análise, permitiu melhor representação das regiões críticas nas bordas das aberturas e interfaces entre painéis.

Os valores obtidos estão em consonância com os relatados por Szczepanski *et al.* (2022), que observaram reduções de até 25 % nas frequências de paredes com aberturas centrais, e com Estrella *et al.* (2020), que observaram redistribuição modal e comportamento não linear em paredes estruturais sob carregamento dinâmico.

A análise atual concentra-se em avaliar a influência da posição dos pontos de observação e a variação modal ao longo da altura da edificação, buscando estabelecer correlações entre configuração geométrica e comportamento dinâmico.

---

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados preliminares reforçam que o efeito das aberturas e a posição das aberturas exercem influência no comportamento dinâmico de edificações em *wood frame*, afetando as frequências naturais e a interação entre modos, especialmente no acoplamento entre modos de flexão e torção.

As próximas etapas do estudo contemplam análises envolvendo a inserção de camadas de amortecimento entre os painéis e entrelpisos, visando avaliar sua influência na dissipação de energia e no amortecimento estrutural. Espera-se, ao final da pesquisa, propor diretrizes construtivas que integrem eficiência estrutural, conforto dinâmico e sustentabilidade em sistemas industrializados de madeira.

---

## 6. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 pelo apoio à pesquisa.

## 7. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190-1: Projeto de estruturas de madeira**: parte 1: critérios de dimensionamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- ESTRELLA, X., GUINDOS, P., ALMAZÁN, J. L., e MALEK, S. Efficient nonlinear modeling of strong wood frame shear walls for mid-rise buildings. **Engineering Structures**, v.215, p.110670, 2020.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Eurocode 5: Design of timber structures**: Part 1-2: General – Structural fire design (EN 1995-1-2). Brussels: CEN, 2004. <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/EN-Eurocodes/eurocode-5-design-timber-structures>
- GANI, A., BANDAY, J. M., RAI, D. C. Seismic evaluation of traditional timber framed masonry systems using shake table tests and finite element modelling. **Innovative Infrastructure Solutions**, v.8, n.231, 2023.
- GAUTAM, D., CHAULAGAIN, H. Structural performance and associated lessons to be learned from world earthquakes in Nepal after 25 April 2015 (MW 7.8) Gorkha earthquake. **Engineering Failure Analysis**, v.68, p.222–243, 2016.
- KOBLAR, D., BOLTEŽAR, M. Evaluation of the frequency-dependent young's modulus and damping factor of rubber from experiment and their implementation in a finite-element analysis. **Experimental Techniques**, 2013.
- LONG, X.-H., MA, Y.-T., YUE, R., FAN, J. Experimental study on impact behaviors of rubber shock absorbers. **Construction and Building Materials**, v.173, p.718–729, 2018.
- SHYAMALA, G., RAJESH KUMAR, K., OLALUSI, O. B. Impacts of nonconventional construction materials on concrete strength development: Case studies. **SN Applied Sciences**, v.2, n.11, 2020.
- SZCZEPANSKI, M., MANGURI, A., SAEED, N., CHUCHALA, D. The effect of openings' size and location on selected dynamical properties of typical wood frame walls. **Polymers**, v.14, n.497, 2022.
- YANG, S., WANG, J., WANG, Y., LI, T. Dynamic analysis of seventh-class column frame with cushion. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v.634, p.012125, 2021.
- ZHENG, L., SHARON HUO, X., YUAN, Y. Experimental investigation on dynamic properties of rubberized concrete. **Construction and Building Materials**, v.22, n.5, p.939–947, 2008.

# EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO 5.0: REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE COMPETÊNCIAS

## **Felipe Felix Silveira dos Santos**

Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
felipefss@estudante.ufscar.br

## **Sheyla Mara Baptista Serra**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

**Resumo:** Durante os últimos anos, o debate sobre a atualização do processo de formação dos profissionais tem crescido, em vista do desenvolvimento tecnológico que tem impactado os setores industriais, requisitando profissionais com competências e habilidades que vão além do conhecimento técnico. Este cenário é reforçado ao se discutir as transformações da próxima revolução industrial, a Indústria 5.0. Dessa forma, a presente pesquisa tem o objetivo de aprofundar o conhecimento das mudanças propostas pela 5ª Revolução Industrial, e refletir sobre o delineamento de uma abordagem de ensino para a engenharia baseada no desenvolvimento das competências e habilidades fundamentais, em especial para a Engenharia Civil (EC) no contexto da futura Construção 5.0. O estudo será conduzido por meio de Revisão Bibliográfica Sistemática, Estudo de Caso com Pesquisa Documental, e Survey com profissionais atuantes no mercado. Como objeto de pesquisa serão estudados dois cursos de EC no Brasil, comparando-os com curso nos Estados Unidos. O principal resultado esperado será a proposta de reflexão sobre os fundamentos de uma abordagem de ensino para cursos de EC alinhada às demandas futuras da Indústria 5.0 e Construção 5.0, com uma formação com qualificações, competências e habilidades pessoais, ampliando o campo de atuação e expansão profissional.

**Palavras-chave:** Ensino de engenharia, Ensino inovador, Competências, Construção 5.0, Indústria 5.0.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Historicamente as Instituições de Ensino Superior (IES) são as formadoras de profissionais para a indústria. Contudo, devido a um desalinhamento entre o progresso visto no meio industrial e os modelos de ensino aplicados nas IES, houve um aumento do *déficit* de desenvolvimento de competências e habilidades nos profissionais que ingressam no mundo do trabalho (Bühler; Jelinek; Nübel, 2022).

Como forma de realinhar o vetor de comunicação indústria-educação, cresce nos últimos anos o debate sobre uma possível Indústria 5.0 (I5), que propõe uma nova perspectiva de revolução sobre três pilares: a Centralidade no ser humano, a Sustentabilidade e a Resiliência (Vogel; Lindner; Kratzsch, 2023; Xu *et al.*, 2021).

O curso de Engenharia Civil (EC) é um dos mais tradicionais e oferecidos por várias IES, abarcando o importante setor econômico da construção civil. Assim, essa pesquisa visa refletir sobre o processo formativo dos estudantes de EC de forma a atender as demandas da I5 com foco em sua atuação na Construção 5.0 (C5).

---

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Indústria 5.0

O termo “Indústria 5.0” (I5) foi proposto por Michel Rada em 2015 (Rada, 2018). Nos anos seguintes a discussão sobre uma I5 cresceu na academia e em alguns setores da indústria, contudo não há ainda um consenso claro sobre seus objetivos e como implementá-la (Vogel; Lindner; Kratzsch, 2023; Xu *et al.*, 2021).

Entre os maiores expoentes na pesquisa sobre a I5, a União Europeia produziu o relatório “*Industry 5.0: towards a sustainable human-centric and resilient European industry*”, que aborda a I5 como um objetivo aprimorado e global, priorizando não apenas o lucro da produção em massa de bens e serviços, mas atendendo as novas premissas (Carayannis; Morawska, 2023; European Commission, 2021).

A centralização no ser humano posiciona as demandas humanas no centro do sistema de produção, ressignificando a rota de progresso pela tecnologia, em que trabalhadores passam de um papel de “custo” para “investimento”, onde a tecnologia deve servir à sociedade na sua plena diversidade (Xu *et al.*, 2021).

O pilar da sustentabilidade foca, principalmente, na gestão e conservação dos recursos naturais, buscando conscientizar a sociedade sobre a limitação e os riscos do uso excessivo desses recursos por parte da indústria e seus processos, enfatizando a necessidade de serem mais sustentáveis e responsáveis (Mazur; Walczyna, 2022).

A resiliência aborda a organização das indústrias como motor na sociedade, com implementação de reformas e investimentos nas prioridades de resiliência ecológica, social e digital (European Commission, 2021).

## 2.2 Educação em Engenharia na era 5.0

Uma visão educacional 5.0 não descarta os avanços obtidos até o momento, mas transforma os modelos educacionais, com estratégias de sustentabilidade e conceitos humanísticos, já presentes em certa medida na Indústria 4.0 e Educação 4.0 (Fonseca, 2021).

A educação em engenharia na era 5.0, abrange a sustentabilidade social, ambiental e econômica, que devem ser debatidos sobre um novo prisma de aprendizagem transdisciplinar, com métodos ativos de ensino, atrelados às tecnologias futuras (Broo, Kaynak e Sait, 2022).

Com a estrutura curricular das IES adotando preceitos da E5, os futuros profissionais de engenharia estarão amparados para lidar com problemáticas relacionadas à Sociedade 5.0, agregando ao processo de formação valor e qualidade, já incentivados por projetos como a Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Lantada, 2020).

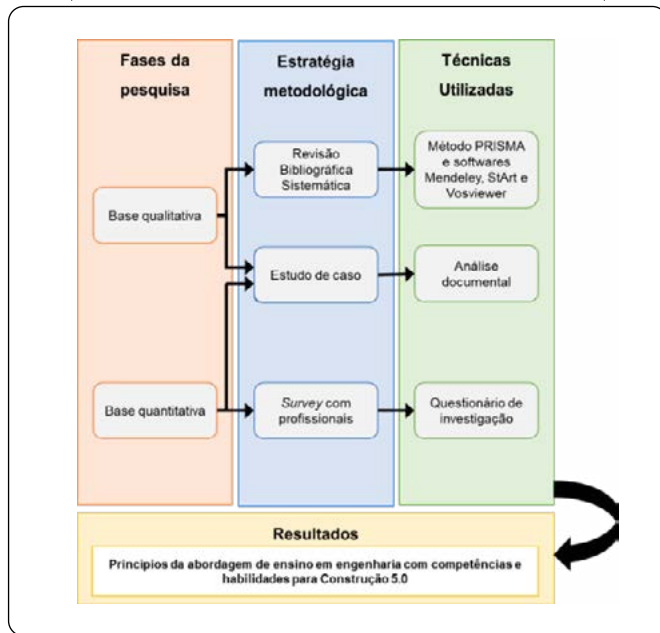
---

## 3. METODOLOGIA

O presente estudo utiliza a técnica de pesquisa aplicada, ampliando o conhecimento científico sobre a temática da educação em engenharia na era 5.0, com uma abordagem mista, trabalhando com dados qualitativos e quantitativos.

Com uma pesquisa exploratória-descritiva, o estudo possui uma sequência de métodos que envolve a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), focada em compreender o cenário de estudo e conceitos principais que permeia a temática. Na sequência, o método será o Estudo de Caso com Pesquisa Documental, voltada as ações e estratégias adotadas nas três IES pesquisadas: *University of Florida* (UF) nos Estados Unidos, a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Essas universidades foram selecionadas em função dos contatos dos pesquisadores. O terceiro método de pesquisa será um questionário *online* (*Survey*) com profissionais atuantes no mercado da construção visando identificar as competências necessárias. O fluxo metodológico da pesquisa é dividido em quatro fases principais, como é ilustrado na **Figura 1**.

Figura 1. Fluxo metodológico, Autoria Própria (2025)



Esta sequência de ações, permite buscar, tratar e analisar os dados de forma a extrair as informações mais relevantes para a pesquisa.

## 4. RESULTADOS

Com resultados prévios das fases de RBS e Estudo de Caso, constatou-se que a temática da I5 ainda não foi explorada amplamente na área da construção e engenharia. O pico de publicações relacionado ao tema da pesquisa ocorreu em 2022, com quatro estudos, indicando uma lacuna de pesquisas.

Em resumo dos principais temas tangentes à discussão da educação em engenharia na I5, identificados na RBS tem-se: Reforma do ensino de engenharia; Metodologia de ensino transdisciplinar; Engenharia sustentável; Integração humano-máquina. As competências e habilidades da I5 envolvem a construção de aplicações tecnológicas, sociais e ambientais de uma nova sociedade, que não são apenas características profissionais, mas envolvem a forma de enxergar o mundo e seu impacto em uma visão extensiva de sociedade consciente.

A maneira que as IES deverão estruturar o processo de formação irá incluir práticas e métodos que desenvolvam habilidades como Gêmeos Digitais, *Cobots* (Robôs Colaborativos) e a Criatividade em conjunto com competências de Sustentabilidade na logística, Pensamento enxuto e Interpretação de cenários, que possibilita os engenheiros do futuro a lidarem de forma mais eficaz com tecnologias e questões da era 5.0.

Além disso, ao comparar o grupo de competências relacionadas da

era 5.0 com o currículo dos cursos de engenharia das universidades utilizadas na pesquisa e as Novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de engenharia no Brasil, percebe-se que há uma indicação curricular para a oferta de diferentes oportunidades durante a formação, como Flexibilização do currículo e Integração entre teoria e prática. Em paralelo, verifica-se também o incentivo ao desenvolvimento de competências e habilidades socioemocionais (*soft skills*) interdisciplinares correlacionadas à engenharia.

Outrossim, os resultados prévios indicam que com uma sociedade caminhando na direção de uma era 5.0, a educação em engenharia demanda uma reaproximação de estudantes e docentes, às tecnologias e avanços dos setores de fora da academia. Ou seja, os modelos de ensino interdisciplinares na Educação 5.0, interconecta o conhecimento técnico com o meio social e ambiental, direcionando a construção de uma engenharia e seus profissionais, mais complexa e global, com as competências e habilidades necessárias à indústria real.

---

## 5. CONCLUSÃO

Com o que se tem até o momento considerando uma breve análise dos resultados iniciais, é que a introdução de princípios da I5 no ensino de engenharia, ainda necessita de um aprofundamento acerca dos reais impactos e formas de aplicá-la. Diferentemente das outras revoluções industriais, na I5 as mudanças não são provenientes de inovações tecnológicas, mas de transformação de valores sociais.

Em suma, um futuro processo de transição da I4 para I5 no ensino de engenharia civil, seguirá uma alteração do perfil não apenas de engenheiro que as IES querem formar, mas também que tipo de cidadão será integrado na Sociedade 5.0.

---

## 6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## 7. REFERÊNCIAS

BROO, D. G.; KAYNAK, O.; SAIT, S. M. Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 25, p. 100311, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311>

BÜHLER, M. M.; JELINEK, T.; NÜBEL, K. Training and preparing tomorrow's workforce for the Fourth Industrial Revolution. **Education Sciences**, v. 12, n. 11, p. 782, 2022. <https://doi.org/10.3390/educsci12110782>

CARAYANNIS, E. G.; MORAWSKA, J. University and Education 5.0 for emerging trends, policies and practices in the concept of Industry 5.0 and Society 5.0. In: MACHADO, C. F.; DAVIM, J. P. (org.). **Industry 5.0**. Springer, 2023. p. 1–25. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-26232-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-26232-6_1)

**EUROPEAN COMMISSION**. Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. 1. ed. **Luxembourg: Directorate-General for Research and Innovation, Publications Office of the European Union, 2021**. Disponível em: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en). Acesso em: 15 out 2025.

FONSECA, E. S. Educação 5.0: o conectivismo, a revolução digital e o ensino a distância- contribuições para o ensino híbrido. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 4, e24197, 2021. <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i4.197>

LANTADA, A. D. Engineering Education, v.36: continuously evolving Engineering Education. **International Journal of Engineering Education**. v. 36, n. 6, p. 1814-1832, 2020. Disponível em: [https://www.ijee.ie/1atestissues/Vol36-6/10\\_ijee3990.pdf](https://www.ijee.ie/1atestissues/Vol36-6/10_ijee3990.pdf). Acesso em: 15 out 2025.

MAZUR, B; WALCZYNA, A. Sustainable development competences of engineering students in light of the Industry 5.0 concept. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 12, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14127233>

**RADA, M. Industry 5.0 definition. [S. l.], 2018**. Disponível em: <https://michael-rada.medium.com/industry-5-0-definition-6a2f9922dc48>. Acesso em: 15 out 2025.

VOGEL, C.; LINDNER, F.; KRATZSCH, A. Practical engineering education: use of collaborative robots in the context of Industry 5.0. In: World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC), 2023. **Proceedings.... Monterrey, Mexico: IEEE, 2023**. p. 1– 11. <https://doi.org/10.1109/WEEF-GEDC59520.2023.10344213>.

XU, X. *et al.* Industry 4.0 and Industry 5.0: inception, conception and perception. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 61, p. 530–535, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

# FLUXOGRAMA PARA SINCRONIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE PRAZO E DO CUSTO DO SERVIÇO DE ALVENARIA NO MODELO BIM

## **Carlos Francisco Minari Junior**

Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
carlosminari@estudante.ufscar.br

## **Sheyla Mara Baptista Serra**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

**Resumo:** O contexto atual de inovação tecnológica e organizacional orienta a aplicabilidade do *Building Information Modeling (BIM)*, de forma a atender simultaneamente a gestão das várias especialidades de projeto, integrando com os parâmetros de prazo e custo do empreendimento. Entretanto, apesar da crescente aplicação, cotidianamente observa-se ausência de diretrizes na concepção do modelo virtual com base nas premissas de planejamento e do orçamento da obra, acarretando dificuldades de uso eficiente dos parâmetros prazo e custo durante o processo de projeto. As atuais ferramentas digitais e softwares possibilitam a sincronização das informações, mas os procedimentos de modelagem com o uso de diferentes programas nem sempre se apresentam detalhados e sistematizados. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa é propor um fluxograma para auxiliar na sincronização do prazo e do custo ao modelo BIM do processo de produção de alvenaria. A metodologia adotada foi a *Design Science Research (DSR)* e a estratégia considerada na pesquisa foi o Estudo de Caso, a partir das etapas de concepção de um modelo virtual, processo de orçamentação, planejamento físico, sincronização das informações de prazo e de custo. Na sequência, mediante cenários previstos, foram realizadas e comparadas opções de simulação, considerando variáveis inerentes ao serviço de alvenaria. Os resultados permitiram validar o fluxograma proposto, contribuindo para sistematizar o procedimento de sincronização do prazo e custo durante a fase de projeto dos empreendimentos.

**Palavras-chave:** Building Information Modeling; custo; prazo; simulação; sincronização.

## 1. INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil (ICC) possui uma estrutura complexa, dada a multiplicidade de stakeholders envolvidos em sua cadeia produtiva. A comunicação e interação eficazes entre projetistas, construtores, forne-

cedores e clientes são cruciais para garantir os resultados previstos na fase de projeto e a satisfação mútua das partes.

Os métodos tradicionais de projeto tendem a fragmentar e fragilizar o processo produtivo, culminando no distanciamento interdisciplinar e na deficiência de coordenação entre as equipes. Tais fatores comprometem a obtenção dos resultados esperados, notadamente a manutenção dos prazos e custos previstos. Trabalhar de forma colaborativa permite aos profissionais e empresas obterem melhores resultados interna e externamente ao ambiente das empresas, conforme Manziane (2013).

No contexto da evolução tecnológica e transformação digital, diversas empresas e governos vêm adotando a metodologia Building Information Modeling (BIM), na busca de maior eficiência nas atividades do setor (SENA, 2021).

BIM é uma metodologia que vem inovando a forma de projetar, planejar e executar projetos de construção (EASTMAN et al., 2014). Como resultados de sua aplicação no orçamento e planejamento, destaca-se maior precisão e assertividade orçamentária, com integração de diferentes disciplinas, maior controle em cronogramas e facilitação na previsão do arranjo físico (CÁRDENAS et al., 2018; CALDART e SCHEER, 2022).

Porém, a falta de integração entre as equipes de projeto e de planejamento (orçamento e cronograma de obra), aliada à imprecisão na definição de escopo, prazos e custos, gera um ambiente propício para a ocorrência de imprevistos e retrabalhos, culminando em atrasos e aumentos de custos (TRAN et al., 2024). Para tentar reduzir tais problemas, a elaboração de estimativas de custos e de cronogramas, passou a ser associada a um protótipo virtual da construção, cujos componentes são parametrizáveis, armazenando informações entre si.

Esse protótipo pode utilizar-se dos softwares BIM, que permitem a inserção e extração de dados geométricos e não geométricos ao longo de todo o ciclo de vida de uma edificação (BEZERRA; RIBEIRO, 2021), e também utilizar, de forma sincronizada, de softwares específicos de planejamento e de orçamento. A modelagem detalhada possibilita a realização de simulações que testam a viabilidade de diferentes cenários construtivos, incluindo o uso de materiais ou técnicas alternativas (GIACOMAZZI et al., 2024).

---

## 2. DESENVOLVIMENTO

O projeto adotado nessa pesquisa foi concebido em alvenaria de vedação com função estrutural. A construção possui área de 64,79m<sup>2</sup> e é constituída de um pavimento térreo.

No estudo, a técnica adotada foi agrupar as paredes em: Grupo 1 - paredes lisas, as quais não contém vãos de abertura, Grupo 2 - paredes com

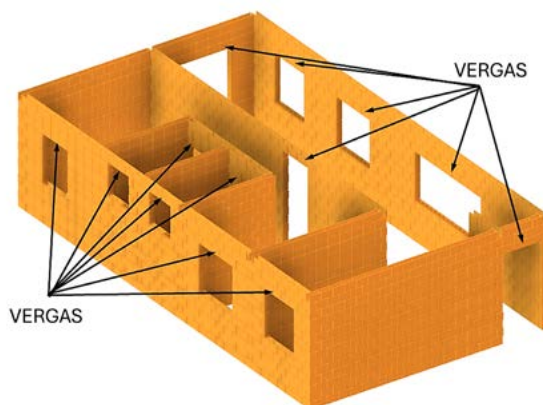
vão de janelas e Grupo 3 - paredes com vão de portas, como sendo elevações de alvenaria parametrizadas.

No projeto adotado foi realizada a modelagem paramétrica utilizando *software* BIM. Nesse caso, a ferramenta utilizada foi o *software* Revit 2020 e o template alvenaria estrutural. A finalidade da modelagem paramétrica é gerar modelos digitais controlados por parâmetros. Nesse estudo foram selecionadas as elevações de parede, considerando os blocos cerâmicos, dimensões das paredes, distribuição das fiadas ímpares e pares com o objetivo de visualizar o “travamento” de toda a alvenaria, por meio do processo de amarração, canaletas utilizadas nas vergas e contravergas, armações em aço verticais e horizontais e grauteamentos, obtendo quantidades a serem utilizadas nas etapas de estimativa de custo e simulações. A modelagem da alvenaria de vedação com função estrutural está representada conforme as **Figuras 1 e 2**.

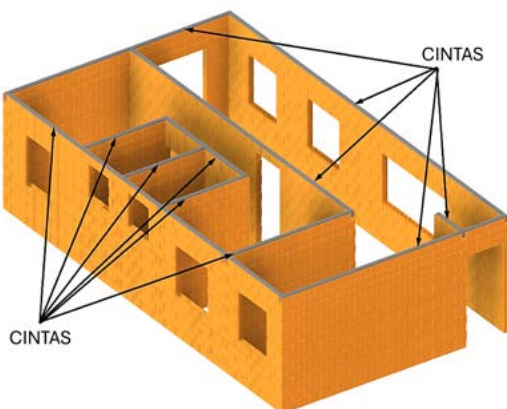
A extração de quantidades do modelo foi realizada por meio do *software* Revit.

A estimativa de custo para o processo de produção de alvenaria foi obtida por meio de um orçamento detalhado (orçamento executivo).

**Figura 1. Modelagem da alvenaria de vedação com função estrutural (Vergas), Autor (2025).**



**Figura 2. Modelagem da alvenaria de vedação com função estrutural (Cintas), Autor (2025).**



A partir da Estrutura Analítica de Projeto (EAP) foi elaborado o cronograma físico-financeiro por meio do *software MS Project*.

Na sequência das etapas, as informações obtidas na modelagem e na elaboração do cronograma, foram transferidas para o *software Navisworks*. Com isso, foi possível ter uma visão integrada do projeto.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia adotada foi a *Design Science Research (DSR)*. Esse método é definido por March e Smith (1995) como um procedimento de pesquisa para a construção de artefatos destinados a resolver problemas presentes no mundo real, com o objetivo de resolver um problema prático num contexto específico e gerar novo conhecimento, envolvendo sistemas sociotécnicos. As etapas da metodologia aplicadas foram: etapas principais - Identificação do problema, Revisão Sistemática de Literatura, Revisão bibliográfica, Estudo exploratório, Coleta de dados, Desenvolvimento e Fluxograma para sincronização de prazo e custo no modelo BIM.

### 4. RESULTADOS

Conforme a **Tabela 1** comparativa representa de forma compilada, os resultados obtidos na projeção inicial (Cenário 1) e nas simulações (Cenários 2 e 3), devido às alterações na especificação da argamassa de assentamento; argamassa estabilizada e tipo bisnaga, considerada como uma variável no processo de produção de alvenaria. Analisando os Cenários 1 e 2 houve uma redução de 12,81% no custo unitário e um ganho de produtividade de 28,44%.

**Tabela 1. Resultados obtidos nas simulações**

	Custo unitário da composição (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo do processo de execução de alvenaria (R\$)	Duração da tarefa "Executar alvenaria estrutural" (dias)	Produtividade do processo de execução da alvenaria (m <sup>2</sup> /h)
Projeção inicial - Cenário 1	85,98	21.732,50	16	1,16
Simulação - Cenário 2	74,96	20.169,65	12	1,49
Simulação - Cenário 3	68,65	19.274,76	8	2,33

Autor (2025).

---

## 5. CONCLUSÃO

A técnica adotada possibilitou obter informações de prazo e custo para o processo de produção de alvenaria.

O BIM teve uma contribuição fundamental em todas as etapas do estudo.

Conclui-se que o estudo teve uma contribuição teórico-prática, alinhado aos objetivos e à metodologia, O fluxograma proposto atendeu a sistematização do procedimento de sincronização e de simulação considerando prazo e custo, apoiando os profissionais envolvidos no projeto na tomada de decisão diante dessas informações. Ressalta-se que o estudo pode ser aplicado em outros serviços construtivos.

### Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código Financeiro 001.

---

## 6. REFERÊNCIAS

BEZERRA, C. R. da M.; RIBEIRO, S. A. Proposta de fluxo BIM otimizado para estimativa de custo e planejamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. *Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-8. <https://doi.org/10.46421/sbtic.v3i00.571>

CALDART, C. W.; SCHEER, S. Construction site design planning using 4D BIM modeling. *Gestão & Produção*, v. 29, e5312, 2022. <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2022v29e5312>.

CÁRDENAS, C.; ZAPATA, P.; LOZANO, N. Building Information Modeling 5D and Earned Value Management methodologies integration through a computational tool. *Revista Ingeniería de Construcción*, v.33, n. 3, 2018. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000300263>.

EASTMAN, C; TEICHOLZ, P; SACKS, R; LISTON, K. **Manual de BIM Handbook**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GIACOMAZZI, R.; SOTO, S. L.; MORMELO, K. J.; ROMANEL, F. B.; LOBO, A. V. A importância do Building Information Modeling – BIM no orçamento e planejamento de obras residenciais. *Revista On-line IDD*, n. 6, 2024. Disponível em: [https://revista.idd.edu.br/file-repository/revistaArtigo/revistaEdicao6/Giacomazzi,\\_Soto,\\_Mormelo,\\_Romanel\\_e\\_Lobo.\\_A\\_Importancia\\_do\\_BIM\\_no\\_Orçamento\\_e\\_Planejamento\\_de\\_Obras.pdf](https://revista.idd.edu.br/file-repository/revistaArtigo/revistaEdicao6/Giacomazzi,_Soto,_Mormelo,_Romanel_e_Lobo._A_Importancia_do_BIM_no_Orçamento_e_Planejamento_de_Obras.pdf). Acesso em: 15 out. 2025.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão de processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013a. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dep. de Engenharia de Construção Civil. 2013. São Paulo, SP. 325p. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014-124306/publico/TESE\\_LEONARDO\\_MANZIONE.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-08072014-124306/publico/TESE_LEONARDO_MANZIONE.pdf).

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research in Information Technology. *Decision Support Systems*, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995. [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2)

SENA, T. C. de. **BIM Colaborativo: proposta de framework BIM para colaboração no desenvolvimento de projetos**. 2021. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-02062021-084427/pt-br.php>.

TRAN, T. V.; TRAN, H. V. V.; NGUYEN, T. A. A review of challenges and opportunities in BIM adoption for construction project management. *Engineering Journal*, v. 28, n. 8, p. 79-98, 2024. <https://doi.org/10.4186/ej.2024.28.8.79>

# IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS NET ZERO EM RETROFIT DE EDIFICAÇÕES: AVALIAÇÕES DO CICLO DE VIDA APLICADAS A UM ESTUDO DE CASO BRASILEIRO

## **Carolina Polotto Christovan**

Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
carolinachristovan@estudante.ufscar.br

## **Cristiane Bueno**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
cbueno@ufscar.br

**Resumo:** A urgência da crise climática tem impulsionado transformações no setor da construção civil, exigindo intervenções que reduzam as emissões de carbono tanto em novas edificações quanto em construções existentes. O “Desafio 2030”, por exemplo, propõe metas ambiciosas de descarbonização até 2030 e a transição total para edifícios net zero até 2050. Essa mudança é urgente e necessária, e deve ser aplicada tanto em novas construções quanto em edifícios existentes para que o objetivo global de net zero seja alcançado. Assim, este estudo tem como objetivo identificar e avaliar as principais soluções adotadas em retrofits net zero, considerando tanto o carbono incorporado quanto o operacional, e aplicá-las a um estudo de caso brasileiro. A metodologia envolve uma revisão sistemática da literatura, a elaboração de um quadro comparativo de estratégias por tipologia e clima, e a simulação de desempenho energético no software EnergyPlus para a biblioteca da Universidade Federal de São Carlos. Com a solução ideal em mãos, que representa aquela de maior redução no consumo energético, uma Avaliação do Ciclo de Vida completa será realizada, a fim de analisar o impacto da reforma sobre a pegada de carbono do edifício como um todo, bem como em quanto tempo as emissões de carbono associadas à reforma serão compensadas pela redução nas emissões operacionais, ou seja, o retorno ambiental (carbon payback) da intervenção.

**Palavras-chave:** Retrofit, Net Zero, Desempenho de Edificações, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com as mudanças climáticas tem impulsionado transformações significativas no setor da construção civil, responsável por cerca de 40% do consumo energético global e aproximadamente 28% das emissões de carbono operacional globais (ARCHITECTURE 2030,

2005). Diante desse cenário, iniciativas como o Desafio 2030 estabeleceram metas ambiciosas de descarbonização, incluindo uma redução drástica das emissões até 2030 e a transição completa para edificações de carbono neutro até 2050.

De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), para limitar o aumento da temperatura global a 1,5 °C, meta central do Acordo de Paris, as emissões globais precisam atingir o pico até 2025 e reduzir pelo menos 43% até 2030, em comparação aos níveis de 2019. Paralelamente, a Architecture 2030 (2005) alerta que a área construída mundial deve dobrar até 2050. Essa projeção evidencia que o cumprimento das metas de neutralidade de carbono depende não apenas de novas construções, mas também da reabilitação do parque edificado existente.

Assim, este estudo tem como objetivo identificar e avaliar as estratégias mais adotadas em retrofits Net Zero, sistematizando-as em um quadro comparativo de soluções e aplicando-as a um estudo de caso, com o objetivo de orientar o setor da construção civil quanto às soluções existentes e replicáveis em contextos de clima quente.

---

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Edificações net zero

De acordo com o UK Green Building Council (2019), o termo Net Zero pode abranger diferentes dimensões: energia, carbono, água e resíduos, sendo que a mais completa é o Net Zero Carbon Life Cycle. O Net Zero Energy Building (NZEB) é uma das vertentes mais conhecidas e refere-se a edificações que geram a energia que consomem ao longo do ano, utilizando normalmente energias renováveis para isso.

Em climas frios, priorizam-se medidas voltadas à retenção de calor (CARRATT et al., 2020), já em climas quentes, o foco está na redução das cargas de resfriamento, por meio de estratégias passivas, como ventilação natural cruzada, proteções solares externas, fachadas ventiladas, telhados frios e materiais de alta refletância solar (LUO, 2022). Dessa forma, as edificações Net Zero representam um novo paradigma no setor, exigindo a adoção de práticas integradas de projeto e operação.

### 2.2 Avaliações do Ciclo de Vida (ACV)

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é a principal ferramenta para quantificar impactos ambientais operacionais e incorporados, abrangendo todas as fases da edificação, da extração de matérias-primas ao descarte final, conforme as normas ABNT NBR 14040 e 14044 (2009). Esse método será utilizado ao final das análises energéticas para avaliar também os impactos incorporados.

### 3. METODOLOGIA

Primeiramente, uma revisão sistemática da literatura foi conduzida para encontrar as principais soluções adotadas quando o assunto é retrofit net zero. No tópico de resultados, é possível conferir quais foram os principais achados. As strings de busca foram as palavras “retrofit”, “net zero”, e “building” no título, resumo e palavras-chave.

Depois de finalizada, um banco de dados de soluções foi criado considerando dois cenários: climas frios, com necessidade de aquecimento e climas quentes, com necessidade de resfriamento. As vertentes analisadas foram as passivas (de envoltória) e as ativas (sistemas mecânicos). Para a envoltória, a análise considerou apenas o intervalo interquartil do coeficiente de transmissão térmica.

A partir desses resultados, um estudo de caso será conduzido futuramente. O edifício escolhido foi a Biblioteca Universitária da UFSCar. O *EnergyPlus* foi escolhido para testar todas as combinações possíveis de soluções e, a partir destes testes futuros, será possível escolher aquela solução que resultou num menor consumo energético do edifício considerando o conforto térmico da localidade. A partir da escolha da combinação ideal, uma Avaliação do Ciclo de Vida completa será conduzida para avaliar toda a pegada de carbono relacionada ao edifício e, em quanto tempo ocorre o payback de carbono da reforma. A metodologia utilizada nesse caso será a TRACI e as fronteiras do sistema serão todos os módulos cradle-to-grave.

### 4. RESULTADOS

A RSL foi feita segundo os seguintes critérios: para a inclusão, os artigos tinham que avaliar um ou mais estudos de caso com parâmetros bem definidos e dados claros sobre as análises. Foram excluídas revisões, estudos de escala urbana, estudos que não comprovavam redução das emissões e estudos que não definiam de forma objetiva quais foram os parâmetros avaliados. Na primeira triagem, foram selecionados com base na leitura dos resumos e das palavras-chave, já na segunda triagem, foram analisados a partir da leitura na íntegra. A **Tabela 1** a seguir mostra a quantidade de estudos que foram aceitos.

**Tabela 1. Quantidade de estudos analisados**

Base	Estudos encontrados	Primeira Triagem	Segunda Triagem
Web of Science	206	17	6
Scopus	136	70	22
Engineering Village	211	13	3
Science Direct	74	3	2

Base	Estudos encontrados	Primeira Triagem	Segunda Triagem
Duplicados	22	-	-
Total	605	103	33

Autoria Própria (2025).

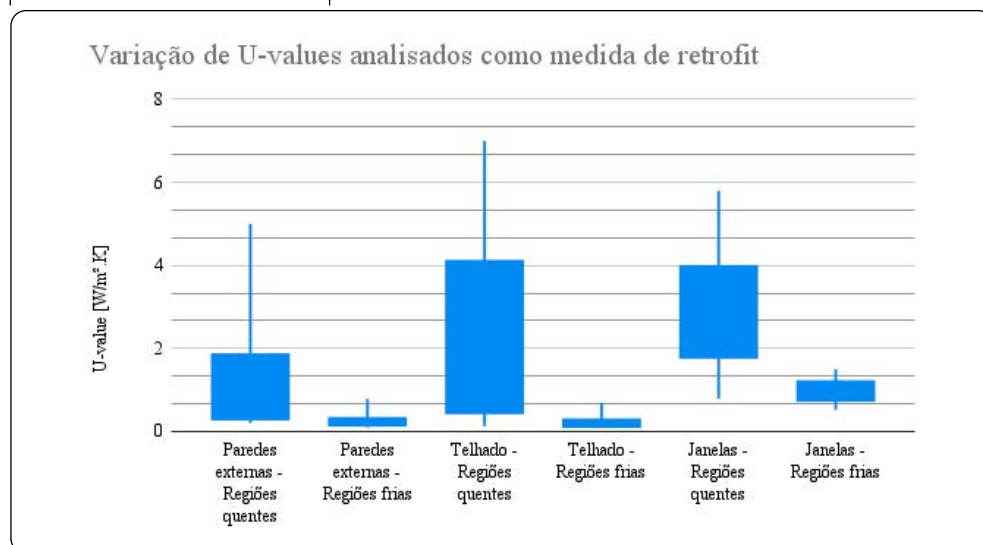
Para classificação quanto ao clima, as zonas da ASHRAE foram adotadas. Os 33 artigos finais foram separados da seguinte forma: região quente (1A – 3C) e região fria (4A – 8). Essa classificação é necessária para organizar as soluções considerando a necessidade de resfriamento ou aquecimento da localidade. Dentre os artigos, 57,6% são de regiões quentes e 42,4% de regiões frias. Do primeiro grupo, a maioria é da classificação 3A e do segundo grupo, a maioria é 4 A.

Com os climas bem definidos, a análise passa a ser feita considerando dois principais itens para cada tipo de região: soluções passivas (de envoltória) e soluções ativas (de sistemas mecânicos).

#### 4.1 Envoltória

Quando a análise entra na parte de envoltória, percebe-se que, dentre os estudos avaliados, os sistemas construtivos principais analisados foram paredes externas, telhado e janelas. Apesar da possibilidade de analisar também sombreamento e ventilação, o foco aqui será dado aos valores do coeficiente global de transmissão térmica (U-value). O **Gráfico 1** abaixo mostra visualmente essa variação.

Gráfico 1. Variação de U-value



#### 4.2 Sistemas mecânicos

Os equipamentos atualmente mais eficientes que podem fornecer tanto resfriamento quanto aquecimento são: bombas de calor; sistemas de

expansão direta como VRF/VRV, ou PTHP (*Packaged Terminal Heat Pump*). As soluções exclusivas de resfriamento são os *chillers* de alta eficiência ou *splits inverter*; já as soluções exclusivas de aquecimento observadas são os sistemas centralizados do tipo caldeiras de condensação a gás ou caldeiras elétricas.

Nos estudos desenvolvidos em climas quentes, observa-se uma ênfase maior em soluções ativas de geração de energia. Já nos climas frios e temperados, a literatura converge para a importância de retrofits mais profundos e integrados, especialmente no que se refere ao desempenho do envelope e à combinação de medidas passivas e ativas.

---

## 5. CONCLUSÃO

A análise dos estudos selecionados revelou padrões importantes e também desafios ainda presentes na implementação de estratégias de retrofit e eficiência energética. De forma geral, observou-se que os retrofits de edificações existentes podem alcançar reduções significativas de consumo energético. Entretanto, ressaltam que a dependência de simulações, a restrição de cenários avaliados e a ausência de validação com dados reais ainda constituem desafios muito recorrentes, que são também as limitações desse estudo. Entretanto, mesmo assim, os resultados podem ser utilizados como um norte para indústrias que pretendem implementar essas análises em seus projetos.

---

## 6. REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040. **Avaliação do Ciclo de Vida - princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2004. 30 p.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR ISO 14044. **Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009. 52 p.
- ARCHITECTURE 2030. **The 2030 challenge**. 2005. Disponível em: <<https://www.architecture2030.org/>>.
- CARRATT, A.; KOKOGIANNAKIS, G.; DALY, D. A critical review of methods for the performance evaluation of passive thermal retrofits in residential buildings. **Journal of cleaner production**, v. 263, p. 121408, 2020
- IPCC. **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, H. Lee e J. Romero (eds.)]. Genebra: IPCC, 2023.
- LUO, X. J.; OYEDELE, L. O. Assessment and optimisation of life cycle environment, economy and energy for building retrofitting. **Energy for Sustainable Development**, v. 65, p. 77-100, 2021.
- UK GREEN BUILDING COUNCIL. **Net Zero Carbon Buildings: A Framework Definition**. 2019. Disponível em: <<https://www.ukgbc.org/ukgbc-work/net-zero-carbon-buildings-a-framework-definition/>>

# O USO DE JOGOS LÚDICOS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE PRINCÍPIOS LEAN CONSTRUCTION

## **Cecília Carniello Correa**

Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
ceciliacarniello@estudante.ufscar.br

## **Sheyla Mara Baptista Serra**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

**Resumo:** O baixo grau de conhecimento dos princípios e ferramentas da lean construction ou construção enxuta pelos profissionais na Construção Civil pode ser decorrente da ausência da abordagem de conteúdos específicos durante o processo formativo. Outra análise pode ser decorrente da falta de retenção do aprendizado dos diversos conteúdos tratados durante a graduação. O uso da gamificação tem sido utilizada como uma estratégia de ensino que auxilia na formação, aumentando o interesse e facilitando a retenção do conhecimento pelos participantes. Corroborando com essa visão, este trabalho sugere a realização de um experimento com estudantes de graduação em Engenharia Civil e áreas correlatas de diferentes instituições, aliando a gamificação às aulas expositivas tradicionais. Este estudo tem por objetivo entender a influência da gamificação no ensino dos Princípios Lean Construction (PLC) e a retenção de conteúdo provocada por este método. Para isso, os dados desta pesquisa serão coletados por meio de procedimento formalizado. Os participantes serão divididos em grupo de controle e intervenção, para que seja possível analisar a diferença entre o método de ensino tradicional (controle) e ele aliado à gamificação (intervenção). Por meio das análises estatísticas dos dados coletados, espera-se ser possível verificar se os alunos participantes do grupo de intervenção irão obter resultados melhores nos testes, tanto imediatamente após, quanto decorrido um tempo da intervenção, comprovando, assim, a hipótese proposta.

**Palavras-chave:** construção enxuta, jogo sério, retenção de conhecimento, ensino superior, construção civil.

## 1. INTRODUÇÃO

Os clientes da indústria da construção aumentaram as suas exigências e tornaram-se mais rigorosos em relação à qualidade dos serviços e produtos oferecidos (Moura, Monteiro e Heineck, 2014). Para atrair e manter seus clientes, os atores da indústria da construção passaram, gradativa-

mente, a ajustar suas ferramentas de gestão às novas exigências. Entre as estratégias, passaram a discutir a adaptação do pensamento enxuto na indústria da construção, observando a filosofia lean thinking ou mentalidade enxuta.

Segundo Koskela (2000), esta filosofia aplicada na construção gerou o termo Lean Construction (LC) ou Construção Enxuta e tem por objetivo a melhoria contínua dos processos, visando atender a qualidade, a redução de custos e o aumento dos lucros dos empreendimentos.

Apesar destes benefícios, a implantação da LC ainda encontra barreiras, principalmente ligadas à aceitação da transição da estrutura organizacional dentro das empresas, conforme expõe Ditzel (2021). A falta de conhecimento dos princípios lean e do uso de técnicas e ferramentas disponíveis para resolver problemas de gestão tem sido um dos gargalos a ser enfrentado.

Paralelamente ao mercado, de acordo com Costa (2023), o perfil esperado do engenheiro também tem mudado ao longo do tempo e traz desafios ao ensino dentro do curso de graduação em Engenharia Civil. Para Brasil (2002), as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) buscam abarcar essa mudança por meio do uso de metodologias ativas.

Ademais, a retenção do conhecimento é essencial para a formação de engenheiros. Sendo assim, de acordo com Hopkins et al. (2015), nos últimos anos, a preocupação com a baixa retenção de conteúdo educacional levou psicólogos cognitivos a ponderar a respeito de métodos de ensino alternativos para promover maior retenção.

Dessa maneira, de acordo com Rybkowski, Alves e Liu (2021), o uso de jogos ou gamificação possibilita a simulação do real e facilita o contato com situações diversificadas e derivadas do mundo do trabalho, favorecendo as tomadas de decisão por parte dos profissionais.

Em relação à retenção de um conteúdo específico, é necessário realizar mais de uma intervenção. Ahmed et al. (2021) demonstram que a retenção de conhecimento é maior logo após a aprendizagem, mas começa a declinar significativamente em poucos dias ou semanas, com perdas ainda mais acentuadas após meses ou anos sem reforço. Assim, são necessárias avaliações periódicas para aferir esta retenção.

De acordo com Mattos (2019), a carência de uma gestão de qualidade eficiente impede melhorias contínuas na execução, estabelecendo uma cultura de tomadas de decisões com base na experiência e na intuição dos profissionais, prejudicando a empresa tanto em seu progresso, quanto em seu ganho de experiência e resultados. É neste contexto que se insere a LC.

Bordenave e Pereira (2004) deduzem que a aprendizagem é um processo integrado, que gera transformações importantes no indivíduo, sendo um processo qualitativo e não quantitativo. Assim, Betts e Liow (1993) abordam a necessidade das universidades promoverem mudanças e me-

lhorias nos seus cursos, gerando incentivos para desenvolvimento de novas habilidades de supervisão e discussão para professores acostumados aos métodos de ensino tradicionais.

Neste sentido, diversos autores abordam a gamificação como uma forma de tornar o ensino e a aprendizagem da LC mais atraente e simplificado. Rybkowski, Alves e Liu (2021) defendem que os jogos sérios e as simulações desempenham um papel importante na crescente popularidade da LC e na sua disseminação global para profissionais atuantes na indústria da construção.

Sendo assim, o presente trabalho propõe o uso da gamificação como método aliado às aulas tradicionais para o processo de ensino-aprendizagem dos Princípios Lean Construction (PLC). Para isso, será realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) com o intuito de selecionar o jogo mais adequado a esta pesquisa.

---

## 2. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos, a pesquisa será composta pelas etapas descritas na sequência:

- **Etapa 1** – Revisão bibliográfica: embasamento da pesquisa, justificando-a e trazendo os conceitos necessários para sua elaboração, além da seleção do jogo a ser utilizado;
- **Etapa 2** – Preparação do jogo: elaboração dos instrumentos de avaliação propostos por esta pesquisa e definição das turmas em que a pesquisa será aplicada por meio de estabelecimento de parcerias com outras instituições de ensino;
- **Etapa 3** – Aplicação da pesquisa: aplicação dos testes e questionários, junto com a apresentação da aula expositiva e a realização do jogo. O tamanho da amostra e a sua forma de estratificação serão definidos futuramente;
- **Etapa 4** – Análise: os dados coletados na etapa anterior serão analisados para elaborar as conclusões acerca dos experimentos realizados.

---

A pesquisa se caracteriza como um experimento social. Por fim, para avaliação dos resultados será seguido o protocolo do Teste Gama proposto por Carvalho (2012), acrescentado do uso de grupo de controle, conforme sugerem Rossi, Lipsey e Freeman (2004).

---

### 3. RESULTADOS ESPERADOS

Inicialmente, para que o estudo ocorra conforme desejado, espera-se que as universidades escolhidas aceitem participar da pesquisa e sejam abertas ao uso do método gamificado. Também, entende-se a dificuldade de engajamento e comprometimento de participantes em estudos longitudinais e, portanto, é desejado que os integrantes da amostra escolhida para esta etapa de pesquisa não a abandonem, evitando que esta seja prejudicada pela falta de elementos.

Ao final deste estudo é pretendido que fique comprovado que o uso de jogo auxilia no entendimento dos PLC de forma que a amostra seja diversa, com participantes de diferentes instituições. Assim, será possível realizar uma extrapolação da conclusão deste trabalho. Ademais, é pretendido também que haja a comprovação de que o uso do método gamificado auxilia na retenção de conhecimento trabalhado nesta pesquisa.

---

### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil enfrenta crescentes exigências por qualidade, redução de custos e prazos mais curtos, o que impulsiona a adoção da Lean Construction (LC). No entanto, sua implementação encontra barreiras, como a resistência à mudança e a limitada compreensão dos Princípios Lean. Diante disso, torna-se necessário repensar a formação do engenheiro, alinhando-a às DCN por meio de metodologias ativas. A gamificação se destaca como alternativa eficaz, ao promover maior engajamento discente e facilitar a conexão entre teoria e prática no ensino da LC.

Este estudo propõe a gamificação como ferramenta complementar, aliando inovação pedagógica à necessidade de maior retenção do conhecimento. Para avaliar sua eficácia, serão aplicados instrumentos comparativos entre grupos controle e intervenção, com foco na aprendizagem e retenção dos conceitos de LC por estudantes de graduação em diferentes regiões do Brasil e espera-se que a hipótese proposta seja comprovada.

---

## 5. AGRADECIMENTOS

O trabalho está sendo realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

---

## 6. REFERÊNCIAS

AHMED, S. et al. Systematic review on knowledge and skills level among nurses following cardio-pulmonary resuscitation (CPR) training. **Research Square**, v. 1, 2021. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-951043/v1>

BETTS, M.; LIOW, S. R. The relationship between teaching methods and educational objectives in building education. **Construction Management and Economics**, v. 11, n. 2, p. 131–141, 1993. <https://doi.org/10.1080/01446199300000006>

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 25. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2004.

BRASIL. **Resolução CNE/CES 2, de 11 de março de 2002**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF. Disponível em: [https://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=15766-rces011-02&category\\_slug=junho-2014-pdf&Itemid=30192](https://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15766-rces011-02&category_slug=junho-2014-pdf&Itemid=30192). Acesso: 13 out. 2025.

CARVALHO, C. V. de. Is game-based learning suitable for engineering education? IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). **Proceedings...**Marrakech: 2012. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2012.6201140>

COSTA, M. A. **Estratégias pedagógicas de metodologias ativas: potencialidade e desafios nos cursos de engenharia**. In: TONINI, A. M. (Org.) Educação em engenharia: as competências na formação do engenheiro. 1. ed. Goiânia: Editora Alta Performance, 2023. p. 148-165. [https://www.abenge.org.br/file/Ed\\_Engenharia\\_Ebook.pdf](https://www.abenge.org.br/file/Ed_Engenharia_Ebook.pdf)

DITZEL, L. F. S. **Riscos da aplicação de métodos e ferramentas da indústria 4.0 em ambiente de lean construction**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2021. <https://hdl.handle.net/1884/73212>.

HOPKINS, R. F. et al. Spaced Retrieval Practice Increases College Students' Short- and Long-Term Retention of Mathematics Knowledge. **Educational Psychology Review**, v. 28, n. 4, p.853-873, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9349-8>

KOSKELA, L. An exploration towards a production theory and its application to construction. **VTT Publication 408**. Technical Research Centre of Finland, 2000. Disponível em: <<https://publications.vtt.fi/pdf/publications/2000/P408.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2025.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2019.

MOURA, R. DE S. L. M.; MONTEIRO, J. M. F.; HEINECK, L. F. M. Line of Balance: is it a synthesis of lean production principles as applied to site programming of works? In: 22th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). **Proceedings...** Oslo, Noruega, 2014. Disponível em: <<https://iglc.net/papers/Details/1047>>. Acesso em: 13 out. 2025.

ROMANEL, F. B. **Jogo “Desafiando a Produção”**: uma estratégia para a disseminação dos conceitos da construção enxuta entre operários da construção civil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/23815>>. Acesso em: 13 out. 2025.

ROSSI, P. H.; LIPSEY, M. W.; FREEMAN, H. E. **Evaluation: a systematic approach**. 7. ed. Thousand Oaks: Sage Publications Inc., 2004.

RYBKOWSKI, Z. K.; ALVES, T. DA C. L.; LIU, M. The emergence and growth of the on-line serious games and participatory simulation group “APLSO”. In: 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). **Proceedings...** Lima, Peru, 2021. <https://doi.org/10.24928/2021/0135>

# DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO VOLUMÉTRICA OFFSITE NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA: VISÃO DO MERCADO

## **Liza Bruna Reis Monteiro**

Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
liza@estudante.ufscar.br

## **Prof. Dr. José Carlos Paliari**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
jpaliari@ufscar.br

**Resumo:** A Construção Volumétrica *Offsite* representa uma abordagem inovadora que aplica princípios e processos industriais à produção de edificações e infraestruturas, com o objetivo de aumentar a eficiência, a qualidade e a sustentabilidade do setor da Construção Civil. Apesar do avanço gradual das práticas industrializadas no Brasil, a adoção ampla dessa metodologia ainda enfrenta desafios significativos. A literatura aponta barreiras como a escassez de conhecimento técnico especializado, a resistência cultural à mudança, a falta de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, além da necessidade de adequação das normas e regulamentações existentes. Nesse contexto, o presente estudo busca investigar os principais obstáculos enfrentados pela Indústria da Construção Civil Brasileira (ICCB) na adoção da Construção Volumétrica *Offsite*, sob a ótica dos agentes e profissionais da cadeia produtiva do setor. A metodologia adotada compreendeu, inicialmente, a realização de uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), que permitiu identificar e classificar as barreiras à industrialização da construção em cinco categorias: financeiras, técnicas, logísticas, culturais/mercadológicas e governamentais/regulatórias. Em seguida, foi elaborada uma pesquisa *Survey*, cujo questionário foi submetido a um teste piloto e posteriormente aplicado a 46 especialistas da construção civil. Todas as categorias foram consideradas desafiadoras para o cenário nacional, com destaque para as barreiras governamentais e regulatórias, e financeiras, ambas com 78,3% de concordância. Observa-se também a necessidade de políticas públicas mais consistentes e incentivos econômicos que fomentem a transição para métodos construtivos industrializados. Conclui-se que a superação desses desafios requer uma abordagem integrada, envolvendo governo, setor produtivo e academia, com foco em capacitação, inovação tecnológica e revisão das estruturas normativas e institucionais.

**Palavras-chave:** industrialização da construção, construção *offsite*, construção modular, desafios; inovação.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é essencial para a economia, porém enfrenta graves desafios de produtividade, eficiência e integração. A fragmentação do setor, a carência de mão de obra qualificada e a falta de investimentos em inovação e tecnologia resultam em perdas de tempo e recursos, além de altos níveis de incerteza (ULLAH; LILL; WITT, 2019).

A Construção Volumétrica *Offsite* surge como uma alternativa promissora, permitindo a fabricação de módulos tridimensionais em ambiente controlado, que são posteriormente transportados e montados no local da obra. Essa abordagem proporciona maior precisão, rapidez, redução de custos e sustentabilidade, ao minimizar o desperdício e o impacto climático sobre as construções (OFORI-KURAGU; OSEI-KYEI; WANIGARATHNA, 2022; JUNG; LEE; YU, 2022).

Entretanto, a adoção da Construção Volumétrica *Offsite* ainda enfrenta obstáculos significativos, como a falta de padronização, a resistência cultural à inovação, a escassez de mão de obra especializada, além de barreiras logísticas e financeiras, incluindo custos iniciais elevados e ausência de incentivos governamentais (TAN *et al.*, 2019; CHAN *et al.*, 2019; SOUZA, 2022).

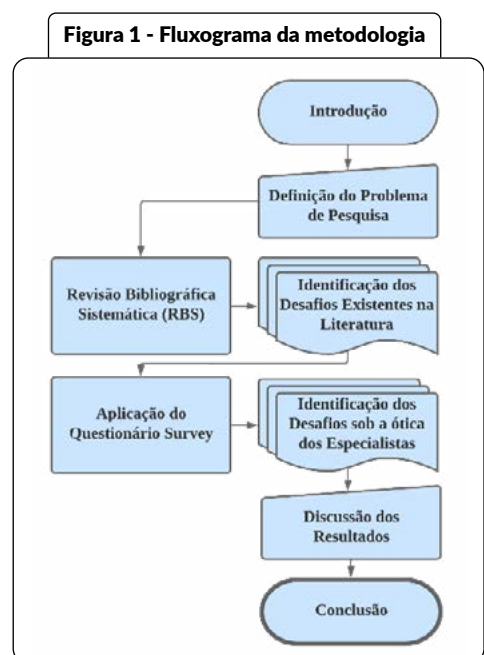
Apesar desses desafios, o crescimento da demanda por soluções construtivas sustentáveis e ágeis, aliado ao avanço de tecnologias digitais como o BIM, oferece novas oportunidades para a expansão da construção volumétrica *Offsite*, contribuindo para a modernização e competitividade da construção civil brasileira (SABBATINI, 1989; TAN *et al.*, 2019).

## 2. METODOLOGIA

Na **Figura 1** são ilustradas as etapas seguidas para atingir o objetivo proposto.

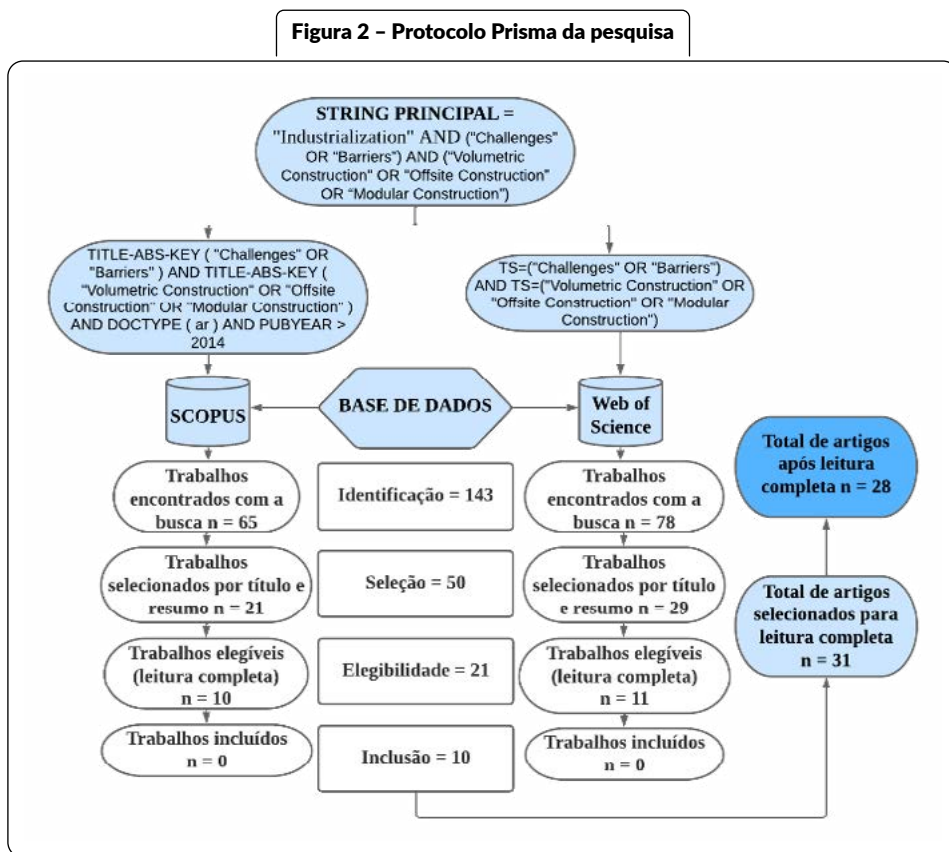
As strings de busca utilizadas podem ser vistas na **Figura 2**.

Para a RBS, utilizou-se a base de dados do Scopus e Web of Science, abrangendo artigos dos últimos dez anos. A busca inicial identificou 282 artigos relevantes. Os critérios de inclusão focaram em artigos relacionados a conceitos, desafios e tecnologias da industrialização na construção civil, publicados em acesso aberto e em inglês. Inicialmente, foram analisados títulos



Fonte: Autores (2025)

e resumos dos artigos. Após uma avaliação mais detalhada, considerando resumos e palavras-chave, 28 artigos foram escolhidos para leitura completa, assegurando a relevância e a qualidade dos estudos para embasar a pesquisa de acordo com o exposto na **Figura 2** (Protocolo PRISMA).



Fonte: Autores (2025).

Para a elaboração do Questionário *Survey*, utilizou-se a plataforma *Google Forms*, em que abrangeu três etapas, sendo a primeira a caracterização do perfil do respondente, em que se priorizou profissionais do setor de construção modular no Brasil, a segunda etapa, a caracterização da entidade/empresa que este profissional atua e, por fim, as questões referentes aos desafios à construção volumétrica *offsite* no Brasil. Foram feitas 26 perguntas, categorizadas em 5 grupos de desafios, sendo eles, técnico, econômico, logístico, culturais e de mercado e governamentais e regulatórios. As perguntas foram feitas utilizando a Escala de *Likert*, em que o respondente teve que indicar de 1 a 5, tendo os seguintes significados, 1 - discordo totalmente, 2 - discordo, 3 - neutro, 4 - concordo e 5 - concordo totalmente. Ao final de cada seção, foi deixado um campo em aberto para os respondentes deixarem contribuições ao tema. Após a coleta dos dados, foi feita a análise estatística das respostas, com o auxílio do *Software Excel*.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Revisão Bibliográfica Sistemática

O resumo dos resultados referentes à RBS executada é apresentado na **Figura 2**.

A leitura completa dos 28 trabalhos selecionados permitiu um entendimento mais profundo e a identificação de novas informações relevantes. A busca por aprimorar os procedimentos de industrialização, frente à escassez de mão de obra, levou à referência de experiências internacionais, com diversos estudos focados no aperfeiçoamento dos métodos de gestão e na necessidade de desenvolvimento tecnológico.

A Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) realizada analisou os principais desafios e oportunidades da construção volumétrica *Offsite* na construção civil. A partir da leitura de 28 estudos, observou-se que, apesar dos ganhos em eficiência, qualidade e sustentabilidade proporcionados por tecnologias como *BIM*, *IoT* e automação, sua adoção ainda é limitada. As principais barreiras identificadas incluem altos custos de implementação, falta de apoio governamental, escassez de mão de obra qualificada e ausência de regulamentações específicas. Também foi constatada a carência de estudos aplicados e incentivos à inovação no setor. Os resultados apontam que a construção volumétrica *Offsite* possui grande potencial de transformação para a construção civil brasileira, desde que sejam superadas as limitações técnicas, financeiras e institucionais que dificultam sua ampla implementação.

### 3.2 Questionário Survey

A Construção Volumétrica *Offsite* tem se destacado mundialmente como uma alternativa inovadora, capaz de acelerar prazos, reduzir desperdícios e aumentar a qualidade das edificações. No entanto, sua adoção no Brasil enfrenta uma série de barreiras, que vão além da tecnologia e envolvem fatores técnicos, financeiros, logísticos, culturais e regulatórios. A seguir, apresentam-se os principais desafios identificados por especialistas e profissionais do setor, oferecendo uma visão abrangente das dificuldades e oportunidades para a consolidação da Construção Volumétrica *Offsite* no país.

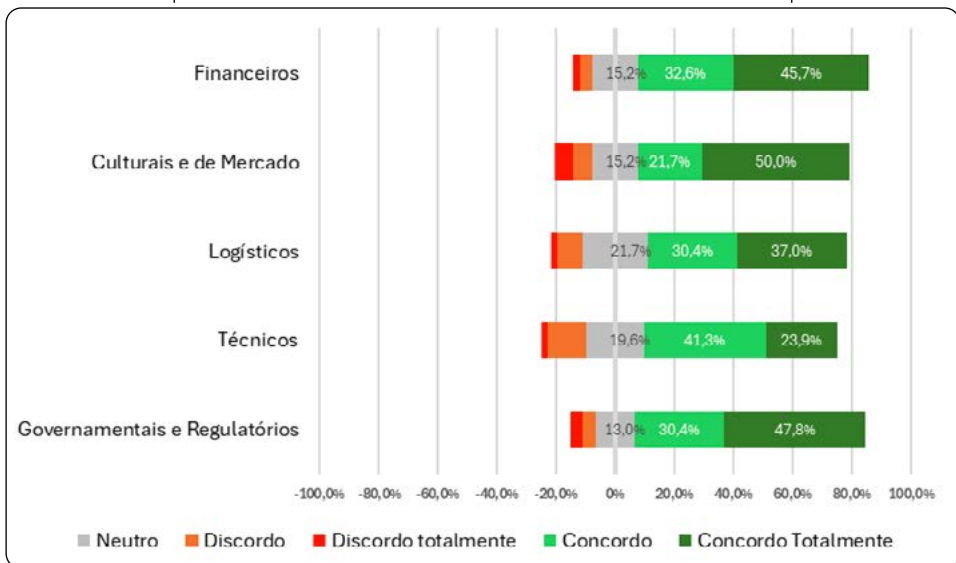
As categorias de desafios relacionadas ao questionário survey são: técnicos, financeiros, logísticos, culturais e de mercado e governamentais e regulatórios, conforme **Tabela 1**. Ademais, na **Tabela 1**, constam as respostas dos profissionais/especialistas (46 no total), referentes aos desafios para a implementação da construção volumétrica *Offsite* na construção civil brasileira. Os resultados são expressos graficamente na **Figura 3**.

**Tabela 1. Resultados baseados na Escala Likert: por categoria.**

DESAFIOS	Discordo totalmente (%)	Discordo (%)	Neutro (%)	Concordo (%)	Concordo totalmente (%)
Financeiros	2,2	4,3	15,2	32,6	45,7
Culturais e de Mercado	6,5	6,5	15,2	21,7	50,0
Logísticos	2,2	8,7	21,7	30,4	37,0
Técnicos	2,2	13,0	19,6	41,3	23,9
Governamentais e Regulatórios	4,3	4,3	13,0	30,4	47,8

Fonte: Autores (2025).

**Figura 3 – Resultados baseados na Escala Likert: por categoria**



Fonte: Autores (2025).

A análise das respostas dos especialistas e profissionais do setor revela que os principais desafios para a adoção da construção volumétrica *Offsite* no Brasil estão amplamente reconhecidos, embora com diferentes níveis de intensidade entre as categorias.

Os desafios financeiros aparecem como uma das maiores barreiras, com 78,3% de concordância, refletindo preocupações com os altos custos iniciais de investimento, a falta de financiamento específico e o mercado ainda imaturo, que eleva os custos de produção.

Também com 78,3% de concordância aparece a categoria Desafios governamentais e regulatórios, reforçando a ausência de políticas públicas, incentivos fiscais e regulamentações adequadas, além da burocracia para aprovações e licenciamentos.

Os desafios culturais e de mercado destacam-se com 71,7% de concordância, sendo a categoria com maior índice de “concordo totalmente” (50%), o que evidencia resistência à mudança, falta de conhecimento sobre o sistema e preconceitos históricos quanto à construção modular.

Nos aspectos logísticos, 67,4% dos respondentes apontam dificuldades no transporte e montagem dos módulos, agravadas pelas grandes distâncias e pela infraestrutura deficiente do país.

Por fim, os desafios técnicos também são significativos (65,2% de concordância), relacionados à falta de padronização, limitações de desempenho estrutural e ausência de normas específicas, embora parte dos profissionais já perceba avanços no domínio tecnológico e na aplicação do BIM.

De modo geral, os resultados indicam que a consolidação da Construção Volumétrica *Offsite* no Brasil depende de uma estratégia integrada, que combine avanços técnicos, apoio institucional e transformação cultural, criando um ambiente propício à inovação e à industrialização do setor.

---

## 4. CONCLUSÃO

Este estudo visa contribuir para a industrialização na construção civil no Brasil, identificando e analisando as barreiras que dificultam a adoção da Construção Volumétrica *Offsite* por meio de uma RBS e Questionário *Survey*. Foram encontradas diversas barreiras, categorizadas em aspectos técnicos, econômicos, logísticos, de conhecimento e de padronização e normatização. O estudo destaca a necessidade de políticas governamentais, regulamentos e incentivos, bem como campanhas de mídia para educar o público sobre os benefícios da industrialização.

---

## 5. REFERÊNCIAS

- CHAN, D. W., et al. *Perceived benefits of and barriers to. Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong.* **Journal of Building Engineering**, 25, 100764, 2019.
- JUNG, S.; LEE, S.; YU, J. *Identificação and Prioritization of Critical Success Factors for Off-Site Construction Using ISM and MICMAC Analysis.* **Sustainability** 2021, 13, 8911. <https://doi.org/10.3390/su13168911>.
- SOUZA, R.; et al. **Industrialização e Construção Off-site**. Vol. 2. Enredos: CTE, 2022.
- OFORI-KURAGU, J. K.; OSEI-KYEI, R.; WANIGARATHNA, N. *Offsite Construction Methods-What We Learned from the UK Housing Sector.* **Infrastructures**, 7, 164, 2022.
- SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- TAN, T., et al. *Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: ISM approach.* **Journal of Cleaner Production**, 219, 949-959, 2019.
- ULLAH, K., LILL, I., WITT, E. *An Overview of BIM Adoption in the Construction Industry: Benefits and Barriers.* **Emerald Reach Proceedings Series**, Vol. 2. p. 297-303, 2019.

# INTEGRAÇÃO DO BIM NA OTIMIZAÇÃO DA MONTAGEM DE EDIFÍCIOS EM PRÉ-FABRICADOS COM A UTILIZAÇÃO DE GUINDASTES EM CANTEIRO DE OBRAS

## **Luiz Velloso de Andrade Junior**

Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
lvajunior@estudante.ufscar.br

## **Sheyla Mara Baptista Serra**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

## **Marcelo de Araujo Ferreira**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
marcelo@ufscar.br

**Resumo:** A integração do *Building Information Modelling* (BIM) tem importância nos processos de otimização de montagem de edifícios em pré-fabricados de concreto com a utilização de guindastes de torre e móveis em canteiro de obras. Guindastes são amplamente utilizados na construção de edifícios de pré-fabricados de concreto, para melhorar a eficiência da construção e otimizar a montagem no local, considerando restrições de segurança, tempo e custo. O objetivo é apresentar a integração do BIM e a IA, nos processos de otimização com algoritmos computacionais e métodos matemáticos, a considerar a melhor seleção e localização, o tipo e modelo de guindastes para atender a montagem em edifícios pré-fabricados de concreto, por intermédio de um estudo de caso. As tecnologias de visualização e simulação na modelagem BIM na dimensão de tempo são importantes para desenvolver a operação de guindastes e o planejamento do local, pois permitem a possibilidade de determinar a melhor estratégia de execução da montagem, bem como, considerar análises dinâmicas mais detalhadas do canteiro de obras, como por exemplo, espaços ocupados e congestionamento do local, interação entre máquinas e outros recursos temporários, posicionamento dos guindastes, layout do canteiro de obras, acessos internos e externos, e as instalações provisórias. Portanto, o BIM e a IA, pode contribuir na integração da seleção e localização de guindastes, na tomada de decisões na montagem de edifícios pré-fabricados de concreto em canteiro de obras.

**Palavras-chave:** Building Information Modelling; algoritmos de otimização; edifícios pré-fabricados; guindastes de torre e móveis; canteiro de obras.

---

## 1. INTRODUÇÃO

O BIM tem importância diversa na Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) podendo ser utilizado na integração de técnicas de otimização na montagem de edifícios em pré-fabricados de concreto com a utilização de guindastes de torre e móveis em canteiro de obras, inclusive com auxílio da inteligência artificial (IA).

A IA pode ser definida como uma simulação computacional da capacidade humana de raciocinar e resolver problema, por intermédio de algoritmos (RICH; KNIGHT, 1994). O algoritmo é todo e qualquer procedimento capaz de solucionar um dado problema, por meio de passos previamente elaborados, e otimizar significa aperfeiçoar algum processo (ASHLOCK, 2006).

Guindastes são amplamente utilizados na construção e montagem de edifícios de pré-fabricados de concreto, para melhorar a eficiência da construção e otimizar a montagem no local, em canteiro de obras, sendo do tipo torre e móveis.

Deve-se elaborar o Plano de *Rigging*, ou seja, um projeto de montagem dos elementos pré-fabricados, considerando a planta de locação do local de montagem, e o correto posicionamento do guindaste durante a operação de montagem (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC, 2019). Os principais elementos pré-fabricados de concreto, tais como pilares, vigas, lajes, painéis de fechamentos, escadas são provenientes de fábricas, sendo posteriormente transportados para o local de montagem em canteiro de obras.

O problema da pesquisa tem como objetivo a integração entre BIM e a IA, por intermédio dos algoritmos de otimização, para atender os processos de montagem de edifícios em pré-fabricados, com a utilização de guindastes em canteiro de obras.

Para integração com algoritmos de otimização, o BIM fornece parâmetros geométricos e de carga, e os algoritmos avaliam diferentes combinações de tipos/modelos. As soluções candidatas são comparadas com funções objetivo (tempo, custo, segurança), e o algoritmo retorna o modelo mais adequado e sua localização ótima no canteiro.

---

## 2. ALGORITMOS DE OTIMIZAÇÃO

Os principais algoritmos de otimização mais utilizados, conforme função e aplicação são:

---

■ **Genetic Algorithm (GA):** Definir o tipo e posição dos guindastes, até encontrar o melhor arranjo de guindastes. Aplicados

---

---

no sequenciamento de montagem e redução de tempo de montagem (HUNG, 2020).

- **Particle Swarm Optimization (PSO):** Modelar cada solução com uma “partícula” no espaço de posição dos guindastes. Aplicados para otimizar layouts de canteiro em distâncias de movimentação (WANG et al., 2018).
  - **Ant Colony Optimization (ACO):** Simular formigas construindo rotas, escolhendo posições viáveis para guindastes. Aplicados no planejamento de rotas de içamento e movimentação (KARMAKAR et. al., 2022).
  - **Dijkstra:** Definir a rota mínima entre pontos de coleta e montagem. Aplicados com o BIM para o cálculo de trajetórias de guindaste móvel no canteiro (GUO et al., 2022).
- 

### 3. METODOLOGIA

Adotou-se o método de pesquisa de estudo de caso, pois a intenção foi compreender o contexto da solução observada, bem como descrever os fatos, para proporcionar conhecimento acerca do fenômeno em estudo (YIN, 2015).

O estudo de caso apresentado é de uma edificação comercial em pré-fabricados de concreto situada no estado de São Paulo, com uma área construída estimada de 50.000 m<sup>2</sup>, com nove pavimentos de área estimada de 6.000 m<sup>2</sup> cada, compreendida por pilares, vigas, lajes alveolares protendidas, escadas, e paredes duplas de concreto.

Consiste na apresentação da melhor solução técnica adotada para a seleção e localização de guindastes de torre e móveis, de forma a minimizar interferências, reduzir o tempo de içamento e garantir a segurança das operações no canteiro de obras.

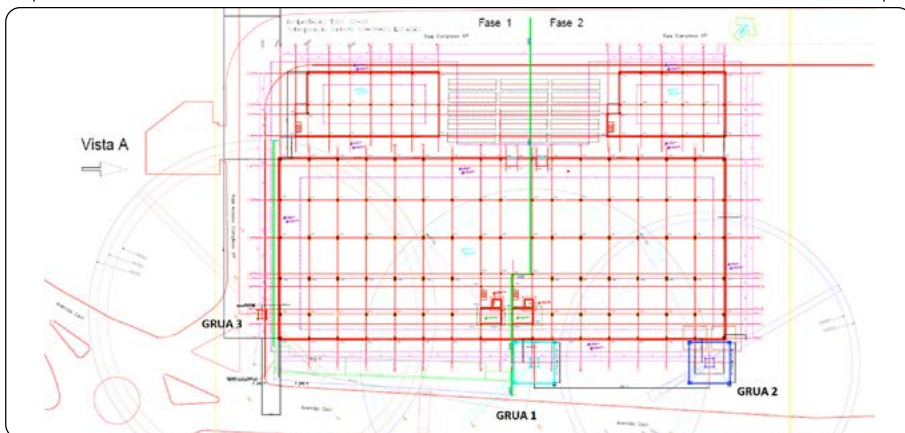
As informações técnicas foram fornecidas pelo Engenheiro responsável pela edificação na Empresa A que acompanhou o processo de montagem dos elementos pré-fabricados de concreto no canteiro de obras. No andar tipo, por questões de projeto foi dimensionada uma junta de dilatação separando o andar em duas fases, sendo Fase 1 e 2.

A sequência de montagem dos elementos pré-fabricados foi definida pelo planejamento de montagem, que seriam realizadas por pavimento, conforme a **Figura 1**, onde podem ser verificados os equipamentos posicionados da Grua 1, na parte central; Grua 2, na lateral direita; e Grua 3, na lateral esquerda, posicionadas na frente do edifício.

O processo iniciou-se com a modelagem BIM da edificação e do layout do canteiro, contemplando vias de acesso, áreas de estocagem, zonas de risco e pontos de montagem. A partir desse modelo, são extraídas as informações essenciais para o planejamento: peso e dimensões dos elementos,

restrições geométricas, capacidade de carga e raio de operação dos guindastes, conforme a **Figura 1**.

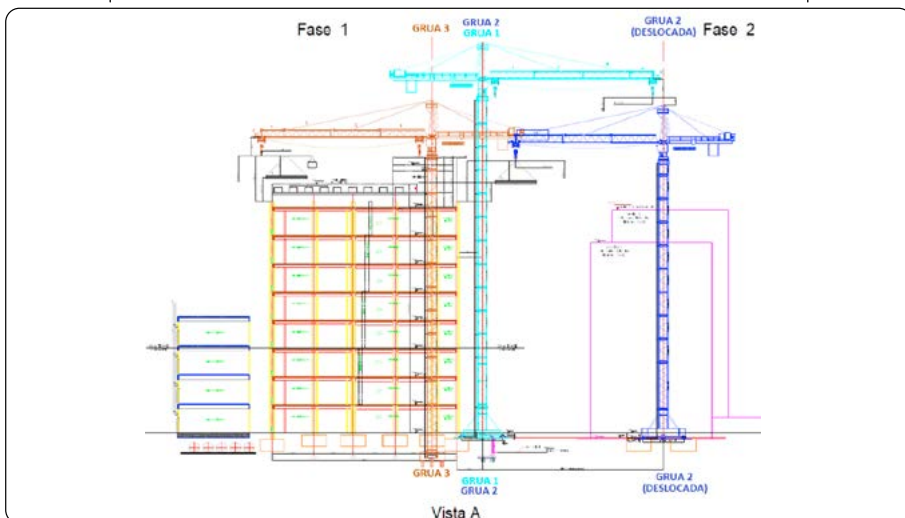
**Figura 1. Seleção e localização dos guindastes no canteiro de obras, Empresa A (2025).**



Os estudos foram realizados considerando as áreas de abrangência por guindaste, conforme informações geradas pela biblioteca BIM dos elementos pré-fabricados, e o planejamento dos setores para cada guindaste, com sua respectiva sequência de montagem, em função do prazo estipulado para conclusão da edificação e em função das quantidades e dimensões dos elementos pré-fabricados.

Para definição da capacidade dos guindastes foi elaborado o Plano de *Rigging*, em função das características do elemento pré-fabricado de maior peso. Neste caso, foi considerado um pilar pré-fabricado de 18 ton., tanto para o guindaste de torre (Grua 1, 2 e 3) como para o guindaste móvel (Guindaste 1). As vistas dos guindastes de torre foram definidas externamente ao edifício em construção, conforme a **Figura 2**.

**Figura 2. Vista dos guindastes no canteiro de obras, Empresa A (2025).**



Foram selecionados três guindastes de torre (Grua 1, 2, e 3) e um guindaste móvel de 120 ton. (Guindaste 1), sendo substituído posteriormente por um guindaste móvel de 500 ton. (Guindaste 2). Pelo planejamento de montagem foi definido que até o 3º pavimento a montagem seria realizada no interior da obra, com o posicionamento dos guindastes de torre e um guindaste móvel de 120 ton. A partir do 4º pavimento, os guindastes seriam posicionados fora da obra, considerando nesta etapa um guindaste móvel de 500 ton., e os guindastes de torre.

---

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a análise do estudo de caso, verificou-se que a modelagem BIM possibilita o planejamento de layout do canteiro de obra, a gestão de montagem e logística, considerando as especificidades dos elementos pré-fabricados em canteiro de obras.

A integração do BIM e os algoritmos de otimização, possui contribuição técnica no planejamento e logística, nos processos de montagem, pois permitem decisões baseadas em dados e redução de riscos.

No estudo de caso apresentado não foram considerados estudos de otimização de montagem com algoritmos e modelos matemáticos, mas sim métodos tradicionais práticos, utilizados no mercado pelas empresas de pré-fabricados. Como próxima etapa da pesquisa serão aplicados o algoritmo de otimização, bem como a ferramenta de IA.

---

## 5. CONCLUSÃO

Deve-se destacar que a integração de algoritmos de otimização com o ambiente BIM será uma das contribuições mais importantes desta pesquisa, ainda em andamento. O BIM poderá contribuir neste estudo, no processamento de planejamento, da gestão, controle da construção e/ou na modelagem BIM na dimensão de tempo, associado com a utilização de algoritmos de otimização e modelos matemáticos, na visualização e simulação, e consequente tomada de decisões.

Os estudos com a utilização de IA e os algoritmos de otimização podem contribuir na prática, como um método opcional, na análise e tomada de decisões, nos processos de montagem em pré-fabricados e logística nos canteiros de obras.

O BIM associado com as tecnologias de IA e com a otimização da inteligência computacional nos processos de digitalização, possibilitará novas oportunidades de economia e qualidade na construção civil.

---

## 6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

---

## 7. REFERÊNCIAS

ASHLOCK, D. Evolutionary computation for modeling and optimization. New York: Sprinkler, 2006. 572p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO (ABCIC). Manual de montagem das estruturas pré-moldadas de concreto. São Paulo, 2019.

GUO, H., ZHOU, Y., PAN, Z., ZHANG, Z., Yu, Y., LI, Y. Automated selection and localization of mobile cranes in construction planning. *Buildings*, 12(5), 580, 2022. <https://doi.org/10.3390/buildings12050580>.

HUANG, L. **BIM-based scheduling for precast assembly and tower crane lifting**. Nanyang Technological University, 2020. <https://doi.org/10.32657/10356/152250>.

KARMAKAR, A., SINGH, A. R., DELHI, V. S. K. Automated route planning for construction site utilizing BIM. *Journal of Information Technology in Construction*, v.27, p.827–844, 2022. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.040>.

RICH, E., KNIGHT, K. *Inteligência Artificial*. 2ª Edição. São Paulo: Makron Books do Brasil: McGraw Hill, 1994.

WANG, Y., YUAN, Z., SUN, C. Research on assembly sequence planning and optimization of precast concrete buildings. *Journal of Civil Engineering and Management*, 24(2), 106–115, 2018. <https://doi.org/10.3846/jcem.2018.458>.

YIN, R.K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

# ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CIMENTO LC<sup>3</sup>

## **Nívea Karoline da Silva Lima**

Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.

**nivea.lima@estudante.ufscar.br**

## **Almir Sales**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.

**almir@ufscar.br**

## **Fernanda Giannotti da Silva Ferreira**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.

**fgiannotti@ufscar.br**

**Resumo:** O atual cenário da construção civil fomenta o uso do concreto em razão de sua versatilidade, durabilidade e desempenho mecânico. No entanto, a produção do cimento Portland, principal constituinte do concreto, é responsável por cerca de 7% das emissões globais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Nesse contexto, esta pesquisa se insere no esforço global por soluções de baixo carbono, focando na aplicação de materiais alternativos, utilizando o cimento LC<sup>3</sup> (*Limestone Calcined Clay Cement*) como uma alternativa promissora. O presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho mecânico do cimento LC<sup>3</sup>, seguindo as diretrizes da NBR 7215:2019 para a determinação da resistência à compressão. As resistências foram determinadas nas idades de 3, 7 e 28 dias e comparadas com as do cimento de referência CP V-ARI. Os resultados iniciais mostraram um resultado satisfatório, no qual o cimento LC<sup>3</sup> atingiu uma média de 34,51 MPa, atendendo aos requisitos da NBR 16697:2018 para o cimento Portland pozolânico classe 32. Dessa maneira, o cimento LC<sup>3</sup> se apresenta-se como uma alternativa viável e ambientalmente vantajosa, com potencial de aplicação em concretos estruturais e contribuição relevante para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> no setor da construção.

**Palavras-chave:** *limestone calcined clay cement*, resistência à compressão, sustentabilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor de grande impacto, e seu crescimento proporciona a exploração de matéria-prima dos elementos utilizados para a produção do concreto, como os aglomerantes e agregados. O uso do cimento Portland é amplamente difundido e a produção desse material gera

grande quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), afetando diretamente o meio ambiente. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), desde 2015 as emissões totais de CO<sub>2</sub> do setor de cimento têm aumentado, estima-se que o aumento nesse período seja de quase de 10%.

Estudos vêm demonstrando a potencialidade de substituir parcialmente o cimento Portland por materiais cimentícios suplementares (MCS), utilizando materiais como a cinza volante, escória de alto forno e fíler calcário. Como o cimento Portland tem grande contribuição para a emissão de CO<sub>2</sub> no meio ambiente, surge a necessidade de utilização de misturas ternárias como, por exemplo, o cimento LC<sup>3</sup>, que se mostra uma alternativa viável para contribuir nesse cenário.

Objetiva-se, com essas substituições, reduzir o impacto que a produção de cimento pode causar, avaliando também se há a disponibilidade desses materiais nas regiões de utilização. Com isso, o Limestone Calcined Clay Cement (LC<sup>3</sup>) destaca-se como um material cimentício ternário de baixo carbono com alta resistência, e com menor emissão de CO<sub>2</sub> (YANG et al., 2024, SCRIVENER, 2018).

O objetivo deste trabalho é avaliar a resistência à compressão do cimento LC<sup>3</sup> e seu desempenho frente às normas regulamentadoras.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

A primeira parte do estudo conta com a etapa de caracterização dos materiais. A composição química do cimento, metacaulim e fíler calcário estão apresentadas na **Tabela 1**.

Os materiais componentes do cimento são: cimento CP V-ARI, Metacaulim, Fíler Calcário e Gesso; exibidos na **Figura 1**. Seguindo as diretrizes da NBR 7215, os demais materiais utilizados foram: Areia Normal Grossa, Areia Normal Média Grossa, Areia Normal Média Fina, Areia Normal Fina e água.

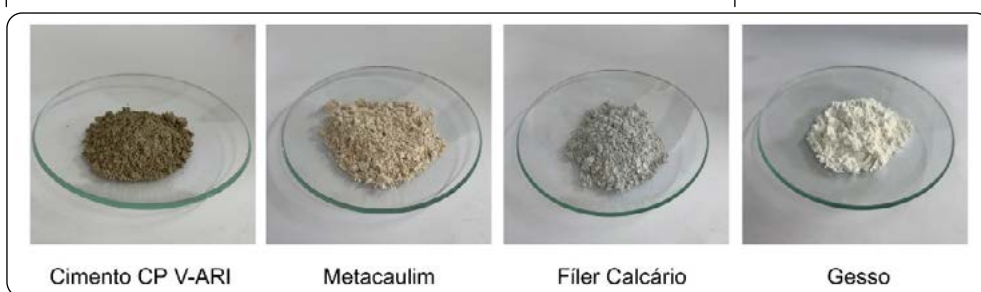
**Tabela 1. Composição química dos materiais.**

Composição química (%)	CP V-ARI	Metacaulim	Fíler calcário
SiO <sub>2</sub>	23	48,81	0,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,31	45,81	0,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,49	1,71	0,02
TiO <sub>2</sub>	-	1,32	-
CaO	61,4	0,16	55,69
MgO	-	0,63	0,26
K <sub>2</sub> O	1,74	1,52	-

Composição química (%)	CP V-ARI	Metacaulim	Fíler calcário
Na <sub>2</sub> O	0,74	0,00	-
SO <sub>3</sub>	2,97	0,04	-
SrO	0,27	-	-
ThO <sub>2</sub>	<0,01	-	-
U <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	<0,01	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,52	-	-
Cl -	0,12	-	-
Perda ao Fogo	4,05	2,80	45,00

Autora (2025).

Figura 1: Materiais utilizados na produção do cimento LC<sup>3</sup>, Autora (2025).



## 2.2 Método

O Limestone Calcined Clay Cement, amplamente conhecido como cimento LC<sup>3</sup>, apresenta-se como uma mistura ternária que possui como seus principais componentes o clínquer, argila calcinada, calcário e gesso. Quanto a composição do cimento, considerou-se os seguintes teores: 50% de cimento CP V-ARI, 30% de metacaulim, 15% de fíler calcário e 5% de gesso.

Para a produção das argamassas, a quantidade de materiais a serem misturados por vez estão expressas na NBR 7215 e estão descritas na **Tabela 2**.

Tabela 2. Quantidade de material.

Material	Massa para mistura (g)
Cimento Portland	624 ± 0,4
Água	300 ± 0,2
Areia normal	
- fração grossa	468 ± 0,3
- fração média grossa	468 ± 0,3
- fração média fina	468 ± 0,3

Material	Massa para mistura (g)
- fração fina	468 ± 0,3

ABNT NBR 7215 (2019).

Para a obtenção da resistência à compressão do cimento LC<sup>3</sup>, o ensaio seguiu as recomendações da NBR 7215:2019, para a preparação de corpos de prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. Para tal, a argamassa foi elaborada com uma parte de cimento e três de areia normalizada, em massa, e com relação água/cimento de 0,48. O preparo ocorreu em misturador mecânico e compactação manual, conforme procedimento normalizado. Logo após a moldagem, os corpos de prova permaneceram durante 24h no molde, com a face superior protegida. Em seguida foram retirados das formas, identificados e imersos em tanque de cura em água saturada de cal, até o momento de ruptura.

### 3. RESULTADOS

A norma orienta que neste ensaio sejam moldados quatro corpos de prova referentes a cada idade. O ensaio de resistência à compressão da pasta cimentícia de LC<sup>3</sup> ocorreu nas idades de 3, 7 e 28 dias. Por outro lado, para o cimento CP V-ARI, a norma recomenda os ensaios realizados nas idades de 1, 3 e 7 dias. O valor médio de resistência, seu desvio padrão e o coeficiente de variação estão na **Tabela 3**.

Os resultados do ensaio indicam desempenho elevado do cimento LC<sup>3</sup>: a resistência à compressão alcançou 34,51 MPa aos 28 dias, evidenciando sua viabilidade para aplicações estruturais. Além de constatar valores competitivos com os cimentos Portland no mercado e com o cimento CP V-ARI ensaiado.

**Tabela 3. Resistência à compressão do cimento CP V-ARI e LC<sup>3</sup> em 3 idades.**

Cimento	Idades	Resistência média (MPa)	DP (MPa)	CV (%)
CP V-ARI	1 dia	14,90	0,52	3,48
	3 dias	26,07	1,97	7,55
	7 dias	33,38	0,95	2,87
LC <sup>3</sup>	3 dias	18,83	0,88	4,66
	7 dias	31,02	0,72	2,32
	28 dias	34,51	1,66	4,68

Autora (2025).

Nas idades iniciais, de 3 e 7 dias, foi possível identificar uma taxa de ganho de resistência inicial mais alta. A evolução obtida dos 7 aos 28 dias representou apenas um aumento de 11%, com valores de 31 MPa para 35 MPa. Apesar disso, demonstra que continua havendo um ganho de resis-

tência, confirmando que o processo de hidratação e reações pozolânicas secundárias continuam se desenvolvendo.

Ao comparar os resultados com o cimento CP V-ARI, que apresentou resistência média de 33,38 MPa aos 7 dias, nota-se que o LC<sup>3</sup> alcançou valores próximos, demonstrando um desempenho competitivo mesmo com menor teor de clínquer em sua composição. Essa constatação reforça o potencial do LC<sup>3</sup> como uma alternativa de baixo carbono com resistência compatível aos cimentos Portland convencionais.

Os requisitos mecânicos determinados pela NBR 16697:2018 para cimento Portland estão apresentadas na **Tabela 4**.

**Tabela 4. Requisitos mecânicos da NBR 16697.**

Sigla	Classe	Resistência média (MPa)			
		1 dia	3 dias	7 dias	28 dias
CP IV	32	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0
CP V	ARI	≥ 14,0	≥ 24,0	≥ 34,0	-

**Adaptado da NBR 16697 (2018).**

Considerando os resultados obtidos, o cimento LC<sup>3</sup> atende plenamente aos critérios estabelecidos, alcançando resistência superior a 32 MPa aos 28 dias. Assim, o material demonstra comportamento equivalente a um cimento pozolânico de classe 32, conforme os parâmetros normativos brasileiros. De maneira que, os resultados confirmam a viabilidade técnica do uso do cimento LC<sup>3</sup> para aplicações estruturais, com desempenho satisfatório tanto nas idades iniciais quanto finais.

## 4. CONCLUSÃO

O estudo buscou avaliar o desempenho mecânico do cimento LC<sup>3</sup>, visando sua aplicação como uma alternativa sustentável ao cimento Portland convencional. Por meio dos resultados obtidos é possível destacar que o LC<sup>3</sup> atende aos requisitos mínimos de resistência mecânica. Ao comparar com o cimento de referência CP V-ARI, o cimento LC<sup>3</sup> mostrou atingir valores competitivos, mesmo com menor teor de clínquer em sua composição. Verificou-se ainda um ganho de resistência significativo após as idades iniciais, evidenciando uma boa reatividade das fases pozolânicas e continuidade das reações de hidratação.

Conclui-se, portanto, que o estudo do cimento LC<sup>3</sup> traz importantes contribuições no setor da construção civil, apontando-o como um material potencial em soluções de baixo carbono.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

---

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

IEA. **Cement Report**. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/cement>. Acesso em: 26 mar. 2025.

SCRIVENER, K. L.; HANPONGPUN, W. Impacting factors and properties of limestone calcined clay cements (LC3). **Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Ground Improvement**, v. 172, n. 3, p. 185–195, 2019. DOI: 10.1680/jgrma.18.00029

YANG, M.; CHEN, L.; LAI, J.; OSMAN, A. I.; FARGHALI, M.; ROONEY, D. W.; YAP, P. S. Advancing environmental sustainability in construction through innovative low-carbon, high-performance cement-based composites: a review. **Materials Today Sustainability**, v. 26, p. 100712, 2024. DOI: 10.1016/j.mtsust.2024.100712.

# PROPOSTA DE MODELO DE MATURIDADE PARA SUSTENTAÇÃO DA LEAN QUALITY NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

## **Priscila Mirapalmete Rodegheri**

Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
priscilamr@ufscar.br

## **Sheyla Mara Baptista Serra**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

**Resumo:** As abordagens de gestão baseadas em estratégias da qualidade e *lean* são ferramentas para enfrentar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Observa-se que as estratégias de qualidade são mais disseminadas que estratégias *lean* no Brasil. Além disso, a bibliografia apresenta sinergia entre ambas as estratégias, inclusive a utilização de ferramentas comuns a ambas, dessa sinergia surge a abordagem *Lean Quality* (LQ). Toda estratégia antes de ser implementada deve ter seu estado inicial aferido a fim de garantir a comparação dos objetivos almejados com sua aplicação. Desse modo, os Modelos de Maturidade (MM) são ferramentas adequadas para tal aferição. Não foram identificados MM para LQ no contexto da AECO que avaliassem a implantação da LQ. Com isso, o objetivo desse trabalho é estruturar, validar e aplicar um artefato do tipo MM no contexto integrado de *lean* e qualidade na construção civil. Para tanto, a abordagem *Design Science Research* (DSR) será adotada e suportada por diferentes métodos de pesquisa qualitativa. Este artefato terá a capacidade de aferir a maturidade de empresas em relação a abordagem LQ e conduzi-las a melhoria de seus processos para atingimento dos objetivos traçados para dirimir os FCS na AECO.

**Palavras-chave:** *Lean Quality*; *Lean Construction*; ISO 9001:2015; Indústria 5.0; Estudos de Casos Múltiplos.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), tem grande impacto social e na economia, é responsável por empregos, transações e a alteração do ambiente construído (Sesso Filho *et al.*, 2021; Kapogiannis & Palaios, 2024). Contudo, esse setor mantém estigma de baixa produtividade, elevado consumo de recursos, pouca segurança ao trabalhador, grande descarte de resíduos e baixa implementação tecnológica (Blinn & Issa, 2022; Sesso Filho *et al.*, 2021). Devido a isso, são ne-

cessários investimentos em apoiar a identificação e tratamento dos problemas da AECO. Estratégias como *Total Quality Management* (TQM), e *Lean Construction* (LC) são essenciais na busca de soluções aos impactos negativos desse setor (Bacoup *et al.*, 2018; Blinn & Issa, 2022; Oakland & Marosszeky, 2018).

Ao longo da implantação dessas estratégias de gestão na construção, observa-se a sinergia entre as premissas *lean* e as de qualidade, orientadas pela *International Organization for Standardization* (ISO) 9001:2015. Elas compartilham ferramentas e estruturas de solução de problemas e outras premissas, e da fusão destas, nasce a abordagem *Lean Quality* (LQ) (Gomez; Hamid, 2018; Oakland & Marosszeky, 2018; Mourão, 2023).

Para a adequada implantação e sustentação de iniciativas de gestão, como LQ, é essencial o conhecimento dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS), de modo a traçar o acompanhamento da implantação da iniciativa (Demirkesen & Bayhan; 2019; Zanon *et al.*, 2021).

Modelos de Maturidade (MM) são instrumentos utilizados para direcionar e estruturar as ações que levarão ao ganho de maturidade em uma determinada abordagem (Barth, 2023; Nesensohn *et al.*, 2015; Zanon *et al.*, 2021). Para Crosby (1986) e Nesensohn *et al.* (2015), a origem dos MM ocorreu com o *Capability Maturity Model* (CMM) que visava compreender diversas iniciativas de gestão e necessidades das diferentes indústrias (Garza-Reyes, 2018; Sarhan & Fox, 2013; Sousa *et al.*, 2017).

Diversos MM da AECO vinculados a premissas da qualidade e *lean* foram identificados na bibliografia, contudo, não se verificou um MM que integre ambas as abordagens (Garza-Reyes, 2018; Weckenmann *et al.*, 2015; ABNT, 2015; Nesensohn *et al.*, 2015; Sarhan & Fox, 2013; Ballard, 2000).

Desse modo, o objetivo da tese em desenvolvimento é desenvolver e aplicar um artefato para aferir a maturidade *Lean Quality* (LQ) na indústria da construção. Tem-se o desdobramento em dois objetivos específicos: (1) Identificar os princípios LQ adotados por MM *lean* destinados a AECO e sua correlação com a Indústria 5.0 (I 5.0). (2) Desenvolver e validar um artefato para aferir a maturidade LQ na indústria da construção.

O objetivo desse artigo é indicar, sucintamente, os resultados das duas primeiras etapas da pesquisa.

---

## 2. METODO DE PESQUISA

Esta pesquisa tem cunho exploratório descritivo, de natureza qualitativa, que busca o conhecimento teórico a partir da interação com problemas práticos (March; Smith, 1995; Van Aken *et al.*, 2016).

A fim de atingir os objetivos traçados, adotou-se a abordagem *Design Science Research* (DSR) para identificar caminhos, criar e implementar ações a partir da teoria, buscando solucionar problemas da prática profissional (Van Aken *et al.*, 2016).

Na DSR são estabelecidos ciclos que conectam o conhecimento científico com experiências práticas, garantindo o rigor da pesquisa (Hevner, 2007). Essa abordagem se apoia na construção de artefatos adequados ao contexto, ancorados na teoria e validados pela prática, sendo que esses ciclos também são parte dos resultados, além do artefato em si (Kasanen et al., 1993; March; Smith, 1995).

O Quadro 1 apresenta as etapas, objetivos e os métodos a serem adotados em cada etapa da DSR. A fim de identificar e analisar a contribuição teórica, um grupo de especialistas serão consultados a fim de validar a correlação entre as perguntas do MM e as ferramentas *lean* e da qualidade. Os resultados esperados deverão compor um *roadmap* para sustentação da LQ na AECO brasileira.

**Quadro 1: Etapas da DSR, objetivos e métodos de pesquisa.**

Etapas da DSR	Objetivos	Métodos
<b>Identificar um problema de relevância</b>	Compreender as limitações e fatores críticos de sucesso da AECO em termos de adoção de sistemas de gestão que contribuem com a melhoria do setor	Revisão da bibliografia
<b>Conhecer profundamente o assunto</b>	Identificar como os MM <i>lean</i> abordam a qualidade, suas características em termos de formato, método e escala de avaliação, princípios e conceitos	Revisão Sistemática da Literatura
<b>Desenvolver uma solução para o problema</b>	Estruturar um MM que abarque as principais abordagens de gestão utilizadas na AECO, tomando por base os MM existentes na literatura	Análise de conteúdo e hierarquização de prioridades
<b>Validar, implementar e testar a solução</b>	Validar o MM criado, buscando dirimir problemas teóricos. Aplicar o MM em estudo piloto para teste da solução proposta	Validação por especialistas e Estudo de Caso Piloto
<b>Avaliar a contribuição prática</b>	Aplicar o MM em outros estudos de diferentes proporções e abordagens da construção	Estudos de Casos Múltiplos
<b>Identificar a contribuição teórica</b>	Compreender as diferenças entre as empresas e o comportamento do MM em cada contexto	Análise de conteúdo e Análise dinâmica do artefato
<b>Escopo de aplicação e resultados obtidos</b>	Delimitar o uso do MM, destacando a contribuição da avaliação como guia do percurso da empresa rumo ao ganho de maturidade	Análise de conteúdo e Análise da arquitetura da solução

**Autoras (2025).**

---

### 3. DESENVOLVIMENTO

A etapa 1. destacou o uso de estratégias de gestão vinculadas à qualidade, como adoção de ISO 9001:2015 e do PBQP-h na AECO brasileira, em relação a abordagens vinculadas a LC (Barth, 2023; Sesso Filho *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2020). Essa análise conduz à consideração de que existe vinculação de ambas as estratégias para ampliar a adoção de abordagens de gestão que conduzam a melhoria do desempenho do setor (Blinn & Issa, 2022; Zanon *et al.*, 2021; Chiera *et al.*, 2021). Desse modo, compreende-se que LQ é uma abordagem assertiva para atingir esse objetivo, contudo, a bibliografia não apresentou MM destinado a LQ em contexto aplicável a AECO.

A etapa 2. está em desenvolvimento, tendo sido concluído o protocolo e a filtragem dos trabalhos em duas etapas, resumos e leitura dinâmica. A leitura integral dos trabalhos selecionados está sendo conduzida e os resultados preliminares apresentam características recorrentes no método de avaliação, escala e formato dos MM. Contudo, identifica-se que os princípios abordados possuem princípios e conceitos não abordados na estrutura LQ de Oakland & Marosszky (2018), incluindo elementos que conduzem a inclusão dos princípios da I 5.0 aos LQ.

Observou-se que a adoção da LQ pela indústria da construção brasileira pode ser uma ação para potencial redução dos impactos negativos dessa indústria para a sociedade e economia nacional. Para adequada implementação e sustentação dessa iniciativa, é estratégico haver um MM específico para fornecer a direção adequada para o crescimento sustentável e apresentar as ações potenciais que fomentarão esse crescimento setorial.

---

### 4. CONCLUSÃO

As etapas de revisão teórica indicam que a AECO brasileira tem tendência a aderir mais a estratégias de gestão da qualidade do que *lean*. Os MM encontrados na literatura foram mais direcionados a *lean* e não a qualidade, apesar de afirmarem a sinergia entre ambas as abordagens, como proposto por Chiera *et al.* (2021) e Li *et al.* (2020). Observou-se que os MM *lean* abarcam abordagens de qualidade e outros conceitos que não são presentes na estrutura de princípios da LQ, mas que são relacionados a I 5.0. Majoritariamente, eles apresentam avaliação através de escala Likert dentre 3 e 9 níveis. E foram desenvolvidos a partir de estudos de caso e survey, apesar disso, avaliam a maturidade LC em diferentes fases do ciclo de vida dos empreendimentos, como projeto e construção.

---

### 5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## 6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT ISO 9000: **Sistema de gestão da qualidade** - Fundamentos e vocábulos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015
- BACOU, P.; MICHEL, C.; HABCHI, G.; PRALUS, M. From a Quality Management System (QMS) to a Lean Quality Management System (LQMS). **The TQM Journal**, v. 30, n. 1, p. 20–42, 2018.
- BALLARD, G. **The Last Planner System of production control**, 2000. Thesis (PhD in Philosophy) - School of Civil Engineering of the Faculty of Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- BARTH, K. B. **Sistemas de medição de desempenho como apoio à implementação da filosofia Lean na gestão da produção na construção civil**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2023.
- BLINN, N.; ISSA, R. R. A. Integration strategies for advanced construction technologies in the US AECO industry. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, Vol. 27, pg. 109-129, 2022.
- CHIERA, M., LUPI, F., ROSSI, A., LANZETTA, M. Lean Maturity Assessment in ETO Scenario. **Applied Sciences**, 11(9), 3833, 2021.
- CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. 2ª ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1986, 327p.
- DEMIRKESEN, S.; BAYHAN, H. G. Critical Success Factors of Lean Implementation in the Construction Industry. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 69, no. 6, pp. 2555-2571, 2022.
- GARZA-REYES, J. A. A systematic approach to diagnose the current status of quality management systems and business processes. **Business Process Management Journal**, v. 24, n. 1, p. 216–233, 2018.
- HEVNER, A. R. A three-cycle view of design science research. **Scandinavian Journal of Information Systems**, v. 19, n. 2, p. 87–92, 2007.
- KAPOGIANNIS, G.; PALAIOS, P. Economics of Digital Construction. **Construction Economics and Building**, 24:3, 1–3, 2024.
- KASANEN, E.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. The Constructive Approach in Management Accounting Research. **Journal of Management Accounting Research**, 5, 243-264, 1993.
- LI, X. K., WANG, X. M., LEI, L. (2020). The application of an ANP-Fuzzy comprehensive evaluation model to assess lean construction management performance. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 27 (2): 356–384, 2020.
- MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995.
- NESENHORN, C.; BRYDE, D.; PASQUIRE, C. A measurement model for lean construction maturity. Em: 23<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group of Lean Construction (IGLC). **Proceedings...** Perth, Australia, 2015.
- OAKLAND, J. S.; MAROSSZEKY, M. **Total Construction Management: Lean quality in construction project delivery**. 1ª ed. New York: Taylor & Francis, 2017.
- SESSO FILHO, U. A.; BRENE, P. R. A.; RANGEL, R. R.; SESSO, P. P. Productive structure of the Brazilian economy and key sectors for development. **REPAE – Revista Ensino e Pesquisa em Administração e Engenharia**, 7,2, 18-25, 2021.
- SARHAN, S.; FOX, A. Performance Measurement in the UK Construction Industry and its Role in Supporting the Application of Lean. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, v. 1, p. 23–35, 2013.
- VAN AKEN, J.; CHANDRASEKARAN, A.; HALMAN, J., Conducting and publishing design science research: Inaugural essay of the design science department of the Journal of Operations Management. **Journal of Operations Management**, v. 47, p. 1-8, 2016.
- WECKENMANN, A.; AKKASOGLU, G.; WERNER, T. Quality management - History and trends. **TQM Journal**, v. 27, n. 3, p. 281–293, 2015.
- ZANON, L. G.; ULHOA, T. F.; ESPOSTO, K. F. Performance measurement and lean maturity: congruence for improvement. **Production Planning & Control**, 32:9, 760-774, 2021.

# DETERMINAÇÃO DE INDICADORES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE PORCELANATO EM OBRAS RESIDENCIAIS

## **Urânia Tuan Cardozo**

Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
uraniacardozo@estudante.ufscar.br

## **José da Costa Marques Neto**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
joseneto@ufscar.br

**Resumo:** O setor da construção civil é um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento socioeconômico das nações. Entretanto, os problemas relacionados à intensa geração de resíduos, bem como à baixa eficiência e produtividade, característicos do setor, têm sido identificados como uma das principais preocupações ambientais em nível global. Estima-se que cerca de 40% de todos os resíduos sólidos urbanos gerados sejam classificados como Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo determinar indicadores de geração de resíduos por unidade de serviço na construção civil, utilizando como referência as composições desenvolvidas pela base orçamentária TCPO. Para o desenvolvimento deste estudo, foram selecionados serviços relacionados aos revestimentos cerâmicos, especificamente o porcelanato, que são amplamente utilizados em obras. Inicialmente, para fundamentar o problema de pesquisa e entender melhor o objeto de estudo, foi desenvolvida uma Revisão Bibliográfica Sistemática. Esta revisão permitiu identificar as lacunas existentes na literatura e as metodologias mais adequadas para a análise proposta. Posteriormente, para atingir os objetivos propostos, a estratégia de pesquisa implementada consistiu na execução de um estudo de caso. Nesta estratégia, foram aplicados diferentes métodos de coleta de dados, como pesquisa documental, pesquisa bibliográfica e visitas *in loco*. Com o desenvolvimento desta pesquisa, espera-se determinar indicadores de geração de resíduos para os serviços de revestimento cerâmico.

**Palavras-chave:** resíduos de construção e demolição, porcelanato, indicador de geração de resíduos.

## 1. INTRODUÇÃO

A contínua expansão do processo de urbanização e o crescimento demográfico é responsável pelo crescimento das atividades do setor da construção civil. Esse setor apresenta grande importância socioeconômica para a sociedade, uma vez que contribui para criação de empregos e melhoria de qualidade de vida da população (Kim et al., 2019).

Apesar de sua importância, a construção civil possui grande potencial de impactar o ambiente através da extração de recursos naturais, uso do solo, consumo de água e energia e da geração de resíduos.

Dentre esses impactos, destaca-se a geração de resíduos de construção, que conforme Zhao et al. (2020), tem se tornado foco de ações mitigadoras no contexto da União Europeia. Só para ilustrar, com o objetivo de dar uma destinação sustentável aos resíduos de construção e demolição (RCD), a Comissão Europeia estipulou que todos os estados-membros deveriam destinar no mínimo 70%, em massa, dos RCD não perigosos a ações de reuso, reciclagem e outras formas de recuperação.

Medidas como a supracitada são justificadas pela ordem de grandeza da geração anual de RCD na Europa, que de acordo com Gálvez-Martos et al. (2018) é de cerca de 810 milhões de toneladas. Apesar dos valores relativos ao montante de resíduos gerado na Europa serem significativos, eles representam menos de 40% da produção chinesa, que atinge uma média anual entre 1,55 e 2,4 bilhões de toneladas de resíduos de construção (Huang et al., 2020).

Apesar da crescente preocupação relacionada aos resíduos da construção civil, ainda é perceptível que existem desafios em estabelecer um gerenciamento adequado desses resíduos, já que de acordo com Viswalekshmi e Bendi (2023) persiste a dificuldade em quantificar a geração dos RCD, impossibilitando o efetivo gerenciamento.

Ao analisar a literatura é possível identificar que há um empenho da academia em desenvolver trabalhos que buscam quantificar a geração total de resíduos em um empreendimento a partir da criação de indicadores que determinam o montante, em massa, de resíduos gerados por unidade de área construída, conforme os estudos de Da Paz; Lafayette; Sobral (2019), Abhishek; Joshi (2022) e Viswalekshmi e Bendi (2023). Entretanto, não foram identificados trabalhos que explorem indicadores estratificados por unidade de serviços da construção.

Conforme Neto e Schalch (2003), os resíduos de construção e demolição (RCD) são definidos como o montante descartado dos materiais empregados durante o processo de construção em atividades relacionadas à indústria da construção civil, que podem ser gerados em edificações recém-construídas, reformas, reparos, restaurações, demolições e projetos de infraestrutura. Autores como Kabirifar et al. (2020) e Oliveira Neto et al. (2017) atribuem ao uso expressivo de materiais, a não conformidade das obras com os projetos, danificação e o não uso adequado dos materiais como as principais causas para a geração de resíduos.

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo determinar indicadores de geração de resíduos dos serviços de revestimento cerâmico utilizando como referência composições elaboradas pela base orçamentária TCPO (Tabela de Composições de Preços para Orçamentos), além de indicar o impacto financeiro dessas perdas.

---

## 2. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos desta pesquisa, o delineamento da pesquisa é composto por três fases, nas quais se observa o desenvolvimento das etapas da pesquisa: problema de pesquisa e fundamentação teórica; estudo de caso; e análise de dados.

Desta forma, o método de pesquisa pode ser descrito como um estudo de caso, que demanda a combinação de diferentes métodos de coleta de dados, sendo eles a pesquisa bibliográfica e pesquisa documental.

Na primeira fase do desenvolvimento deste trabalho foi necessário desenvolver uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) a partir da aplicação do roteiro RBS Roadmap proposto por Conforto et al. (2011)..

Para o desenvolvimento desse estudo de caso primeiramente foi realizada a seleção de uma obra no município de São Carlos, localizado no interior do estado de São Paulo. Esta casa de alto padrão está localizada em um condomínio residencial e possui uma área coberta total de 436,50 m<sup>2</sup>, distribuída em dois pavimentos.

Para determinar os indicadores e a geração de resíduos no serviço de revestimento, foi necessário acompanhar a execução desses serviços por cômodo. A quantidade de resíduos gerados em cada cômodo foi agrupada e pesada de acordo com a natureza do material.

Em seguida, os projetos arquitetônicos e de paginação foram consultados para identificar a área revestida. Assim, a partir da relação entre o montante de resíduos gerados e a área executada.

---

## 3. RESULTADOS

No estudo de caso, observou-se que, apesar da obra contar com um projeto de paginação, o que teoricamente deveria reduzir significativamente a geração de resíduos provenientes dos serviços de revestimento cerâmico, a execução do serviço apresentou uma alta taxa de geração de resíduos.

Até o momento foram obtidos indicadores relacionados apenas à geração dos porcelanatos aplicados nos cômodos, individualmente. Para ilustrar, é representado o resultado do cômodo da suíte do casal, que conta com dois tipos de porcelanato: Onyx Unique Polido (paredes do banheiro) e Natural (piso do banheiro).

A partir da análise documental nos projetos de planta baixa e de paginação, foi identificado que a área referente às paredes do banheiro da suíte equivale a 29,39 m<sup>2</sup>, enquanto a área do piso equivale a 6,68m<sup>2</sup>. A execução do revestimento cerâmico em porcelanato Onyx Unique Polido resultou na geração de 141,3 kg de resíduos, enquanto o serviço com porcelanato Onyx Unique Natural gerou 29,3 kg.

**Figura 1. Pesagem do resíduo do material Onyx Unique Polido.**



Conforme a ficha técnica do fabricante, ambos os modelos de porcelanato apresentam massa por unidade de área de  $7,82 \text{ kg/m}^2$ , parâmetro adotado para a conversão da massa total de resíduos em área equivalente descartada. A partir dessa relação, quantificou-se o descarte de  $18,01 \text{ m}^2$  de porcelanato Onyx Unique Polido e  $3,75 \text{ m}^2$  de porcelanato Onyx Unique Natural durante a execução dos serviços.

Essas perdas correspondem a  $61,28\%$  e  $56,14\%$  do consumo teórico de insumo previsto para cada tipo de revestimento, respectivamente, configurando índices de desperdício acima do aceitável, considerando o custo dos materiais. O resultado evidencia ineficiência no aproveitamento do material cerâmico, possivelmente relacionada a etapas de corte e paginação, falhas de logística interna e retrabalhos decorrentes do assentamento.

Além do impacto direto sobre o custo de aquisição do insumo, o descarte desse montante de resíduos classe A implica custos indiretos de manuseio, transporte e destinação ambientalmente adequada, onerando o empreendimento e reduzindo o desempenho global do processo construtivo. Nesse contexto, o monitoramento sistemático do índice de desperdício e a adoção de metodologias de controle de perdas tornam-se instrumentos essenciais de gestão da produtividade e sustentabilidade na execução de revestimentos cerâmicos.

## 4. CONCLUSÃO

Portanto, este estudo tem como objetivo determinar indicadores de geração de resíduos por unidade de serviço na construção civil, utilizando

como referência as composições orçamentárias da TCPO.

A análise do estudo de caso revelou que, mesmo com um projeto de paginação, a execução dos serviços de revestimento cerâmico gerou uma alta taxa de resíduos. Embora o presente estudo tenha sido conduzido com base em dados provenientes de uma única obra, seu caráter exploratório deve ser ressaltado.

A proposta metodológica adotada representa um marco inicial para a construção de indicadores de geração de resíduos por unidade de serviço, abordagem ainda incipiente na literatura técnica.

Dessa forma, a análise desenvolvida contribui para o avanço do conhecimento técnico-científico, oferecendo um método alternativo de quantificação capaz de subsidiar diagnósticos mais precisos, gestão de perdas por tipologia de serviço e planejamento de ações corretivas em futuras pesquisas.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

---

## 5. REFERÊNCIAS

- ABHISHEK, M.; JOSHI, A. M. A Case Study on Estimation and Composition of Construction and Demolition Waste in Bengaluru. Lecture Notes in Civil Engineering. **Anais...** Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2022.
- CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, SL da. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática**: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. Trabalho apresentado, v. 8, p. 1-12, 2011.
- DA PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. P. V; SOBRAL, M. D. C. Waste generation indicators in Brazilian construction sites. **Journal of Solid Waste Technology and Management**, v. 45, n. 4, p. 419-427, 2019.
- GÁLVEZ-MARTOS, J. L. et al. Construction and demolition waste best management practice in Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, p. 166-178, 1 set. 2018.
- HUANG, L. et al. LSTM-based forecasting for urban construction waste generation. **Sustainability**, v. 12, n. 20, p. 8555, 2020.
- KABIRIFAR, K. et al. Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 263, p. 121265, 2020.
- KIM, Y. et al. Analysis of waste generation characteristics during new apartment construction. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 18, p. 3485, 2019.
- LAFAYETTE, K.P.V et al. Analysis of generation and characterization of construction and demolition waste on construction sites in the city of Recife, Brazil. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, n. 3, p. e12169, 2018.
- NETO, J. DA C. M.; SCHALCH, V. **Diagnóstico para estudo de gestão dos resíduos de construção e demolição do município de São Carlos**. Repositório USP, 28 jul. 2003.
- OLIVEIRA, N. R.; GASTINEAU, P.; CAZACLIU, B. G.; GUEN, L. L.; PARANHOS, R. S.; PETTER, C. O. An economic analysis of the processing technologies in CDW recycling platforms. **Waste Management**, 2017. v. 60, pp. 277-289.
- VISWALEKSHMI, B. R.; BENDI, D. A comprehensive model for quantifying construction waste in high-rise buildings in India. **Waste Management and Research**, 2023.

# DESENVOLVIMENTO DE UM INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO DO CLIMA ORGANIZACIONAL EM CONSTRUÇÃO CIVIL

## **Elder Pita Garcia Padre**

Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
elderpadre@hotmail.com

## **Sheyla Mara Baptista Serra**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

**Resumo:** O setor da Construção Civil apresenta desafios singulares, marcados por ambientes de alto risco, alta rotatividade de pessoal e complexidade na gestão de pessoas e de equipes. Neste contexto, o diagnóstico acurado do Clima Organizacional é uma variável crítica, pois a percepção dos colaboradores sobre as práticas da empresa influencia diretamente a produtividade, a qualidade e, sobretudo, a segurança no trabalho. Este resumo se propõe a apresentar um referencial teórico-metodológico para o desenvolvimento de um instrumento de diagnóstico e medição do Clima Organizacional, adaptado especificamente para o ambiente de trabalho dos canteiros de obra. O objetivo é fornecer uma ferramenta robusta para análises gerenciais, com foco especial na interconexão entre Estilo de Liderança e a Segurança Psicológica do trabalhador. A metodologia consistiu na validação de conteúdo a partir de uma revisão bibliográfica aprofundada, culminando na estruturação da medição do Clima em três dimensões macro (Liderança e Estrutura, Relacionamento e Bem-Estar, e Recompensa e Suporte) e dez fatores específicos (do Estilo de Liderança às Condições de Trabalho). Para a coleta de dados, o instrumento foi desenvolvido em três versões paralelas, cada uma composta por 30 itens, utilizando a Escala Likert. Os resultados primários do desenvolvimento foram os três questionários, que representam o produto final deste trabalho metodológico, com sua validade de conteúdo teoricamente assegurada. A estruturação do modelo permite que a futura pesquisa empírica identifique, por meio da Matriz de Priorização, as áreas críticas para intervenção. Em conclusão, o instrumento proposto contribui significativamente para a gestão de pessoas na Construção Civil, oferecendo uma base sólida para intervenções que visam promover o bem-estar, mitigar riscos psicossociais e elevar a performance operacional no canteiro de obras.

**Palavras-chave:** Clima Organizacional, Construção Civil, Canteiro de Obras, Segurança Psicológica.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A Construção Civil é um setor estratégico que enfrenta desafios singulares, como ambientes de alto risco (Abreu e Wolff, 2018), elevada rotatividade e complexidade de gestão de equipes (Gallon, Tedesco e Mores, 2021, *Jornal RMC*, 2024). Nesse contexto, o Clima Organizacional emerge como uma variável crítica, pois a percepção dos colaboradores sobre as práticas da empresa influencia diretamente a produtividade, a qualidade e a segurança no trabalho (Chen *et al.*, 2021; Bragagnolo e da Rocha, 2023).

É fundamental diferenciar o entendimento de Clima (a atmosfera percebida no momento, passível de diagnóstico) de Cultura (os valores profundos e estáveis). Pesquisas, como a de Iwai *et al.* (2019), demonstram que um clima negativo está diretamente ligado ao aumento de acidentes de trabalho e à elevação da rotatividade ou *turnover*, tornando sua medição um imperativo gerencial e ético.

Este trabalho propõe um diagnóstico baseado em três dimensões e 10 fatores que influenciam no Clima Organizacional.

O objetivo deste trabalho é estruturar um referencial teórico-metodológico para a mensuração do clima, com foco especial na relação entre a Liderança e a Segurança Psicológica no canteiro. Busca-se fornecer uma ferramenta capaz de proporcionar análises para intervenções que promovam o bem-estar e a performance operacional.

---

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Ambiente e Cultura Organizacional

Segundo Chiavenato (1992), “a cultura organizacional condiciona e determina as normas de comportamento das pessoas dentro de cada empresa. É a maneira de ser de cada empresa e de seus participantes”. Como as empresas estão inseridas em sociedades, a cultura organizacional está intrinsecamente ligada à cultura nacional na qual se encontra.

A cultura, portanto, exerce influência no clima organizacional, pois com os valores e símbolos bem definidos as pessoas lidam melhor com o trabalho e com quem irão interagir. Segundo Lacombe (2005), uma cultura bem definida garante consistência e coerência nas ações e decisões do líder sobre a equipe, proporcionando melhores condições para o alcance dos objetivos.

### 2.2 O Clima Organizacional na Construção Civil

O Clima Organizacional pode ser definido pela percepção dos colaboradores em relação às políticas e práticas organizacionais, sendo um preditor fundamental do comportamento individual e coletivo (Prado e Cardoso, 2023).

Segundo Robbins e Judge (2015), a análise do clima organizacional, independentemente das metodologias utilizadas, possibilita a identificação tanto das fortalezas quanto dos aspectos que necessitam de melhorias dentro da empresa.

A construção civil e, em particular, o canteiro de obras apresenta alta concentração de mão de obra e de equipes diferentes, sendo necessário proporcionar um ambiente de trabalho adequado e seguro.

Matos (2024) aplicou o método *Great Place to Work* (GPTW) em um estudo de caso realizado numa obra e os resultados revelaram indicadores positivos, demonstrando que uma gestão de pessoas efetiva contribui para melhores resultados e bem-estar dos colaboradores.

Na construção civil, a percepção do clima é intensificada pela natureza do trabalho: tarefas de alto risco, pressão por cumprimento de cronogramas e ambientes em constante mudança, temporariedade dos projetos e diversidade de mão de obra.

Essas características exigem que o instrumento de medição seja especialmente sensível aos aspectos de segurança e suporte. É por isso que o modelo proposto se distancia de modelos genéricos, priorizando a adequação ao canteiro de obras.

### 2.3 A Estrutura Multidimensional do Clima

O presente modelo adota uma estrutura multidimensional para garantir uma análise holística, agrupando três dimensões estratégicas:

- **Dimensão I:** Liderança e Estrutura (Os “Como”): Focada nos mecanismos de gestão, comando e controle.
- **Dimensão II:** Relacionamento e Bem-Estar (Os “Quem”): Focada na interação interpessoal e nas condições psicossociais.
- **Dimensão III:** Recompensa e Suporte (Os “O Quê”): Focada nos aspectos tangíveis e intangíveis que a organização oferece ao colaborador.

A partir disso, foram identificados 10 fatores que influenciam no clima organizacional para cobrir um espectro completo da experiência do trabalhador, cada uma abordando um aspecto da gestão, conforme **Figura 1**.

Figura 1. Fatores que influenciam o clima organizacional, os autores (2025).



### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Desenvolvimento dos Itens e Versões do Questionário

Para cada um dos 10 fatores, foram elaborados três itens (“perguntas”), totalizando 30 afirmações por versão. A criação de três versões paralelas (1, 2 e 3) do questionário (mantendo os mesmos fatores, mas com itens diferentes) atende à necessidade de redução de viés de repetição para que seja evitado que os respondentes repitam padrões de resposta, e validação cruzada, que permite testar a robustez do construto em diferentes amostras.

#### 3.2 O Formato de Resposta: Escala Likert Forçada

O questionário utiliza a Escala Likert de 4 pontos, eliminando o ponto neutro central. Esta decisão metodológica visa induzir o respondente a expressar uma opinião clara de concordância ou discordância (Discordo Totalmente → Concordo Totalmente), evitando o “viés de tendência central”. A escala forçada aumenta a sensibilidade da mensuração, fornecendo dados mais objetivos sobre a satisfação ou insatisfação em cada fator.

#### 3.3 Próximos Passos: Avaliação

O desenvolvimento do questionário será concluído pela validação empírica. A fase subsequente de pesquisa de campo terá como foco os seguintes procedimentos estatísticos para atestar a qualidade métrica do instrumento:

Confiabilidade (Consistência Interna): Cálculo do Alpha de Cronbach ( $\alpha$ ) para garantir que os três itens de cada fator (ex: Fator 1) medem o mesmo construto de forma consistente.

- Validade de Construto: Utilização da Análise Fatorial Exploratória (AFE) para confirmar se os 30 itens se agrupam empiricamente nas 10 dimensões teóricas propostas.

A aprovação nessas etapas estatísticas garantirá que o instrumento é válido e confiável para o diagnóstico do Clima Organizacional em canteiros de obra.

## 4. CONCLUSÃO

A presente pesquisa metodológica alcançou seu objetivo principal ao apresentar e fundamentar um Referencial Teórico-Metodológico para a mensuração do Clima Organizacional, adaptado especificamente para o ambiente de alto risco da Construção Civil.

O desenvolvimento do instrumento resultou na criação de um modelo diagnóstico de alta especificidade ao incorporar dez fatores cruciais, agrupados em três dimensões estratégicas: I) Liderança e Estrutura, II) Relacionamento e Bem-Estar, e III) Recompensa e Suporte. A estruturação desses fatores permite uma análise aprofundada da Segurança Psicológica e dos Riscos Psicossociais no canteiro de obras, que são determinantes diretos da produtividade e da sinistralidade do setor.

A metodologia de construção, que empregou a Escala *Likert* de 4 pontos (forçada) e gerou três questionários, garante o rigor necessário para a fase subsequente de pesquisa de campo.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## 5. REFERÊNCIAS

- Abreu, A.V.; Wolff, M.P.M. Desenvolvimento de processos markovianos na gestão da construção. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 15, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.5216/reec.v15i1.51835>
- Bragagnolo, S.M.; Da Rocha, J.C. Qualidade de vida no trabalho: um estudo de caso em uma empresa industrial de pequeno porte do oeste de Santa Catarina. **Revista Visão: Gestão Organizacional**, v. 12, n. 2, p. e3092-e3092, 2023. <https://doi.org/10.33362/visao.v12i2.3092>
- Chen, W.T.; Merrett, H.C.; Huang, Y.-H.; Bria, T.A.; Lin, Y.-H. Exploring the relationship between safety climate and worker construction sites building construction sites in Taiwan. **Sustainability**, v. 13, n.6, e3326. 2021 <https://doi.org/10.3390/su13063326>
- Gallon, S.; Tedesco, T.; Mores, G.V. Causes of turnover in the civil construction sector. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e157101320829, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i13.20829>
- Iwai, T.; Bortoluzzo, A. B.; Nakata, L. E.; Costa, J. E. T. Força de Clima: seu papel moderador na relação entre clima e turnover. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 23, n. 1, p. 92-110, 2019. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2019170210>
- Jornal RMC. **Pesquisa inédita de SindusCon-SP e Falconi apresenta desafios em gestão de pessoas no setor de construção civil**. 2024. Disponível em: <https://www.jornalrmc.com.br/pesquisa-inedita-de-sinduscon-sp-e-falconi-apresenta-desafios-em-gestao-de-pessoas-no-setor-de-construcao-civil>. Acesso em: 13 out. 2025.
- Matos, J.R. **Clima organizacional na construção civil: como potencializar resultados por meio do bem-estar dos colaboradores**. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/274442/001199643.pdf> Acesso em: 13 out. 2025.
- Prado, M.S.; Cardoso, E. A importância do clima organizacional: construção e aplicação de instrumento de mensuração de clima organizacional. **E-Locução - Revista Científica da FAEX**, ed. 23, v. 12, 2023. <https://periodicos.faex.edu.br/index.php/e-Locucão/article/view/531>
- Robbins, S. P.; Judge, T. A. **Comportamento organizacional**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

# INFLUÊNCIA DA ATIVAÇÃO MECÂNICA E DA SUBSTITUIÇÃO POR VIDRO MOÍDO NO DESEMPENHO MECÂNICO DE GEOPOLÍMEROS

## **Lorayne Cristina da Silva Alves**

Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
lorayne\_cristina@hotmail.com

## **Fernanda Giannotti da Silva Ferreira**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
fgiannotti@ufscar.br

**Resumo:** A crescente preocupação com os impactos ambientais associados à produção do cimento Portland tem impulsionado o desenvolvimento de materiais alternativos com menor pegada de carbono. Nesse contexto, os geopolímeros surgem como ligantes sustentáveis, obtidos a partir da ativação alcalina de precursores ricos em sílica e alumina, podendo incorporar resíduos industriais como substitutos parciais de matérias-primas convencionais. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da substituição parcial do metacaulim por resíduo de vidro moído na resistência à compressão de geopolímeros, considerando também a influência da ativação mecânica das matérias-primas. Foram produzidas misturas com teores de substituição de 55% e 74% de vidro, comparadas a uma amostra de referência composta exclusivamente por metacaulim. O ensaio de resistência à compressão foi realizado aos 28 dias. Os resultados indicaram que a adição de vidro reduziu significativamente a resistência mecânica, com diminuições de aproximadamente 46,6% e 76,6% em relação à referência. Esse comportamento foi atribuído à menor reatividade do vidro e à presença de partículas não dissolvidas, que resultam em uma matriz menos coesa. Além disso, a ativação mecânica por três horas não promoveu variações estatisticamente significativas nos resultados, indicando que o tempo de moagem adotado não foi suficiente para modificar a reatividade do sistema. Conclui-se que, de forma geral, a incorporação de pó de vidro em geopolímeros apresenta potencial técnico e ambiental, permitindo a obtenção de compósitos com resistência superior a 30 MPa e favorecendo o reaproveitamento de resíduos e a redução do consumo de matérias-primas convencionais.

**Palavras-chave:** pó de vidro, ativação mecânica, metacaulim.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os impactos ambientais decorrentes do crescimento industrial e urbano têm se intensificado, impulsionando a busca por alternativas tecnológicas mais sustentáveis (Luhar et al., 2019). Nesse contexto, a produção de cimento Portland tem recebido especial atenção, uma vez que seu processo de fabricação, baseado na queima de clínquer em altas temperaturas, é responsável por cerca de 8% da liberação de gases de efeito estufa (Benhelal et al., 2012).

Como alternativa, os geopolímeros têm emergido como ligantes de baixo impacto ambiental, capazes de reduzir substancialmente as emissões de CO<sub>2</sub> quando comparados aos sistemas à base de cimento Portland (Janowska-Renkas et al., 2023). Esses materiais resultam da ativação alcalina de precursores ricos em sílica e alumina, formando uma matriz com propriedades mecânicas e de durabilidade promissoras (Elmesalami & Celik, 2022; Unis Ahmed et al., 2022).

Além da substituição do cimento, o aproveitamento de resíduos na composição de geopolímeros tem sido amplamente estudado como estratégia para ampliar a sustentabilidade do setor da construção civil. Entre os resíduos com potencial de incorporação destaca-se o vidro moído, material rico em sílica que pode atuar como adição pozolânica, contribuindo para a reatividade do sistema e para a redução do volume de rejeitos dispostos em aterros (Huseien et al., 2016; Tchakouté et al., 2016).

Paralelamente, a ativação mecânica tem se consolidado como uma técnica eficaz para aprimorar a reatividade dos materiais precursores empregados na síntese de geopolímeros. O processo promove a fragmentação das partículas, o aumento da área superficial específica e modificações estruturais que favorecem a dissolução do material durante a reação de geopolimerização (Chen et al., 2024; Wu et al., 2021). No entanto, tempos prolongados de moagem tendem a elevar o consumo energético e podem afetar a estabilidade da reatividade do material (Bakil et al., 2025), o que reforça a necessidade de investigar tempos de ativação otimizados.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da substituição parcial do metacaulim por resíduo de vidro na produção de geopolímeros, considerando a influência da ativação mecânica das matérias-primas por três horas sobre as propriedades do material resultante.

---

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Materiais constituintes, formulação e produção

O material base para produção do geopolímero consistiu em metacaulim (Metacaulim HP Ultra, Metacaulim do Brasil), pó de vidro moído (passante na peneira #200) e alumina hidratada C30 (Alcoa). Como líquido

ativador, uma solução de silicato de sódio (Una-Prosil) e hidróxido de sódio foi utilizada (módulo da solução MS = 1,5). O agregado miúdo consistiu em uma areia de leito de rio quartzosa de dimensão máxima de 2,36 mm.

Neste trabalho foram produzidas 5 proporções de misturas (incluindo uma de referência), com substituição parcial do metacaulim por resíduo de vidro moído na razão de 55% e 74% (definidos em estudos preliminares como teores ótimos), como indicado na **Tabela 1**.

A preparação do geopolímero, com e sem ativação mecânica, foi feito conforme processo apresentado na **Figura 1**.

## 2.2 Ensaios de caracterização

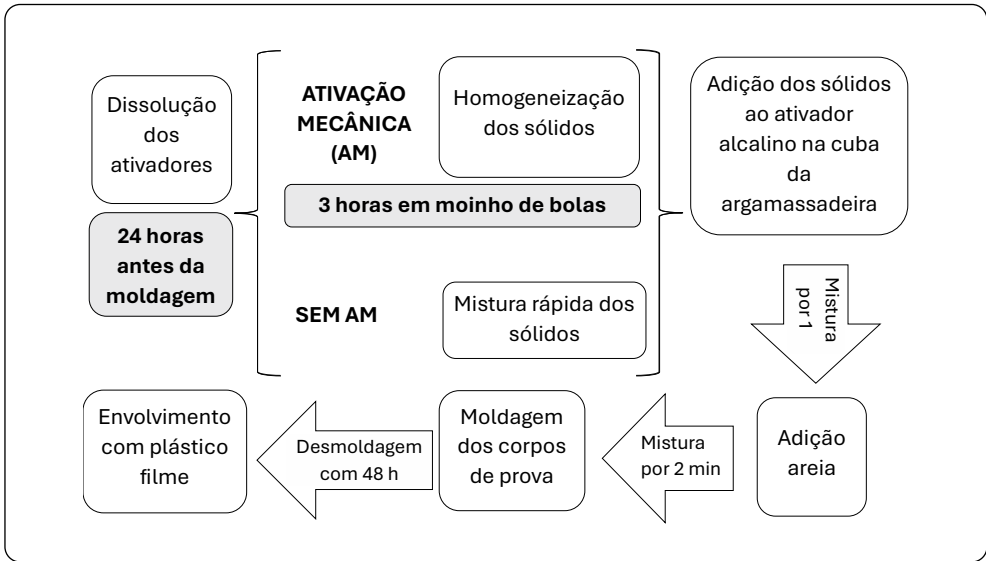
O ensaio de resistência à compressão (RC) foi realizado conforme os procedimentos estabelecidos na NBR 5739 (2018), aos 28 dias de idade. Os testes foram executados em uma Máquina Universal de Ensaio EMIC, modelo DL60000, equipada com célula de carga de 60 t.

**Tabela 1. Composições da mistura.**

Espécie	Ref	55%PV (AM)	74%PV (AM)
Teor de vidro (%)	0,0	54,7	74,3
%Na <sub>2</sub> O	14,7	11,3	10,0
Metacaulim	920,0	417,0	236,1
Vidro	---	503,0	683,9
Alumina	---	271,7	370,3
Silicato de sódio	389,7	297,9	264,6
Hidróxido de sódio	43,7	33,4	29,7
Areia	920,0	920,0	920,0
Água	368,0	368,0	368,0

**Autores (2025).**

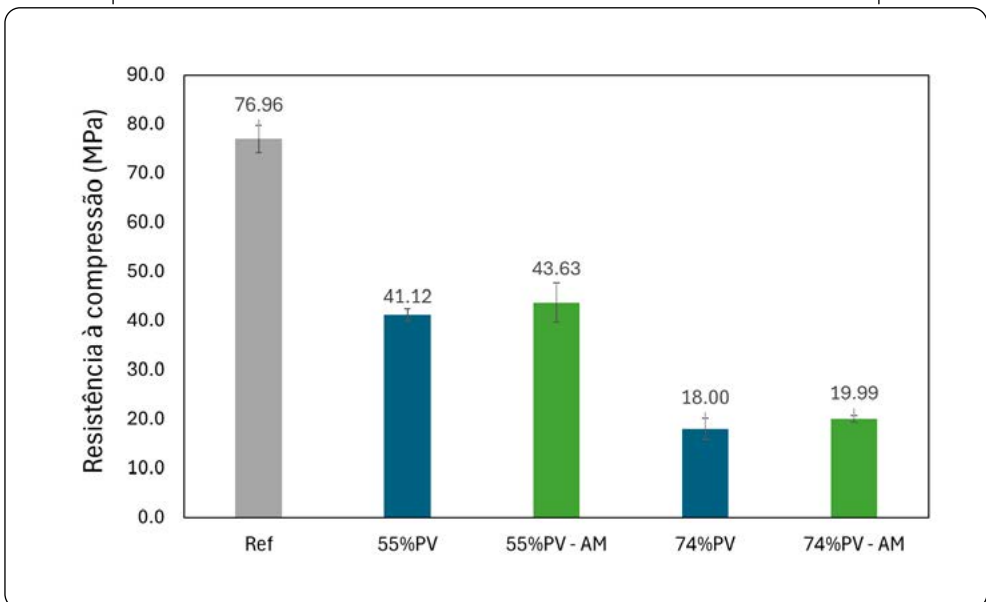
Figura 1. Procedimento de moldagem, Autores (2025).



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 2** apresenta os valores de resistência à compressão dos geopolímeros produzidos com diferentes teores de substituição do metacaulim por resíduo de vidro, com e sem ativação mecânica.

Figura 2. RC dos geopolímeros com e sem ativação mecânica, Autores (2025).



Observa-se que a amostra de referência (Ref), apresentou o maior valor médio de resistência, atingindo 76,96 MPa aos 28 dias. Ademais, a substituição parcial por vidro resultou em uma redução significativa desta

propriedade mecânica. Para as amostras 55%PV e 74%PV, houve redução de aproximadamente 46,6% e 76,6%, respectivamente, nos valores de resistência à compressão. Essa diminuição progressiva pode estar associada à menor reatividade do vidro em relação ao metacaulim, uma vez que parte das partículas não participa efetivamente das reações de geopolimerização, resultando em regiões menos densas e com menor grau de ligação entre os constituintes (Burciaga-Díaz et al., 2020; Lu & Poon, 2018; Si et al., 2020). Além disso, o excesso de vidro pode gerar um desbalanceamento na concentração dos íons disponíveis na solução alcalina, limitando a extensão das reações de polimerização (Xiao et al., 2020).

Nota-se também que a ativação mecânica não promoveu variações significativas nos valores médios de resistência à compressão. Isso indica que a moagem dos materiais precursores por três horas não foi eficaz na alteração da reatividade global do sistema geopolimérico. Chen et al. (2024) perceberam que o aumento excessivo do tempo de ativação pode reduzir a eficiência do processo, uma vez que o impacto mecânico contínuo tende a causar a aglomeração das partículas finas e a formação de superfícies menos ativas.

---

## 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam o potencial de utilização do resíduo de vidro como material alternativo parcial ao metacaulim na produção de geopolímeros. Concluindo-se que:

- Apesar da redução na resistência à compressão com o aumento do teor de substituição, podem ser obtidos valores de resistência mecânica superiores a 30 MPA (55%PV), o que tornaria o material adequado para uso estrutural;
- A amostra Ref foi a que apresentou o melhor desempenho mecânico, enquanto as misturas com 55% e 74% de substituição apresentaram reduções de aproximadamente 46,6% e 76,6%, respectivamente;
- A ativação mecânica das matérias-primas por três horas não promoveu alterações expressivas na resistência à compressão, sugerindo que esse tempo de moagem não foi suficiente para aumentar a reatividade dos precursores.

---

## 5. AGRADECIMENTOS

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, a Metacaulim do Brasil pela doação de material e a UFSCar pela infraestrutura para realização dos ensaios.

## 6. REFERÊNCIAS

- Bakil, S. N. A., Tóth, M., Ibrahim, J. E. F., & Mucsi, G. (2025). Influence of mechanical activation of coal gangue on the strength and microstructure of geopolymer. **Construction and Building Materials**, 486. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.141977>
- Benhelal, E., Zahedi, G., & Hashim, H. (2012). A novel design for green and economical cement manufacturing. **Journal of Cleaner Production**, 22(1), 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.019>
- Burciaga-Díaz, O., Durón-Sifuentes, M., Díaz-Guillén, J. A., & Escalante-García, J. I. (2020). Effect of waste glass incorporation on the properties of geopolymers formulated with low purity metakaolin. **Cement and Concrete Composites**, 107. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103492>
- Chen, C., Shenoy, S., Pan, Y., Sasaki, K., Tian, Q., & Zhang, H. (2024). Mechanical activation of coal gasification slag for one-part geopolymer synthesis by alkali fusion and component additive method. **Construction and Building Materials**, 411. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134585>
- Elmesalami, N., & Celik, K. (2022). A critical review of engineered geopolymer composite: A low-carbon ultra-high-performance concrete. In **Construction and Building Materials**, 346, 128491. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128491>
- Huseien, G. F., Mirza, J., Ismail, M., & Hussin, M. W. (2016). Influence of different curing temperatures and alkali activators on properties of GBFS geopolymer mortars containing fly ash and palm-oil fuel ash. **Construction and Building Materials**, 125, 1229–1240. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.153>
- Janowska-Renkas, E., Zdrojek, M., Koziol, M., & Kaliciak-Kownacka, A. (2023). Effect of composition of geopolymer composites containing fly ash and waste glass powder on their durability and resistivity demonstrated in presence of a nanocarbon additive in a form of graphene. **Measurement**, 211. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.112616>
- Lu, J. X., & Poon, C. S. (2018). Use of waste glass in alkali activated cement mortar. **Construction and Building Materials**, 160, 399–407. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.080>
- Luhar, S., Cheng, T. W., Nicolaidis, D., Luhar, I., Panyas, D., & Sakkas, K. (2019). Valorisation of glass wastes for the development of geopolymer composites – Durability, thermal and microstructural properties: A review. **Construction and Building Materials**, 222, 673–687. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.169>
- Si, R., Dai, Q., Guo, S., & Wang, J. (2020). Mechanical property, nanopore structure and drying shrinkage of metakaolin-based geopolymer with waste glass powder. **Journal of Cleaner Production**, 242. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118502>
- Tchakouté, H. K., Rüscher, C. H., Kong, S., Kamseu, E., & Leonelli, C. (2016). Geopolymer binders from metakaolin using sodium waterglass from waste glass and rice husk ash as alternative activators: A comparative study. **Construction and Building Materials**, 114, 276–289. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.184>
- Unis Ahmed, H., Mahmood, L. J., Muhammad, M. A., Faraj, R. H., Qaidi, S. M. A., Hamah Sor, N., Mohammed, A. S., & Mohammed, A. A. (2022). Geopolymer concrete as a cleaner construction material: An overview on materials and structural performances. **Cleaner Materials**, 5, 100111. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100111>
- Wu, F., Li, H., & Yang, K. (2021). Effects of mechanical activation on physical and chemical characteristics of coal-gasification slag. **Coatings**, 11(8). <https://doi.org/10.3390/coatings11080902>
- Xiao, R., Ma, Y., Jiang, X., Zhang, M., Zhang, Y., Wang, Y., Huang, B., & He, Q. (2020). Strength, microstructure, efflorescence behavior and environmental impacts of waste glass geopolymers cured at ambient temperature. **Journal of Cleaner Production**, 252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119610>

# COMPORTAMENTO ELETROQUÍMICO DE ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND E DE GEOPOLÍMERO

## **Mariana Nuccitelli Simões**

Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.

**msimoes@estudante.ufscar.br**

## **Guilherme Yuuki Koga**

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.

**gykoga@ufscar.br**

## **Fernanda Giannotti da Silva Ferreira**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.

**fgiannotti@ufscar.br**

**Resumo:** Os geopolímeros são materiais cimentícios alternativos obtidos a partir da ativação alcalina de aluminossilicatos, como metacaulim, e têm se destacado por seu menor impacto ambiental e boas propriedades mecânicas. A substituição do cimento Portland por geopolímeros representa uma estratégia promissora para a construção civil sustentável, mas sua aplicação depende da avaliação da durabilidade das estruturas, especialmente da proteção do aço embutido, elemento crítico na integridade estrutural. Este trabalho tem como objetivo comparar o desempenho eletroquímico do aço em argamassas de cimento Portland e geopoliméricas, investigando a influência da matriz na resistência à corrosão e na formação do filme passivo. Para tanto, foram confeccionados corpos de prova de (5 x 7 x 10) cm com duas barras de aço CA-60, submetidas a ensaios eletroquímicos de Potencial de Circuito Aberto (PCA), Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE) e Resistência Linear de Polarização (LP), seguindo normas ASTM. A pesquisa permitiu avaliar como diferentes matrizes cimentícias afetam a proteção da armadura e fornece subsídios para o desenvolvimento de materiais mais duráveis e sustentáveis. O estudo contribui para a compreensão da relação entre composição da matriz e desempenho do aço, reforçando a importância dos estudos das soluções alternativas ao cimento Portland para construções de longo prazo.

**Palavras-chave:** Cimento; Geopolímero; Potencial de Circuito Aberto (PCA); Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE); Resistência à Polarização (LP).

---

## 1. INTRODUÇÃO

O geopolímero é um material cimentício alternativo obtido pela ativação alcalina de aluminossilicatos, destacando-se por sua menor pegada ambiental comparado com o cimento Portland e boas propriedades mecânicas (Provis e Bernal, 2014). Substituir matrizes de cimento Portland por geopolímero oferece potencial para construções mais sustentáveis, mas é fundamental avaliar a durabilidade do aço embutido. Estudos eletroquímicos permitem investigar a proteção conferida pelo material, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas mais resistentes à corrosão e de maior vida útil. O objetivo do trabalho é comparar o desempenho eletroquímico do aço em argamassas de cimento Portland e geopoliméricas, avaliando a resistência à corrosão para identificar matrizes mais protetoras e duráveis.

---

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Materiais

Os materiais utilizados na pesquisa foram cimento CP V-ARI, areia e água para confecção da argamassa cimentícia; metacaulim, silicato de sódio, hidróxido de sódio, areia e água para confecção da argamassa geopolimérica; e barras de aço CA-60 com diâmetro de 5 mm.

### 2.2 Métodos

Foram estudadas duas argamassas. Inicialmente, foi produzida uma argamassa de referência com cimento Portland, utilizando o traço 1:2 (cimento: areia) e relação água/cimento de 0,48. Posteriormente, foi elaborada uma argamassa geopolimérica, com traço 1:2 (metacaulim: areia) e relação metacaulim/ativador de 0,5. Em ambos os casos foram inseridas 2 barras de aço, previamente preparadas de acordo com a norma norte americana G1-03 (*American Society for Testing And Materials, 2017*), em um corpo de prova de 5x7x10 cm, para realização de ensaios eletroquímicos aos 14 dias.

O ensaio eletroquímico foi realizado no Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Materiais (CCDM) do Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) da UFSCar. Foi montada uma célula eletroquímica onde o eletrólito é uma solução aquosa de hidróxido de cálcio; o eletrodo de trabalho é a barra de aço e o eletrodo referência utilizado é o de calomelano saturado (SCE). O contraeletrodo utilizado foi o de grafite. A célula foi conectada a um potenciostato da Gamry e as técnicas de Potencial de Circuito Aberto (PCA), Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE) e Resistência Linear de Polarização (LP) foram utilizadas, seguindo as normas norte americanas ASTM C876 – 15 (*American Society for Testing And Materials, 2015a*), G106-89 (*American Society for Testing And Materials,*

2015b) e G59-97 (American Society for Testing And Materials, 2020), respectivamente. A sequência de aplicação das técnicas é apresentada na **Figura 1**.

Figura 1. Fluxograma do protocolo utilizado no ensaio eletroquímico, Autores (2024).



### 3. RESULTADOS

A **Tabela 1** apresenta os resultados obtidos a partir dos ensaios de PCA e LP.

Tabela 1. Resultados das técnicas de PCA e LP.

Argamassa	Potencial (mVSCE)	R <sub>p</sub> (kΩ*cm <sup>2</sup> )	i <sub>corr</sub> (μA.cm <sup>-2</sup> )
CPV	-351,00	266,00	0,1955
Geopolímero	-439,45	255,60	0,2034

Autores (2025).

O resultado de PCA indica que o geopolímero possui uma tendência maior a corrosão quando comparado com a argamassa cimentícia. Apesar disso é possível observar ainda que ambos apresentam um valor inferior a -274 mV, que de acordo com a ASTM C876 – 15 é o valor limite para probabilidade maior de 90% de ocorrer a corrosão do aço.

A partir da resistência à polarização (R<sub>p</sub>) podemos obter a densidade de corrente de corrosão (i<sub>corr</sub>), com a equação de Stern-Geary (**Equação 1**):

$$i_{\text{corr}} = \frac{B}{R_p} \quad (1)$$

Sendo,

**i<sub>corr</sub>** é a densidade de corrente de corrosão, em **μA.cm<sup>-2</sup>**;

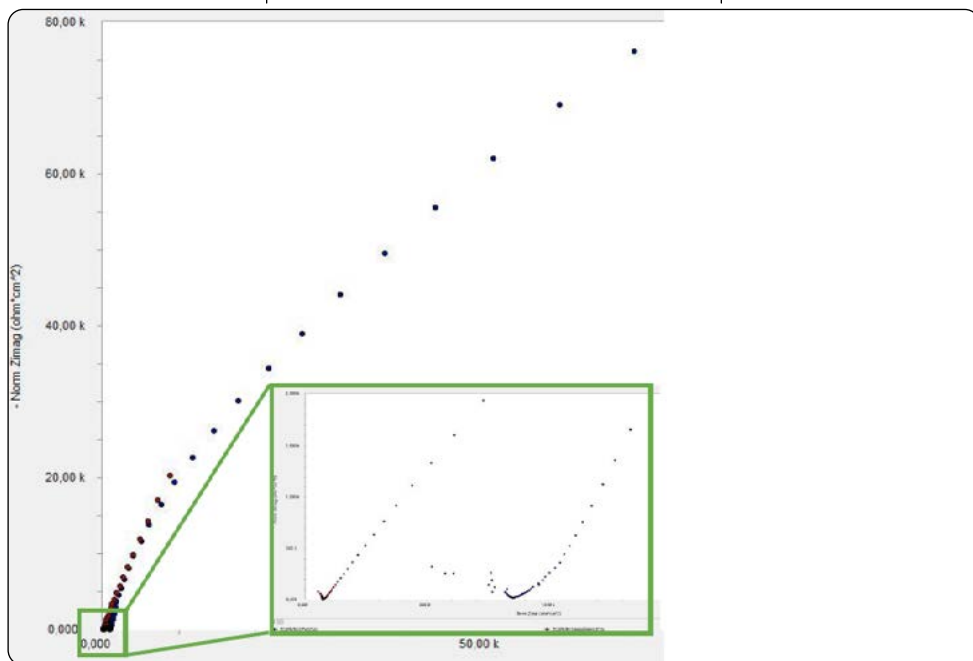
**R<sub>p</sub>** é a resistência a polarização, em **kΩ**;

**B** é igual a **52 mV**, constante para aços passivos embutidos em matrizes de cimento Portland, de acordo com Andrade et al. (2004).

A RILEM TC 154-EMC (Andrade et al., 2004) faz recomendações do nível de corrosão baseado na densidade de corrente do aço. O limite, que ambas as argamassas se encontram é, entre 0,1 e 0,5  $\mu\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$  e indica um baixo nível de corrosão.

**Na Figura 2** são apresentados os diagramas de Nyquist obtidos para as argamassas com matriz de cimento Portland (CP V) e geopolimérica, normalizados pela área exposta do eletrodo. Observa-se que ambas as curvas apresentam o comportamento típico de sistemas passivos, caracterizados por arcos semicirculares associados aos processos de transferência de carga na interface aço/matriz. No gráfico ampliado, referente à região de altas frequências, verifica-se que os valores iniciais de  $Z_{\text{real}}$  são semelhantes para ambas as matrizes, indicando resistências de solução ( $R_s$ ) próximas, o que sugere que o eletrólito e o contato elétrico com o sistema não influenciaram significativamente no resultado.

Figura 2. Gráfico de Nyquist, Autores (2025).



Entretanto, na faixa de baixas frequências, as diferenças tornam-se evidentes. A argamassa geopolimérica apresentou maiores valores de impedância total, com o diâmetro do arco semicircular atingindo aproximadamente  $2 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}^2$ , enquanto o sistema com cimento Portland apresentou valores próximos a  $1 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}^2$ . Esse aumento significativo na resistência de polarização ( $R_p$ ) para o geopolímero indica menor taxa de corrosão, corroborando a literatura que associa a elevada alcalinidade e a menor porosidade do geopolímero à formação de barreiras mais densas ao transporte iônico (Zhang et al., 2021). Além disso, o formato mais definido e o desloca-

mento do arco para maiores valores de impedância no sistema geopolimérico sugerem comportamento mais capacitivo, característico de camadas passivas mais homogêneas e contínuas. Em contraste, o arco mais achatado observado para o CP V indica maior heterogeneidade superficial e possível descontinuidade na película protetora, o que favorece a penetração de íons agressivos e acelera o processo de despassivação.

Os resultados de EIE evidenciam que a matriz geopolimérica promove um ambiente mais protetor à armadura, apresentando maior resistência de transferência de carga e melhor desempenho eletroquímico em comparação ao sistema convencional com cimento Portland.

---

## 4. CONCLUSÃO

Em resumo, os ensaios eletroquímicos realizados indicam que, embora ambas as argamassas apresentem baixo nível de corrosão do aço, a matriz geopolimérica demonstra maior estabilidade do filme passivo e resistência à transferência de carga, evidenciada pelos maiores valores de impedância e comportamento mais capacitivo nos diagramas de Nyquist. Apesar do resultado de PCA não indicar o mesmo, esse é um ensaio que deve ser analisado ao longo do tempo para obter dados mais precisos.

---

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro fornecido pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (bolsa nº 2024/14827-9), pela CAPES – Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Código de Financiamento 001.

---

## 6. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C876 - 15**: Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. ASTM, 2015a.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **G106-89**: Standard Practice for Verification of Algorithm and Equipment for Electrochemical Impedance Measurements. ASTM, 2015b.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **G1-03**: Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. ASTM Special Technical Publication, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **G59-97**: Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements. ASTM, 2020.

ANDRADE, C. *et al.*, Test methods for on-site corrosion rate measurement of steel reinforcement in concrete by means of the polarization resistance method, **Materials and Structures**, v. 37, p. 623-643, 2004.

PROVIS, J. L.; BERNAL, S. A. Geopolymers and Related Alkali-Activated Materials. **Annual Review of Materials Research**. v. 44, p. 299-327, 2014

ZHANG, P. *et al.* Corrosion behavior of steel reinforcement in alkali-activated materials compared to Portland cement systems. **Construction and Building Materials**, v. 287, p. 122989, 2021.

# PROCEDIMENTOS PARA EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS EM MODELAGEM BIM COM BASE NA NBR 12.721 E NAS COMPOSIÇÕES SINAPI

## **Tatiane de Souza Silva**

Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
tatianesilva@estudante.ufscar.br

## **Sheyla Mara Baptista Serra**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

**Resumo:** O *Building Information Modeling* (BIM) tem sido amplamente utilizado para otimizar o desenvolvimento de projetos, reduzindo conflitos entre disciplinas e aprimorando a gestão da produção por meio da simulação de cronogramas e orçamentos. Este estudo analisa a aplicação do BIM em um modelo residencial, com foco na extração de quantitativos de insumos a partir de ferramentas e procedimentos de orçamento. A pesquisa fundamenta-se na NBR 12.721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios, adotando como referência os índices de determinação expedita das quantidades de materiais e serviços previstos na norma. Utilizou-se o método *Design Science Research* (DSR) para desenvolver um artefato que sistematizasse o processo de extração de quantitativos em modelos BIM, considerando a elaboração de orçamentos com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Por meio de um estudo de caso, foi proposto um procedimento de extração e de comparação entre os quantitativos obtidos diretamente no modelo e os calculados conforme indicado pela norma NBR 12.721. Os resultados evidenciaram diferenças entre os valores estimados e os parâmetros normativos, além de apontar elementos relevantes para a orçamentação e recomendações para a padronização e aprimoramento dos processos em ambiente BIM.

**Palavras-chave:** Indicadores de custo, processo de orçamentação digital, modelagem paramétrica.

## 1. INTRODUÇÃO

O orçamento de obras é um instrumento essencial para o controle de custos e a viabilidade dos empreendimentos, exigindo métodos de estimativa e planejamento. De acordo com Mattos (2006), a orçamentação é o processo sistemático de definição dos custos de um projeto, compos-

ta pelas etapas de estudo das condicionantes, composição de custos e fechamento do orçamento, buscando equilíbrio financeiro e previsibilidade. A precisão das estimativas está diretamente ligada ao nível de desenvolvimento e de detalhamento dos projetos. O índice denominado de Custo Unitário Básico (CUB), regulamentado pela NBR 12.721 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2021), é a principal referência brasileira para o cálculo expedito dos custos por metro quadrado de edificação construída, sendo bastante utilizado para os estudos de viabilidade do empreendimento.

O avanço das tecnologias digitais tem transformado o processo de orçamentação. O *Building Information Modeling* (BIM) consolidou-se como um ambiente integrado capaz de centralizar informações e reduzir inconsistências entre disciplinas (Sacks *et al.*, 2021).

Segundo Andrade, Biotto e Serra (2021), o BIM possibilita a extração automática de quantitativos, reduzindo erros e tempo de processamento, enquanto Fenato *et al.* (2018) apontam ganhos de eficiência no controle de custos e na produtividade.

O Governo Federal como indutor de políticas públicas no Brasil criou a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil, conhecida por Estratégia BIM BR, por meio do Decreto nº 11.888 de 22 de janeiro de 2024, visando promover a transformação na indústria da construção.

Apesar dos benefícios, ainda há desafios relacionados à interoperabilidade e padronização de parâmetros, o que tem impulsionado o desenvolvimento de normas como a NBR 15.965 (ABNT, 2011), voltada à classificação e organização da informação da construção (Leusin, 2006).

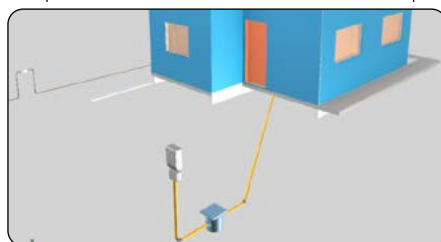
No contexto nacional, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), gerido pela Caixa Econômica Federal e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fornece composições e insumos padronizados (CAIXA, 2025). A integração entre BIM, NBR 12.721 e SINAPI tem se mostrado estratégica para a padronização e confiabilidade das estimativas (Silva *et al.*, 2022). Conclui-se que essa integração representa um avanço na engenharia de custos, promovendo maior precisão, transparência e eficiência na gestão orçamentária.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Características do projeto utilizado

A **Figura 1** mostra o modelo 3D utilizado como estudo de caso, e possui as seguintes características principais: dois dormitórios, banheiro, sala, cozinha e área de serviço, com área de

Figura 1. Projeto empresa A (2024).





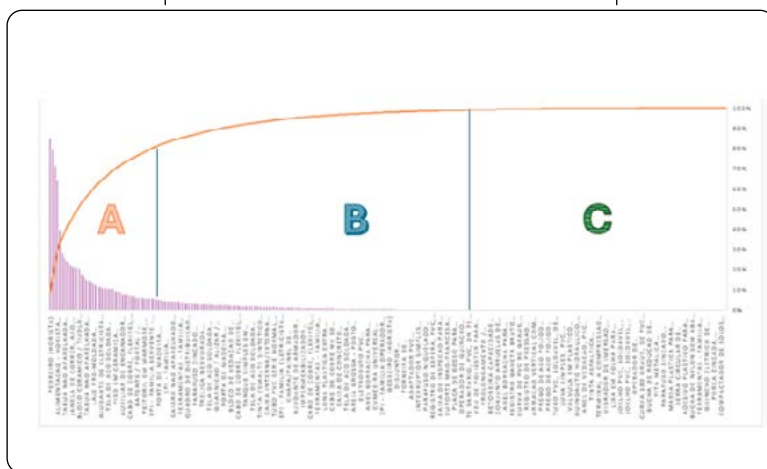
correspondentes.

Os insumos levantados foram posteriormente agrupados em famílias, conforme a NBR 12.721 (ABNT, 2021), e organizados em planilhas no Microsoft Excel, permitindo a comparação entre os valores obtidos no modelo BIM e os parâmetros normativos. Esse processo resultou em coeficientes comparativos que possibilitaram avaliar a correspondência entre os quantitativos modelados e os valores previstos pela norma.

## 4. RESULTADOS

A plataforma AltoQi® Visus permitiu a geração automática da curva ABC, conforme ilustrado na **Figura 3**. Essa curva foi utilizada como base para a classificação dos insumos em famílias, em conformidade com a NBR 12.721 (ABNT, 2021), viabilizando o agrupamento dos itens e o comparativo com os parâmetros normativos do projeto-padrão definido pela norma.

Figura 3. Curva ABC, Autoria Própria (2025).



A partir da associação das composições aos serviços quantificados, foi possível extrair os quantitativos de insumos diretamente do modelo tridimensional, integrando-os às composições do SINAPI. Os dados gerados pela curva ABC foram então organizados de modo a expressar as quantidades de insumos em função do preço do insumo representativo de cada família.

A quantidade de cada insumo foi obtida dividindo-se o preço total do insumo, conforme a curva ABC, pelo preço unitário do insumo representativo. Assim, após o processo de organização e classificação, os quantitativos finais de cada insumo representativo foram determinados por meio da soma dos insumos pertencentes à mesma família, permitindo a consolidação dos resultados e a comparação com os dados de referência normativos.

---

## 5. CONCLUSÃO

A integração entre o BIM, a NBR 12.721 e o SINAPI mostrou-se eficaz para aprimorar o processo de extração de quantitativos e elaboração de orçamentos. O uso de plataforma integrada permitiu automatizar etapas de levantamento, vinculação de composições e geração de orçamentos, garantindo maior precisão e rastreabilidade dos dados.

A análise envolvendo as disciplinas de arquitetura, estrutura, instalações hidrossanitárias e elétricas evidenciou a capacidade do BIM em integrar informações e reduzir inconsistências entre sistemas. O agrupamento dos insumos em famílias normativas e o uso da curva ABC contribuíram para a comparação entre os resultados do modelo e os parâmetros estabelecidos em norma.

Conclui-se que a adoção de um método padronizado de quantificação em ambiente BIM representa um avanço significativo para a engenharia de custos, proporcionando maior confiabilidade, transparência e eficiência no processo orçamentário.

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 pelo apoio à pesquisa.

---

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12721**: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.965**: Sistema de classificação da informação da construção - Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ANDRADE, F. M. R.; BIOTTO, C. N.; SERRA, S. M.B. Modelagem BIM para Orçamentação com Uso do SINAPI. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v16, n3, 2021. <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i2.170318>. Acesso em: 17 abr. 2023.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI – Manual de metodologias e conceitos**. Brasília, 2025. CAIXA, 2025.

FENATO, T. M.; SAFFARO, F. A.; BARISON, M. B.; HEINECK, L. F. M.; SCHEER, S. Método para elaboração de orçamento operacional utilizando um software de autoria BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 279-299, out./dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000400305> Acesso em: 18 mai. 2025.

LEUSIN, S. **Gerenciamento e Coordenação de Projetos em BIM**: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos. 2ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamento de obras**. 1ª Edição. São Paulo: PINI, 2006.

SACKS, R.; EASTMAN, C.; LEE, G.; TEICHOLZ, P. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 3ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2021.

SILVA, R. F. T. da; MARCHIORI, F. F.; CORREIA, V. L.; ABREU, J. P. M. de. Recomendações para a implementação da interoperabilidade entre SINAPI e normas da série NBR 15965. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 213-233, jul./set. 2022. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212022000300616>. Acesso em: 17abr. 2025.

# IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS DE INTEROPERABILIDADE EM SOFTWARES QUE AUTOMATIZAM PROCESSOS EM BIM – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

## **Gabriel da Silva Macedo**

Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
gabrielmacedo@estudante.ufscar.br

## **Cristiane Bueno**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
cbueno@ufscar.br

**Resumo:** O BIM é uma forma de pensar a construção completa. É muito comum dentro desse ferramental criar softwares que automatizem processos, visando aumentar a velocidade e a qualidade dos processos. Porém, esses softwares não possuem um alto nível de interoperabilidade técnica, ou seja, os softwares não conseguem transferir dados de forma completa. O objetivo desse trabalho é mapear os problemas de interoperabilidade tecnológica, identificando as origens dos problemas na criação desses softwares. Para isso se utiliza uma revisão sistemática da literatura, analisando 129 artigos de 2023 até 2025. Os resultados esperados são as características de cada um dos processos de criação de softwares que interferem na interoperabilidade entre eles.

**Palavras-chave:** BIM, programação, interoperabilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

O Building Information Modelling emergiu nas últimas 2 décadas como uma abordagem holística em projetos de construção civil (Eastman et al., 2014). Ele promove uma visão integrativa do processo construtivo simulando no universo virtual a edificação (Eastman et al., 2014; Succar, 2009).

É usual se desenvolver ferramentas que automatizam processos em BIM, aumentando a velocidade e a qualidade dos projetos. Apesar disso, esses softwares ainda são pouco interoperáveis, prejudicando sua ampla utilização (Zhang et al. 2022).

As linguagens de programação são ferramentas fundamentais que servem como uma ponte entre a linguagem natural, utilizada pelos seres

humanos, e a linguagem de máquina, compreendida pelos computadores (Medina e Fertig, 2006).

Entre as linguagens de programação utilizadas para automatizar os processos em BIM, destacam-se o Dynamo e o C# (**Tabela 1**). O Dynamo é uma linguagem visual baseada em nós (node-based), desenvolvida especificamente para facilitar a automação de tarefas dentro do Revit. Sua principal vantagem é a facilidade de uso, permitindo que profissionais da arquitetura, engenharia e construção (AEC) automatizem fluxos de trabalho sem a necessidade de conhecimentos avançados em programação tradicional. (Cascone, 2024).

Por outro lado, o C# é uma linguagem de programação robusta e amplamente utilizada para automação avançada dentro do Revit. O próprio Revit foi desenvolvido em C#, tornando essa linguagem a escolha mais eficiente para a criação de plug-ins personalizados e ferramentas sob medida. A grande vantagem do C# é a possibilidade de acessar diretamente a API do Revit (Application Programming Interface), que permite a manipulação profunda dos elementos do software. Isso possibilita a criação de soluções altamente especializadas e otimizadas, indo além do que é possível com o Dynamo (Kumar e Cheng, 2015).

A API do Revit é mencionada em 35% dos trabalhos, indicando seu papel essencial na personalização e expansão das funcionalidades do software. Muitas vezes, seu uso está associado ao C#, já que essa linguagem é a mais compatível para manipulação direta dos elementos do Revit.

**Tabela 1 – Artigos que utilizam linguagens de programação para automatizar processos em BIM**

Autores	Linguagens de Programação		
	Dynamo	C#	API
(Rahmani Asl <i>et al.</i> , 2015)	x		
(Kim <i>et al.</i> , 2015)		x	x
(Jalaei, Jalaei e Mohammadi, 2020)		x	x
(Pärn e Edwards, 2017)			x
(Francisco <i>et al.</i> , 2018)		x	
(Natephra, Yabuki e Fukuda, 2018)	x		
(Yang <i>et al.</i> , 2019)	x		
(Oti <i>et al.</i> , 2016)		x	
(Kensek, 2014)	x		x
(Liu <i>et al.</i> , 2018)		x	x
(Farghaly <i>et al.</i> , 2018)		x	x

Autores	Linguagens de Programação		
	Dynamo	C#	API
(Desogus <i>et al.</i> , 2021)	x		x
(Guo e Zhang, 2021)	x		x
(Chileshe, Jayasinghe e Rameezdeen, 2019)	x		
(Zhang, Beetz e Vries, De, 2018)	x		
(Korus, Salamak e Jasiński, 2021)	x		
(Ali <i>et al.</i> , 2020)		x	x
(Li <i>et al.</i> , 2019)	x		x
(Salimzadeh, Vahdatikhaki e Hammad, 2020)	x		
(Kiamili, Hollberg e Habert, 2020)	x		
(Chen, Wu e Hsieh, 2013)			x
(Deng <i>et al.</i> , 2022)		x	x
(Seghier <i>et al.</i> , 2022)	x		x

Fonte: Autor (2025).

Para que o BIM atinja seu potencial é necessário que se tenha Interoperabilidade entre os softwares e arquivos envolvidos (Eastman *et al.*, 2014). A interoperabilidade técnica está ligada a capacidade de troca de informações entre sistemas BIM, sem perda de dados legal (Shehzad *et al.*, 2021).

Portanto, o objetivo desse trabalho é mapear os problemas de interoperabilidade tecnológica dos softwares utilizados para automatizar processos em BIM, identificando as origens dos problemas na criação desses softwares.

## 2. METODOLOGIA

A presente pesquisa está sendo conduzida a partir de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) e é constituída de 3 etapas: levantamento de dados, codificação, análise bibliométrica e síntese analítica. A etapa de levantamento de dados já foi concluída e de análise bibliométrica está parcialmente concluída. Portanto, serão apresentados resultados parciais relacionados a essas etapas.

### 2.1 Levantamento de dados

Essa etapa se conduz pelo protocolo de RSL (**Tabela 2**). O levantamento de dados foi realizando seguindo um fluxograma adaptado do méto-

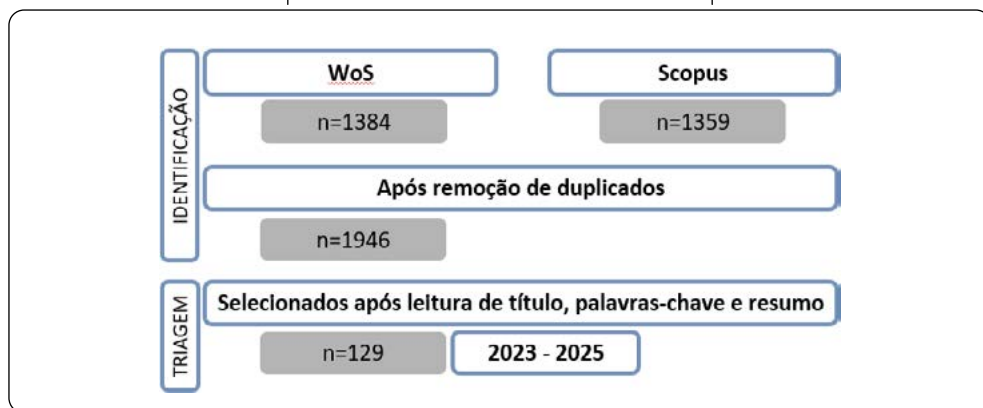
do PRISMA (Figura 1)

Tabela 2 – Protocolo da RSL

Base de dados	Scopus, Web of Science
String (Título, palavras-chave e resumo)	("BIM" OR "Building Information Model*") AND ("Programming" OR "Assembly" OR "Code" OR "Language" OR "Fortran" OR "Program")
Idiomas	Inglês
Tipos de doc.	Artigo
Ano	2023-2025
Critério de Inclusão	Artigo trata da criação de um programa que auxilie na automatização de etapas do processo de modelagem em BIM.
Critério de Exclusão	Artigo faz uso de IA, genetic algorithm, integer linear programming e suas variantes, deep learning, machine learning, augmented reality, large language models, artificial neural network.

Fonte: Autor (2025).

Figura 1 - Fluxograma PRISMA adaptado



Fonte: Autor (2025).

### 3. CODIFICAÇÃO

A codificação será feita de forma mista, envolvendo método dedutivo e indutivo. Os códigos dedutivos são representados por: função do programa criado em relação com os usos do modelo (Succar, 2016), e a linguagem de programação utilizada. Já os códigos indutivos são os parâmetros utilizados no processo de criação dos softwares.

#### 3.1 Análise bibliométrica e síntese analítica

A análise bibliométrica se deu a partir da análise dos seguintes dados: co-ocorrência de palavras (title, string, abstract), periódico de publicação, e coautoria entre países. A co-ocorrência de palavras foi a etapa concluída.

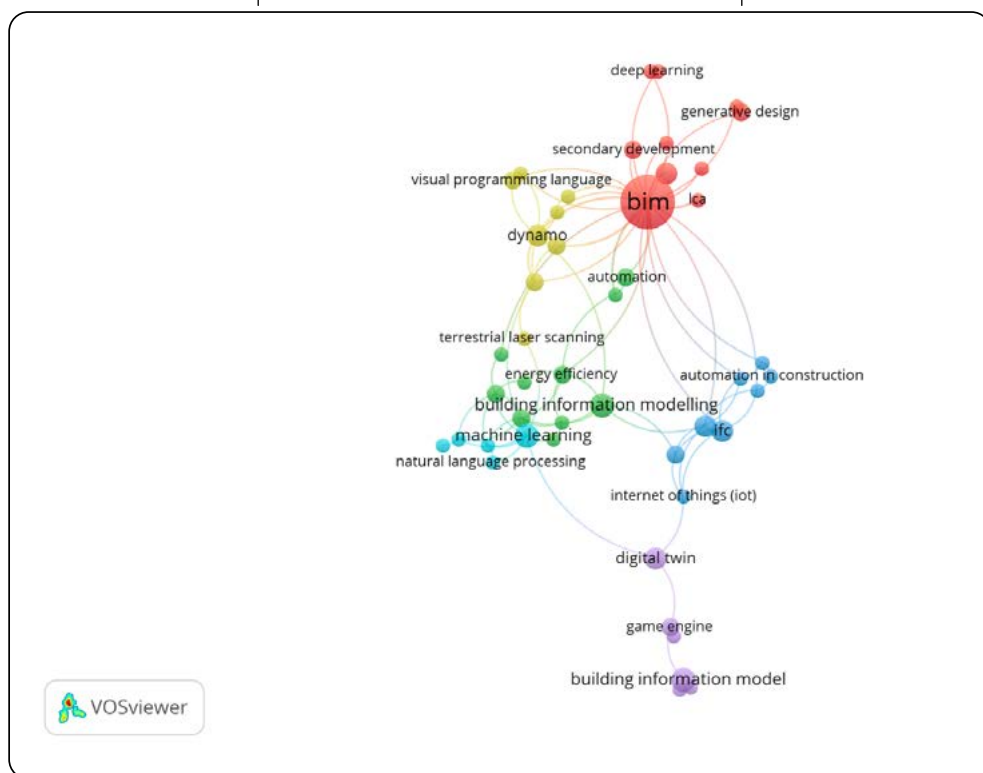
Já a síntese analítica será feita de forma textual a explicitará as principais informações encontradas na pesquisa realizada.

## 4. RESULTADOS PARCIAIS

Os resultados parciais deste estudo foram obtidos por meio de uma análise bibliométrica, a qual permitiu mapear a produção científica relacionada ao tema investigado.

Inicialmente se analisou o mapa de correlação entre palavras, realizado pelo software VosViewer (**Figura 2**). Nessa análise foi possível identificar 5 clusters.

Figura 2 - Mapa de concorrência entre palavras



Fonte: Autor (2025).

O primeiro cluster é o representado em vermelho. O termo **BIM**. As conexões fortes sugerem que a pesquisa sobre BIM está intimamente ligada ao **generative design** (design generativo). A inclusão do **LCA** indica uma aplicação avançada do BIM para otimização de avaliação de sustentabilidade. O segundo é o amarelo. A conexão forte entre **Dynamo** e **BIM** aponta para a importância da **visual programming language** na automação de pro-

cessos de projeto no ambiente BIM. O terceiro é o verde. Há a presença do termo **energy efficiency**, indicando novamente a importância do BIM na análise de sustentabilidade. O quarto é o azul. Este *cluster* foca em padrões de interoperabilidade (**ifc**) e a aplicação de tecnologias de conexão e dados em tempo real. O quinto é o roxo. Este *cluster* representa aplicações mais avançadas, onde o **digital twin** (gêmeo digital) é o conceito chave, que pode ser visualizado ou operado com o auxílio de uma **game engine**, explorando visualizações imersivas e interativas para simulação e monitoramento.

---

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho contém uma grande relevância para o diagnóstico dos problemas de interoperabilidade entre os softwares BIM. Como resultado espera-se entender quais as características no processo de criação de softwares que automatizam processos em BIM. Como pesquisas futuras se propõe a criação de um framework que sirva de padrão para a criação desses softwares, melhorando assim a interoperabilidade do BIM e aumentando a maturidade sobre ele.

---

## 6. REFERÊNCIAS

- EASTMAN, C.; TELCHOLZ, P.; SACKS, R.; LLSTON, K. **Manual de BIM**. 1a ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- CASCONE, S. Eco-Innovative Construction: Integrating Green Roofs Design within the BIM Framework. **Sustainability (Switzerland)**, 2024.
- KUMAR, S. S.; CHENG, J. C. P. A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites. **Automation in Construction**, v. 59, p. 24–37, 2015.
- MEDINA, M.; FERTIG, C. **Algoritmos e Programação Teoria e Prática**. 1a ed. São Paulo: Novatec, 2006.
- SHEHZAD, H. M. F.; IBRAHIM, R. B.; YUSOF, A. F.; KHAIDZIR, K. A. M.; IQBAL, M.; RAZZAQ, S. The role of interoperability dimensions in Building Information Modelling. **Computers in Industry**, v. 129, x2021.
- SUCCAR, BILAL; SALEEB, N.; SHER, W. Model Uses: Foundations for a Modular Requirements Clarification Language40th Australasian Universities Building Education Association Conference (AUBEA 2016). **Anais...**Cairns: 40th Australasian Universities Building Education Association Conference (AUBEA 2016), jun. 2016. Acesso em: 1 out. 2024
- SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, maio 2009.
- ZHANG, N.; WANG, J.; AL-HUSSEIN, M.; YIN, X. BIM-based automated design of drainage systems for panelized residential buildings. **International Journal of Construction Management**, v. 23, n. 15, p. 2683–2698, 2023.

# NÃO-CONFORMIDADES NA ELABORAÇÃO DE LAUDOS DE INSPEÇÃO PREDIAL À LUZ DA ABNT NBR 16747:2020

## **Rebeca Macedo dos Santos**

Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
rmsantos@estudante.ufscar.br

## **José Carlos Paliari**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
jpaliari@ufscar.br

## **Sheyla Mara Baptista Serra**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

**Resumo:** A manutenção predial, quando tratada como serviço técnico programado, constitui um investimento estratégico para a preservação do valor e da funcionalidade dos imóveis. A publicação da ABNT NBR 16747:2020 consolidou diretrizes para a inspeção predial, promovendo avanços na qualidade dos laudos técnicos, incluindo registros fotográficos, plantas, esquemas e análises multidisciplinares. Este artigo teve como objetivo investigar as não-conformidades presentes em laudos de inspeção predial em relação às boas práticas preconizadas pela ABNT NBR 16747:2020. Para isso, foi realizada pesquisa documental, com coleta de 21 laudos e análise de 15 selecionados, emitidos após a publicação da referida norma. Os resultados mostraram que, embora a norma seja um documento consistente e orientador para as inspeções prediais, sua aplicação ainda é incipiente. Foram identificadas várias não-conformidades nos laudos analisados, como a caracterização incompleta dos imóveis e ausência de recomendação da elaboração do Plano de Manutenção. Como conclusão, embora a ABNT NBR 16747:2020 tenha promovido avanços na elaboração de laudos de inspeção predial, fortalecendo a manutenção preventiva e a segurança dos imóveis, constatou-se que a sua aplicação, na amostragem de laudos analisados, ainda é incipiente. De forma a mitigar esta constatação, propõe-se a aplicação de um *checklist* padronizado, contemplando os principais elementos que devem constituir o laudo técnico, tais como identificação do imóvel, tipo de sistema construtivo, estado de conservação, recomendações e referências normativas entre outros que, aplicado durante a inspeção, assegurará a sua padronização, rastreabilidade e respaldo legal.

**Palavras-chave:** manutenção predial, inspeção predial, ABNT NBR 16747:2020, padronização, laudos técnicos.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A manutenção predial deve ser entendida como serviço técnico programado, constituindo investimento estratégico para preservar valor e funcionalidade dos imóveis (Petersen *et al.*, 2023). A aplicação da ABNT NBR 16747:2020 e a organização documental adequada aumentam a confiabilidade e rastreabilidade dos diagnósticos. Contudo, a carência de capacitação e interpretações heterogêneas das normas têm gerado laudos inconsistentes, comprometendo credibilidade técnica e padronização dos resultados.

Diante desse contexto, objetiva-se investigar as não-conformidades presentes em laudos de inspeção predial em relação às boas práticas preconizadas pela ABNT NBR 16747:2020.

Ao abordar essa questão, pretende-se fortalecer a cultura de manutenção predial, promovendo padronização, transparência e aprimoramento da engenharia diagnóstica no Brasil.

---

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Relevância da Inspeção Predial

De acordo com a ABNT NBR 16747:2020, a inspeção predial consiste em um procedimento técnico e sistemático voltado à verificação das condições de conservação, uso e manutenção das edificações. Trata-se de uma avaliação predominantemente sensorial, que exige a atuação de profissional habilitado em Engenharia ou Arquitetura, com conhecimento sobre materiais, sistemas construtivos, manifestações patológicas e práticas de manutenção predial. Por meio desse processo, é possível reconhecer anomalias, falhas de execução ou de uso e deficiências de manutenção, contribuindo para a preservação da edificação, a segurança dos usuários e o aprimoramento do seu desempenho ao longo do tempo (ABNT, 2020).

### 2.2 Diretrizes e Boas Práticas Profissionais na Elaboração de Laudos

ABNT NBR 16747:2020 estabelece diretrizes para a realização da inspeção predial e define o conteúdo mínimo do laudo técnico, assegurando sua completude, rastreabilidade e confiabilidade. O documento deve conter, no mínimo, a identificação do solicitante, a descrição da edificação, as datas de vistoria e elaboração, a documentação analisada, a metodologia empregada, os sistemas inspecionados, as irregularidades observadas, as recomendações, a priorização de ações, a avaliação das condições de manutenção, as considerações finais, as assinaturas dos responsáveis técnicos e o respectivo registro no conselho profissional competente (ABNT, 2020, p. 10-11).

A padronização proposta pela norma contribui para a clareza, transparência e credibilidade do diagnóstico técnico, permitindo que diferentes profissionais sigam um mesmo referencial metodológico. Um laudo bem estruturado deve apresentar dados técnicos, registros fotográficos, informações sobre patologias e índices de ocorrência, redigidos com linguagem objetiva e disposição lógica, de modo a facilitar a compreensão dos resultados e a tomada de decisão (Ventura *et al.*, 2022). O documento deve incluir identificação, descrição da edificação, datas, documentação, metodologia, sistemas inspecionados, irregularidades, avaliação da manutenção, considerações finais, assinaturas e registro técnico.

Assim, a aplicação rigorosa das diretrizes normativas, aliada às boas práticas profissionais, é fundamental para garantir a qualidade técnica dos laudos de inspeção predial, promovendo uniformidade documental e maior segurança nas ações de manutenção e gestão das edificações.

---

### 3. METODOLOGIA

A etapa de análise documental foi conduzida por meio da avaliação de laudos técnicos de inspeção predial, com o propósito de identificar padrões, não conformidades recorrentes e elementos relevantes à discussão sobre o conteúdo dos laudos técnicos. Foram coletados 21 laudos elaborados entre 2012 e 2024, classificados conforme a natureza jurídica dos responsáveis técnicos.

A obtenção dos laudos ocorreu por convites eletrônicos enviados por e-mail e compartilhados em grupos profissionais no *WhatsApp*, ampliando a participação de profissionais interessados em colaborar mediante o envio de laudos.

Do total de 21 laudos, 15 foram analisados com o objetivo de avaliar as boas práticas na elaboração dos laudos à luz da ABNT NBR 16747:2020, sendo um de 2020, três meses após a publicação da norma, e os demais entre 2021 e 2024, já sob sua vigência.

Para a avaliação qualitativa se utilizou a técnica de análise de conteúdo, categorizando normas aplicadas, verificando recomendações de Plano de Manutenção, avaliando documentos prévios à vistoria e examinando recomendações técnicas, permitindo identificar o grau de conformidade às diretrizes normativas. A identificação dos imóveis foi preservada, nomeando os laudos de P7 a P21, sendo que P1 a P6, anteriores à norma, não foram analisados.

Como parte da metodologia, foi elaborado um *checklist* para padronizar a análise dos laudos. Desenvolvido de acordo com a ABNT NBR 16747:2020, o formulário visou mitigar lacunas informacionais, especialmente quanto à documentação ausente ou inconsistente. Contemplou campos para identificação do profissional e do imóvel, organizou documentos em categorias legais, administrativas, técnicas, de segurança, operações

e uso da edificação, incluindo recomendações do inspetor e verificação de documentos, projetos, registros de manutenção e segurança. Para facilitar a consulta normativa, o *checklist* incluiu um *QR Code* com acesso à versão mais recente da Norma do IBAPE.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Caracterização das edificações inspecionadas

A diversidade tipológica e a ampliação do escopo das inspeções prediais abrangeram edificações de diferentes portes, sistemas construtivos e ciclos de vida útil. Contudo, permaneceram recorrentes as lacunas documentais, principalmente em relação às informações históricas de construção e às áreas registradas. No Quadro 1 são apresentadas as características dos imóveis inspecionados, cujos laudos foram emitidos a partir de 2020.

**Quadro 1 - Características dos imóveis inspecionados - laudos emitidos a partir de 2020**

Nº	Área construída (m <sup>2</sup> )	Área do terreno (m <sup>2</sup> )	Tipo de estrutura	Ano da construção
P7	3.629,61	N/C	CA	1996
P8	566,00	774,30	CA	N/C
P9	2.272,00	N/C	EM	N/C
P10	3.380,00	N/C	N/C	N/C
P11	N/C	N/C	N/C	N/C
P12	N/C	N/C	CA	N/C
P13	N/C	11.983,00	CA	1967
P14	N/C	N/C	CA	N/C
P15	1.100,00	N/C	N/C	N/C
P16	90.000,00	N/C	CPM	1988
P17	N/C	N/C	EM	N/C
P18	1.106,80	N/C	CA	N/C
P19	N/C	N/C	N/C	N/C
P20	980,40	N/C	N/C	N/C
P21	N/C	N/C	CA	N/C

**Autora (2025).**

**Obs.:** CA: Concreto Armado; EM: Estrutura Metálica; CPM: Concreto Pré-moldado; N/C: Não consta.

No que se refere à área construída, observaram-se edificações de pequeno e médio porte, como os imóveis P8 (566,00 m<sup>2</sup>), P15 (1.100,00 m<sup>2</sup>) e P20 (980,40 m<sup>2</sup>), cujas dimensões se mantiveram abaixo de 2.000 m<sup>2</sup>. Em contraste, destacaram-se empreendimentos de grande porte, como o P16,

um estádio com 90.000,00 m<sup>2</sup>, e o P13, um hotel com 5.850,00 m<sup>2</sup>.

Em relação à tipologia construtiva (estrutura), a maioria das edificações, objetos de análise no laudo técnico, utilizou o concreto armado na sua concepção (7, 46,7%). Duas foram concebidas em estruturas metálicas (13,3%), uma em concreto pré-moldado (6,7%) e em cinco laudos não foram apresentadas esta informação (33,3%).

O conjunto analisado abrangeu desde prédios institucionais, escolares e de escritórios, até galpões industriais em estruturas metálicas (P9 e P17), quadras esportivas (P20) e estádios (P16), demonstrando a ampliação do escopo das inspeções prediais para empreendimentos com características construtivas e funcionais variadas nesta amostragem.

Nos documentos dos Laudos P11 e P19 não foram constatadas informações sobre as características físicas e construtivas da edificação, evidenciando lacunas documentais significativas. Nos documentos dos Laudos P10, P15 e P20 não foram constatadas informações sobre as características da edificação e ano de construção. Essas ausências reforçaram a necessidade de avaliar detalhadamente a disponibilidade de informações documentais, tema abordado a seguir.

#### 4.2 Uso referencial da ABNT NBR 16747:2020

No Quadro 2 são apresentadas as informações sobre a aplicação da ABNT NBR 16.747:2020.

Nº	Ano do laudo	Idade do imóvel (*)	Aplicação da ABNT NBR 16.747:2020	Recomendação de Plano de Manutenção
P7	2020	24	Sim	Sim
P8	2021	15	Não	Não
P9	2021	N/C	Não	Não
P10	2021	N/C	Não	Não
P11	2021	5	Não	Não
P12	2022	27	Não	Não
P13	2022	55	Sim	Não
P14	2023	N/C	Sim	Não
P15	2023	N/C	Sim	Não
P16	2023	36	Não	Não
P17	2023	25	Não	Não
P18	2024	N/C	Não	Não

Nº	Ano do laudo	Idade do imóvel (*)	Aplicação da ABNT NBR 16.747:2020	Recomendação de Plano de Manutenção
P19	2024	N/C	Não	Sim
P20	2024	N/C	Sim	Não
P21	2024	N/C	Sim	Não

**Obs.:** (\*) No ano de emissão do laudo; N/C: Não consta.

#### **Autora (2025).**

Dos quinze laudos publicados entre 2020 e 2024, apenas seis laudos (40,0%) fizeram referência a ABNT NBR 16.747:2020. Observou-se, portanto, que dentre os laudos analisados, a norma passou a nortear menos da metade dos laudos analisados desta amostragem, refletindo o seu uso incipiente, embora um laudo datado de agosto de 2020 (P7) tenha sido elaborado poucos meses após a publicação oficial da norma em maio do mesmo ano. Laudos emitidos em 2024 (P18 a P20), quatro anos após a publicação da referida norma, não fizeram referência à esta.

### **4.3 Síntese das não-conformidades**

A análise dos quinze laudos revelou lacunas significativas na apresentação de informações básicas sobre os imóveis. Cinco laudos (33,3%) não mencionaram a área construída, treze (86,7%) não apresentaram a área do terreno e cinco laudos (33,3%) não informaram o tipo de construção. A idade da construção na emissão do laudo não foi citada em oito laudos (53,3%), e ano da construção não foi mencionada em doze laudos (80%).

Apenas dois laudos (13,3%) recomendaram a elaboração de um Plano de Manutenção (P7 e P19) enquanto apenas um laudo (P16) apresentou de fato um plano de manutenção incorporado ao documento.

No tocante à idade dos imóveis no momento da inspeção, destacou-se a presença de imóveis com faixas etárias bastante distintas, desde imóveis mais antigos, como o P13 (55 anos) e o P16 (36 anos), até imóveis relativamente recentes, como o P7 (24 anos), o P12 (27 anos) e o P17 (25 anos). Essa variação etária ampliou o espectro de condições técnicas a serem avaliadas, uma vez que imóveis mais antigos tendem a apresentar maior incidência de manifestações patológicas, enquanto imóveis recentes demandam análise quanto à conformidade executiva e ao desempenho inicial dos sistemas construtivos

A análise da aplicação da ABNT NBR 16747:2020 nos laudos evidenciou que, embora esta tenha relevância prática e técnica na orientação de forma consistente as inspeções prediais, sua aplicação ainda é incipiente. Esse contexto possibilitou a identificação de padrões e lacunas nos documentos, conduzindo à síntese das não-conformidades constatadas durante a análise.

Esses resultados evidenciam inconsistências recorrentes na docu-

mentação técnica e reforçam a necessidade de padronização conforme as diretrizes da ABNT NBR 16747:2020. Apesar do avanço na normatização e da crescente conscientização sobre a importância da gestão documental, ainda persistem ausências relevantes de informações, sobretudo em relação às áreas de terreno, ao ano de construção e à idade dos imóveis, o que compromete a rastreabilidade histórica e limita a profundidade das análises técnicas realizadas.

Esses resultados reforçaram a importância de aprimorar a padronização e a completude dos laudos técnicos, alinhando-os às diretrizes da ABNT NBR 16747:2020. A análise das não-conformidades identificadas forneceu subsídios para refletir sobre os avanços alcançados e os desafios remanescentes, servindo de base para a conclusão do estudo.

## Conclusão

A NBR 16.747:2020 trouxe avanços nos laudos de inspeção predial, incorporando registros técnicos, análises multidisciplinares e fortalecendo a manutenção preventiva e a segurança dos imóveis.

Não entanto, a sua aplicação nos documentos analisados ainda é incipiente. Ainda são evidenciadas não-conformidades na elaboração dos laudos técnicos, que podem comprometer a rastreabilidade histórica e limitar a profundidade das análises técnicas realizadas.

Neste cenário, propõe-se a aplicação de um *checklist* padronizado, com identificação do imóvel, sistemas construtivos, estado de conservação, recomendações e referências normativas, que, aplicado durante a inspeção, assegura padronização, rastreabilidade e respaldo legal no laudo técnico.

---

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747 Inspeção Predial - Diretrizes, Conceitos, Terminologia e Procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

PETERSEN, A.; SILVA, A.; GONZÁLEZ, M. Service Life Prediction of Painted Renderings. Using Maintenance through Regression Techniques (2023) **Buildings**, 13 (3), 785. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings13030785>.

VENTURA, M.; S. DIAS, I.; FLORES-COLEN, I.; SILVA, A. Pathology and proactive maintenance of floor finishes. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, 2022 DOI: 10.1108/IJBPA-11-2021-0158.

# FRAMEWORK MULTIDIMENSIONAL DE ABORDAGEM COLABORATIVA PARA APRIMORAMENTO DA REUTILIZAÇÃO ADAPTATIVA DE EDIFÍCIOS

## Hyago Maurício Bremm Muller

Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
hyagomuller@ufscar.br

## José da Costa Marques Neto

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
joseneto@ufscar.br

**Resumo:** A pandemia de COVID-19 e as crises pré-existentes evidenciaram a necessidade de transformar práticas no setor imobiliário para criar edifícios e cidades mais habitáveis, sustentáveis e resilientes. A reutilização adaptativa surge como estratégia viável para atingir metas de neutralidade de carbono e promover a regeneração urbana sustentável. Esse processo envolve transformações estruturais e funcionais em edificações, adaptando-as a novos usos e prolongando sua vida útil, evitando demolições e reduzindo o consumo de energia e recursos naturais. No entanto, a reutilização adaptativa enfrenta desafios regulatórios, técnicos e econômicos, tornando essencial a colaboração entre todos os agentes para assegurar decisões integradas e eficientes. Ferramentas colaborativas que considerem múltiplas dimensões podem simplificar o processo de adaptação e mitigar riscos. O objetivo desta pesquisa é desenvolver um framework colaborativo multidimensional para aprimorar a tomada de decisões, a comunicação e a coordenação em projetos de reutilização adaptativa para fins residenciais. O modelo abrange aspectos regulatórios, econômicos, técnicos, funcionais, sociais, culturais e ambientais. A metodologia adota a abordagem Design Science Research (DSR), voltada à criação de artefatos aplicáveis à prática profissional e à teoria. O artefato proposto — um framework conceitual — visa oferecer uma ferramenta colaborativa que torne o processo de adaptação mais integrado, eficiente e sustentável.

**Palavras-chave:** reutilização adaptativa, edifícios residenciais, conversão, mercado imobiliário, sustentabilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor imobiliário enfrenta uma necessidade urgente de transformação diante dos efeitos da pandemia de COVID-19 e das crises climáticas, econômicas e sociais já existentes. Para criar cidades mais habitáveis, sustentáveis e resilientes, é essencial reformular práticas e priorizar proje-

tos centrados nas pessoas, capazes de equilibrar desenvolvimento urbano e qualidade de vida (WORLD ECONOMIC FORUM, 2021).

Nesse contexto, a reutilização adaptativa de edifícios desponta como estratégia eficaz para a regeneração urbana sustentável, promovendo benefícios econômicos, sociais e ambientais. Trata-se da conversão de edificações existentes para novos usos distintos dos originais (WILKINSON; REMØY; LANGSTON, 2014; DOUGLAS, 2006), reduzindo o desperdício na construção, o consumo de recursos naturais e as emissões de gases de efeito estufa, além de preservar a energia incorporada (CONEJOS et al., 2013; SANCHEZ; RAUSCH; HAAS, 2019; YUNG; CHAN, 2012).

No Brasil, essa prática tem se consolidado especialmente em cidades como São Paulo e Rio de Janeiro, por meio da conversão de hotéis e edifícios comerciais em residências (MULLER; MONETTI; MARQUES NETO, 2022). A estratégia aproveita a infraestrutura existente e responde à crescente demanda por moradias bem localizadas, contribuindo também para a revitalização de imóveis ociosos (COSTA; SANTORO, 2019; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2021).

Contudo, a reutilização adaptativa é um processo complexo, que exige equilíbrio entre valores históricos, sociais, econômicos e ambientais para assegurar a sustentabilidade de longo prazo (PLEVOETS; VAN CLEEMPOEL, 2019). Profissionais e investidores enfrentam barreiras legais, técnicas e financeiras (BULLEN, 2007; REMØY; VOORDT, 2014), e ainda há carência de metodologias que integrem as múltiplas dimensões envolvidas. A literatura mostra avanços, mas persistem lacunas quanto à colaboração entre stakeholders e à falta de frameworks capazes de aprimorar decisões, comunicação e coordenação em projetos de reutilização adaptativa (GERAEDTS; VAN DER VOORDT; REMØY, 2018; OWOJORI; OKORO; CHILESHE, 2021; BRUCE et al., 2015).

Dessa forma, este estudo busca propor um framework colaborativo multidimensional que considere dimensões regulatórias, econômicas, técnicas, funcionais, sociais, culturais e ambientais, com o potencial de otimizar processos, reduzir custos e ampliar a adoção da reutilização adaptativa no contexto habitacional.

---

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Reutilização adaptativa (adaptive reuse)

A reutilização adaptativa consiste em adaptar edifícios existentes a novos usos diferentes dos originalmente planejados, modificando tanto aspectos físicos quanto funcionais (PLEVOETS; VAN CLEEMPOEL, 2019). Essa prática prolonga a vida útil das construções e reduz o impacto ambiental (LANGSTON, 2014). Mais do que uma estratégia técnica, trata-se de um processo que agrega valor social e urbano, revitalizando áreas ociosas e otimizando o uso da infraestrutura.

---

### 3. METODOLOGIA

Este estudo utilizará a abordagem *Design Science Research* (DSR) para produzir um artefato inovador que solucione um problema específico. A DSR é um método científico que busca avançar a teoria de uma disciplina ao criar um artefato útil. Existem oito tipos de artefatos relacionados a DSR, de acordo com Vaishnavi e Kuechler (2015). Neste estudo, será adotado um framework como artefato, que é um guia conceitual para a resolução de problemas específicos.

Na primeira fase da pesquisa, composta pela compreensão do problema, foi realizada uma ampla revisão da literatura para identificar os fatores que dificultam (barreiras) e facilitam (viabilizadores) a reutilização adaptativa de edifícios. Além disso, está sendo conduzido um levantamento survey com profissionais experientes em reutilização adaptativa em dois contextos: Países Baixos e Brasil. O objetivo será fornecer uma definição dos facilitadores e barreiras para a reutilização adaptativa e investigar sua importância nos dois contextos.

---

### 4. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados preliminares da primeira fase da pesquisa, que envolveram a coleta de dados de 30 profissionais de 25 empresas brasileiras. Os resultados analisados limitam-se às barreiras que dificultam a implementação de projetos de reutilização adaptativa no contexto brasileiro.

No total, foram identificados 52 fatores, sendo 31 barreiras e 21 facilitadores. Com base nesses fatores, elaborou-se um questionário com escala Likert de 5 pontos, posteriormente transformada em um Índice de Importância Relativa (IIR) para priorização e classificação dos atributos. A amostragem foi por conveniência, e os questionários foram distribuídos via e-mail e LinkedIn a empresas da indústria da construção civil. Os respondentes incluíram arquitetos, engenheiros e gestores com experiência em reutilização adaptativa.

Os resultados apontam que as principais barreiras se concentram em três eixos:

- 
- **Regulatório e institucional:** procedimentos burocráticos e atrasos na obtenção de licenças (IIR 85%), ausência de diretrizes específicas (80,8%) e falta de incentivos governamentais (75,8%).
  - **Técnico e profissional:** falta de experiência na prática de reutilização adaptativa (75%) e dificuldades em atender exigências municipais, como leis de zoneamento e normas construtivas (74,2%).
-

**Econômico-financeiro:** escassez de fontes de financiamento (70%) e altos custos de adaptação (67,5%).

Esses resultados são sintetizados na **Tabela 1**, que apresenta as barreiras mais relevantes à reutilização adaptativa no Brasil.

De forma geral, os resultados evidenciam que os desafios regulatórios e institucionais são os principais entraves à adoção da reutilização adaptativa no Brasil, seguidos pelas limitações técnicas e econômicas. Esses achados reforçam a necessidade de políticas públicas específicas, incentivos fiscais e programas de capacitação profissional voltados à prática da reutilização adaptativa. Além disso, a integração entre governo, setor privado e academia surge como elemento-chave para reduzir a insegurança institucional e ampliar a viabilidade técnica e financeira desses projetos, contribuindo para a consolidação da reutilização adaptativa como estratégia sustentável e economicamente competitiva no país.

**Tabela 1. Barreiras em projetos de reutilização adaptativa no Brasil**

CG	Barreiras que dificultam a implementação de projetos de reutilização adaptativa	IIR (%)
1	Procedimentos burocráticos/atrasos para a obtenção de licenças de adaptação	85,00
2	Falta de diretrizes ou regulamentos específicos para a reutilização adaptativa	80,80
3	Ausência de incentivos governamentais	75,80
4	Falta de experiência profissional na reutilização adaptativa	75,00
5	Impossibilidade de atender as exigências municipais (lei de zoneamento, política da cidade, regulamentos de construção)	74,20
6	Falta de fontes de financiamento para reutilização adaptativa	70,00
7	Alto custo de adaptação	67,50

Nota (s): IIR= Índice de importância relativa (%); CG=Classificação geral

Autores (2025).

## 5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados preliminares, observa-se que a implementação de projetos de reutilização adaptativa de edifícios no Brasil enfrenta barreiras significativas, especialmente nos âmbitos regulatório, técnico e econômico. Procedimentos burocráticos, ausência de diretrizes específicas, falta de incentivos governamentais e escassez de fontes de financiamento são fatores que limitam o avanço da prática.

Esses desafios evidenciam a necessidade de políticas públicas específicas, programas de incentivo fiscal e mecanismos de capacitação profissional voltados à promoção da reutilização adaptativa. Tais medidas podem criar um ambiente institucional mais favorável, reduzir riscos para investi-

dores e ampliar a adoção de soluções sustentáveis no setor da construção.

Como próximas etapas, a pesquisa avançará para a fase internacional, com a aplicação do estudo comparativo nos Países Baixos, buscando compreender as diferenças contextuais entre os dois países e identificar práticas replicáveis. Posteriormente, será realizada a validação do framework colaborativo multidimensional (RE-ACT), a fim de testar sua aplicabilidade e eficácia em diferentes contextos de projeto.

Espera-se que o modelo desenvolvido contribua para aprimorar a tomada de decisões, a comunicação e a coordenação entre stakeholders, fortalecendo a reutilização adaptativa como estratégia essencial para cidades mais resilientes, inclusivas e sustentáveis.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## 6. REFERÊNCIAS

- BRUCE, T.; ZUO, J.; RAMEEZDEEN, R.; PULLEN, S. Factors influencing the retrofitting of existing office buildings using Adelaide, South Australia as a case study. *Structural Survey*, v.33, n. 2, p. 150-166, 2015.
- BULLEN, P. A. Adaptive reuse and sustainability of commercial buildings. *Facilities*, v.25, n.1-2, p.20-31, 2007.
- CONEJOS, S.; LANGSTON, C.; SMITH, J. AdaptSTAR model: a climate-friendly strategy to promote built environment sustainability. *Habitat International*, v. 37, p. 95-103, 2014.
- COSTA, F. C.; SANTORO, P. F. O processo de implementação do Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsórios: o caso dos imóveis não utilizados nos distritos centrais de São Paulo (SP). *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 21, n. 1, p. 63-82, 2019.
- DOUGLAS, J. *Building adaptation*. Abingdon: Routledge, 2006.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. *Déficit habitacional no Brasil 2016-2019*. Belo Horizonte, 2021. Relatório técnico.
- GERAEDTS, R.; VAN DER VOORDT, T.; REMØY, H. Conversion potential assessment tool. In: *Building urban resilience through change of use*. John Wiley & Sons, 2018. p. 121-151.
- MULLER, H. M. B.; MONETTI, E.; MARQUES NETO, J. C. Diretrizes para o desenvolvimento de empreendimentos *Student Housing*. *Ambiente Construído*, v. 22, n. 1, p. 27-47, 2022.
- OWOJORI, O.; OKORO, C.; CHILESHE, N. Current status and emerging trends on the adaptive reuse of buildings: a bibliometric analysis. *Sustainability*, v. 13, n. 21, p. 11646, 2021.
- PLEVOETS, B.; VAN CLEEMPOEL, K. *Adaptive reuse of the built heritage: concepts and cases of an emerging discipline*. Abingdon: Routledge, 2019.
- REMØY, H.; VAN DER VOORDT, T. Adaptive reuse of office buildings into housing: opportunities and risks. *Building Research & Information*, v.42, n.3, p.381-390, 2014.
- SANCHEZ, B.; RAUSCH, C.; HAAS, C. Deconstruction programming for adaptive reuse of buildings. *Automation in Construction*, v. 107, p. 102921, 2019.
- VAISHNAVI, V. K.; KUECHLER, W. *Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology*. Boca Raton: CRC Press, 2015.
- WILKINSON, S. J.; REMØY, H.; LANGSTON, C. *Sustainable building adaptation: innovations in decision-making*. Chichester: John Wiley & Sons, 2014.
- WORLD ECONOMIC FORUM. *A framework for the future of real estate*. 2021. Disponível em: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_A\\_Framework\\_for\\_the\\_Future\\_of\\_Real\\_Estate\\_2021.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Framework_for_the_Future_of_Real_Estate_2021.pdf). Acesso em: 20/05/21.
- YUNG, E. H. K.; CHAN, E. H. W. Implementation challenges to the adaptive reuse of heritage buildings: towards the goals of sustainable, low carbon cities. *Habitat International*, v. 36, n. 3, p. 352-361, 2012.

# SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: APLICAÇÃO PRÁTICA E ESTUDO DE CASO EM DIFERENTES TIPOS DE OBRAS

## **Pedro Luiz Ferreira Gomes**

Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
pedroluizfgomes@hotmail.com

## **José da Costa Marques Neto**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
joseneto@ufscar.br

**Resumo:** A exploração intensiva de recursos naturais é uma realidade no desenvolvimento da civilização, porém, com o advento dos conceitos de desenvolvimento sustentável e economia circular, esse padrão começou a ser questionado. No Brasil, a construção civil é um setor crítico, onde os Resíduos da Construção Civil (RCC) representam uma parcela significativa dos resíduos urbanos. A gestão inadequada, agravada pela falta de dados precisos e por descartes irregulares, intensifica os impactos ambientais gerados por estes resíduos. Diante desse desafio, este Projeto de Pesquisa visa desenvolver um sistema de gerenciamento de RCC aplicável a diferentes tipologias de obra. Baseado em indicadores adaptados de modelos inovadores, o sistema buscará otimizar as práticas nos canteiros de obras e avaliar as variáveis econômicas e operacionais de todo o processo, desde a geração até a disposição final dos resíduos. A metodologia adotada é abrangente, incluindo revisão de literatura, análise de normas e certificações, desenvolvimento de uma matriz comparativa e a realização de pesquisas *survey* com *stakeholders*. Adicionalmente, o projeto prevê a criação de um sistema computacional de gestão e a realização de estudos de caso, garantindo uma validação tanto prática quanto teórica da proposta. Espera-se que os resultados finais promovam a adoção de práticas alinhadas à economia circular na construção civil, gerando benefícios econômicos e ambientais por meio de uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável.

**Palavras-chave:** RCC, resíduos da construção civil, ferramenta de gerenciamento de RCC, sistema de gerenciamento de RCC, estudo de caso.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão de Resíduos da Construção Civil (RCC) no Brasil é um desafio urgente, representando mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos

(ABRELPE, 2020). Apesar do arcabouço legal existente, como a PNRS (Lei 12.305/2010) e a CONAMA 307/2002, o país enfrenta entraves como a falta de dados, deposição irregular e baixa reciclagem. A adoção de indicadores de consumo (SILVEIRA e AZEVEDO, 2021) e a Política dos 5R (Recusar, Reduzir, Reutilizar, Reaproveitar e Reciclar) são ferramentas essenciais para canteiros de obras. Estudos de caso, como o de Guarulhos (AMORIM, 2016), demonstram os benefícios econômicos e ambientais de uma gestão eficiente, que é crucial para a sustentabilidade e para reduzir os impactos ambientais do setor.

Com base neste contexto, durante o mestrado o autor deste artigo propôs uma ferramenta de gerenciamento de resíduos da construção civil voltada para galpões industriais. O Quadro 1 demonstra a Versão Simplificada desta Ferramenta, levando em conta os 20 principais resultados obtidos durante o desenvolvimento da dissertação de Mestrado, em que: (1) Status de Verificação da Melhoria; (2) Comentários; (3) Documentos Comprobatórios; (4) Planos de Ação (PA) no caso da melhoria não ter sido aplicada no canteiro até o momento; (5) Responsável (is) pelo PA; e (vi) Prazo para PA.

**Quadro 1. Ferramenta (Simplificada) de Gerenciamento de RCC em Canteiros de Obras de Galpões Industriais, levando em conta as oportunidades de melhoria mais citadas em cada uma das 12 subcategorias**

Item	Melhoria Identificada	1	2	3	4	5	6
1	Foram considerados Métodos Modernos de Construção (MMC) no projeto? Exemplos: elementos pré-fabricados ou pré-montados, construção volumétrica modular/panelizada, entre outros.						
2	O contrato promove a logística reversa e/ou outros esquemas de negócios a negócios? Se sim, de quais formas?						
3	Foram identificados os resíduos potenciais no início dos projetos? Foi feita estimativa de quantidades? Se sim, como foi?						
4	Foram comprados produtos em lotes maiores buscando-se eliminar o excesso de embalagens individuais?						
5	No caso de obras de demolição/reforma: Foram utilizadas técnicas de demolição e/ou desmontagem seletivas ou de reutilização de estruturas existentes no canteiro?						
6	A gestão da cadeia de abastecimento foi planejada adequadamente, considerando o controle de estoque dos materiais?						
7	Há segregação de RCC no canteiro de obras?						
8	As áreas de armazenamento de materiais e resíduos estão seguras, protegidas e à prova de intempéries?						
9	Os resíduos perigosos foram separados e armazenados em recipientes adequados, claramente rotulados e mantidos sob cobertura?						

Item	Melhoria Identificada	1	2	3	4	5	6
10	Durante a obra, foi dado auxílio ao desenvolvimento de mercados de materiais secundários resilientes? Por meio de quais ações?						
11a	A) Caso haja utilização de agregados reciclados no projeto: sua matéria-prima (resíduos) possuía sistema de rastreabilidade nas instalações de produção?						
11b	B) Caso os resíduos classe A gerados durante a obra sejam enviados para instalações de produção de agregados reciclados: o local de produção de agregados reciclados, para onde os resíduos foram enviados, possui sistema de rastreabilidade dos RCC?						
12a	Todas as atividades de transporte interno de RCC foram feitas com a segurança adequada?						
12b	Todas as atividades de transporte externo de RCC foram feitas com a segurança adequada?						
12c	Houve diligências especiais e/ou declarações sobre os resíduos perigosos quando gerados?						
12d	Todas as etapas de transporte externo possuíram formulário de identificação adequado?						
12e	Toda empresa de transporte de RCC contratada para a obra possuía registro e aprovação conforme normas e legislações aplicáveis?						

#### Autor (2025).

O objetivo desta pesquisa é desenvolver e validar um sistema de gestão de resíduos da construção civil aplicável a diferentes tipologias de obras, como galpões industriais, hotéis e edifícios comerciais. O sistema será estruturado a partir da integração de indicadores consolidados na literatura e de contribuições de especialistas e gestores ambientais de grandes construtoras, com o propósito de otimizar a gestão de resíduos e promover práticas sustentáveis alinhadas aos princípios da economia circular no setor da construção civil.

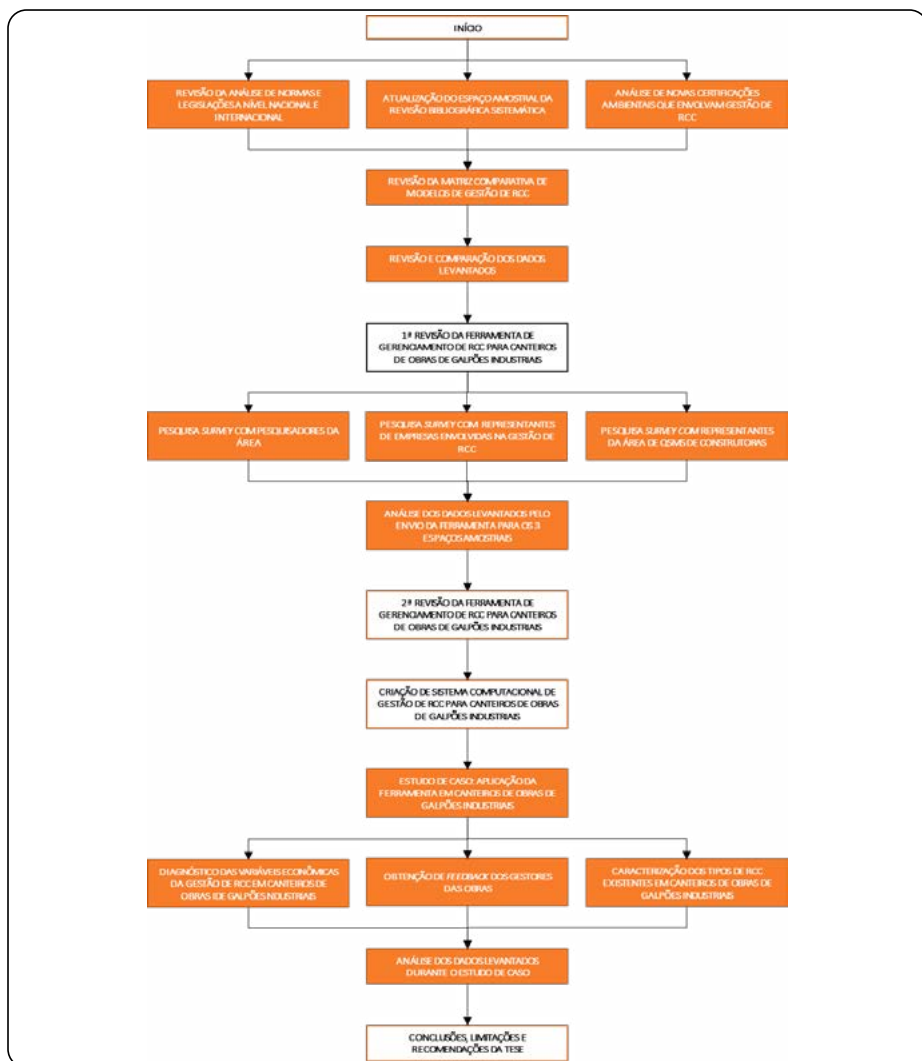
## 2. DESENVOLVIMENTO

Para um maior entendimento sobre o assunto, pretende-se dividir a Revisão da Literatura em 6 temas igualmente relevantes para o assunto abordado: (i) principais definições e classificações de resíduos da construção civil; (ii) principais conceitos de gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil (RCC); (iii) Política dos 3 R e o conceito do “Zero Waste”; (iv) ferramenta de gerenciamento de RCC proposta durante o Mestrado; (v) exemplos de aplicação de sistemas de gerenciamento de RCC encontrado na Literatura; e (vi) panorama da situação atual.

### 3. METODOLOGIA

Para obtenção do sistema de gerenciamento de RCC para diferentes tipos de obra, pretende-se utilizar 4 estratégias de pesquisa: (i) pesquisa bibliográfica, (ii) pesquisa documental, (iii) realização de pesquisas *survey*; e (iv) estudos de caso. A **Figura 1** demonstra as etapas que o autor pretende realizar.

**Figura 1. Metodologia a ser adotada para obtenção do Sistema de Gerenciamento de RCC para diferentes tipos de obra, Autor (2025).**



### 4. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Até o momento, foram iniciadas as seguintes atividades relacionadas à etapa “Revisão da Literatura: Análise de Normas e Legislações em Âmbito Nacional e Internacional”:

- Leitura de legislações nacionais que não puderam ser contempladas durante o mestrado, considerando o mesmo recorte amostral (normas técnicas, legislações estaduais e federais, resoluções do CONAMA e leis municipais dos 20 municípios mais populosos do país);
- Leitura de legislações internacionais que não puderam ser analisadas ou traduzidas anteriormente, mantendo-se o mesmo recorte amostral (29 países resultantes da intersecção entre as 20 maiores economias do mundo e os 20 países mais populosos); e
- Inserção de novas particularidades identificadas durante a leitura dos documentos na **Matriz Comparativa de Modelos de Gestão**.

As próximas atividades previstas nesta etapa incluem a comparação dos novos registros encontrados com a ferramenta anteriormente proposta, de modo a identificar particularidades relevantes ainda não contempladas. Observa-se que, por se tratar de um trabalho em andamento, ainda não há resultados consolidados a serem apresentados nesta fase.

Como o estudo ainda se encontra em desenvolvimento, não há conclusões finais a serem apresentadas. Porém, espera-se, ao término das etapas metodológicas planejadas, desenvolver um sistema de gerenciamento de resíduos da construção civil aplicável a diferentes tipologias de obra, contribuindo para o aprimoramento das práticas de gestão e sustentabilidade no setor.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2020**. São Paulo, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002. Seção I, p.95-96.

BRASIL. Lei 12.305, “que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a lei 9.605/98 e dá outras providências”. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 de agosto de 2010.

DE AMORIM, A. **Análise crítica da viabilidade econômica e ambiental do processo de reciclagem de resíduos de construção civil no âmbito de um município**. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2016. 164p.

GOMES, P. L. F. **Proposição de Ferramenta de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil para Canteiros de Obras de Galpões Industriais**. 2024. 326 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2024.

SILVEIRA, N. de F. N.; AZEVEDO, M. de A. Indicadores de Desempenho para Avaliação da Gestão de Resíduos Sólidos na Construção Civil. In: 4º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado. **Anais**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2021.

# MODELO DE SIMULAÇÃO PARA PROJETO E OTIMIZAÇÃO DE LINHA DE MONTAGEM DE EDIFICAÇÕES EM *LIGHT WOOD FRAME*

## **Shara Carvalho Lopes-Elias**

Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
shara\_cl@hotmail.com

## **Sheyla Mara Baptista Serra**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.  
sheylabs@ufscar.br

**Resumo:** Os avanços tecnológicos na construção civil têm impulsionado o uso de novos materiais e métodos construtivos. No Brasil, as construções de estruturas de concreto moldados *in loco* e alvenaria estrutural são maioria, negligenciando sistemas industrializados como o *Light Wood Frame*, amplamente utilizado no exterior. Apesar de seu potencial sustentável, esse sistema enfrenta desafios relacionados à logística de distribuição e aos custos de implementação por ser executado em ambiente fabril. A aplicação conjunta da mentalidade enxuta e da simulação computacional dos sistemas de produção industrial tem se mostrado eficaz para otimizar processos produtivos, permitindo avaliar cenários e propor melhorias antes da execução real. Este estudo teve como objetivo desenvolver um modelo de simulação computacional para otimizar o *layout* de uma fábrica de painéis de madeira. A metodologia contemplou etapas de concepção, modelagem e validação, sendo realizados dois cenários de simulação. No Cenário 1, o tempo total de produção foi de 327,34 dias, enquanto no Cenário 2, após a otimização, reduziu-se para 152,90 dias uma diminuição de 174,44 dias, equivalente a 53,29%, comprovando a eficiência da proposta. Em conclusão, os resultados obtidos neste estudo demonstram o potencial da simulação computacional como uma ferramenta estratégica para a melhoria dos processos produtivos no setor da construção civil, especialmente na adoção de sistemas industrializados como o *Light Wood Frame*.

**Palavras-chave:** Construção civil; Madeira; Wood-frame; Simulação Computacional; Industrialização da construção.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil brasileira ainda é marcada por uma cultura consolidada em torno de métodos tradicionais (CARDOSO, 2015). Nesse contexto, tecnologias industrializadas como o *Light Wood Frame* vêm ganhando destaque por oferecer soluções mais racionais e sustentáveis, com painéis

estruturais de pisos, paredes e coberturas formados por perfis de madeira. Contudo, sua adoção no país enfrenta obstáculos, principalmente devido à falta de informação sobre o uso da madeira como elemento estrutural e às concepções equivocadas relacionadas à sua sustentabilidade (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). Os componentes são produzidos em ambiente fabril, o que agrega qualidade e agilidade à execução, sendo posteriormente transportados para montagem em canteiro de obras. Apesar da elevada produtividade e desempenho, sua eficiência requer melhoria contínua, redução de desperdícios e tecnologias de controle e otimização dos processos produtivos (ROCHA; ESCOBAR, 2021).

Diante disso, a simulação computacional apresenta-se como ferramenta estratégica para estudo e aprimoramento de processos (GOLDSMAN; NANCE; WILSON, 2010), permitindo análises quantitativas de cenários antes da aplicação prática. Associada à mentalidade enxuta, possibilita identificar oportunidades de ganho de desempenho e eficiência (BANJJOU; CHAFI, 2020). Assim, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo de simulação computacional voltado à otimização do layout de uma fábrica de produção de painéis de madeira para *Light Wood Frame*.

---

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Light Wood Frame

O sistema construtivo *Light Wood Frame* (LWF), aplicado no Brasil, é oriundo da evolução de sistemas leves em madeira, resultante da industrialização para a fabricação de painéis estruturais para montagem *in loco* ou em módulos, onde a principal matéria-prima empregada é a madeira originária de florestas plantadas (Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), 2015). A concepção do LWF a ser aplicado no Brasil passou pela industrialização das atividades construtivas, visando a racionalização, eficiência, produtividade e qualidade.

### 2.2 Simulação Computacional

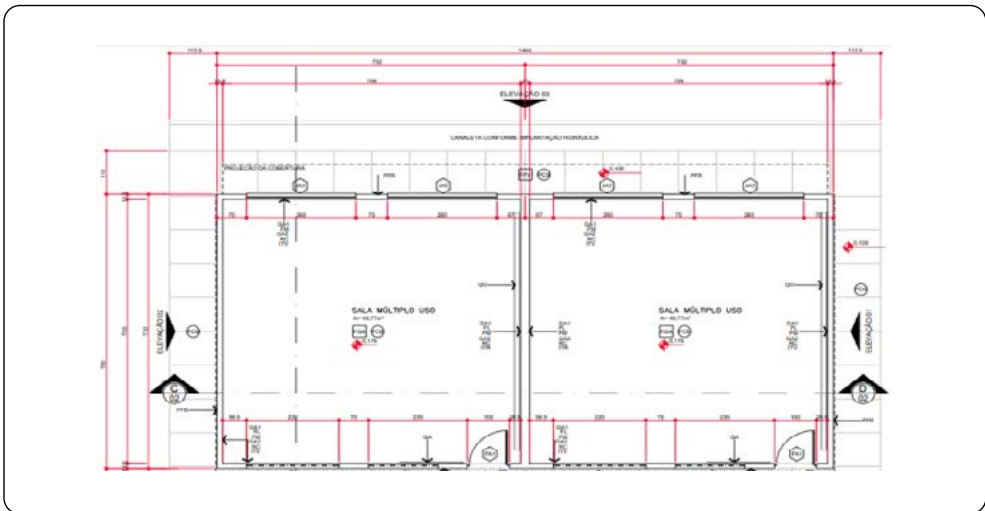
A simulação computacional é uma ferramenta versátil na gestão de sistemas de produção na construção, podendo ser aplicada tanto no planejamento quanto no controle dos processos. No planejamento, auxilia na estimativa de produtividade, na otimização do sequenciamento de atividades e na análise de estratégias inovadoras e riscos, além de contribuir para a organização de canteiros e o uso eficiente de equipamentos. Já no controle, permite avaliar a alocação de recursos, estimar tempos de espera, reduzir custos e prazos e solucionar problemas operacionais em tempo real (SCHRAMM, 2009).

### 3. METODOLOGIA

Realizou-se uma simulação computacional de uma linha de produção hipotética para fabricação de painéis em *Light Wood Frame* no software ProModel, por meio de *Discrete-Event Simulation* (DES), seguindo as etapas metodológicas propostas por Musselman (1994): formulação do problema, conceitualização, coleta de dados, construção, verificação, validação, análise, documentação e implementação.

O problema foi definido com base em uma demanda real de construção de salas de aula em *Light Wood Frame*, conforme processo licitatório da FUNDEPAR, conforme **Figura 1**, a partir do qual foram determinadas as características do produto, demanda, tempo *takt* e tempos de ciclo. Para o desenvolvimento do layout e do modelo, utilizaram-se dados de Vivan (2016), adaptados ao sistema estudado.

**Figura 1. Projeto Arquitetônico Salas de Aula em Light Wood Frame, Fundepar (2022).**



A simulação considerou um turno de 9 horas diárias, de segunda a sexta-feira, para uma produção de 400 salas de aula geminadas. Foram avaliados dois cenários com layouts distintos da fábrica. No Cenário 1 (Layout A), adotou-se uma linha de montagem única em formato U, com 5 estações de trabalho, 19 operários e prazo de entrega de 10 meses. No Cenário 2 (Layout B), simularam-se duas linhas de montagem paralelas, com 6 estações de trabalho, 35 operários e o mesmo prazo de entrega. As execuções foram realizadas em software de simulação discreta, e a validação ocorreu por meio da verificação do correto funcionamento do modelo no ambiente computacional.

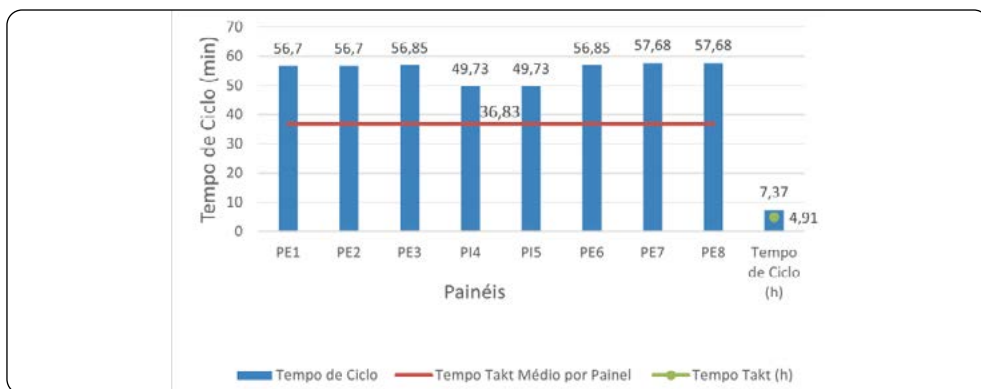
## 4. RESULTADOS

### 4.1 Cenário 1

A simulação do Cenário 1 com o Layout A indicou que o sistema de produção não atendeu ao prazo estabelecido para a entrega das salas de aula, sendo necessário um período adicional de aproximadamente cinco meses, totalizando 327,34 dias de produção.

O tempo *takt* médio por painel foi de 36,83 minutos, valor inferior ao tempo de ciclo de todos os painéis, conforme **Figura 2**, evidenciando que o sistema de produção não atendeu à demanda, pois o tempo *takt* deveria ser igual ou superior ao tempo de ciclo.

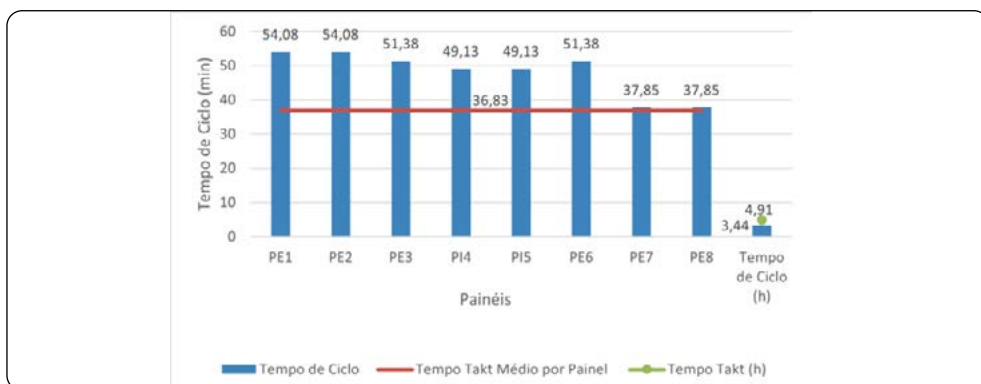
**Figura 2. Análise dos tempos de ciclo e tempo takt do cenário 1, Autoras (2023).**



### 4.2 Cenário 2

Na nova configuração de layout, com duas linhas de montagem operando paralelamente, a produção das salas de aula foi concluída em 7 meses, resultando em uma antecipação de 2 meses e 29 dias. O processo produtivo ocorreu em 152,90 dias trabalhados.

**Figura 3. Análise dos tempos de ciclo e tempo takt do cenário 2, Autoras (2023).**



O tempo *takt* médio por painel foi de 36,83 minutos, inferior ao tempo de ciclo individual dos painéis, como ilustrado na **Figura 3**. Contudo, como as linhas de montagem A e B operaram em paralelo e simultaneamente, o tempo de ciclo total para a produção das salas de aula geminadas permaneceu inferior ao tempo *takt*, garantindo o atendimento da demanda.

A comparação entre os cenários evidenciou o ganho produtivo do Layout B: no Cenário 1, com linha única em U, o tempo total de produção foi de 327,34 dias, excedendo em cerca de cinco meses o prazo de 10 meses devido ao tempo *takt* médio de 36,83 minutos ser inferior aos tempos de ciclo. No Cenário 2, com duas linhas paralelas, a produção foi concluída em 152,90 dias, antecipando a entrega em 2 meses e 29 dias e reduzindo em 53,29% o tempo de fabricação. Dessa forma, a reorganização do layout mostrou-se decisiva para ampliar a eficiência operacional e garantir a entrega das unidades dentro da meta estabelecida.

---

## 5. CONCLUSÃO

A simulação comparou dois cenários de produção de painéis em Light Wood Frame para salas de aula geminadas e demonstrou que a otimização do layout reduziu o tempo de ciclo e assegurou o cumprimento do prazo de 10 meses. Os resultados confirmam a simulação computacional como ferramenta eficaz para aprimorar processos produtivos, possibilitando testar estratégias previamente e economizar tempo e recursos.

O modelo desenvolvido mostrou-se aplicável à prática industrial, com potencial de adaptação e replicação em outras plantas produtivas que utilizem painéis de madeira, contribuindo para maior eficiência, padronização e competitividade do setor industrializado da construção civil.

### **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## 6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Manual da construção industrializada**. Brasília, 2015. 206 p.
- BAJJOU, M.S.; CHAFI, A. Lean construction and simulation for performance improvement: a case study of reinforcement process. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 70, n. 2, p. 459-487, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2019-0309>.
- CARDOSO, L. R. **Estudo do método construtivo wood framing para construção de habitações de interesse social**. 2015. 78 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- GOLDSMAN, D.; NANCE, R. E.; WILSON, J. R. A brief history of simulation revisited. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2010, Baltimore. **Proceedings...** Baltimore, MD: IEEE, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WSC.2010.5679129>.
- MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em moldura de madeira para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, 2010.
- MUSSELMAN, K. J. Guidelines for simulation project success. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1994. **Proceedings...** New Jersey: IEEE, 1994. p. 88-95.
- ROCHA, M.; ESCOBAR, M. A transformação na construção civil pós pandemia de COVID-19. **Revista Boletim de Gerenciamento**, n. 25, p. 37-46, 2021.
- SCHRAMM, F. K. **Projeto de sistemas de produção na construção civil utilizando simulação computacional como ferramenta de apoio à tomada de decisão**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- VIVAN, A. L. **Linha de montagem para a produção de habitações em Light Steel Frame: projeto e otimização**. 2016. 294 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

# CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL COM RELAÇÃO AOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## **Caio Gustavo Pereira Denari**

Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.

**caiodenari@estudante.ufscar.br**

## **José Carlos Paliari**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.

**jpaliari@ufscar.br**

## **Victor Almeida De Araujo**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

**va.araujo@unesp.br**

**Resumo:** A discussão sobre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) vem ganhando destaque nas últimas décadas. Algumas construtoras começaram este movimento no Brasil por meio da implantação de programas e políticas ambientais, como o ESG (Environmental, Social and Corporate Governance), que tem sua base justamente nos ODS. Uma das responsabilidades das empresas que possuem uma agenda ambiental é a produção e publicação de relatórios periódicos com informações e indicadores pertinentes ao que foi e será executado no âmbito do plano de implantação dos programas ambientais, sempre de acordo com os ODS. Por meio de uma pesquisa documental focada nos relatórios de sustentabilidade de 28 empresas de construtoras com capital aberto na bolsa de valores B3, 19 (68%) empresas apresentaram relatório de sustentabilidade e 9 (32%) não apresentaram. Os ODS mais citados nos relatórios foram o 8 (Trabalho decente e crescimento econômico) e 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), com 15 citações (11%). O ODS com menos citações foi o ODS 14 (Vida na água) com apenas uma citação (1%). Também se notou uma deficiência em padronização e objetividade na discussão e detalhamento de cada objetivo. Uma discussão sobre como e de que maneira as empresas podem criar padrões de divulgação de seus relatórios de sustentabilidade, demonstrando de uma maneira mais clara as evidências e materializações dos objetivos, será a principal contribuição deste trabalho ainda em desenvolvimento.

**Palavras-chave:** ODS; meio ambiente; social; governança; construção civil; estudo setorial.

## 1. INTRODUÇÃO

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Figura 1) mostram a importância de se preocupar com a responsabilidade ambiental e também com outros temas mais sensíveis da sociedade.

A cada dia se torna mais evidente que a construção civil deveria aproveitar mais de seus conceitos, métodos, materiais e tecnologias mais inovadores para a sua evolução, já presentes em muitos países, porém ainda há uma grande resistência nesse setor. As novas tecnologias levam um tempo considerável até serem implantadas, já que o setor ainda se prende a alguns paradigmas e não acompanha e aplica o desenvolvimento tecnológico como as outras indústrias.

É possível dizer que a construção civil tende a se comportar de maneira antiquada, em detrimento de outras indústrias (Zeule, 2018), especialmente pelo uso de soluções tradicionais baseadas em atividades artesanais.

Figura 1. 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Adaptado de ONU (2024), Autor (2025).



Um grande reforço para que se possa cada vez mais estar próximo dos ODS, foi a implantação do ESG (*Environmental, Social and Governance*) nas organizações, que permitiu que empresas e investidores sinalizassem a intenção de compatibilizar o sucesso de seus negócios com a sustentabilidade – em todos os seus aspectos (Belinky, 2022).

Assim, este trabalho tem por objetivo final elaborar um guia de boas práticas para o preenchimento e publicação dos relatórios de sustentabilidade, a partir da análise e estudo do panorama atual das empresas do setor da construção civil listadas na B3 (Brasil, Bolsa, Balcão), quanto à adesão e ao aprofundamento corporativo aos 17 ODS da ONU. Atualmente, encontra-se na Fase 2 que consiste na identificação das empresas do setor da

construção civil listadas na bolsa de valores brasileira (B3), bem como sua classificação, identificação e análise de seus últimos relatórios de sustentabilidade publicados.

---

## 2. DESENVOLVIMENTO

A definição de sustentabilidade mais difundida é a da Comissão Brundtland (World Commission on Environment and Development, 1987), a qual considera que o desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

A não padronização nos relatórios de sustentabilidade divulgados pelas empresas do setor da construção compromete a identificação da materialidade dos dados apresentados (Vieira, 2021).

Esse conceito de materialidade teve origem financeira, onde normalmente procura envolver questões que preocupam os investidores. No entanto, para a sua aplicação em questões de sustentabilidade, a definição deve ser abrangente, focando em tópicos relevantes para o maior número possível e que todas as partes interessadas possam compreender. Mais especificamente, a materialidade é o princípio que determina quais tópicos são suficientemente relevantes para que seu relato seja essencial (Vieira, 2021).

---

## 3. METODOLOGIA

A estratégia de pesquisa adotada foi dividida em quatro fases principais:

- **Fase 1:** Revisão Sistemática de Literatura sobre o tema e fundamentação teórica.
  - **Fase 2:** Identificação das empresas do setor da construção civil listadas na bolsa de valores brasileira (B3), sua classificação, identificação e análise de seus últimos relatórios de sustentabilidade publicados.
  - **Fase 3:** Estudo da materialidade dos dados obtidos na análise dos relatórios de sustentabilidade das empresas.
  - **Fase 4:** Extração completa e final dos dados relativo aos ODS mais citados e estudar a qualidade e os impactos no cenário atual da construção civil, juntamente com a elaboração e validação final do guia de boas práticas para o preenchimento e publicação de relatórios de sustentabilidade.
-

## 4. RESULTADOS

Foram identificadas 19 (68%) empresas que possuem relatório de sustentabilidade e 9 (32%) que não possuem (Quadro 1). No presente momento da pesquisa – 2º semestre de 2025, os relatórios disponíveis foram divulgados em 2023, com ano-base 2022.

**Quadro 1 – Lista de Empresas do setor presentes na B3 e que possuem/não possuem relatório de sustentabilidade**

### EMPRESAS QUE POSSUEM RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE

Alphaville S.A.; Cury Construtora e Incorporadora S.A.; Cyrela Brazil Realty S.A. Empreend e Part; Direcional Engenharia S.A.; Even Construtora e Incorporadora S.A.; EzTec Empreend. e participações S.A.; Gafisa S.A.; Helbor Empreendimentos S.A.; Jhsf Participações S.A.; Lavvi Empreendimentos Imobiliários S.A.; Melnick Desenvolvimento Imobiliário S.A.; Mitre Realty Empreendimentos e Participações S.A.; Moura Dubeux Engenharia S/A; MRV Engenharia e participações S.A.; PDG Realty S.A. Empreend e participações; Plano & Plano Desenvolvimento Imobiliário S.A.; RNI Negócios Imobiliários S.A.; Tegra Incorporadora S.A.; Trisul S.A.

### EMPRESAS QUE POSSUEM RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE

Construtora Adolpho Lindenberg S.A.; Construtora Tenda S.A.; Fica Empreendimentos Imobiliários S.A.; Inc Empreendimentos Imobiliários S.A.; João Fortes Engenharia S.A.; Kallas Incorporações e Construções S.A.; Rossi Residencial S.A.; Tecnisa S.A.; Viver Incorporadora e Construtora S.A.

Fonte: Autor, 2025

Com exceção das empresas Alphaville S.A. e Tegra Incorporadora S.A., todas as demais empresas listaram e citaram algo sobre algum ODS. Estas duas empresas até apresentam relatórios interessantes, mas, em raros trechos e de forma implícita, citam a Agenda 2030 da ONU.

Na Tabela 1 apresenta-se o número de incidência de cada ODS nos relatórios das empresas. Os ODS mais citados foram o 8 e 11 – com 15 citações (11%), e o com menos citações foi o ODS 14 – com apenas uma (1%).

**Tabela 1 – Número de incidência de cada ODS no relatório de sustentabilidade de cada empresa**

17 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL		Nº DE REPETIÇÕES	%
8	Trabalho decente e crescimento econômico	15	11%
11	Cidades e comunidades sustentáveis	15	11%
12	Consumo e produção responsáveis	13	10%
9	Indústria, Inovação e Infraestrutura	12	9%
16	Paz, justiça e instituições eficazes	12	9%

17 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL		Nº DE REPETIÇÕES	%
13	Ação contra a mudança global do clima	11	8%
10	Redução das desigualdades	9	7%
3	Saúde e Bem-estar	7	5%
5	Igualdade de Gênero	6	5%
7	Energia Acessível e Limpa	6	5%
15	Vida terrestre	6	5%
4	Educação de qualidade	5	4%
6	Água potável e Saneamento	5	4%
17	Parcerias e meios de implementação	5	4%
1	Erradicação da pobreza	3	2%
2	Fome zero e agricultura sustentável	2	2%
14	Vida na água	1	1%

Fonte: Autor, 2025

## 5. CONCLUSÃO

Com as Fases 1 e 2 já concluídas e a Fase 3 iniciada, é possível perceber a interpretação do conceito e da definição de materialidade nos relatórios.

Até o momento, foram encontrados elementos que indicam a preocupação com a Agenda 2030 da ONU, porém, ainda sem a demonstração da materialidade necessária ao indicar os ODS, na maior parte das empresas.

Caberá, na Fase 4, uma tabulação diferenciada dos dados e um levantamento bibliográfico atualizado para apresentar os dados encontrados em um padrão mais eficaz, justamente pela falta de algum.

Desta maneira, ficará mais viável uma discussão sobre como a construção civil, especificamente listada na B3, está tratando o tema e quais relações e comparações podem ser expandidas para o cenário como um todo desta indústria.

Pelo tempo decorrido da pesquisa, também será realizada uma comparação com as empresas que ainda permanecem listadas na B3 com os relatórios de 2024 e as que já não estão presentes, apenas para fins de atualização e visualizar uma tendência de crescimento ou não da adesão aos 17 ODS.

---

## 6. REFERÊNCIAS

BELINKY, A. **ODS ou ESG? A criação de um artefato para análise de instrumentos de avaliação ou orientação de negócios pela perspectiva da sustentabilidade**, 2022. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, 2022.

VIEIRA, I. L. **A materialidade nos relatórios de sustentabilidade: desenvolvimento de um modelo analítico aplicado ao setor da construção civil brasileira**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia e Ciências: Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro., 2021.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Special Work Session**, 1987, Berlin. Energy: The Power to Develop.

ZEULE, L. DE O. **Protocolo para selecionar alternativas de produtos para instalações provisórias de canteiro de obras**, 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2018.

## ÉTICA PROFISSIONAL

**RESOLUÇÃO Nº 1.002/2002** – Adota o Código de ética profissional da engenharia, da arquitetura, da agronomia, da geologia, da geografia e da meteorologia

## CAPUT

**O CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA** - Confea, no uso das atribuições que lhe confere a alínea “f” do art. 27 da Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966, e Considerando que o disposto nos arts. 27, alínea “n”, 34, alínea “d”, 45, 46, alínea “b”, 71 e 72, obriga a todos os profissionais do Sistema Confea/Crea a observância e cumprimento do Código de Ética Profissional da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia; Considerando as mudanças ocorridas nas condições históricas, econômicas, sociais, políticas e culturais da Sociedade Brasileira, que resultaram no amplo reordenamento da economia, das organizações empresariais nos diversos setores, do aparelho do Estado e da Sociedade Civil, condições essas que têm contribuído para pautar a “ética” como um dos temas centrais da vida brasileira nas últimas décadas; Considerando que um “código de ética profissional” deve ser resultante de um pacto profissional, de um acordo crítico coletivo em torno das condições de convivência e relacionamento que se desenvolve entre as categorias integrantes de um mesmo sistema profissional, visando uma conduta profissional cidadã; Considerando a reiterada demanda dos cidadãos-profissionais que integram o Sistema Confea/Crea, especialmente explicitada através dos Congressos Estaduais e Nacionais de Profissionais, relacionada à revisão do “Código de Ética Profissional do Engenheiro, do Arquiteto e do Engenheiro Agrônomo” adotado pela Resolução nº 205, de 30 de setembro de 1971; Considerando a deliberação do IV Congresso Nacional de Profissionais – IV CNP sobre o tema “Ética Profissional”, aprovada por unanimidade, propondo a revisão do Código de Ética Profissional vigente e indicando o Colégio de Entidades Nacionais - CDEN para elaboração do novo texto,

## RESOLVE

**Art. 1º** Adotar o Código de Ética Profissional da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia, anexo à presente Resolução, elaborado pelas Entidades de Classe Nacionais, através do CDEN - Colégio de Entidades Nacionais, na forma prevista na alínea “n” do art. 27 da Lei nº 5.194, de 1966.

**Art. 2º** O Código de Ética Profissional, adotado através desta Resolução, para os efeitos dos arts. 27, alínea “n”, 34, alínea “d”, 45, 46, alínea “b”, 71 e 72, da Lei nº 5.194, de 1966, obriga a todos os profissionais da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia, em todas as suas modalidades e níveis de formação.

**Art. 3º** O Confea, no prazo de cento e oitenta dias a contar da publicação desta, deve editar Resolução adotando novo “Manual de Procedimentos para a condução de processo de infração ao código de Ética Profissional”.

**Art. 4º** Os Conselhos Federal e Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, em conjunto, após a publicação desta Resolução, devem desenvolver campanha nacional visando a ampla divulgação deste Código de Ética Profissional, especialmente junto às entidades de classe, instituições de ensino e profissionais em geral.

**Art. 5º** O Código de Ética Profissional, adotado por esta Resolução, entra em vigor à partir de 1º de agosto de 2003.

**Art. 6º** Fica revogada a Resolução 205, de 30 de setembro de 1971 e demais disposições em contrário, a partir de 1º de agosto de 2003.

## **CÓDIGO DE ÉTICA PROFISSIONAL DA ENGENHARIA, DA ARQUITETURA, DA AGRONOMIA, DA GEOLOGIA, DA GEOGRAFIA E DA METEOROLOGIA**

### **1. PROCLAMAÇÃO**

As Entidades Nacionais representativas dos profissionais da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia pactuam e proclamam o presente Código de Ética Profissional.

### **2. PREÂMBULO.**

**Art. 1º** - O Código de Ética Profissional enuncia os fundamentos éticos e as condutas necessárias à boa e honesta prática das profissões da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia e relaciona direitos e deveres correlatos de seus profissionais.

**Art. 2º** - Os preceitos deste Código de Ética Profissional têm alcance sobre os profissionais em geral, quaisquer que sejam seus níveis de formação, modalidades ou especializações.

**Art. 3º** - As modalidades e especializações profissionais poderão estabelecer, em consonância com este Código de Ética Profissional, preceitos próprios de conduta atinentes às suas peculiaridades e especificidades.

### **3. DA IDENTIDADE DAS PROFISSÕES E DOS PROFISSIONAIS**

**Art. 4º** - As profissões são caracterizadas por seus perfis próprios, pelo saber científico e tecnológico que incorporam, pelas expressões artísticas que utilizam e pelos resultados sociais, econômicos e ambientais do trabalho que realizam.

**Art. 5º** - Os profissionais são os detentores do saber especializado de suas profissões e os sujeitos pró-ativos do desenvolvimento.

**Art. 6º** - O objetivo das profissões e a ação dos profissionais voltam-se para o bem-estar e o desenvolvimento do homem, em seu ambiente e em suas

diversas dimensões: como indivíduo, família, comunidade, sociedade, nação e humanidade; nas suas raízes históricas, nas gerações atual e futura.

**Art. 7º** - As entidades, instituições e conselhos integrantes da organização profissional são igualmente permeados pelos preceitos éticos das profissões e participantes solidários em sua permanente construção, adoção, divulgação, preservação e aplicação

#### 4. DOS PRINCÍPIOS ÉTICOS.

**Art. 8º** - A prática da profissão é fundada nos seguintes princípios éticos aos quais o profissional deve pautar sua conduta:

Do objetivo da profissão:

**I** - A profissão é bem social da humanidade e o profissional é o agente capaz de exercê-la, tendo como objetivos maiores a preservação e o desenvolvimento harmônico do ser humano, de seu ambiente e de seus valores;

Da natureza da profissão:

**II** - A profissão é bem cultural da humanidade construído permanentemente pelos conhecimentos técnicos e científicos e pela criação artística, manifestando-se pela prática tecnológica, colocado a serviço da melhoria da qualidade de vida do homem;

Da honradez da profissão:

**III** - A profissão é alto título de honra e sua prática exige conduta honesta, digna e cidadã;

Da eficácia profissional

**IV** - A profissão realiza-se pelo cumprimento responsável e competente dos compromissos profissionais, munindo-se de técnicas adequadas, assegurando os resultados propostos e a qualidade satisfatória nos serviços e produtos e observando a segurança nos seus procedimentos;

Do relacionamento profissional:

**V** - A profissão é praticada através do relacionamento honesto, justo e com espírito progressista dos profissionais para com os gestores, ordenadores, destinatários, beneficiários e colaboradores de seus serviços, com igualdade de tratamento entre os profissionais e com lealdade na competição;

Da intervenção profissional sobre o meio:

**VI** - A profissão é exercida com base nos preceitos do desenvolvimento sustentável na intervenção sobre os ambientes natural e construído e da incolumidade das pessoas, de seus bens e de seus valores;

Da liberdade e segurança profissionais:

**VII** - A profissão é de livre exercício aos qualificados, sendo a segurança de sua prática de interesse coletivo.

#### 5. DOS DEVERES.

**Art. 9º** - No exercício da profissão são deveres do profissional:

**I** - ante o ser humano e seus valores:

**a)** oferecer seu saber para o bem da humanidade;

- b)** harmonizar os interesses pessoais aos coletivos;
- c)** contribuir para a preservação da incolumidade pública;
- d)** divulgar os conhecimentos científicos, artísticos e tecnológicos inerentes à profissão;

**II** – ante à profissão:

- a)** identificar-se e dedicar-se com zelo à profissão;
- b)** conservar e desenvolver a cultura da profissão;
- c)** preservar o bom conceito e o apreço social da profissão;
- d)** desempenhar sua profissão ou função nos limites de suas atribuições e de sua capacidade pessoal de realização;
- e)** empenhar-se junto aos organismos profissionais no sentido da consolidação da cidadania e da solidariedade profissional e da coibição das transgressões éticas.

**III** - nas relações com os clientes, empregadores e colaboradores:

- a)** dispensar tratamento justo a terceiros, observando o princípio da equidade;
- b)** resguardar o sigilo profissional quando do interesse de seu cliente ou empregador, salvo em havendo a obrigação legal da divulgação ou da informação;
- c)** fornecer informação certa, precisa e objetiva em publicidade e propaganda pessoal;
- d)** atuar com imparcialidade e impessoalidade em atos arbitrais e periciais;
- e)** considerar o direito de escolha do destinatário dos serviços, ofertando-lhe, sempre que possível, alternativas viáveis e adequadas às demandas em suas propostas;
- f)** alertar sobre os riscos e responsabilidades relativos às prescrições técnicas e as consequências presumíveis de sua inobservância,
- g)** adequar sua forma de expressão técnica às necessidades do cliente e às normas vigentes aplicáveis;

**IV** - nas relações com os demais profissionais:

- a)** Atuar com lealdade no mercado de trabalho, observando o princípio da igualdade de condições;
- b)** Manter-se informado sobre as normas que regulamentam o exercício da profissão;
- c)** Preservar e defender os direitos profissionais;

**V** – Ante ao meio:

- a)** Orientar o exercício das atividades profissionais pelos preceitos do desenvolvimento sustentável;
- b)** Atender, quando da elaboração de projetos, execução de obras ou criação de novos produtos, aos princípios e recomendações de conservação de energia e de minimização dos impactos ambientais;
- c)** Considerar em todos os planos, projetos e serviços as diretrizes e disposições concernentes à preservação e ao desenvolvimento dos patrimônios sociocultural e ambiental.

## 6. DAS CONDUTAS VEDADAS.

**Art. 10** - No exercício da profissão, são condutas vedadas ao profissional:

**I** - ante ao ser humano e a seus valores:

- a)** Descumprir voluntária e injustificadamente com os deveres do ofício;
- b)** Usar de privilégio profissional ou faculdade decorrente de função de forma abusiva, para fins discriminatórios ou para auferir vantagens pessoais.
- c)** Prestar de má-fé orientação, proposta, prescrição técnica ou qualquer ato profissional que possa resultar em dano às pessoas ou a seus bens patrimoniais;

**II** - ante à profissão:

- a)** Aceitar trabalho, contrato, emprego, função ou tarefa para os quais não tenha efetiva qualificação;
- b)** Utilizar indevida ou abusivamente do privilégio de exclusividade de direito profissional;
- c)** Omitir ou ocultar fato de seu conhecimento que transgrida a ética profissional;

**III** - nas relações com os clientes, empregadores e colaboradores:

- a)** formular proposta de salários inferiores ao mínimo profissional legal;
- b)** apresentar proposta de honorários com valores vis ou extorsivos ou desrespeitando tabelas de honorários mínimos aplicáveis;
- c)** usar de artifícios ou expedientes enganosos para a obtenção de vantagens indevidas, ganhos marginais ou conquista de contratos;
- d)** usar de artifícios ou expedientes enganosos que impeçam o legítimo acesso dos colaboradores às devidas promoções ou ao desenvolvimento profissional;
- e)** descuidar com as medidas de segurança e saúde do trabalho sob sua coordenação;
- f)** suspender serviços contratados, de forma injustificada e sem prévia comunicação;
- g)** impor ritmo de trabalho excessivo ou, exercer pressão psicológica ou assédio moral sobre os colaboradores;

**IV** - nas relações com os demais profissionais:

- a)** intervir em trabalho de outro profissional sem a devida autorização de seu titular, salvo no exercício do dever legal;
- b)** referir-se preconceituosamente a outro profissional ou profissão; **c)** agir discriminatoriamente em detrimento de outro profissional ou profissão;
- d)** atentar contra a liberdade do exercício da profissão ou contra os direitos de outro profissional;

**V** - ante ao meio:

- a)** prestar de má-fé orientação, proposta, prescrição técnica ou qualquer ato profissional que possa resultar em dano ao ambiente natural, à saúde humana ou ao patrimônio cultural.

## 7. DOS DIREITOS

**Art. 11** - São reconhecidos os direitos coletivos universais inerentes às profissões, suas modalidades e especializações, destacadamente:

- a) à livre associação e organização em corporações profissionais;
- b) ao gozo da exclusividade do exercício profissional;
- c) ao reconhecimento legal;
- d) à representação institucional.

**Art. 12** - São reconhecidos os direitos individuais universais inerentes aos profissionais, facultados para o pleno exercício de sua profissão, destacadamente:

- a) à liberdade de escolha de especialização;
- b) à liberdade de escolha de métodos, procedimentos e formas de expressão;
- c) ao uso do título profissional;
- d) à exclusividade do ato de ofício a que se dedicar;
- e) à justa remuneração proporcional à sua capacidade e dedicação e aos graus de complexidade, risco, experiência e especialização requeridos por sua tarefa;
- f) ao provimento de meios e condições de trabalho dignos, eficazes e seguros;
- g) à recusa ou interrupção de trabalho, contrato, emprego, função ou tarefa quando julgar incompatível com sua titulação, capacidade ou dignidade pessoais;
- h) à proteção do seu título, de seus contratos e de seu trabalho;
- i) à proteção da propriedade intelectual sobre sua criação;
- j) à competição honesta no mercado de trabalho;
- k) à liberdade de associar-se a corporações profissionais;
- l) à propriedade de seu acervo técnico profissional.

## 8. DA INFRAÇÃO ÉTICA

**Art. 13** - Constitui-se infração ética todo ato cometido pelo profissional que atente contra os princípios éticos, descumpra os deveres do ofício, pratique condutas expressamente vedadas ou lese direitos reconhecidos de outrem.

**Art. 14** - A tipificação da infração ética para efeito de processo disciplinar será estabelecida, a partir das disposições deste Código de Ética Profissional, na forma que a lei determinar.

**ANOTAÇÃO DE  
RESPONSABILIDADE TÉCNICA**

## 8.1 INSTITUIÇÃO DA ART E MÚTUA

**LEI Nº 6.496, DE 07 DEZ 1977** - Institui a “Anotação de Responsabilidade Técnica” na prestação de serviços de Engenharia, de Arquitetura e Agronomia; autoriza a criação, pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CONFEA, de uma Mútua de Assistência Profissional, e dá outras providências.

### CAPUT

Institui a “Anotação de Responsabilidade Técnica” na prestação de serviços de Engenharia, de Arquitetura e Agronomia; autoriza a criação, pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CONFEA, de uma Mútua de Assistência Profissional, e dá outras providências

**Art. 1º** - Todo contrato, escrito ou verbal, para a execução de obras ou prestação de quaisquer serviços profissionais referentes à Engenharia, à Arquitetura e à Agronomia fica sujeito à “Anotação de Responsabilidade Técnica” (ART).

**Art. 2º** - A ART define para os efeitos legais os responsáveis técnicos pelo empreendimento de engenharia, arquitetura e agronomia.

**§ 1º** - A ART será efetuada pelo profissional ou pela empresa no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA), de acordo com Resolução própria do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA).

**§ 2º** - O CONFEA fixará os critérios e os valores das taxas da ART “ad referendum” do Ministro do Trabalho.

**Art. 3º** - A falta da ART sujeitará o profissional ou a empresa à multa prevista na alínea “a” do Art. 73 da Lei nº 5.194, de 24 DEZ 1966, e demais cominações legais.

**Art. 4º** - O CONFEA fica autorizado a criar, nas condições estabelecidas nesta Lei, uma Mútua de Assistência dos Profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia, sob sua fiscalização, registrados nos CREAs.

**§ 1º** - A Mútua, vinculada diretamente ao CONFEA, terá personalidade jurídica e patrimônio próprios, sede em Brasília e representações junto aos CREAs.

**§ 2º** - O Regimento da Mútua será submetido à aprovação do Ministro do Trabalho, pelo CONFEA

**Art. 5º** - A Mútua será administrada por uma Diretoria Executiva, composta de 5 (cinco) membros, sendo 3 (três) indicados pelo CONFEA e 2 (dois) pelos CREAs, na forma a ser fixada no Regimento.

**Art. 6º** - O Regimento determinará as modalidades da indicação e as funções

de cada membro da Diretoria Executiva, bem como o modo de substituição, em seus impedimentos e faltas, cabendo ao CONFEA a indicação do Diretor-Presidente e aos outros Diretores a escolha, entre si, dos ocupantes das demais funções

**Art. 7º** - Os mandatos da Diretoria Executiva terão duração de 3 (três) anos, sendo gratuito o exercício das funções correspondentes.

**Art. 8º** - Os membros da Diretoria Executiva somente poderão ser destituídos por decisão do CONFEA, tomada em reunião secreta, especialmente convocada para esse fim, e por maioria de 2/3 (dois terços) dos membros do Plenário.

**Art. 9º** - Os membros da Diretoria tomarão posse perante o CONFEA.

**Art. 10** - O patrimônio da Mútua será aplicado em títulos dos Governos Federal e Estaduais ou por eles garantidos, Carteiras de Poupança, garantidas pelo Banco Nacional da Habilitação (BNH), Obrigações do Tesouro Nacional, imóveis e outras aplicações facultadas por Lei para órgãos da mesma natureza.

**Parágrafo único** - Para aquisição e alienação de imóveis, haverá prévia autorização do Ministro do trabalho.

**Art. 11** - Constituirão rendas da Mútua:

**I** - 1/5 (um quinto) da taxa de ART;

**II** - uma contribuição dos associados, cobrada anual ou parceladamente e recolhida, simultaneamente, com a devida aos CREAs;

**III** - doações, legados e quaisquer valores adventícios, bem como outras fontes de renda eventualmente instituídas em Lei;

**IV** - outros rendimentos patrimoniais.

**§ 1º** - A inscrição do profissional na Mútua dar-se-á com o pagamento da primeira contribuição, quando será preenchida pelo profissional sua ficha de Cadastro Geral, e atualizada nos pagamentos subsequentes, nos moldes a serem estabelecidos por Resolução do CONFEA.

**§ 2º** - A inscrição na Mútua é pessoal e independente de inscrição profissional e os benefícios só poderão ser pagos após decorrido 1 (um) ano do pagamento da primeira contribuição.

**Art. 12** - A Mútua, na forma do Regimento, e de acordo com suas disponibilidades, assegurará os seguintes benefícios e prestações:

**I** - auxílios pecuniários, temporários e reembolsáveis, aos associados comprovadamente necessitados, por falta eventual de trabalho ou invalidez ocasional;

**II** - pecúlio aos cônjuges supérstites e filhos menores associados;

**III** - bolsas de estudo aos filhos de associados carentes de recursos ou a can-

didatos a escolas de Engenharia, de Arquitetura ou de Agronomia, nas mesmas condições de carência;

**IV** - assistência médica, hospitalar e dentária, aos associados e seus dependentes, sem caráter obrigatório, desde que reembolsável, ainda que parcialmente;

**V** - facilidade na aquisição, por parte dos inscritos, de equipamentos e livros úteis ou necessários ao desempenho de suas atividades profissionais;

**VI** - auxílio funeral.

**§ 1º** - A Mútua poderá financiar, exclusivamente para seus associados, planos de férias no País e/ou de seguros de vida, acidentes ou outros, mediante contratação.

**§ 2º** - Visando à satisfação do mercado de trabalho e à racionalização dos benefícios contidos no item I deste artigo, a Mútua poderá manter serviços de colocação de mão-de-obra de profissionais, seus associados.

**§ 3º** - O valor pecuniário das prestações assistenciais variará até o limite máximo constante da tabela a ser aprovada pelo CONFEA, nunca superior à do Instituto Nacional de Previdência Social (INPS).

**§ 4º** - O auxílio mensal será concedido, em dinheiro, por períodos não superiores a 12 (doze) meses, desde que comprovada a evidente necessidade para a sobrevivência do associado ou de sua família.

**§ 5º** - As bolsas serão sempre reembolsáveis ao fim do curso, com juros e correção monetária, fixados pelo CONFEA.

**§ 6º** - A ajuda farmacêutica, sempre reembolsável, ainda que parcialmente, poderá ser concedida, em caráter excepcional, desde que comprovada a impossibilidade momentânea de o associado arcar com o ônus decorrente.

**§ 7º** - Os benefícios serão concedidos proporcionalmente às necessidades do assistido, e os pecúlios em razão das contribuições do associado.

**§ 8º** - A Mútua poderá estabelecer convênios com entidades previdenciárias, assistenciais, de seguro e outros facultados por Lei, para o atendimento do disposto neste Artigo.

**Art. 13** - Ao CONFEA incumbirá, na forma do Regimento:

**I** - a supervisão do funcionamento da Mútua;

**II** - a fiscalização e aprovação do Balanço, Balancete, Orçamento e da Prestação de Contas da Diretoria Executiva da Mútua;

**III** - a elaboração e aprovação do Regimento da Mútua;

**IV** - a indicação de 3 (três) membros da Diretoria Executiva;

**V** - a fixação da remuneração do pessoal empregado pela Mútua;

**VI** - a indicação do Diretor-Presidente da Mútua;

**VII** - a fixação, no Regimento, da contribuição prevista no item II do Art. 11;

**VIII** - a solução dos casos omissos ou das divergências na aplicação desta Lei.

**Art. 14** - Aos CREAs, e na forma do que for estabelecido no Regimento, incumbirá:

**I** - recolher à Tesouraria da Mútua, mensalmente, a arrecadação da taxa e contribuição prevista nos itens I e II do Art. 11 da presente Lei;

**II** - indicar os dois membros da Diretoria Executiva, na forma a ser fixada pelo Regimento

**Art. 15** - Qualquer irregularidade na arrecadação, na concessão de benefícios ou no funcionamento da Mútua, ensejará a intervenção do CONFEA, para restabelecer a normalidade, ou do Ministro do Trabalho, quando se fizer necessária.

**Art. 16** - No caso de dissolução da Mútua, seus bens, valores e obrigações serão assimilados pelo CONFEA, ressalvados os direitos dos associados.

**Parágrafo único** - O CONFEA e os CREAs responderão, solidariamente, pelo déficit ou dívida da Mútua, na hipótese de sua insolvência.

**Art. 17** - De qualquer ato da Diretoria Executiva da Mútua caberá recurso, com efeito suspensivo, ao CONFEA.

**Art. 18** - De toda e qualquer decisão do CONFEA referente à organização, administração e fiscalização da Mútua caberá recurso, com efeito suspensivo, ao Ministro do Trabalho.

**Art. 19** - Os empregados do CONFEA, dos CREAs e da própria Mútua poderão nela se inscrever, mediante condições estabelecidas no Regimento, para obtenção dos benefícios previstos nesta Lei.

**Art. 20** - Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

---

Organização



**AEASC**



---

Apoio



**CREA-SP**



São Carlos | 2026