



# Arquitetura & Engenharia: ensaios multidisciplinares

**Tairine Cristine Bertola Cruz**  
(Organizadora)



**AYA EDITORA**  
2022

## **Direção Editorial**

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

## **Organizadora**

Prof.ª Ma. Tairine Cristine Bertola Cruz

## **Capa**

AYA Editora

## **Revisão**

Os Autores

## **Executiva de Negócios**

Ana Lucia Ribeiro Soares

## **Produção Editorial**

AYA Editora

## **Imagens de Capa**

br.freepik.com

## **Área do Conhecimento**

Engenharia

# **Conselho Editorial**

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

*Instituto Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

*Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP*

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

*Centro Universitário FACEX*

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chiroli

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

*Universidade do Estado de Minas Gerais*

Prof.ª Ma. Denise Pereira

*Faculdade Sudoeste – FASU*

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

*Universidade Federal do Amapá*

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

*Universidade Estadual de Londrina*

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença*

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

*Universidade Federal de Sergipe*

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

*Universidade de Santa Cruz do Sul*

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Me. Jorge Soistak

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

*Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara*

Prof.º Me. José Henrique de Goes

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

*Universidade Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

*Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

*Faculdade Santana*

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

*Universidade Norte do Paraná*

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa

*Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP*

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

*Universidade Estadual do Centro-Oeste*

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

*Centro Universitário Santa Amélia*

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

*Instituto Federal do Acre*

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

*Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais*

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

*Universidade Federal do Piauí*

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

*Faculdade Sagrada Família*

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

*Instituto Federal de Santa Catarina*

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional, FNDE*

© 2022 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado por sua organizadora para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas nos capítulos deste Livro, bem como as opiniões nele emitidas são de inteira responsabilidade de sua organizadora e seus autores e não representam necessariamente a opinião desta editora.

---

A772 Arquitetura e engenharia: ensaios multidisciplinares. [recurso eletrônico]. / Tairine Cristine Bertola Cruz (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2022. 177 p.

Inclui biografia  
Inclui índice  
Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
ISBN: 978-65-53790-28-5  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.70

1. Engenharia civil. 2. Gestão da qualidade total. 3. Segurança do trabalho. 4. Construção civil - Acidentes. 5. Sustentabilidade. 6. Concreto. 7. Construção civil - Simulação por computador. 8. Pavimentos. 9. Arquitetura. 10. Automação residencial. 11. Álgebra linear. I. / Cruz, Tairine Cristine Bertola. II. Título

CDD: 624

---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

## **International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI**

### **AYA Editora©**

CNPJ: 36.140.631/0001-53  
Fone: +55 42 3086-3131  
E-mail: contato@ayaeditora.com.br  
Site: <https://ayaeditora.com.br>  
Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557  
Ponta Grossa - Paraná - Brasil  
84.071-150



## **DEDICATÓRIA**

Para todos aqueles que procuram fazer da arquitetura e engenharia ciências transformadoras no intuito de melhorar a experiência urbana cotidiana.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a todos os professores e alunos do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos – Campus Barbacena que possibilitaram, através dos estudos aqui apresentados, a concepção desta obra. Agradecemos também a todos que direta ou indiretamente contribuíram para as pesquisas realizadas.

# SUMÁRIO

Prefácio ..... 11

01

**Proposta para reformulação do quadro de processos de análise de projetos na prefeitura municipal de Barbacena (MG).....12**

Morgana Melo dos Santos  
Rivelino Neri Silva  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Emanuel Bomtempo Matos  
Suymara Toledo Miranda  
Israel Iasbik  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Romulo Stefani Filho

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.1

02

**Projeto para otimização da produção de logomarcas na Alpargatas S.A. ....30**

Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Emanuel Bomtempo Matos  
Israel Iasbik  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Suymara Toledo Miranda  
Romulo Stefani Filho

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.2

03

**Segurança do trabalho no setor da construção civil .....40**

Eder Fellipe de Freitas  
Valmir Martins da Fonseca  
Emanuel Bomtempo Matos  
Suymara Toledo Miranda  
Israel Iasbik  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Tairine Cristine Bertola Cruz

Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Romulo Stefani Filho

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.3

## 04

**Estudo comparativo entre o sistema Light Steel Framing e o sistema construtivo convencional ..**  
.....52

Caio Vitor Miranda  
Lucas Rodrigues Pilar de Oliveira  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Emanuel Bomtempo Matos  
Suymara Toledo Miranda  
Israel Iasbik  
Romulo Stefani Filho

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.4

## 05

**Estudo da logística da obra sistema produtor Rio dos Bagres .....**67

Túlio Gomes Urgal  
Suymara Toledo Miranda  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Emanuel Bomtempo Matos  
Israel Iasbik  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Romulo Stefani Filho

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.5

## 06

**Estudo da reação Álcali-Agregado em estruturas de concreto .....**82

Annelise Ribeiro  
Israel Iasbik  
Emanuel Bomtempo Matos  
Suymara Toledo Miranda  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno

Romulo Stefani Filho  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.6

07

**Metodologia BIM na construção civil .....99**

Luan Alves de Souza  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Emanuel Bomtempo Matos  
Suymara Toledo Miranda  
Israel Iasbik  
Romulo Stefani Filho  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.7

08

**Pavimentos permeáveis em regiões urbanas ..... 113**

José Renato Miranda Morais Garcia  
Rony Rogério Paulino da Costa  
Suymara Toledo Miranda  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Emanuel Bomtempo Matos  
Israel Iasbik  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Romulo Stefani Filho  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.8

09

**Analogia como concepção criativa aplicada ao ensino de arquitetura e urbanismo .....128**

Marcillene Ladeira  
DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.9

# 10

## **Estudo orçamentário do projeto elétrico pré-automatizado .....145**

Bruna Torquetti Fonseca  
Sheilla Raquel Araújo Gava  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Emanuel Bomtempo Matos  
Suymara Toledo Miranda  
Israel Iasbik  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Romulo Stefani Filho

**DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.10**

# 11

## **Portal para ensino e reforço de álgebra linear à distância.....163**

Erick Crisafuli  
Nairon Neri Silva  
Hemílio Lauro de Araújo Melo  
Matheus Barbosa Souza

**DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.11**

**Organizadora .....171**

**Índice Remissivo .....172**

# Prefácio

Em 2016, iniciaram-se os cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos – Campus Barbacena. Este livro é o primeiro organizado a partir de pesquisas e estudos realizados pelo corpo docente e discente desses cursos.

O ensino e a pesquisa nos âmbitos da arquitetura e engenharia são fundamentais para a transformação do ambiente construído e provocam na comunidade reflexões e discussões fundamentais para o progresso, planejamento e desenvolvimento urbano sustentável.

A multiplicação de estudos e produção de saberes é ferramenta essencial na evolução da técnica, do espaço e das ferramentas utilizadas para as concepções urbanísticas. Portanto, a principal contribuição almejada pelos autores aqui reunidos é o fomento da dialética multidisciplinar que visa a melhoria da vida urbana cotidiana.

*Barbacena, março de 2022.*

***Prof. Ma. Tairine Cristine Bertola Cruz***

*Professora Adjunta do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos  
(UNIPAC Barbacena)*

# 01



## **Proposta para reformulação do quadro de processos de análise de projetos na prefeitura municipal de Barbacena (MG)**

---

*Morgana Melo dos Santos*

*Rivelino Neri Silva*

*Tairine Cristine Bertola Cruz*

*Fernando Henrique Fagundes Gomes*

*Emanuel Bomtempo Matos*

*Suymara Toledo Miranda*

*Israel Iasbik*

*Deysiane Antunes Barroso Damasceno*

*Romulo Stefani Filho*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.1

## RESUMO

A análise de projeto legal é intrínseca a cada municipalidade. Cabe à administração local, através do setor competente, estabelecer por meio de leis, decretos e/ou portarias as principais diretrizes urbanas, de acordo com as necessidades e demandas do município. Em se tratando de leis voltadas para o planejamento urbano, destacam-se o Plano Diretor, o Código de Obras, o Código de Posturas e o Código Civil, este último de âmbito federal. Conforme o crescimento da cidade evolui, surge a necessidade constante de atualização e revisão destas diretrizes. Dessa forma, esse estudo contempla o estudo de caso da análise do processo de aprovação do projeto legal desenvolvido na Secretaria de Obras Públicas da Prefeitura Municipal de Barbacena. Através de visitas periódicas e reuniões com os engenheiros civis do Departamento de Regulação Urbana, foi possível realizar uma pesquisa aprofundada que permitiu a elaboração de uma proposta de melhorias, a partir das principais fraquezas e dificuldades apontadas pela equipe. O estudo envolveu a investigação sobre outras municipalidades e foi desenvolvido em quatro fases: diagnóstico das principais informações apresentadas no selo padrão; investigação aprofundada; reformulação dos requerimentos e execução de documentos padrões; e implementação da proposta. As três primeiras fases foram concluídas e a quarta fase encontra-se em andamento. A partir disso notou-se que devido ao volume e à complexidade dos procedimentos, os requerimentos atuais disponíveis necessitam de uma reformulação, assim como existe também a necessidade da execução de documentos padrões para serem disponibilizados como modelos.

**Palavras-chave:** projeto legal. análise. secretaria de obras. prefeitura.

## ABSTRACT

The legal project's analysis is inherent to each municipality. It is the local administration's responsibility, through the competent department, to set throughout laws, decrees and/or ordinances the main urban guidelines, according to the municipality's needs and demands. When it comes to laws targeted to the urban planning, the ones that stand out are the Master Plan, the Building Code, the Posture Code and the Civil Code, this last one in a federal context. As the city's growth evolve, it arises the constant necessity to update and review these guidelines. Therefore, this study covers the case study of the legal project's approval process developed at the Public Constructions' Secretariat at Barbacena's Municipal City Hall. Through regular visits and meetings with the Urban Regulation Department's civil engineers, it was possible to do a detailed research that allowed to elaborate an improvement proposal, based on the principal weaknesses and difficulties pointed by the staff. The study included the investigation about other municipalities and was developed in four stages: diagnosis of the main information contained in the standard seal; in-depth research; applications' restatement and standard documents' execution; and the proposal's implementation. The three first steps were finished and the fourth step is in course. From this, it was possible to see that because of the proceedings' quantity and complexity, the available current requirements need to be restructured, as well as there is a need to elaborate standard documents to be provided as models.

**Keywords:** legal project. analysis. constructions' secretariat. city hall.

## INTRODUÇÃO

O licenciamento de projetos na construção civil, independentemente do tipo de serviço - construção, demolição, reforma – é concedido pela Prefeitura por meio do setor responsável pelo planejamento urbanístico do município. Esse tem por objetivo garantir que a construção estará em acordo com a legislação local, que faz luz à organização do crescimento da cidade (BRASIL, 2001).

Através da abertura de processos, os projetos são analisados pela equipe técnica e, estando de acordo com as normativas pertinentes, sobretudo o Código de Obras e Edificações, é concedida a licença para a construção ou autorização para o início da obra. Quando a edificação foi construída sem a licença prévia, é possível também obter a regularização da mesma, sendo neste caso comumente aplicado uma penalidade em forma de multa (informação verbal)<sup>1</sup>.

Uma vez que cada municipalidade dispõe de características únicas (como área, população e PIB<sup>2</sup>), os serviços disponibilizados no quadro de processos de análise de projetos também são relativos à localidade, em função da infraestrutura técnica. A análise dos projetos, entretanto, apresenta certa complexidade devido à singularidade das obras, ou seja, as construções e suas características são únicas, sendo necessária uma análise minuciosa (PAIVA, 2020).

Conforme o crescimento da cidade se intensifica, faz-se necessário a atualização legislativa, bem como a reestruturação do licenciamento das construções. Esta urgência foi apontada pela equipe técnica do setor de Regulação Urbana da Secretaria de Obras da cidade de Barbacena (MG), gestão 2021.

Por conseguinte, a presente pesquisa buscou, através de um estudo exploratório, propor melhorias no processo de análise de projetos, bem como apresentar uma proposta para reformulação do atual Quadro de Processos da Prefeitura de Barbacena.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### O Projeto para Prefeitura (Projeto Legal)

O Projeto para Prefeitura, também conhecido como Projeto Legal, é o conjunto de desenhos elaborados para a apresentação da edificação junto ao órgão de administração municipal, visando sua aprovação e a obtenção da licença para a construção, que autoriza o início da obra. Esta autorização somente é fornecida quando todos os requisitos urbanísticos legislativos, dispostos principalmente no Código de Obras e no Plano Diretor da cidade, foram devidamente atendidos (PAIXÃO, 2016; ROMANO, 2003; SARDÁ, 2013).

Desta forma, o Projeto Legal é composto por desenhos técnicos, com plantas, cortes e elevações, que representam as medidas do lote e a implantação da edificação, bem como as informações urbanísticas a serem avaliadas - afastamentos, taxa de ocupação, área construída e o coeficiente de aproveitamento (PAIXÃO, 2016).

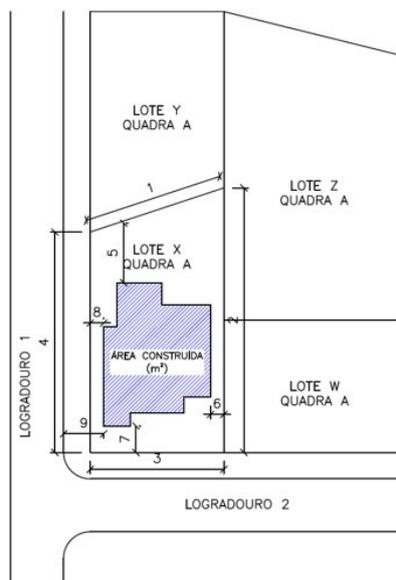
A FIG. 1 abaixo ilustra alguns dos aspectos mencionados, em que a numeração de 1 a 4 representa as dimensões do lote, de 5 a 8 os afastamentos e 9 a distância da edificação à es-

<sup>1</sup> Texto obtido através de entrevista com a equipe técnica da Secretaria Municipal de Obras Públicas (SEMOP).

<sup>2</sup> Produto Interno Bruto (PIB) é todo o rendimento produzido pelo município através de bens e serviços.

quina mais próxima. Este conjunto de informações compõe a “Planta de Situação” da edificação.

**Figura 1 - Exemplo de Planta de Situação**



**Fonte: Autoria Própria (2021).**

A apresentação destas informações deve seguir os modelos, especificações e normais locais. Assim, antes de iniciar uma obra, é importante que o responsável técnico se informe sobre as disposições estabelecidas pelo município. Por outra via, cabe ao órgão administrativo disponibilizar a legislação, bem como elaborar documentos instrutivos e informativos que sejam de fácil acesso a todos (PAIXÃO, 2016).

De forma inclusiva e sustentável, as leis urbanísticas visam garantir a qualidade de vida dos habitantes e de gerações futuras, bem como a segurança, conforto ambiental, conservação de energia, acessibilidade e saúde pública. Por isso, são fundamentais para o crescimento urbano organizado (CARDOSO, 2014<sup>3</sup>).

Dentre essas é cabível citar o Plano Diretor, o Código de Obras e o Código Civil, cujos parâmetros estabelecidos devem ser seguidos para orientar toda e qualquer tipo de construção – pública, residencial, comercial, industrial ou mista (DINIZ *et al*, 2015).

O Plano Diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, devendo o mesmo ser elaborado seguindo-se as características e necessidades de cada municipalidade. É previsto pela Lei Federal 10.257/01 do Estatuto da Cidade, na qual estão normatizados aspectos urbanísticos físicos-territoriais, de forma a garantir o interesse geral acima do particular (RODRIGUES; ALVARENGA, 2019; SABOYA, 2007).

Com isso, a supracitada lei define em seu Art. 41 os municípios que devem apresentar essa legislação:

- I – com mais de vinte mil habitantes;
- II – integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas;
- III – onde o Poder Público municipal pretenda utilizar os instrumentos previstos no § 4º do art. 182 da Constituição Federal;

<sup>3</sup> <http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-dicas-127-o-que-e-o-codigo-de-obras.html>.

IV – integrantes de áreas de especial interesse turístico;

V – inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional.

VI - incluídas no cadastro nacional de Municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012). (BRASIL, 2001, p. 27).

Ademais, outros pontos inclusos em tal documento são o recuo do alinhamento predial<sup>4</sup> e a largura de vias e calçadas. O primeiro é a distância que se deve garantir entre a testada do terreno e o início do primeiro pavimento da edificação, ou seja, o espaço no qual não se pode haver construção (exceto pelo muro frontal). A largura das vias e calçadas, por sua vez, é estabelecida visando-se garantir acessibilidade, segurança e fluência adequada de veículos e pedestres. Além disso, tal dimensão é estabelecida levando-se em consideração a função e o tipo da via (BARBACENA, 1962, 1995).

O Código de Obras, por sua vez, abrange aspectos concernentes aos procedimentos de construção, demolição, modificação de edificações, dentre outros. Aborda aspectos construtivos de modo a garantir que as edificações irão possuir condições de habitabilidade, como áreas de iluminação e ventilação suficientes ao compartimento, bem como dimensões mínimas (CARDOSO, 2014<sup>5</sup>; INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, s/d<sup>6</sup>; LAGE, 2021<sup>7</sup>).

Por fim, o Código Civil (Lei Federal nº 10.406) pode ser entendido como uma associação de normas que determinam os direitos e deveres das pessoas enquanto sociedade (7Graus, 2021)<sup>8</sup>. Esse código abrange o Direito de Construir, em sua Seção VII, na qual está definido um dos aspectos mais importantes e requeridos na análise de projeto legal: o afastamento mínimo dos vizinhos confrontantes.

Art. 1.301. É defeso abrir janelas, ou fazer eirado, terraço ou varanda, a menos de metro e meio do terreno vizinho.

§ 1 o As janelas cuja visão não incida sobre a linha divisória, bem como as perpendiculares, não poderão ser abertas a menos de setenta e cinco centímetros. (BRASIL, 2002).

O Projeto Legal também deve atender às disposições de normas ambientais e sanitárias, ou ainda, dependendo da especificidade da obra, atinge outros órgãos regulamentadores que fazem interface com a prefeitura, como por exemplo o Corpo de Bombeiros, a Defesa Civil e o Patrimônio Histórico e Cultural (informação verbal)<sup>9</sup>.

## Legislação urbana no Município de Barbacena (MG)

Na municipalidade de Barbacena, há o Código de Obras (Lei nº 3.247/95), o Decreto nº 4.441/99 e o Plano Diretor (Lei nº 801/62). A Lei nº 3.247/95 é composta por um título e nove capítulos com suas respectivas seções e subseções. O Decreto nº 4.441/99, por sua vez, apresenta 20 artigos e complementa a Lei nº 3.247/01.

<sup>4</sup> Alinhamento predial, segundo o Código de Obras de Barbacena, é “a linha projetada e locada pelas autoridades municipais para marcar o limite entre o logradouro público e os terrenos adjacentes”. (Barbacena, 1995, p. 1).

<sup>5</sup> <http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-dicas/127-o-que-e-o-codigo-de-obras-.html>.

<sup>6</sup> <https://www.ibam.org.br/projeto/3>.

<sup>7</sup> <https://lageportilhojardim.com.br/blog/codigo-de-obras/>.

<sup>8</sup> <https://www.significados.com.br/codigo-civil/>.

<sup>9</sup> Informação fornecida por um dos analistas da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte através de entrevista de chamada de vídeo.

O Código de Obras traz, em seu primeiro capítulo, a definição de diversos termos, busca elucidar o leitor e reduzir a possibilidade de as normativas apresentarem interpretação dupla ou incorreta. Tendo em vista, ainda, que cada município possui seus próprios conceitos, tal capítulo faz-se essencial para auxiliar os projetistas e proprietários. A exemplo disso, dois dos termos que podem ser confundidos são reforma e modificação. A cidade de Barbacena os define como:

XC – Modificações de um Prédio – conjunto de obras em um edifício, destinadas a alterar divisões internas, a deslocar, abrir, aumentar, reduzir ou suprimir vãos ou dar nova forma à fachada, mantidas a área edificada e a posição das paredes externas; [...]

CXII – Reforma – a obra de substituição ou reparo de elementos essenciais de uma construção, sem modificar, entretanto, a forma ou a altura da compartimentação. (BARBACENA, 1995, p. 7 e 8).

No segundo capítulo, é estabelecido a habilitação necessária para atuar na construção civil: profissionais e empresas cadastrados no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), inscritos no cadastro municipal de contribuintes e com os impostos quitados.

Já o capítulo III dispõe sobre a obrigatoriedade das construções e demolições serem previamente aprovadas pelo órgão administrativo municipal, além dos documentos necessários, prazos e especificações para a aprovação do projeto.

O capítulo IV normatiza sobre a baixa e a obtenção do habite-se. A primeira é a notificação de que a construção foi concluída, enquanto que o habite-se atesta que a edificação se encontra em condições de ser habitada. Essa Lei considera concluída uma obra “quando tiver condições de habitabilidade, estando em funcionamento as instalações hidrosanitárias e elétricas”. (BARBACENA, 1995, p. 15).

Na sequência, o capítulo V prevê sobre a execução das obras, desde o canteiro de obras, tapumes e andaimes até os passeios e as vedações. Dois agentes geradores de problemas nas obras são a construção no alinhamento e a obstrução da calçada, sendo que ambos também estão previstos nesse documento legislativo:

Art. 30 – Nenhuma construção, reforma ou demolição, poderá ser executada no alinhamento predial, sem que seja obrigatoriamente protegida por tapumes, salvo quando se tratar da execução de muros, grades ou de pinturas e pequenos reparos na edificação. [...]

Art. 34 – Durante o período de construção, reforma ou demolição, o construtor manterá o passeio em frente à obra, em boas condições de trânsito aos pedestres, efetuando todos os reparos que para este fim se fizerem necessários. (BARBACENA, 1995, p. 17 e 18).

Os aspectos construtivos são normatizados pelo sexto capítulo, a saber as fundações, paredes, iluminação e ventilação, dentre diversos outros. Outro ponto de erro apresentado em alguns projetos que chegam para a análise é concernente às varandas, em que são colocadas dentro dos afastamentos, sendo que, assim como portas e janelas, devem obedecer às distâncias mínimas – também normatizadas. Algumas das especificações desse capítulo são mais detalhadas no Decreto nº 4.441, que será apresentado mais adiante.

Uma vez que as edificações podem ter diferentes usos e localizações, o capítulo VII particulariza e regulamenta tais construções. Dentre os diferentes usos estão os prédios, os estabelecimentos de hospedagem, comerciais, industriais, dentre outros.

O oitavo capítulo institui sobre a fiscalização e as infrações, incluindo embargo interdição e demolição. Dentre as condições comuns passíveis para embargo estão a execução da obra

sem licença para construção e a apresentação de discrepância entre a obra sendo executada e o projeto aprovado pela prefeitura.

O capítulo IX, por fim, apresenta algumas disposições finais e transitórias como, por exemplo, o processo para regularização de empreendimentos clandestinos e já existentes quando essa Lei foi publicada.

Em contrapartida, o Decreto nº 4.441/99 contém as propriedades mais importantes relacionadas à concepção do projeto e ao desenho arquitetônico. Em suma, são incluídos aspectos como: desenhos, escalas e demais representações gráficas necessárias; áreas mínimas de ventilação e iluminação; áreas mínimas dos compartimentos; declividade máxima de rampas. Vale ressaltar a respeito da área mínima de iluminação e ventilação dos compartimentos, a qual é definida:

a) 1/6 (um sexto) da superfície e do piso para compartimentos de permanência prolongada.

b) 1/8 (um oitavo) da superfície e do piso para compartimentos de utilização provisória. (BARBACENA, 1999, p. 1 e 2).

Por fim, o Plano Diretor é composto por 77 artigos contém dispositivos gerais para a construção civil e a evolução da cidade, sendo que o conteúdo vai desde a determinação de certos documentos abertura de requerimentos, até estabelecimento das rampas de arruamento permitidas, as larguras de vias e calçadas e o afastamento do alinhamento predial. Esse último é de três metros para as ruas e cinco metros para as avenidas. Já quanto às larguras mínimas para as vias e as calçadas.

O Quadro 1 abaixo apresenta as estabelecidas pela Lei nº 801/62. Percebe-se que a dimensão está associada à função e ao tipo da via.

**Quadro 1 - Larguras mínimas para as vias e calçadas**

Tipo de Via	Pista de Rolamento	Passeio	Passeio Total (Passeio x 2)	Total
Rua Residencial	9,0 m	2,0 m	4,0 m	13,0 m
Rua Secundária	12,0 m	3,0 m	6,0 m	18,0 m
Rua Principal	15,0 m	4,0 m	8,0 m	23,0 m
Avenida Terciária	18,0 m	5,0 m	10,0 m	28,0 m
Avenida Secundária	<sup>1</sup> 21,0 m	6,0 m	12,0 m	33,0 m
Avenida Principal	24,0 m	7,0 m	14,0 m	38,0 m
Avenida Dominante	27,0 m	8,0 m	16,0 m	43,0 m
<sup>2</sup> Via	30,0 m	9,0 m	18,0 m	48,0 m

1 No Plano Diretor, essa medida encontra-se como 24 metros, entretanto o total não fecharia, além da diferença para com a pista de rolamento anterior não ser de 3 metros, como ocorre nas outras.

2 Para o item da "Avenida Dominante" há outras descrições de medidas mescladas ao final, devendo as mesmas pertencer a outro tipo de via que foi abstraída por engano.

Fonte: Barbacena, 1962, p. 4 e 5 (adaptado pelos autores).

## O Setor de Regulação Urbana da Prefeitura Municipal de Barbacena (MG)

A Regulação Urbana é o setor da Secretaria Municipal de Obras Públicas – SEMOP – de Barbacena responsável pelo planejamento e controle do crescimento urbano. Tem como pre-

missas a regulamentação e a fiscalização do cumprimento de todas as leis e normas citadinas, relativas ao licenciamento das atividades de construção civil e parcelamento do solo.

A análise e o licenciamento das atividades relativas à construção civil são feitos pela equipe de agentes administrativos, fiscais de obras e pelo corpo técnico de engenheiros civis e agrimensores da SEMOP. Entretanto, o processo envolve também outras secretarias.

A abertura de requerimentos e a conferência de documentos são realizadas pela Diretoria de Atendimento ao Público – DAP, que pertence à Secretaria de Planejamento – SEPLAN. Esta tem como responsabilidade, além do atendimento ao público, o arquivamento de todos os processos protocolados. Este arquivamento ocorre de forma física e virtual. Após a abertura de um novo processo, toda a documentação gerada é arquivada em uma pasta física com o nome do requerente.

Uma vez deferido, o processo é então encaminhado à SEMOP, para procedimento da análise através da Diretoria de Regulação Urbana, seguindo inicialmente para o setor de Fiscalização. Neste, os fiscais irão realizar uma vistoria in loco para verificar a situação da obra/edificação.

A próxima etapa compreende a análise do projeto, que se inicia com a verificação dos aspectos relacionados ao terreno, responsabilidade dos engenheiros agrimensores. Verifica-se a locação da obra e o alinhamento predial e conferem-se a área e o perímetro apresentados no projeto – estes devem estar de acordo com o descrito no registro do imóvel. É fornecido então o Termo de Alinhamento, onde constam as larguras da calçada e da rua, bem como a alinhamento predial definidos no Plano Diretor.

Prossegue-se a análise do projeto legal com a verificação dos aspectos relacionados ao Código de Obras, realizada pelos engenheiros civis. Neste momento, todos os demais aspectos urbanísticos do empreendimento são verificados – áreas dos pavimentos, iluminação, ventilação, posicionamento das janelas, número de sanitários para edificações comerciais, dentre muitos outros.

Em todas as análises, caso encontram-se inconsistências no projeto e/ou na documentação apresentada, é enviada ao Responsável Técnico uma notificação, juntamente com um parecer detalhado dos pontos a serem alterados/corrigidos, a fim de que o mesmo retifique e reenvie o projeto para reanálise. Se não há pontos a serem corrigidos, o analista solicita ao R.T. as cópias finais impressas. Ressalta-se que a análise pode ser feita de forma virtual, sendo os projetos físicos encaminhados apenas após a aprovação.

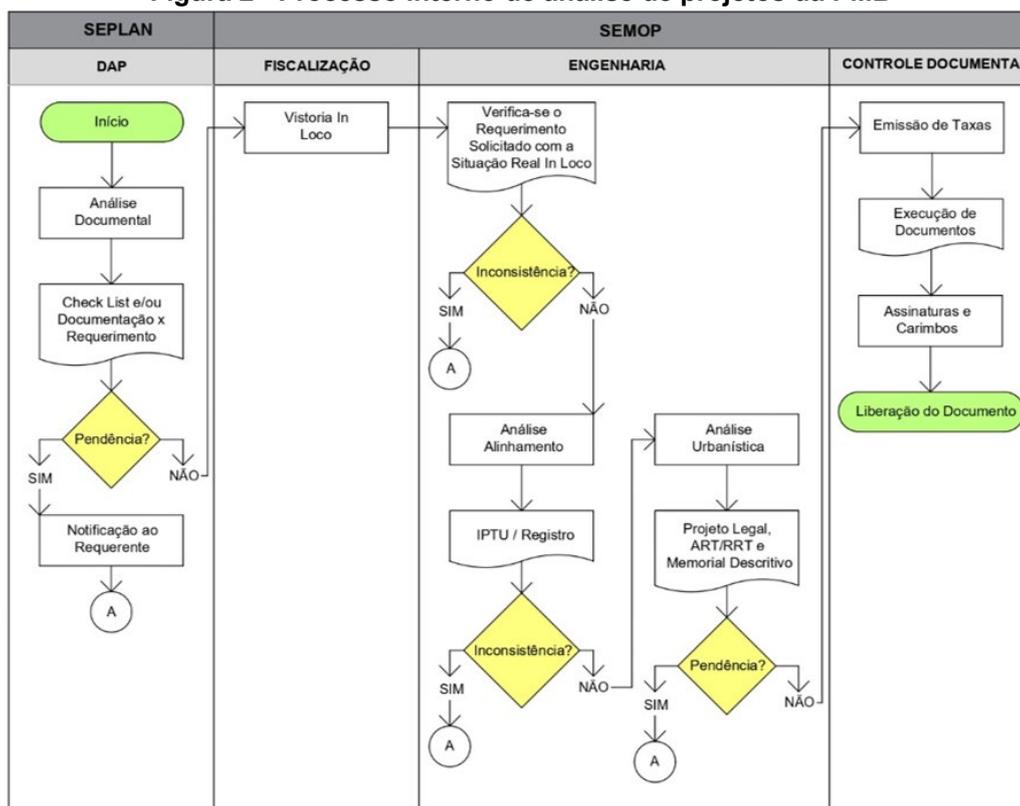
Uma vez aprovado, o processo segue para o setor de Controle Documental, onde as taxas de análise são emitidas e, uma vez quitadas, os documentos (alvarás e certidões) são elaborados e expedidos. Assim, a documentação é encaminhada para obtenção das assinaturas dos responsáveis pela análise e também do Secretário de Obras Públicas<sup>10</sup>. Por fim, o processo é concluído e os documentos finais liberados (informação verbal)<sup>11</sup>.

Todo o processo descrito pode ser entendido através do fluxo apresentado na FIG. 2 em seqüência.

*10 Ver Art. 3º da Lei nº 5.004 do Diário Oficial Eletrônico do Município de Barbacena, de 27 de novembro de 2019, em: [https://barbacena.mg.gov.br/arquivos/atos\\_28-11-2019\\_diariooficial.pdf](https://barbacena.mg.gov.br/arquivos/atos_28-11-2019_diariooficial.pdf).*

*11 Texto fornecido pela diretora do setor de Regulação Urbana da Secretaria Municipal de Obras Públicas (SEMOP) da Prefeitura Municipal de Barbacena – MG. Barbacena, 2021.*

**Figura 2 - Processo interno de análise de projetos da PMB**



Fonte: Autoria Própria (2021).

A prefeitura utiliza para protocolo e tramitação interna de processos a plataforma FLY Protocolo, desenvolvida especificamente para órgãos públicos. Também é através dela que o analista comunica ao Responsável Técnico a necessidade de correção e envia o parecer técnico. Para que a comunicação ocorra, no momento da abertura do processo é necessário que sejam cadastradas as informações do requerente, principalmente o endereço de e-mail.

Outras ferramentas utilizadas são o Sistema de Inteligência Territorial Georreferenciado – SITGeo – e uma plataforma CAD – Computer Aided Design: Desenho Assistido pelo Computador. O primeiro é destinado à obtenção de informação da localização do empreendimento e o segundo é o programa utilizado para verificação dos desenhos.

Atualmente, existem 18 tipos de requerimentos relacionados à área de construção civil, os quais encontram-se descritos no Quadro 2 abaixo.

**Quadro 2 - Processos do município de Barbacena**

Requerimentos	Descrição
Aprovação do projeto com alinhamento e emissão de alvará	Aprovação de projeto para futuras edificações com emissão de alvará.
Aprovação do projeto com alinhamento sem emissão de alvará	Aprovação de projeto para futuras edificações sem emissão de alvará.
Construção de muro e passeio	Aprovação para construção de muro ou passeio.
Termo de alinhamento	Fornecimento do alinhamento da edificação.
Alvará de construção provisório	Documento provisório de licenciamento para construção.
Alvará de construção	Documento de Licenciamento para construção.
Legalização de imóvel já edificado	Regularização de edificação existente clandestina já realizada sem a emissão do alvará de construção.

Atualização de projeto – Obra em construção	Alteração de projeto (em construção) aprovado anteriormente.
Atualização de projeto – Obra pronta	Alteração de projeto (já construído) aprovado anteriormente.
Atualização de projeto sem alteração de área, forma ou uso – Obras concluídas	Alteração de projeto (já construído) aprovado anteriormente que não há alteração de área, forma ou uso.
Atualização de projeto sem alteração de área e com alteração de uso e forma – Obras concluídas	Alteração de projeto (já construído) aprovado anteriormente que não há alteração de área e há alteração de forma e uso.
Reforma de imóvel sem alteração de área	Melhorias na edificação sem acréscimo ou decréscimo de área.
Renovação de alvará vencido (construção, atualização ou urbanização)	Emissão de novo alvará de construção, atualização ou urbanização para fins de substituição do anterior já vencido.
Reanálise de projeto	Requerimento para nova análise de projeto que já havia sido analisado anteriormente.
Habite-se ou alteração de habite-se	Emissão ou alteração de atestado de conclusão da obra.
Habite-se 2ª via	Cópia fidedigna da 1ª via.
Autorização para demolição	Autorização de projeto para demolição total de edificação.
Certidão de demolição	Certidão que comprova realização da demolição total.

Fonte: Setor de Engenharia Civil da SEMOP (Adaptado pelos autores, 2021).

## METODOLOGIA DA PESQUISA

Sobre o ponto de vista de seus objetivos, a presente pesquisa pode ser caracterizada com natureza descritiva e caráter exploratório, pois tratou-se de, através de um estudo de caso, analisar e comparar o Quadro de Processos do município de Barbacena com outras prefeituras com complexidade de infraestrutura semelhante ou superior (PRODANOV e FREITAS, 2013).

A pesquisa teve como principal motivação auxiliar a análise sistêmica do processo de análise de projetos para a formulação de uma proposta de melhorias, bem como a otimização do quadro de processos disponíveis.

Afim de melhor compreender a organização do setor, foram realizadas visitas semanais durante os meses de agosto a novembro, as quais permitiram o acompanhamento da rotina diária, bem como possibilitaram reuniões periódicas com a equipe técnica.

A investigação sobre o processo de análise de outras prefeituras foi realizada principalmente através dos materiais disponibilizados nos sites das mesmas. Foram levantados os processos disponibilizados para requerimento, a legislação bem como modelos de plantas, carimbos, materiais informativos, listas, checklists, tabelas, planilhas, formulários e manuais. Visando-se maior aprofundamento, entrou-se também em contato com tais municipalidades por meio de telefone e e-mail.

Inicialmente, para o estudo do modus operandi da análise de projetos arquitetônicos em prefeituras, definiu-se como ponto chave o mapeamento dos selos padrões de pranchas gráficas. O selo é o elemento que apresenta as principais informações descritas no projeto e, desta

forma, possibilitou o primeiro refinamento da pesquisa.

Após uma extensa procura, foram obtidos arquivos de nove municípios: Belo Horizonte (MG), Juiz de Fora (MG), Maringá (PR) - incluídos pela qualidade dos arquivos obtidos – Divinópolis (MG), Petrópolis (RJ), Pouso Alegre (MG), Queimados (RJ), Sinop (MT) e Varginha (MG) - selecionados por apresentarem porte semelhante.

O aprofundamento da pesquisa foi obtido pela média entre a maior e a menor quantidade de itens descritos nos selos padrões analisados - Belo Horizonte apresentou 52, o maior número e Sinop 20, o menor. Desta forma, adotando-se um limite de dispersão inferior a 10%, os municípios com menos de 32,4 itens foram eliminados, sendo mantidos apenas Belo Horizonte, Juiz de Fora e Maringá.

Para a próxima etapa, foram recolhidas informações para aprofundamento relativas ao Quadro de Processos, checklists, modelos de plantas, manuais de instrução e padronização de documentação.

A partir de todas as informações obtidas, foi possível desenvolver uma proposta de reformulação dos requerimentos disponibilizados para o licenciamento de edificações. Também foram estabelecidos os documentos, memoriais e desenhos a serem produzidos e disponibilizados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo tem início na investigação das principais dificuldades elencadas pelos analistas. As mesmas foram atribuídas em fatores externos e internos. Os externos, que envolvem agentes de fora do sistema, são: desconhecimento ou confusão quanto à finalidade de cada tipo de requerimento e apedutismo quanto à legislação municipal. Já os internos, referentes aos aspectos de infraestrutura do próprio sistema, são: desatualização dos documentos legislativos municipais e a limitação dos requerimentos oferecidos.

O primeiro obstáculo, relativo a fatores externos, se dá devido ao requerente – proprietário ou R.T. – nem sempre compreender os tipos de requerimentos existentes e, consequentemente, errar na escolha para a sua situação. Também se faz presente a falta de contato e/ou conhecimento da legislação do próprio município, sendo essa essencial para o desenvolvimento dos projetos.

Já dentre os fatores internos há a obsolescência do Código de Obras e do Plano Diretor, uma vez que atualmente o município apresenta diferentes características e necessidades de quando esses documentos foram criados. Outro ponto é a limitação dos tipos de requerimentos oferecidos, os quais não abrangem todos os serviços com demanda recorrentemente para serem aprovados pelo órgão administrativo municipal, além de não haver possibilidade de requerimento múltiplo.

O Quadro 3 apresenta uma análise relativas aos municípios selecionados. Como pode ser observado, todos apresentam algum manual de instrução para orientação do requerente, seja quanto ao preenchimento da prancha ou quanto aos processos e documentação necessária.

**Quadro 3 - Tópicos apresentados por município**

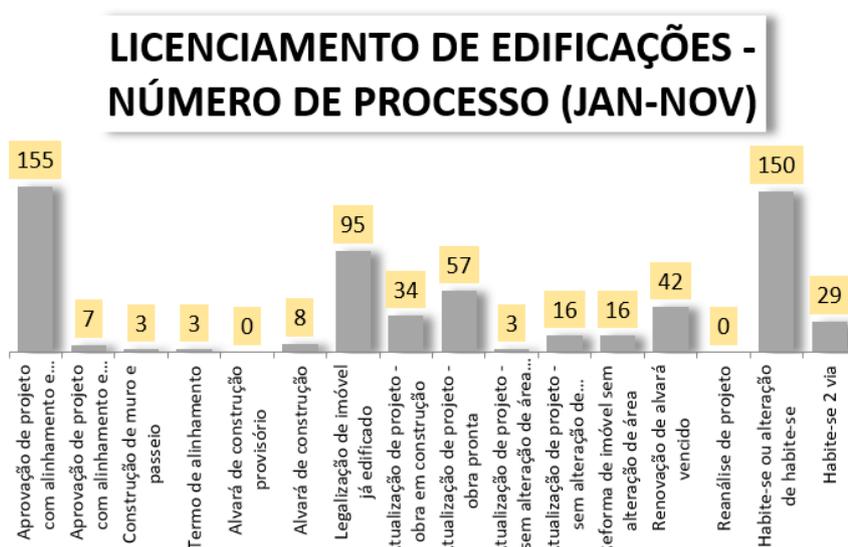
Item	Município			
	Barbacena	Belo Horizonte	Juiz de Fora	Maringá
Lista de Pontos Analisados	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ainda não disponível ao público			
Modelo de Planta	Sim	Sim	Sim	Sim
		Para cálculo de áreas e projeto padrão		
Tipos de Requerimentos	Sim	Sim	Sim	Sim
Manual de Instrução	Não	Sim	Sim	Sim
		Para selo padrão e processos	Para o selo padrão	Para o selo padrão e os processos
Documentação por Requerimento	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autoria Própria (2021).

A partir de todas as informações obtidas, foi possível dar início ao plano de melhorias. O primeiro passo foi a obtenção dos dados dos requerimentos abertos durante o ano de 2021.

O Gráfico 1, gerado pela SEMOP, mostra a quantidade dos requerimentos abertos até a data de 23/11/21. Os serviços de “Reanálise de projeto” e “Alvará de construção provisório”, por exemplo, não apresentaram nenhuma solicitação.

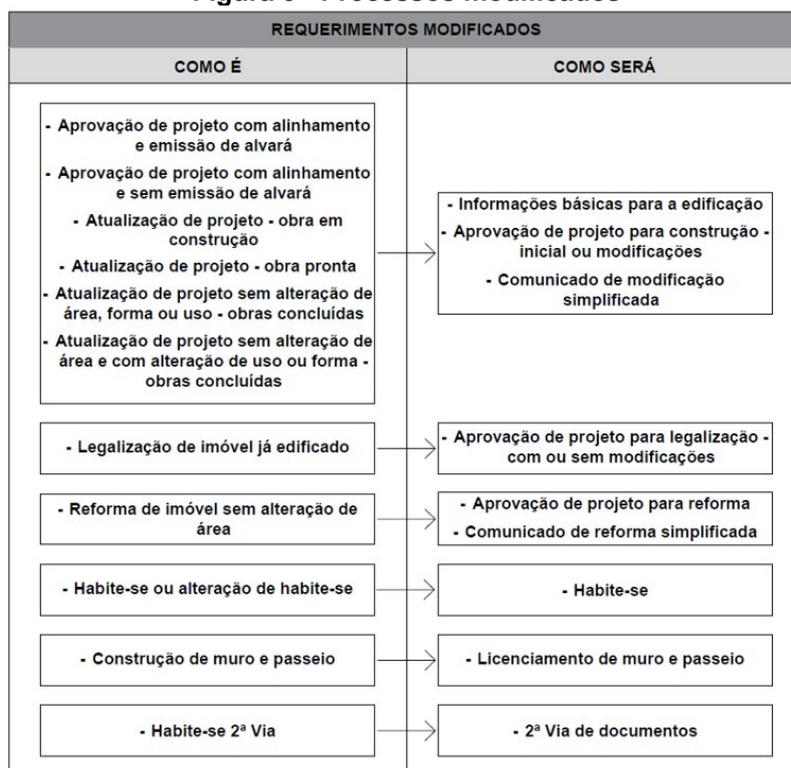
**Gráfico 1 - Processos abertos em 2021 no município de Barbacena**



Fonte: Secretaria Municipal de Obras Públicas (2021).

Dessa forma, tornou-se possível a reformulação quanto aos tipos de requerimento oferecidos. A Figura 3 mostra a substituição e/ou mescla de alguns dos requerimentos existentes por novos – os quais contemplam melhor as necessidades e demandas atuais.

**Figura 3 - Processos modificados**



Fonte: Autoria Própria (2022).

Nota-se que houve a substituição dos primeiros seis requerimentos por “Aprovação de projeto para construção – inicial ou modificações” e “Comunicado de modificação simplificada”, ou seja, esses dois englobam aqueles seis anteriores, cabendo ao requerente especificar o interesse ou não na emissão do alvará no momento da abertura do processo.

Outra mudança foi a criação das “Informações básicas para a edificação” que funcionarão como um pré-requisito para a aprovação do projeto de obras novas. Por meio desse requerimento, serão fornecidos os dados urbanísticos do terreno, essenciais para a elaboração da edificação. Segundo a equipe de engenheiros, é recorrente a procura dessas informações por parte dos R.T.s, sendo a mesma, atualmente, fornecida informalmente. Além disso, houve a criação do “Comunicado de modificação simplificada” para aqueles serviços que a reanálise do projeto não se faz necessária.

Na segunda seção, por sua vez, o requerimento “Legalização de imóvel já edificado” foi substituído por “Aprovação de projeto para legalização – com ou sem modificações”. Em se tratando de legalização – regulação de obras clandestinas – e atualização – mudanças em projetos – é muito comum a necessidade de realizar-se ambas concomitantes. Por exemplo, o contribuinte deseja legalizar sua edificação e também aumentá-la. Na atual conjuntura, seria necessário abrir dois requerimentos distintos, o que causa transtornos e prolonga o tempo de análise. Dessa forma, com o novo requerimento de legalização seria possível realizar ambos os serviços concomitantemente.

Ainda nessa seção, foi possível sanar a deficiência de uma outra demanda recorrente, a “Atualização de projeto com alteração de área e alteração de forma e uso”, hoje inexistente. Nos serviços oferecidos atuais (“Atualização de projeto sem alteração de área, forma ou uso – obras concluídas” e “Atualização de projeto sem alteração de área e com alteração de uso ou forma –

obras concluídas”), se o requerente desejar, por exemplo, alterar o uso de uma edificação para “Comercial” e também atualizar a sua área, não é possível fazê-los concomitantemente.

A próxima alteração foi das solicitações que envolvem o habite-se: “Habite-se ou alteração de habite-se” e “Habite-se 2ª via”. O primeiro se deu em função da criação do comunicado de modificação simples e também caberá ao requerente informar, no momento da abertura do protocolo, se deseja emitir um novo habite-se ou alterar um já existente. Já no segundo, substituiu-se o termo “Habite-se 2ª via” por “2ª Via de documentos”, uma vez que o primeiro se fazia exclusivo para o documento habite-se. Com isso, é possível requerer a 2ª via de qualquer documento emitido pela prefeitura como, por exemplo, os alvarás.

A “Reforma de imóvel sem alteração de área”, por outro lado, foi dividida em “Aprovação de projeto para reforma” e “Comunicado de reforma simplificada”. A aprovação continua sendo para os casos em que não há alteração de área, mas, se for do interesse do proprietário, é possível solicitar a alteração de forma e/ou uso na abertura do requerimento. Por outro lado, a reforma simplificada refere-se às melhorias e demais modificações que não impliquem na modificação do projeto já aprovado ou na reanálise do mesmo.

Por fim, a “Construção de muro e passeio” – foi renomeado, focando-se em promover menos problemas de entendimento.

Com isso, o Quadro 4 apresenta os requerimentos a serem excluídos, mantidos e acrescidos.

**Quadro 4 - Requerimentos alterados**

<b>Excluídos</b>	<b>Mantidos</b>	<b>Criados</b>
Alvará de construção provisório	Alvará de construção	Autorização para movimentação de terra
	Autorização para demolição	Autorização para obras em vias públicas
	Certidão de demolição	Autorização para serviços diversos
Reanálise de projeto	Renovação de alvará vencido	Certidão para efeitos cartorários
	Termo de alinhamento	Retificação de documentos
		Substituição de responsável técnico e/ou da propriedade do projeto

**Fonte: Autoria Própria (2022).**

Os requerimentos “Reanálise de projeto” e “Alvará de construção provisório” não são utilizados, cabendo-se, dessa forma, a exclusão dos mesmos. Já os processos a serem mantidos são frequentemente requeridos e contemplam, adequadamente, a demanda atual. Finalmente, foram criados os requerimentos da última coluna pois, após o acompanhamento realizado na SEMOP, verificou-se que são serviços recorrentes, mas que não possuem requerimento específico.

Após a reestruturação, ficou-se com 20 processos totais, os quais encontram-se descritos no Quadro 5.

**Quadro 5 - Proposta dos novos processos do município de Barbacena**

<b>Requerimentos Novos</b>	<b>Descrição</b>
2ª via de documentos	Compreende o fornecimento de 2ª via de documentos.
Alvará de construção	Compreende a expedição do Alvará de Construção para projeto já aprovado anteriormente pela Municipalidade – para o caso em que, no momento da aprovação, não foi solicitado o alvará.
Aprovação de projeto para construção - inicial ou modificações	Compreende a análise do projeto de: - Edificações a serem construídas - obras novas; - Modificações em projetos já aprovados – obras já iniciadas e não finalizadas; - Modificações em obras prontas – alterações de área a serem realizadas em edificações regulares. Poderá ser solicitada a alteração de forma e/ou uso.
Aprovação de projeto para legalização - com ou sem modificações	Compreende a análise do projeto de: - Edificações já construídas - obras clandestinas; - Edificações já construídas com modificações - obras clandestinas com modificações da situação atual da mesma.
Aprovação de projeto para reforma	Compreende a análise do projeto de reforma de edificações regulares - obras já finalizadas - sem alteração de área. Poderá ser solicitada a alteração de forma e/ou uso.
Autorização para demolição	Compreende a análise da solicitação de autorização para demolição total da edificação.
Autorização para movimentação de terra	Compreende a análise da solicitação para movimentação de terra no imóvel.
Autorização para obras em vias públicas	Compreende a análise da solicitação para execução de obras em vias públicas.
Autorização para serviços diversos	Compreende a análise da solicitação para execução de obras não contempladas nos demais serviços.
Certidão de demolição	Compreende o fornecimento da Certidão de Demolição após a execução do serviço.
Certidão para efeitos cartorários	Compreende a análise da solicitação para expedição da Certidão para Efeitos Cartorários.
Comunicado de modificação simplificada	Compreende a análise de solicitações de: - Modificação simplificada - alteração de locação de vagas de garagem, quadro de áreas, denominação das unidades, alteração de forma e/ou uso (sem reforma ou modificação do projeto aprovado). - Demais modificações simples que não impliquem em nova reanálise do projeto aprovado.
Comunicado de reforma simplificada	Compreende a análise de solicitações de: - Reforma simplificada - melhorias que não impliquem na alteração do projeto aprovado; - Demais modificações simples que não impliquem em nova reanálise do projeto aprovado.
Habite-se	Compreende a análise de solicitações de vistoria para entrega e conclusão de obra.
Informações básicas para a edificação	Compreende os aspectos urbanísticos relacionados ao lote onde será futuramente edificada a construção - obra nova - com a finalidade de subsidiar a elaboração do projeto desta.
Licenciamento de muro e passeio	Compreende a análise de solicitações de autorização para construção de muro e passeio.
Renovação de alvará vencido	Compreende a renovação de alvarás vencidos.
Retificação de documentos	Compreende a retificação de documentos.
Substituição de responsável técnico e/ou da propriedade do projeto	Compreende o comunicado de substituição de responsável técnico e/ou da propriedade do projeto.
Termo de Alinhamento	Compreende o fornecimento do alinhamento da edificação.

Fonte: Setor de Engenharia Civil da SEMOP (Adaptado pelos autores, 2022).

Em questão de documentação, foram produzidos o modelo a ser utilizado para as “Informações básicas para edificações”, e o modelo de “Checklist de análise de projetos”. A checklist trata-se de um tipo de ferramenta de auxílio para conferência do passo a passo de uma atividade ou de itens a serem apresentados. Nesse caso, elas se referem à documentação que deve ser apresentada em cada requerimento, assim como as representações necessárias para o projeto arquitetônico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa em questão teve como objeto de estudar o processo de análise do projeto legal da SEMOP da PMB, bem como a comparação com os procedimentos de outras municipalidades, entendendo-se a especificidade de cada uma. Isso tornou possível uma avaliação mais crítica do cenário geral e específico, possibilitando, assim, uma tomada de decisões mais consciente e próxima à realidade.

Em suma, as etapas do trâmite de um projeto legal são: entrada do requerimento e protocolação, fiscalização, análise documental e arquitetônica, emissão de taxas, aprovação e emissão do documento final. A equipe responsável pela análise do projeto em si é composta por engenheiros civis – que avaliam o empreendimento propriamente dito – e agrimensores – que examinam as propriedades mais relativas ao terreno.

Posteriormente, buscou-se entender sobre tal serviço em outras municipalidades. As principais distinções entre as municipalidades foram relacionadas à quantidade e qualidade das informações solicitadas e avaliadas, além das individualidades do sistema das mesmas e as orientações e informações que são fornecidas para orientar a população.

Conseqüentemente, buscou-se racionalizar os tipos de requerimentos, de modo a abranger mais serviços e facilitar para o requerente identificar o mais conveniente para sua situação. Visou-se, ainda, o estabelecimento de definições e padrões para tornar as etapas menos complexas. Finalmente, também foram elaborados documentos, como o “Documento de informação básica para edificações”. Com isso, ficou nítido o quão mutável e individual é o processo de aprovação de projetos, cabendo-se contínuos estudos para adequação à realidade de cada local.

## REFERÊNCIAS

BARBACENA. Decreto nº 4.441, de 24 de agosto de 1999. Regulamenta a Lei Municipal nº 3.247, de 13 de dezembro de 1995, que “dispõe sobre o Código de Obras e Edificações do Município de Barbacena”, e dá outras providências. Disponível em: <<http://barbacena.mg.gov.br/url/1eg8>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. Lei nº 801, de 31 de dezembro de 1962. Aprova o Plano-Diretor da Cidade, regula sua execução, regulamenta a abertura de ruas e logradouros públicos, loteamento de terrenos, dispõe sobre construções e dá outras providências. Barbacena, 1962, 13 p.

\_\_\_\_\_. Lei nº 3.247, de 13 de dezembro de 1995. Dispõe sobre o Código de Obras e Edificações do Município de Barbacena e dá outras providências. Disponível em: <[http://barbacena.mg.gov.br/semop/download/semop\\_Lei3247-95\\_14052019728.pdf](http://barbacena.mg.gov.br/semop/download/semop_Lei3247-95_14052019728.pdf)>. Acesso em: 01 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. Poderes executivo e legislativo. Ato administrativo normativo, de 27 de novembro de 2019. Diário Oficial Eletrônico do Município de Barbacena – e-DOB: Barbacena, 27 nov. 2019. Disponível em:< [https://barbacena.mg.gov.br/arquivos/atos\\_28-11-2019\\_diariooficial.pdf](https://barbacena.mg.gov.br/arquivos/atos_28-11-2019_diariooficial.pdf)>. Acesso em: 01 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. Secretaria Municipal de Obras Públicas (SEMOP). Processos do Município de Barbacena. 2021. Quadro.

\_\_\_\_\_. Secretaria Municipal de Obras Públicas (SEMOP). Processos Abertos em 2021 no Município de Barbacena. 2021. Gráfico.

\_\_\_\_\_. Secretaria Municipal de Obras Públicas (SEMOP). Proposta dos Novos Processos do Município de Barbacena. 2021. Quadro.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Imóveis e obras. Processos disponibilizados pela prefeitura municipal. Disponível em:< <https://servicos.pbh.gov.br/servicos/i/5e1e3f82d9323469bb40b311/5df38842ad0ab2006cec9154/temas+imoveis-e-obras>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, dez. 1979. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm)>. Acesso em: 11 dez. 2021.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 3 ed., p. 15-31, jul., 2001. Disponível em:< <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70317/000070317.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2021.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Brasília, jan. 2002. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/L10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406compilada.htm)>. Acesso em: 28 out. 2021.

CALEGARI, Diego; PRIETO, Immaculada; MENEZES, Murilo. Plano diretor: como é feito e para que serve?. Politize!. 24 nov. 2017. Disponível em:< <https://www.politize.com.br/plano-diretor-como-e-feito/>>. Acesso em: 20 out. 2021.

CARDOSO, Ana Carolina Moura. O que é Código de Obras?. EW7. 2014. Disponível em:<<http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-dicas/127-o-que-e-o-codigo-de-obras-.html>>. Acesso em: 20 out. 2021

CÓDIGO CIVIL. In: 7Graus. Significados. 2021. Disponível em:< <https://www.significados.com.br/codigo-civil/>>. Acesso em: 20 out. 2021.

DINIZ, Maria Ingridy Lacerda *et al.* Código de obras: um estudo da ferramenta para reter os Impactos ambientais causados pelas cidades. CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 2015, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: 2015. p. 140-146. v. 3. ISSN 2318-7603. Disponível em:< <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2015/trabalhos/pdf/congestas2015-et-01-017.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. Código de Obras. Rio de Janeiro. Disponível em:< <https://www.ibam.org.br/projeto/3>>. Acesso em: 20 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Barbacena – MG – IBGE Cidades. 2019. Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/barbacena/panorama>>. Acesso em: 27 fev. 2022.

JUIZ DE FORA. Secretaria de Sustentabilidade em Meio Ambiente e Atividades Urbanas (SESMAUR). Processos disponibilizados pela prefeitura municipal. Disponível em:< <https://servicos.pjf.mg.gov.br/servicos/1838?page=1>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

LAGE, Rafael de Oliveira. Código de Obras – Conheça mais sobre esse importante instrumento de regulação de edificações urbanas. Lage e Portilho Jardim, Belo Horizonte, 25 mar. 2021. Disponível em:< <https://lageportilhojardim.com.br/blog/codigo-de-obras/>>. Acesso em: 20 out. 2021.

MARINGÁ. Prefeitura Municipal. Processos disponibilizados pela prefeitura municipal. Disponível em:< <http://sisweb.maringa.pr.gov.br:81/formularioProcesso/home/index>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

PAIVA, Yuri Silva. Processo de aprovação de projetos da prefeitura municipal de Rio Verde – GO. Orientadora: Bruna Oliveira Campos. 2020. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020. Disponível em:< [https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/911/1/tcc\\_Yuri%20Paiva.pdf](https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/911/1/tcc_Yuri%20Paiva.pdf)>. Acesso em: 18 fev. 2022.

PAIXÃO, Luciana. O pequeno grande guia de Aprovação de Projetos de Prefeitura. São Paulo: ProBooks, 136 p., 2016. ISBN: 978-85-61453-45-9. Disponível em:< [https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=7JImDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=projeto+de+prefeitura&ots=K6\\_QfjYp42&sig=OM12x\\_pjhtq9sYS3DscHhS8h9og&redir\\_esc=y#v=onepage&q=projeto%20de%20prefeitura&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=7JImDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=projeto+de+prefeitura&ots=K6_QfjYp42&sig=OM12x_pjhtq9sYS3DscHhS8h9og&redir_esc=y#v=onepage&q=projeto%20de%20prefeitura&f=false)>. Acesso em: 11 dez. 2021.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Editora Feevale, 2013, 276 p. ISBN 978-85-7717-158-3

RODRIGUES, Dayanne Helena; ALVARENGA, Ryan Moreira. Proposta técnica de atualização do código de obras de Caratinga – MG para aprovação de projetos de edificações. 2019. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdades DOCTUM de Caratinga, Caratinga, 2019. Disponível em:< <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3492/1/TCC%20FINAL%20P%c3%93S%20BANCA.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2021.

ROMANO, Fabiane Vieira. Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. Orientador: Nelson Back. 2003. 326 f. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. Disponível em:< <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/85375>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

SABOYA, Renato T. de. Concepção de um sistema de suporte à elaboração de planos diretores participativos. 2007. 231 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007. Disponível em:< <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/123456789/90032/1/240732.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2021.

SARDÁ, Diego Búrigo. Licenciamento de obras residenciais na prefeitura municipal de Palhoça. Orientador: Leto Momm. 2013. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Disponível em:< [https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/115451/TCC\\_Diego\\_PDF\\_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/115451/TCC_Diego_PDF_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 21 fev. 2022.

# 02



## **Projeto para otimização da produção de logomarcas na Alpargatas S.A.**

---

*Fernando Henrique Fagundes Gomes*

*Tairine Cristine Bertola Cruz*

*Emanuel Bomtempo Matos*

*Israel Iasbik*

*Deysiane Antunes Barroso Damasceno*

*Suymara Toledo Miranda*

*Romulo Stefani Filho*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.2

## RESUMO

A presente pesquisa de natureza descritiva apresenta um projeto de melhoria contínua executado em 2017 na unidade da Alpargatas S.A., na cidade de Montes Claros (MG). A problemática foi relacionada com a logomarca da sandália havaianas, incorporada à forquilha da mesma. Por ser tratar de um processo de manufatura manual, foram identificados desperdício de material, baixa qualidade no produto e atrasos na produção. O objetivo do projeto desenvolvido foi aumentar a eficiência produtiva, melhorar a qualidade do produto, diminuir o refugo e minimizar o custo operacional. Para padronização da quantidade de cola utilizada, foi proposto a incorporação de uma tela acoplada em um equipamento dosador. Constatou-se que o projeto resultou em uma diminuição da mão de obra, estimada em aproximadamente 30%. Outro ponto positivo foi a otimização da produtividade, que obteve um ganho de quase 03 minutos por batelada. A utilização de maquinário na produção também permitiu a padronização do produto. Desta forma, o projeto de otimização mostrou-se favorável com pertinente continuidade de melhorias e novos estudos.

**Palavras-chave:** melhoria contínua. gestão da qualidade. manufatura.

## ABSTRACT

This descriptive research presents a continuous improvement project carried out in 2017 at the Alpargatas S.A. unit, in the city of Montes Claros (MG). The problem was related to the logo of the Havaianas sandal, incorporated into the fork. As it is a manual manufacturing process, material waste, low product quality and production delays were identified. The objective of the developed project was to increase production efficiency, improve product quality, reduce scrap and minimize operating costs. To standardize the amount of glue used, the incorporation of a screen coupled to a dosing equipment was proposed. It was found that the project resulted in a decrease in manpower, estimated at approximately 30%. Another positive point was the optimization of productivity, which obtained a gain of almost 03 minutes per batch. The use of machinery in production also allowed for the standardization of the product. In this way, the optimization project proved to be favorable with relevant continuity of improvements and new studies.

**Keywords:** continuous improvement. quality management. manufacturing.

## INTRODUÇÃO

A presente pesquisa apresenta um projeto de melhoria contínua executado em 2017 na unidade da Alpargatas S.A., na cidade de Montes Claros (MG), desenvolvido entre os setores de qualidade e produção. Esta unidade produz exclusivamente sandálias havaianas e foi inaugurada no final do ano de 2013 (APARGATAS, 2018).

A problemática surge a partir da identificação de problemas relacionados com a logomarca da sandália havaianas, incorporada à forquilha da mesma. Por ser tratar de um processo de manufatura manual, foram identificados desperdício de material, baixa qualidade no produto e atrasos na produção.

Desta forma, fomentou-se o desenvolvimento do projeto para otimização e melhorias

na execução das logomarcas. Para dimensionar-se o problema, primeiramente, foi necessário compreender o funcionamento de todas as etapas envolvidas no processo.

O objetivo do projeto desenvolvido foi aumentar a eficiência produtiva, melhorar a qualidade do produto, diminuir o refugo e minimizar o custo operacional. Uma vez familiarizado o processo de produção e caracterizados os pontos a serem melhorados, deu-se início ao desenvolvimento e estruturação do projeto.

O projeto de melhorias foi executado e posteriormente avaliado para validação de sua viabilidade por meio do levantamento dos pontos positivos e negativos observados no teste realizado.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### História da Alpargatas S.A.

A história da Alpargatas S.A. começa em 03 de abril de 1907. Vindo da Argentina, o escocês Robert Fraser associou-se a um grupo inglês para a instituição da Sociedade Anonyma Fábrica Brasileira de Alpargatas e Calçados. O início de suas produções deu-se no distrito da Capital paulista da Mooca, com a produção Alpargatas Roda e Encerados Locomotivos (ALPARGATAS, 2018).

Dois anos depois, a empresa então com o nome de São Paulo Alpargatas Company S.A. já exprimia sucesso nas vendas de seus produtos, graças principalmente à utilização das Alpargatas Roda e das lonas na produção cafeeira, que impulsionam os negócios da empresa. Nesta mesma década a Alpargatas coloca suas ações na Bolsa de Valores de São Paulo (ALPARGATAS, 2018).

No ano de 1922, o grupo exhibe sua marca na Exposição Internacional do Rio de Janeiro, com uma mostra completa de seus produtos. A crise econômica no final da década, provocada pela superprodução de café e pela quebra da Bolsa de Nova York faz cessar a fabricação das Alpargatas Roda (ALPARGATAS, 2018).

Na década de 50, ocorre o lançamento da linha de calçados esportivos, com as marcas Conga e Bamba Basquete. Nesta década a Fábrica Brasileira de Alpargatas e Calçados realiza mudanças em suas logísticas de vendas, direcionando as distribuições de seus produtos em todos os níveis, dos atacadistas até o pequeno varejo, passando a investir em marketing e propaganda, utilizando nomes de atletas famosos em diversos esportes. Em qualquer armazém ou loja, o consumidor encontrava produtos da Fábrica Brasileira de Alpargatas e Calçados (IVAN, 1987).

Posteriormente, entre os anos 60 e 70, a empresa investe na expansão das marcas e aquisição de novos produtos. Nos anos 60, é lançada as sandálias Havaianas, que acabou por se tornar o principal produto comercializado pela companhia. Na década de 70 a empresa lança o Kichute e a linha Topper, além de concretizar a aquisição da marca Rainha (ALPARGATAS, 2018).

Em 1982, após um gradativo processo de nacionalização do capital, a São Paulo Alpar-

gatas deixou de ter participação argentina e passou a ser controlada por um grupo brasileiro. Nos anos seguintes, além do lançamento de marcas próprias, a companhia passou a licenciar outras marcas (VASCONCELLOS, 2008).

A década de 90 é marcada pela internacionalização da marca e instalação de novas unidades fabris no Brasil, com fábricas inauguradas na Região Nordeste, em João Pessoa (PB), Carpina (PE) e Campina Grande (PB). As vendas de Havaianas batem recorde, com 100 milhões de pares comercializados em média por ano (VASCONCELLOS, 2008).

No ano de 2003, a empresa aderiu ao Nível 1 de Governança Corporativa da Bovespa1, marcado por um aumento do compromisso de transparência organizacional e pela adoção de padrões mais elevados na divulgação de informação aos investidores. A mudança da estrutura acionária foi também um importante passo no crescimento da empresa (SOUSA, 2012).

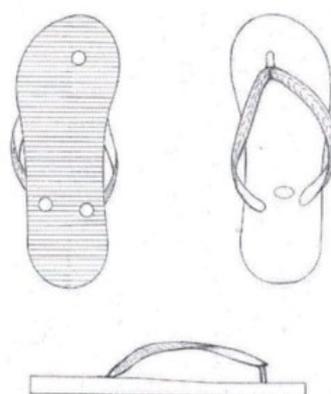
Em 2010, a Alpargatas alcançou o recorde de vendas e lucros. As vendas anuais alcançaram a marca de 244 milhões de unidades de calçados, vestuário e acessórios, o que representou um aumento de 11,5% do volume comparado ao ano anterior (SOUSA, 2012).

## Apresentação da problemática

Em 2017, o setor de qualidade e produção da unidade sediada em Montes Claros (MG), conjuntamente com o Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC), identificou que existiam alguns problemas relacionados com a logomarca incorporada à forquilha das sandálias. As principais reclamações apontavam a existência de manchas e danificações nas mesmas (informação verbal).

A forquilha ou tira é uma peça de policloreto de vinila (PVC), em formato de “Y”, utilizada em sandálias do tipo Havaianas. Conforme ilustra a Fig. 1, os segmentos laterais são longos e achatados, possuindo um terminal cilíndrico semelhante a um botão para fixação nos furos do solado (Ministério da Defesa, 2015).

Figura 1 - Forquilha



Fonte: Ministério da Defesa (2015).

Para especificação e caracterização do produto, as sandálias Havaianas possuem em anexo a sua forquilha a logomarca “havaianas”, com aproximadamente 5,0 cm de comprimento e 1,0 cm de altura (Fig. 2).

**Figura 2 - Logomarca da Havaianas**



Fonte: acervo dos autores (2017).

A logomarca é produzida pelo setor denominado Plastisol, onde o projeto de otimização foi desenvolvido. Este setor conta com uma equipe de aproximadamente 30 pessoas divididas em 3 turnos de produção.

A fabricação da logomarca é desenvolvida em 6 etapas. A primeira compreende a aplicação de uma tinta especial em moldes de alumínio printados com a logo (Fig. 3). Após a aplicação da tinta, o operador retira o excesso com uma espátula. Este procedimento ocorre de maneira manual.

**Figura 3 - Molde da logomarca Havaianas**



Fonte: acervo dos autores (2017).

Na segunda etapa, ocorre o aquecimento do molde em uma estufa: o operador, após a aplicação da tinta, transporta o molde até uma esteira que, por sua vez, conduz o molde para o interior da estufa. O material é aquecido, sendo o fluxo contínuo de forma que a esteira entra e sai da estufa. A terceira etapa compreende o resfriamento do molde à temperatura ambiente, processo curto pois o tempo de resfriamento não interfere na qualidade do material (FIG. 4).

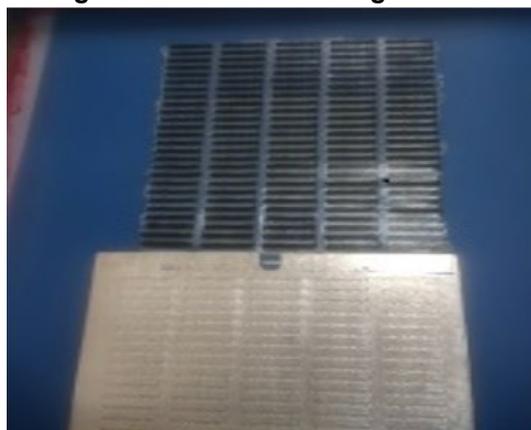
**Figura 4 - Molde da logomarca Havaianas após a estufa**



A quarta etapa é a mais crítica, pois consome maior mão de obra. Nessa etapa, quatro operadores aplicam uma cola especial na superfície dos moldes, que deve ser aplicada corretamente em todas as logomarcas, pois quando aplicada em excesso, gera rebarba e consequentemente desperdício de material. Quando o operador não aplica ou aplica baixa quantidade, ela danifica a logomarca e gera um material inutilizado (refugo).

Na quinta etapa, para que a cola possa aderir ao produto, o molde será novamente aquecido, e posteriormente esfriado. A sexta e última etapa compreende a retirada das logomarcas dos moldes, conforme demonstra a Fig. 5.

**Figura 5 - Retirada das logomarcas**



**Fonte: acervo dos autores (2017).**

Após um levantamento de dados internos, constatou-se que aproximadamente 75% de todo o refugo gerado no Plastisol tem como origem a quarta etapa. Também foi constatado que 40% da mão de obra do setor (12 colaboradores) eram responsáveis pelo processo.

Por ser uma manufatura praticamente manual, é comum o desperdício de material, confecção de logomarcas de baixa qualidade (danificadas) e o atraso de produção. Desta forma, deu-se início o desenvolvimento do projeto para otimização e melhorias da produção das logomarcas.

## **METODOLOGIA DA PESQUISA**

A presente pesquisa possui natureza descritiva, pois tratou-se de, através de um estudo de caso - cuja necessidade parte de um problema identificado pelo setor de qualidade da empresa - analisar o processo de produção de logomarcas, para proposta de melhorias e otimização (PRODANOV e FREITAS, 2013).

O objetivo do projeto desenvolvido foi aumentar a eficiência produtiva, melhorar a qualidade da logomarca, diminuir o refugo e minimizar o custo operacional. Para dimensionar-se o problema, primeiramente buscou-se compreender o funcionamento de todas as etapas dessa área de produção, bem como executar o estudo de tempos. Este foi desenvolvido conforme os fundamentos de Seleme (2012), onde terminou-se o tempo padrão de manufatura e a amostragem de trabalho.

Posteriormente, o projeto desenvolvido teve como referência as premissas de gestão de projetos reunidas no Guia PMBOK - Project Management Body of Knowledge (2013). Este

guia foi organizado pelo PMI – Project Management Institute, uma instituição internacional sem fins lucrativos que promove estudos, pesquisas e programas voltados para a gestão de projetos (PMI, 2020).

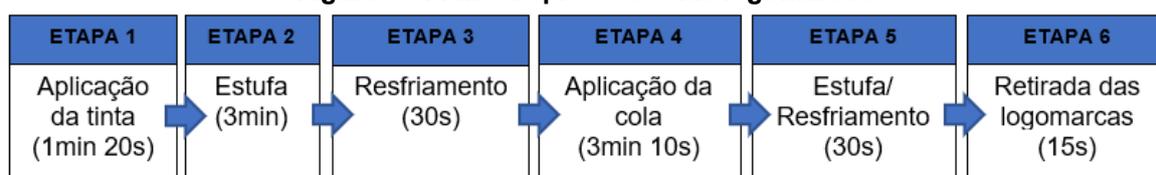
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto tem início com o estudo de tempos de manufatura, o qual foi obtido através do acompanhamento de uma batelada de produção de logomarcas, desde a aplicação das tintas até a sua retirada dos moldes. Ressalta-se que o fluxo de produção é constante, com etapas que envolvem diferentes processos e, portanto, devem ser analisadas distintamente.

Para contabilização dos tempos, denominada cronoanálise, utilizou-se um cronômetro simples. Foi levado em consideração que, por ser tratar de um processo manual, cada operador tem um ritmo diferente de trabalho, sendo necessário realizar uma média dos tempos individuais.

Constatou-se que a produção gasta um tempo de aproximadamente 8 minutos e 45 segundos. Para sintetização, a Fig. 6 apresenta o fluxo do processo de produção das logomarcas e seus respectivos tempos.

Figura 6 - Fluxo de processo das logomarcas



Fonte: desenvolvido pelos autores (2017).

Observa-se que a quarta etapa, onde ocorre a aplicação da cola no produto, é a mais significativa no estudo de tempos, tornando-se bastante relevante no processo. Com o intuito de diminuir a quantidade de refugo e o custo operacional, analisou-se a possibilidade de utilizar um processo semelhante ao utilizado no setor de Silkagem da Alpargatas.

Para padronização da quantidade de cola utilizada, foi proposto a incorporação de uma tela acoplada em um equipamento dosador. A tela, por sua vez, é responsável por distribuir a cola na posição correta (acima das logomarcas) e de maneira homogênea.

O processo de utilização de telas é comum na Alpargatas e as mesmas são confeccionadas na própria unidade. Trabalha-se com dois tipos específicos: uma para tintas e outra para o verniz. Para o projeto, utilizou-se a tela com a malha de fios aplicada para verniz, uma vez que a viscosidade da cola é semelhante a deste material.

Com a finalidade de facilitar o processo, a execução foi dividida em etapas. Isso posto, na primeira etapa, confeccionou-se a tela apropriada para aplicação da cola (Fig. 7). Na segunda, conectou-se a tela ao equipamento. Na terceira etapa, posicionou-se o molde com as logomarcas e aplicou-se a cola na parte superior da tela. E na quarta etapa, retirou-se as logomarcas do molde e verificou-se a qualidade do material.

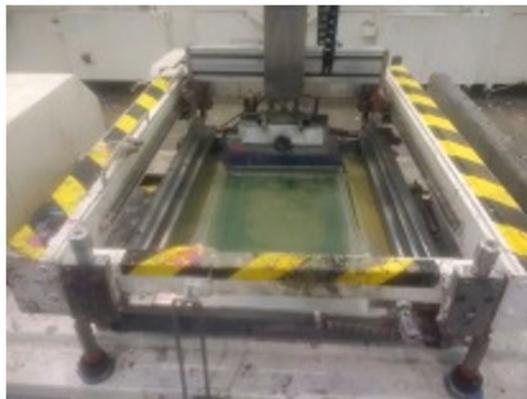
**Figura 7 - Tela para aplicação da cola**



Fonte: acervo dos autores (2017).

Na Fig. 8, exemplifica-se uma máquina em funcionamento: a tela acoplada a um equipamento com um rodo posicionado em sua parte superior. Este é responsável por distribuir a cola. A tela, por sua vez, direciona os locais onde a mesma será aplicada.

**Figura 8 - Máquina para aplicação da cola**



Fonte: acervo dos autores (2017).

Em um primeiro momento, percebeu-se que a utilização da tela para aplicação da cola não comprometeu a qualidade das logomarcas. Após uma análise crítica do teste, realizou-se um levantamento dos pontos positivos e negativos com relação a possível modificação do processo de manufatura, reunidos na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1 - Análise do projeto**

<b>Pontos positivos</b>	<b>Pontos negativos</b>
Aumento da produtividade	Aumento no consumo de cola
Melhoria na qualidade do material	Paradas para manutenção
Diminuição da mão de obra	Consumo de telas

Fonte: desenvolvido pelos autores (2017).

Com relação aos pontos positivos, ganhou-se produtividade pois diminui-se o tempo de aplicação de 3 minutos e 10 segundos para aproximadamente 20 segundos, que é o tempo necessário para o operador posicionar o molde. Também houve uma melhora na qualidade do material, pois evitou-se o risco de o operador deixar de aplicar a cola em alguma logomarca. E

por fim, economizou-se com mão de obra, pois será necessário somente um operador por turno para executar o trabalho.

Com relação aos pontos negativos, observou-se que um aumento no consumo de cola. Porém, esse é um problema que pode ser minimizado, pois é possível utilizar-se uma tela com outra configuração de malhas, maior quantidade de fios por cm<sup>2</sup>, tendo como intuito uma menor dispersão de cola. Ressalta-se que, por se tratar da utilização de máquinas, essas estão sujeitas a paradas para manutenção e reparo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto visou a diminuição do custo operacional, aumento da produtividade e da qualidade das logomarcas produzidas na unidade da Alpargatas, Montes Claros (MG). Considerando a conjuntura do mercado econômico, qualquer economia é sempre vista com bons olhos e como uma boa maneira da empresa se manter competitiva.

Um ponto chave para a aceitação do projeto foi a diminuição da mão de obra, estimada em aproximadamente 30%. Outro ponto positivo foi a otimização da produtividade, que obteve um ganho de quase 03 minutos por batelada. A utilização de maquinário na produção também é um facilitador para a padronização do produto.

É importante ressaltar, que todo o material utilizado para o projeto já estava disponível na empresa, não sendo necessário investimento para aquisição de novo maquinário.

O principal ponto negativo, o aumento no consumo de cola, é possível de ser sanado com a reformulação da tela. Desta forma, o projeto de otimização mostrou-se favorável com pertinente continuidade de melhorias e novos estudos.

## REFERÊNCIAS

ALPARGATAS. Conheça a empresa. Site institucional. Disponível em: < [http:// https://ri.alpargatas.com.br/show.aspx?idMateria=pJ+yCLfnGM2xnIOH84A/0A==](http://https://ri.alpargatas.com.br/show.aspx?idMateria=pJ+yCLfnGM2xnIOH84A/0A==) >. Acesso em: Março de 2022.

PMI. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos. Guia PMBOK. 5 ed.. EUA: Project Management Institute, 2013.

SELEME, Robson. Métodos e Tempos: Racionalizando a produção de bens e Serviços. Curitiba: Intersaberes, 2012.

IVAN, Mauro (ed). 80 Anos de Nossa História – Alpargatas. São Paulo: Mauro Ivan Marketing Editorial Ltda., 1987.

VASCONCELLOS, E. (Org). Internacionalização, estratégia e estrutura: o que podemos aprender com o sucesso da Alpargatas, Azaléia, Fanem, Odebrechet, Voith e Volkswagen. São Paulo, Atlas, 2008.

SOUSA, Miguel Dias Rego Melo. Sandálias Havaianas: Decisão Estratégica de Internacionalização. Portugal, 2012. 120 p. Dissertação. ISCTE-IUL Business School, Departamento de Gestão.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos

e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Editora Feevale, 2013, 276 p. ISBN 978-85-7717-158-3

BRASIL. Ministério da defesa, Exército brasileiro, Comando logístico e Diretoria de abastecimento. Sandália de borracha tipo havaianas. Especificação técnica Nr 43/2015 D Abst.

## **Segurança do trabalho no setor da construção civil**

---

*Eder Fellipe de Freitas  
Valmir Martins da Fonseca  
Emanuel Bomtempo Matos  
Suymara Toledo Miranda  
Israel lasbik  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Romulo Stefani Filho*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.3

## RESUMO

O setor da construção civil apresenta um dos mais elevados números de acidentes de trabalho no Brasil no que diz respeito aos demais setores industriais, bem como é uma das atividades que mais apresenta acidentes e doenças provenientes do trabalho. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar o emprego das normas de segurança no trabalho na construção civil, com o intuito de preservar a saúde e a integridade física dos colaboradores. A pesquisa tem predominância teórica descritiva de caráter qualitativo. Por fim, chega-se à conclusão que, com a aplicação das normas regulamentadoras de segurança do trabalho no setor da construção civil, podem ocorrer benefícios sociais e econômicos, bem como a preservação do bem-estar e saúde dos trabalhadores, de tal modo a reduzir os custos provenientes de acidentes, multas e paralisação de obras.

**Palavras-chave:** segurança do trabalho. construção civil. acidente de trabalho. norma regulamentadora.

## ABSTRACT

The civil construction sector has one of the highest numbers of accidents at work in Brazil with regard to other industrial sectors, as well as being one of the activities that most presents accidents and illnesses from work. Thus, this study aims to analyze the use of safety standards at work in civil construction, in order to preserve the health and physical integrity of employees. The research has a descriptive theoretical predominance of qualitative character. Finally, it comes to the conclusion that, with the application of regulatory standards for work safety in the civil construction sector, social and economic benefits can occur, as well as the preservation of the well-being and health of workers, in such a way that reduce costs from accidents, fines and work stoppages.

**Keywords:** Work safety. Construction. Work accident. Regulatory Standard.

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como tema a segurança do trabalho no setor da construção civil tendo em vista o elevado número de acidentes de trabalho no Brasil, especificamente, na construção civil. Segundo o Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho (AEAT), em 2017 tiveram 12.651 casos de trabalhadores que não retornaram ou retornaram com limitações ao trabalho, sendo que 1.000 destes casos foram na Construção Civil. Já nas fatalidades, no mesmo ano ocorreram 2.096 acidentes fatais no Brasil, dos quais 272 vieram da indústria da construção civil, representando assim, mais de 12% do total (SEPT, 2017).

Em razão desse elevado índice de acidentes de trabalho no setor da construção civil, o presente estudo se torna relevante, haja vista que, com o devido uso das normas de segurança do trabalho na atividade da construção civil, evita dessa maneira, acidentes de trabalho.

Aliás, cumpre ressaltar que, as normas regulamentadoras de segurança do trabalho relacionadas com as construções civis em sua maioria não são muito utilizadas. Alguns dos pontos relevantes são a falta de utilização de EPI (Equipamentos de Proteção Individual) e EPC (Equi-

pamentos de Proteção Coletiva), falta de capacitação para realização de atividades com ferramentas e equipamentos e fatores pessoais de insegurança (NASCIMENTO *et al.*, 2009).

Diante disso, o presente estudo tem por intuito dar a devida importância as normas de segurança do trabalho na atividade de construção, com o propósito de que ao final de cada projeto tenhamos êxito, garantia de qualidade e segurança a saúde dos colaboradores, evitando assim acidentes de trabalho.

Desta forma, pode-se fazer um levantamento de risco do posto de trabalho, fazendo-o cumprir as normas, executando o projeto com eficiência, tornando assim o ambiente seguro e por consequência redução do número de acidentes.

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é analisar as normas de segurança no trabalho na construção civil, com o intuito de preservar a saúde e a integridade física dos colaboradores.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Segurança no trabalho

A segurança do trabalho, objetiva evitar o acidente de trabalho, isto é, aquilo que acontece pela prática do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que pode levar à morte, perda ou redução permanente ou temporária da capacidade laborativa. Sob uma outra perspectiva, o acidente de trabalho acontece basicamente quando o empregado está a trabalho da empresa, resultando nesse ponto, em um dano do qual leva a perda ou redução de sua capacidade de laborar ou até mesmo à morte (NASCIMENTO, 2014).

Desta feita, faz-se necessário definir o que venha a ser acidente de trabalho, nos moldes da Lei nº 8.213/91:

Art. 19. Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho. (Redação dada pela Lei Complementar nº 150, de 2015).

§ 1º A empresa é responsável pela adoção e uso das medidas coletivas e individuais de proteção e segurança da saúde do trabalhador.

§ 2º Constitui contravenção penal, punível com multa, deixar a empresa de cumprir as normas de segurança e higiene do trabalho (BRASIL, 1991).

No parágrafo primeiro do referido artigo, observa-se que compete à empresa a responsabilidade pela adoção de medidas coletivas e individuais de proteção e segurança da saúde do trabalhador que venha a impedir que aconteçam acidentes do trabalho.

Além do mais, os acidentes são causados pelos atos inseguros ou pelas condições inadequadas do trabalho. As ações indevidas ou inadequadas praticadas pelos empregados podem gerar acidentes, enquanto as condições inadequadas são aquelas presentes no ambiente de trabalho que podem vir a gerar um acidente, podendo estar atrelada direta ou indiretamente ao trabalhador, isto é, trata-se de uma situação em que o ambiente pode possibilitar riscos de acidentes do trabalho, ao meio ambiente e equipamentos durante o desenvolvimento das ativi-

dades (DINIZ, 2005).

Para reduzir os acidentes de trabalhos, tem-se a segurança do trabalho, a qual é um conjunto de medidas técnicas, administrativas, médicas e, principalmente, educacionais e comportamentais, com o intuito de prevenir acidentes, seja pela eliminação de condições inseguras do ambiente ou pela instrução das pessoas para a implementação de práticas preventivas de maneira a evitar atos inseguros. Aliás, a segurança do trabalho destaca-se ainda pela relevância dos meios de prevenção instituídos para proteger a integridade e a capacidade de trabalho do colaborador.

A segurança do trabalho, de acordo com Diniz (2005), pode ser compreendida como a ciência que, por meio de metodologias e técnicas adequadas, estuda as possíveis razões de acidentes do trabalho, com o intuito de prevenir sua ocorrência, cuja função é ajudar o empregador, buscando a preservação da integridade física e mental dos trabalhadores e a continuidade do processo produtivo.

Na concepção de Silva (2011, p. 01), “a segurança do trabalho pode ser considerada como uma série de atividades de antecipação, consideração, avaliação e controle dos riscos a acidentes, isto é, a prevenção dos acidentes de trabalho propriamente expostos”.

De acordo com Nascimento (2014), a segurança do trabalho é definida como prevenção de acidentes, objetivando a preservação da integridade física do trabalhador, uma vez que, estudos apontam que os acidentes influenciam de maneira negativa na produção laborativa, ocasionando consequências, que podem envolver prejuízos materiais, redução da produtividade, admissão de novos funcionários, dias perdidos, inclusive gastos com indenizações às vítimas ou aos familiares, entre outros.

## **Condições no ambiente de trabalho**

Inicialmente, é oportuno mencionar que os acidentes de trabalho são uma angústia que abate o Brasil, tendo em vista à precariedade das condições laborais de muitas empresas, sejam elas públicas ou privadas. Tal fato ocorre uma vez que, os empregadores, na maioria das vezes, não cumprem as normas de segurança e, em razão disso, sujeitam seus empregados a um risco constante (CORREIA, 2013).

Desta feita, faz-se necessário definir o que venha a ser a expressão “trabalho” para posteriormente, entender a respeito de suas condições. Nesse sentido, Reis (2012) esclarece sobre o surgimento da palavra trabalho, mesmo que de forma sucinta e a define da seguinte maneira:

A palavra surgiu no sentido de tortura, no latim tripaliare, torturar com tripalium, máquina de três pontas. A etimologia admitida para o vocábulo trabalho é a do latim trabs, trabis, viga, de onde se originou inicialmente um tipo trabare, que deu no castelhano trabar, etimologicamente obstruir o caminho por meio de uma viga e logo depois outro tipo diminutivo de trabaculare, que produziu trabalhar. No entanto o que sempre se disse a respeito do significado do trabalho, como atividade humana, ou seja, de que ele representava um esforço, um cansaço, uma pena e, até um castigo (REIS, 2012, p. 10).

Superada a questão conceitual, oportuno salientar que as condições atuais de trabalho, a maneira como é exigida a produtividade e a qualidade total, faz com que o trabalho se torne cada vez mais estressante às condições humanas em seu ambiente de trabalho.

Diante disso, ao longo das últimas décadas, as relações entre sociedade, homem e tra-

balho vêm sofrendo modificações significantes que assinalam uma deterioração do ambiente de trabalho e do seu próprio significado. O ambiente de trabalho, bem como suas condições, está diretamente atrelado ao comportamento humano e, conseqüentemente influencia sua saúde. Em razão disto, as empresas devem buscar criar programas e estratégias que promovam a qualidade de vida no trabalho (CARVALHO, 2010).

Além do mais, cumpre ressaltar que há alguns tipos de condições de trabalho ou atividades laborativas que por si só causam efeitos nocivos ao trabalhador, ou seja, as atividades de risco. Quando essas atividades são executadas, o empregado e o empregador deverão tomar várias medidas para a execução do trabalho (CORREIA, 2013).

Ainda que ocorra proteção na execução das tarefas, nenhuma atividade ficará isenta de temeridades. Os empregados que desempenham atividades penosas, perigosas ou insalubres têm proteção garantida na forma da lei, bem como faz jus ao adicional de periculosidade, insalubridade ou penosidade, conforme cada situação de risco (CARVALHO, 2010).

Em seu turno, o trabalho insalubre trata-se do prejuízo ocasionado na saúde do empregado. O risco do trabalho não se encontra em casos imediatos, mas sim no contato habitual com agentes nocivos que, com o passar do tempo, são capazes de ocasionar graves doenças ao trabalhador (CORREIA, 2013).

As atividades insalubres são aquelas que sujeitam o empregado ou trabalhador a agentes nocivos à saúde, além do limite de sua tolerância. Neste sentido, a Portaria nº 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego a qual através da NR15 regulamentou a insalubridade:

São consideradas atividades ou operações insalubres as que se desenvolvem:

15.1.1 Acima dos limites de tolerância previstos nos Anexos n.ºs 1, 2, 3, 5, 11 e 12;

15.1.3 Nas atividades mencionadas nos Anexos n.ºs 6, 13 e 14;

15.1.4 Comprovadas através de laudo de inspeção do local de trabalho, constantes dos Anexos n.ºs 7, 8, 9 e 10.

15.1.5 Entende-se por 'Limite de Tolerância', para os fins desta Norma, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral (BRASIL, 1978).

Os ambientes de trabalho insalubres devem ser protegidos, pois prejudicam a saúde do trabalhador, conforme assevera Nascimento (2014):

A proteção ao meio ambiente do trabalho tem por suporte um conceito: para que o trabalhador atue em local apropriado, o Direito deve fixar condições mínimas a serem observadas pelas empresas, quer quanto às instalações onde as oficinas e demais dependências se situam, quer quanto às condições de contágio com agentes nocivos à saúde ou perigo que a atividade possa oferecer (NASCIMENTO, 2014, p. 345).

Sintetizando o que fora corroborado pelo autor, o local adequado para realização das atividades insalubres é o que mantém os perigos próprios ao trabalho controlados e que não coloca em situação de risco a vida dos trabalhadores que ali estão exercendo suas atividades.

Ao contrário da insalubridade, a periculosidade encontra-se presente nas atividades que procedem em danos iminente à saúde do empregado, em prejuízos que podem ser ocasionados a qualquer tempo (NASCIMENTO, 2014).

Os trabalhos perigosos são aqueles que por seu caráter, possam acarretar acidentes sérios capazes de levar à morte, invalidez ou lesão irremediável, ou seja, é aquele em que o trabalhador exerce uma atividade perigosa, que por sua vez acarreta perigo a sua vida ou a sua incolumidade física.

Em virtude disso, a CLT em seu artigo 193, tratou de relatar sobre as atividades consideradas perigosas, conforme se verifica:

Artigo 193 da CLT: São consideradas atividades ou operações perigosas, na forma da regulamentação aprovada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, aquelas que, por sua natureza ou métodos de trabalho, impliquem risco acentuado em virtude de exposição permanente do trabalhador a;

I – inflamáveis, explosivos ou energia elétrica;

II – roubos ou outras espécies de violência física nas atividades profissionais de segurança pessoal ou patrimonial (BRASIL, 1943).

Verifica-se no dispositivo acima citado, a definição sobre as atividades ou operações perigosas, bem como a exemplificação de quais são as situações de risco do trabalho perigoso (MARQUES, 2001).

Já o trabalho penoso é aquele que ocasionam cansaço, fadiga, dentro outros, exigindo demasiada força física e mental. Exemplificando, são as hipóteses de situações intermediárias, que não são insalubres, nem perigosas, mas sim que ensejam ao trabalhador doenças e que até mesmo pode levar a óbito (CARVALHO, 2010).

Em seu turno, Marques (2001) exemplifica alguns dos trabalhos considerados penosos com os seguintes dizeres:

(...) motorista e cobrador de ônibus, motorista de táxi, empregados de serviços de limpeza ou conservação de bueiros, galerias ou assemelhados, enfermeiros e auxiliares de enfermagem, caixas e vigilantes de banco, cantor e locutor de rádio, entre outros tantos tratados pela jurisprudência em nossos tribunais (MARQUES, 2001, p. 64).

Apesar da penosidade ser definida pela doutrina brasileira e ser garantida pela Constituição Federal de 1988 em seu artigo 7º, inciso XXIII, a qual assegura aos trabalhadores o direito a receber o adicional de penosidade, ela carece de regulamentação na CLT e criação de normas regulamentadoras (BRASIL, 1988).

## **NR. 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**

A norma NR18 foi criada em 1978 e, modificada e ampliada posteriormente em 1983, com revisão em 1995, sendo uma ferramenta legal que trata da segurança do trabalho. É peculiar sobre o ramo da construção civil e estabelece pontos obrigatórios sobre o cuidado com a proteção contra acidentes de trabalho (NASCIMENTO *et al.*, 2009, *apud* MOTERLE, 2014).

Além do mais, a referida norma dispõe sobre as condições e o meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção, bem como dispõe a respeito das diretrizes de ordem administrativa, planejamento e organização, com a finalidade de implantar medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos.

Em linhas gerais, a NR 18 trata quais são os procedimentos, dispositivos e atitudes a serem advertidos para cada uma das atividades que se desenvolvem em um canteiro de obras

(SILVA, 2013).

Ela contém 27 capítulos destinados a como assegurar a segurança do trabalho, como por exemplo: Demolição; Medidas de Proteção contra Quedas de Altura; Movimentação e Transporte de Materiais e Pessoas; Andaimos e Plataformas de Trabalho; Máquinas, Equipamentos e Ferramentas Diversas; Proteção Contra Incêndio; Sinalização de Segurança; e Treinamento (BRASIL, 1995).

Em outras palavras, o objetivo da NR 18 é garantir a segurança no trabalho acima de qualquer coisa. Em razão disso, é completamente “vedado o ingresso ou a permanência de trabalhadores no canteiro de obras sem que estejam assegurados pelas medidas previstas na NR 18 e compatíveis com a fase em que a obra se encontra” (BRASIL, 1995).

Para a NR 18 são consideradas atividades da Indústria da Construção as atividades e serviços de: Demolição; Reparo; Pintura; Limpeza; Manutenção de edifícios em geral, de qualquer número de pavimentos ou tipo de construção, inclusive manutenção de obras de urbanização e paisagismo (BRASIL, 1995).

Ressalta que, inclusive da mobilização do canteiro de obras, a NR 18 determina que se faça uma comunicação à Delegacia Regional do Trabalho, sendo que em tal documento deve fazer parte: Endereço da obra; Endereço e qualificação do contratante, empregador ou condomínio; Tipo de obra; Datas previstas do início e conclusão da obra; Número máximo previsto de trabalhadores na obra (SILVA, 2013).

## **Programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria de construção – PCMAT**

O PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção) foi instituído por meio da Norma Regulamentadora NR 18, Portaria 3.214/78, do Ministério do Trabalho e Emprego e, trata-se de um documento criado para garantir e assegurar a prevenção de acidentes. Ressalta que o referido programa é obrigatório para todos os estabelecimentos com 20 (vinte) trabalhadores (empregados e terceirizados) ou mais (MOTERLE, 2014).

De acordo com o item 18.3.2, que foi modificado segundo a Portaria SIT nº 296/2011, o PCMAT deve ser confeccionado por profissional legalmente habilitado no setor de segurança do trabalho.

Ademais, o PCMAT tem como finalidade a análise das condições e do meio ambiente do trabalho na indústria da construção, com o intuito de recomendar as medidas preventivas e de proteção apropriadas, levando-se em conta os riscos de acidentes e as doenças do trabalho (MOTERLE, 2014).

O PCMAT determina quais as atribuições e responsabilidades das equipes, bem como a sua elaboração, a qual deve antecipar os riscos intrínsecos à atividade. Os documentos que fazem parte do PCMAT são: Memorial sobre condições e meio ambiente de trabalho; Projeto de execução das proteções coletivas; Especificação técnica das proteções coletiva; Cronograma de implantação das medidas preventivas; Layout inicial do canteiro de obra; Programa educativo sobre acidentes e doenças do trabalho (BRASIL, 1995).

Cumprir destacar que as infrações e as prescrições legais e/ou regulamentadoras sobre

segurança e saúde do trabalhador terão penalidades aplicadas, ou seja, a não realização do PCMAT ocasiona multa (BRASIL, 1995).

Por fim, o PCMAT, também deve considerar todas as exigências estabelecidas na NR9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (MOTERLE, 2014).

## **METODOLOGIA DA PESQUISA**

Para elucidar o objetivo da pesquisa utilizou-se como recurso metodológico, a pesquisa bibliográfica, realizada por meio de materiais já publicados na literatura e artigos científicos divulgados no meio eletrônico. O método de abordagem adotado é o qualitativo e descrito, ou seja, os dados da pesquisa continuam sendo estudados e não há como exaurir o tema, tendo em vista que novos dados serão pesquisados no futuro sobre o tema em apreço.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Segurança do trabalho na construção civil**

A segurança do trabalho na construção civil brasileira sempre foi bastante precária. Os primeiros identificadores mais ou menos abarcantes são relativos ao período da ditadura militar, quando foi abrangido que o Brasil seria “campeão mundial de acidentes de trabalho”. Nesse panorama, a construção civil ficou vista, sobretudo, pelas mortes nas grandes obras (SILVA, 2013).

A construção civil por se tratar de uma área antiga mundialmente, traz consigo vários riscos de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. Assim, tem ganhado uma relevante atenção pela legislação brasileira, para a segurança do trabalhador deste ramo.

Além do mais, segundo Takahashi *et al.* (2012), a construção civil representa, para o Brasil, um dos ramos com maior fluxo de mão de obra, além de ser também, um dos maiores domínios econômicos, com elevada oportunidade de emprego. É um ramo em que se demanda uma grande atenção quando a questão envolve segurança e respeito ao meio ambiente. Os trabalhadores deste ramo compõem um grupo de pessoas que realizam sua atividade laboral em ambiente insalubre e de maneira arriscada.

É sabido que o trabalho deveria ser motivo de satisfação para o ser humano, contudo não é, uma vez que, há empresas que sujeitam os trabalhadores a condições inapropriadas de trabalho perdendo dessa forma, em qualidade, competitividade, produtividade e inclusive a imagem diante da sociedade. Por essa razão, tem-se a necessidade de que seja aplicada segurança no trabalho para garantir e assegurar a integridade física e mental do trabalhador (VALÉRIO, 2013).

Diante disso, ocorreram muitas modificações na CLT (Consolidação das Leis do Trabalho), sobretudo no Capítulo V, Título II em dezembro de 1977 e 1978, conforme a Lei n. 6514, por ser a construção civil, um cenário de construção de grandes obras que dependiam de recursos internos (SILVA, 2013).

Segundo Diniz (2002), no Brasil, o governo brasileiro foi constrangido por organismos

internacionais de financiamento e, em razão disso, teve que seguir algumas ações, dentre elas, aprovar a legislação relativa à segurança e medicina do trabalho.

Nesse panorama, a segurança do trabalho no ramo da construção civil surgiu como uma resposta ao grande índice de acidentes acontecidos durante a atividade laborativa e, até mesmo, devido à realidade econômica existente na época, entre os anos 1964 e 1985, que não privilegiava o social. Trata-se de um período em que as construções civis estavam em grande ampliação (MOTERLE, 2014).

No ano de 1977, por intermédio da Lei n. 6514 de 22 de dezembro, foi criada a Portaria nº. 3214/78, introduzindo na esfera da Engenharia de Segurança no Trabalho e, sucessivamente, no ramo da construção civil, as Normas Regulamentadoras (NRs), que vigoram até a atualidade (SILVA, 2013).

Nesse dado momento, com a introdução da segurança do trabalho no setor da construção civil, começou a ser compreendida como um aspecto de referência qualitativa no que diz respeito às empresas, que cuidam e zelam pela qualidade das construções que concretizam (DINIZ, 2002).

Em linhas gerais, todos os envolvidos no ramo da construção civil necessitam promover e aplicar programas de Engenharia de Segurança no Trabalho como instrumentos obrigatórios para diminuir os acidentes de trabalho, fazendo com que os operários se sintam mais seguros e protegidos.

## **Ambiente de trabalho na construção civil**

Existem vários fatores que estão relacionados com as condições de trabalho na construção civil, como o ambiente físico, ou seja, a luminosidade, temperatura, barulho, bem como o ambiente químico, isto é, poeiras, vapores, gases e fumaças e, o ambiente biológico, o qual tem a presença de vírus, bactérias, fungos, parasitas, além de higiene, segurança, alimentação e outros. Todos estes fatores quando presentes inapropriadamente no ambiente de trabalho podem provocar danos e sofrimento à vida do trabalhador (VALÉRIO, 2013).

Cumprir lembrar que a NR 18, normatiza que os canteiros de obras devem ter instalações sanitárias, local de refeições, vestiários, lavanderia, alojamento, área de lazer, dentre outras. A referida norma estabelece ainda que as instalações sanitárias devam ser mantidas em bom estado de conservação e higiene, composta de lavatório, vaso sanitário e mictório na proporção de um conjunto para 20 trabalhadores, bem como o chuveiro na proporção de uma unidade para cada grupo de 10 trabalhadores (MOTERLE, 2014).

Contudo, há muitos acidentes de trabalhos no ramo da construção civil, mesmo com o que dispõe a NR 18. De acordo com Ilda (2005), muitos acidentes na construção civil podem ser conferidos ao erro humano. Entretanto, quando se menciona erro humano, de modo geral diz respeito a uma desatenção ou negligência do trabalhador. Porém, com base nos programas dispostos pela Segurança no Trabalho, tais acidentes poderão ser diminuídos ou inclusive, eliminados.

Segundo Moterle (2014), apesar de toda a segurança que se procura ter no ramo da construção civil, qualquer atividade que seja desempenhada pode oferecer riscos. Aliás, a cons-

trução civil tem sido responsável por muitos acidentes no trabalho pelo motivo de exigir que os trabalhadores se sujeitem a fatores de risco, tais como, calor, altura, ruídos, esforços repetitivos e outros.

Nesse sentido, se faz necessário fornecer aos trabalhadores conhecimentos sobre a segurança no trabalho para se aplicar à construção civil de maneira que seja promovida a proteção e segurança dos operários. Entretanto, é sempre pertinente dobrar a segurança dos trabalhadores deste setor no seu ambiente de trabalho, oferecendo-lhes recursos laborativos no qual os deixarão satisfeitos e, conseqüentemente, mostrarão resultados no período predestinado e sem acidentes (VALÉRIO, 2013).

Considerando essas questões de segurança e, tendo em vista que no ambiente de trabalho da construção de prédios e edifícios, o perigo aumenta, a segurança dessa forma, deverá ser mais eficaz, apropriada e redobrada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria da construção civil é de suma relevância para o desenvolvimento do país sob o aspecto econômico, tendo em vista a quantidade de atividades que interfere em seu ciclo de produção, ocasionando consumos de bens e serviços de outros setores.

O setor da construção civil também contribui na geração de empregos, entretanto devido às obras serem temporárias acontece uma alta rotatividade de mão de obra e as empresas direcionam poucos investimentos volvidos para a capacitação dos trabalhadores. Ademais, ainda tem a ocorrência de inúmeros acidentes de trabalho, pela falta de aperfeiçoamento das empresas em desempenhar as disposições das normas regulamentadoras de segurança no trabalho.

Dessa forma, com o intuito de atenuar os riscos em que os trabalhadores estão expostos foram estabelecidas normas regulamentadoras pelo Ministério do Trabalho, sendo a NR-18 a que se refere à indústria da construção civil com disposições relacionadas às condições e no meio ambiente de trabalho deste setor.

Nesse sentido, compete aos empregadores fazerem sua parte, com o fornecimento de EPIs, EPCs, treinamento, bem como o reforço do uso de medidas a serem adotados em obras. Contudo, tais medidas e equipamentos têm um custo elevado para o empregador e, por acharem este custo como não fundamental, acabam colaborando para o lamentável cenário atual com a falta de conscientização quanto à segurança do trabalho na construção civil.

Todavia, acidentes em obras e conseqüentemente afastamento de operários são lesivos para a empresa, para o proprietário, bem como economicamente para o país, de maneira que provocam atrasos nas obras, prejuízos a equipamentos, treinamento de novos operários, e os próprios gastos pela previdência.

Pelo exposto, para se ter a eficácia da segurança do trabalho na construção civil tem que haver a prevenção e a conscientização dos colaboradores envolvidos. Com isso, minimiza-se a ocorrência de acidentes em obras. Além do mais, para preservar a integridade física do operário deve-se investir na sua qualidade de vida, ou seja, propiciar um ambiente de trabalho com condições apropriadas. Dessa maneira, com um ambiente adequado, não apenas os trabalhadores,

mas os empregadores também se favorecem do cumprimento das medidas de segurança do trabalho.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Constituição de 1988. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Diário Oficial da União, Brasília, 05 de out. de 1988.

\_\_\_\_\_, Decreto - Lei nº 5.452 de 1º de maio de 1943. Aprova as Consolidações da Lei. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/De15452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/De15452.htm)>. Acesso em: 07 de set de 2020.

\_\_\_\_\_, Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8213compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213compilado.htm). Acesso em: 03 de set de 2020.

\_\_\_\_\_, MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. Norma Regulamentadora nº 15, da Portaria nº. 3.214/1978. Disponível em:< [http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/LEGIS/CLT/NRs/NR\\_15.html](http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/LEGIS/CLT/NRs/NR_15.html)> Acesso em: 07 de set de 2020.

CARVALHO, Agenor Manoel de. O impacto da tecnologia no mercado de trabalho e as mudanças no ambiente de produção. Evidência, Araxá, n. 6, p. 153-172, 2010.

CORREIA, Henrique. Direito do Trabalho. 4. ed. Salvador: Juspodvm, 2013.

DINIZ, Antônio Castro. Manual de Auditoria Integrado de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA). 1. ed. São Paulo: VOTORANTIM METAIS, 2015.

DINIZ, Jadir Ataíde Júnior. Segurança do Trabalho em obras de Construção Civil. dissertação (graduação). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2002.

ILDA, I. Ergonomia: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blüncher, 2005.

MARQUES, Christiani Marques. A Proteção ao Trabalho Penoso. Tradução de Mário da Gama Kury Brasília: UnB, 2001.

MOTERLE, Neodimar. A Importância da Segurança do Trabalho na Construção Civil: Um Estudo de Caso em um canteiro de obra na cidade de Pato Branco - PR. Dissertação (especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco/PR, 2014.

NASCIMENTO, Amauri Mascaro. Curso de direito do trabalho: história e teoria geral do direito do trabalho: relações individuais e coletivas do trabalho. 29 ed. Ver. Atual e ampl. São Paulo: Saraiva 2014.

NASCIMENTO, Ana Maria A.; ROCHA, Cristiane G.; SILVA, Marcos E.; SILVA, Renata da; CARABETE, Roberto W. A Importância do Uso de Equipamentos de Proteção na Construção Civil. São Paulo, 2009.

REIS, Jair Teixeira dos. História do Trabalho e seu conceito. 2012. Disponível em:< <http://blog.newtonpaiva.br/direito/wp-content/uploads/2012/08/PDF-D6-10.pdf>>. Acesso em: 07 de set de 2020.

SECRETARIA ESPECIAL DE PREVIDÊNCIA E TRABALHO. Dados estatísticos - Saúde e segurança do trabalhador. Disponível em:< <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/>>

saude-e-seguranca-do-trabalhador/dados-abertos-sst>. Acesso em: 10 de out de 2020.

SILVA, André Luiz Cabral da. A Segurança do Trabalho Como Uma Ferramenta Para a Melhoria da Qualidade. 2011. Disponível em: [http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=4007](http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=4007). Acesso em: 02 de set de 2020.

SILVA, Renata Moreira de Sá. Higiene e segurança do trabalho (HST) para educação profissional. Brasília: Editora IFB, 2013.

VALÉRIO, Bianca Maria Vasconcelos. Segurança no Trabalho na Construção: Modelo de gestão de prevenção de acidentes para a fase de concepção. Tese (doutorado). Universidade do Porto. Porto, 2013.

TAKAHASHI, Mara Alice Batista Conti; *et al.* Precarização do Trabalho e Risco de Acidentes na construção civil: um estudo com base na Análise Coletiva do Trabalho (ACT), Saúde Soc. São Paulo, v.21, n.4, p.976-988, 2012.

## **Estudo comparativo entre o sistema Light Steel Framing e o sistema construtivo convencional**

---

*Caio Vitor Miranda  
Lucas Rodrigues Pilar de Oliveira  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Emanuel Bomtempo Matos  
Suymara Toledo Miranda  
Israel Iasbik  
Romulo Stefani Filho*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.4

## RESUMO

O crescimento do setor da construção civil leva à busca por novos métodos e tecnologias construtivas que proporcionem redução de prazos, custos e impactos ambientais ao mesmo tempo em que aumentam a produtividade da obra, produzindo uma edificação confortável e segura. O sistema construtivo Light Steel Framing (LSF) se destaca nesses aspectos quando comparado à alvenaria convencional. O LSF é um sistema construtivo que utiliza o aço galvanizado como principal elemento estrutural e o fechamento dos painéis de aço pode ser feito com placas de materiais cimentícios, PVC e OSB. O LSF caracteriza-se por sua leveza, versatilidade e facilidade de execução. O presente trabalho apresenta as principais características do LSF e o compara ao sistema convencional em termos de custos, produtividade e sustentabilidade segundo a perspectiva de diversos autores. O objetivo deste trabalho é ampliar o conhecimento da comunidade acadêmica e dos profissionais da construção civil sobre esse sistema, destacando suas particularidades de forma exploratória.

**Palavras-chave:** Light Steel Framing. sistema construtivo. sustentabilidade. construção civil.

## ABSTRACT

The growth of the civil construction sector leads to the search for new construction methods and technologies that provide reduction of deadlines, costs and environmental impacts while increasing the productivity of the work, producing a comfortable and safe building. The Light Steel Framing (LSF) constructive system stands out in these aspects when compared to conventional masonry. LSF is a construction system that uses galvanized steel as the main structural element and the closing of the steel panels can be done with plates of cementitious materials, PVC and OSB. The LSF is characterized by its lightness, versatility and ease of execution. The present work presents the main characteristics of the LSF and compares it to the conventional system in terms of costs, productivity and sustainability according to the perspective of several authors. The objective of this work is to expand the knowledge of the academic community and civil construction professionals about this system, highlighting its particularities in an exploratory way.

**Keywords:** Light Steel Framing. constructive system. sustainability. construction industry.

## INTRODUÇÃO

Os dois principais sistemas construtivos convencionalmente utilizados na construção civil são: o sistema reticulado, onde as lajes, vigas e pilares transportam as cargas até a fundação e a alvenaria só é utilizada como vedação, podendo, nesse caso, ser em blocos cerâmicos ou de concreto e; o sistema autoportante, onde a alvenaria tem função estrutural, sendo ela a responsável por transportar as cargas até a fundação.

Um sistema construtivo alternativo, mais moderno e que vem ganhando espaço no setor é Light Steel Framing (LSF), que compreende uma estrutura cujo principal elemento estrutural é o aço galvanizado. É um sistema construtivo criado na década de 1930, nos Estados Unidos, baseado no sistema de madeiras conhecido como Wood Frame, comum na Europa e Ásia. No Brasil, o LSF surgiu na década de 1990. O LSF é um sistema cuja estrutura é feita em perfis

de aço leve e galvanizados formados a frio, que em conjunto com os elementos de isolamento, vedação, fundação e instalação dão forma a edificação. Os produtos para esse conjunto de estrutura são industrializados e, portanto, fabricados com alto rigor de controle, proporcionando pequena possibilidade de falha em sua fabricação (POMARO, 2015 *apud* LAGOA *et al.*, 2021).

Por se tratar de um sistema construtivo leve e de rápida execução, o LSF pode se tornar tendência nas construções. Além disso, o sistema é essencialmente sustentável, pois permite a racionalização da obra e é responsável por gerar pequena quantidade de resíduos no canteiro de obras. Assim, esses aspectos promovem o setor da construção, uma vez que associam técnica, boa relação custo-benefício e sustentabilidade, parâmetros essenciais para o progresso da sociedade (NICOLETTI *et al.*, 2019).

Assim, o objetivo deste estudo é apresentar as principais características do sistema construtivo em Light Steel Framing e compará-lo com as construções convencionais, levando-se em conta parâmetros como: economia, produtividade, sustentabilidade, eficácia, funcionalidade da edificação, além das etapas construtivas e patologias relacionadas aos sistemas. Com isso, pretende-se ampliar o conhecimento da comunidade acadêmica e dos profissionais do setor da construção civil munindo-os de informações fundamentadas em estudos de diversos autores da área a fim de que eles possam, assim, escolher o sistema construtivo que melhor se adeque a cada cenário.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Sistema de construção convencional

As construções convencionais são aquelas que utilizam vigas e pilares em concreto e a vedação é feita por blocos de cerâmica ou cimento, que são assentados com uso de argamassa. No Brasil esse é o sistema mais utilizado para construções residenciais, pois se emprega materiais simples como cimento, água e agregados, o método é de fácil execução e existe uma ampla disponibilidade de mão-de-obra capaz de executá-lo. Porém, sua execução é lenta e existe a necessidade de um elevado número de colaboradores no canteiro de obras (CASSAR, 2018).

A estrutura do sistema convencional é composta por pilares, vigas e lajes de concreto armado, que transmitem as cargas até às fundações. Na construção das vigas e pilares são utilizados aço estrutural e formas. Esse método construtivo é considerado por baixa produtividade e alto índice de desperdício (CRUZ, 2021).

As fundações no sistema convencional dependem do tipo solo, da construção e respectiva carga da mesma, porém, como os elementos estruturais do sistema convencional têm um elevado peso próprio, suas fundações, em geral, são mais robustas se comparadas àquelas utilizadas no sistema LSF.

Como já mencionado, o fechamento do sistema construtivo convencional é feito por blocos cerâmicos, sendo necessário revestir a parede, geralmente por uma camada de chapisco, emboço e reboco para proteger a estrutura e seu interior de intempéries. Esse processo é demorado e necessita de um grande volume de materiais (YAZIGI, 2002 *apud* GRUBLER, 2021).

A Instalação elétrica desse sistema é feita por meio de eletrodutos que passam pelas pa-

redes ou no interior das lajes, vigas e colunas, nesse caso, os eletrodutos são lançados antes da concretagem desses elementos. As instalações hidráulicas e sanitárias no sistema convencional são semelhantes às instalações elétricas, exceto pelo fato de que elas não podem ser embutidas nas vigas e nos pilares. Em todos os casos, ao passar essas instalações pelas paredes é necessário fazer cortes gerando grande volume de entulhos (CRUZ, 2021).

De acordo com a NBR 6118:2003 as lajes dos sistemas convencionais, podem ser maciças ou pré-moldadas, sendo as lajes maciças executadas em concreto armado e as lajes pré-moldadas por vigotas de concreto pré-moldadas e lajotas de concreto ou cerâmica. O custo com esses tipos de lajes pode ser grande, devido à elevada utilização de concreto e aço na sua construção.

Nas coberturas das construções convencionais, a madeira é o material mais utilizado nas estruturas, para realização das treliças, cantoneiras, escoras e entre outros componentes que dão suporte as telhas, sendo as mais utilizadas as telhas cerâmicas e fibrocimento (CASAR, 2018).

## **Sistema Light Steel Frame (LSF)**

### **Painéis estruturais**

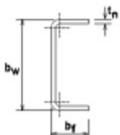
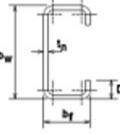
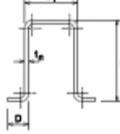
O esqueleto da estrutura em LSF é composto, basicamente, por perfis metálicos formados a frio do tipo U simples, U enrijecido (Ue), cartola e cantoneiras de abas desiguais, conforme Figuras 1 e 2, e de elementos para o fechamento externo e interno da construção, em geral formados por placas de gesso, fibrocimento e madeira. Os perfis Ue são utilizados como montantes (barras verticais) e os perfis U como guias (barras horizontais). Os montantes são geralmente espaçados de 400 ou 600 mm formando os painéis modulados.

A ABNT NBR 15253: 2014 estabelece os requisitos gerais para os perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações. Essa norma especifica a espessura nominal mínima de 0,8 mm e máxima de 3 mm para as bobinas que darão origem aos perfis. Segundo essa mesma norma, o aço deve receber uma camada de revestimento por imersão a quente de no mínimo 275 g/m<sup>2</sup>, quando em zinco, ou de 150 g/m<sup>2</sup>, para revestimento em liga de alumínio-zinco, protegendo o elemento contra corrosão (BARROS e CARDOSO, 2016).

Essa proteção acontece por meio do sacrifício (perda de massa) do zinco em relação ao aço base, a chamada proteção galvânica, que ocorre em função das características químicas do ferro e do zinco, o zinco oxida antes do ferro na presença de um eletrólito, por isso, a espessura da camada de zinco que recobre o aço está diretamente ligada à durabilidade e resistência da peça aos efeitos da corrosão (BARROS e CARDOSO, 2016; FREITAS e CRASTO, 2006).

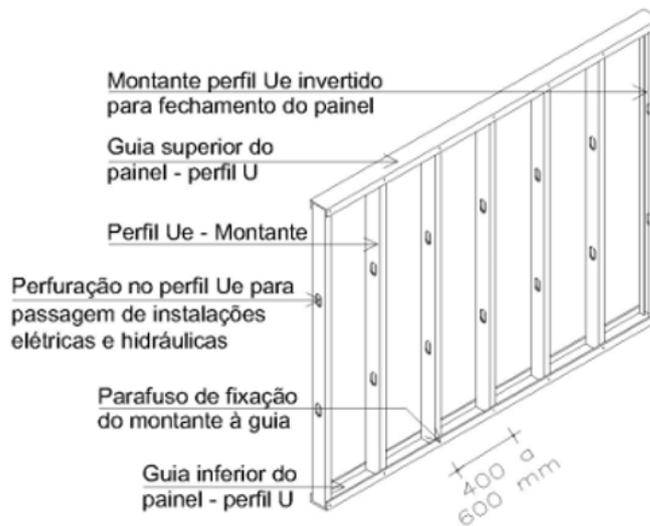
Os montantes não são capazes de resistir por si só às cargas horizontais, assim, os elementos de contraventamento da estrutura são de fundamental importância, pois garantem sua rigidez contra ações de ventos e sismos (LEÃO *et al.*, 2021). Para que a estrutura cumpra os requisitos de desempenho e função para a qual foi projetada é preciso que os subsistemas sejam compatíveis. Os subsistemas da estrutura são a fundação, a estrutura metálica que forma o esqueleto, os fechamentos internos e externos e o isolamento termoacústico (FREITAS e

**Figura 1 - Perfis de aço e suas utilizações**

Seção Transversal	Série Designação NBR 6355:2008	Utilização
	Perfil U simples U $b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	Perfil U enrijecido U $b_w \times b_f \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	Perfil Cartola Cr $b_w \times b_f \times D \times t_n$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais L $b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira

Fonte: ABNT NBR 15.253 (2014)

**Figura 2- Painel em Light Steel Framing**

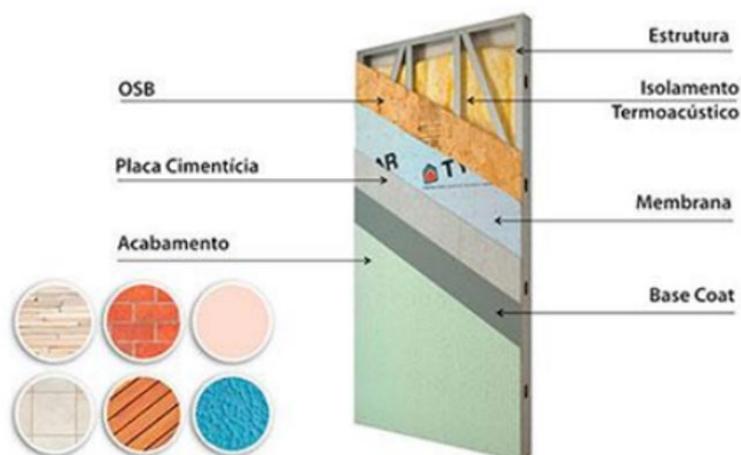


Fonte: CRASTO (2005)

## Fechamentos externo e interno do LSF

Já o fechamento externo do sistema LSF, por sua vez, conforme Figura 3, pode ser feito com placas de OSB (Oriented Strand Board), cimentícias ou de fibrocimento e siding que podem ser de PVC, madeira ou material cimentício. As chapas de OSB são formadas por partículas de madeira orientadas e prensadas e são instaladas entre o perfil de aço e o revestimento, essas placas podem ser utilizadas tanto internamente quanto externamente, porém, quando utilizadas para o fechamento externo devem ser protegidas da umidade, para isso utilizam-se membranas impermeáveis ou o siding vinílico como revestimento, por exemplo.

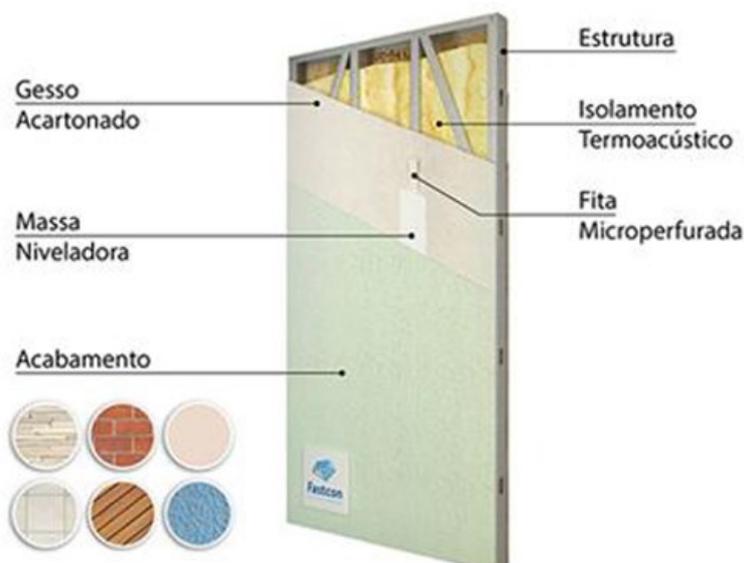
**Figura 3 - Estrutura esquemática do fechamento externo**



Fonte: FASTCON (2018) apud MIRANDA (2018)

Já o fechamento interno pode ser feito por placas OSB revestidas ou por placas de gesso acartonado (Figura 4) com espessuras variando entre 6,5 mm, 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm.

**Figura 4 - Estrutura esquemática do fechamento interno**



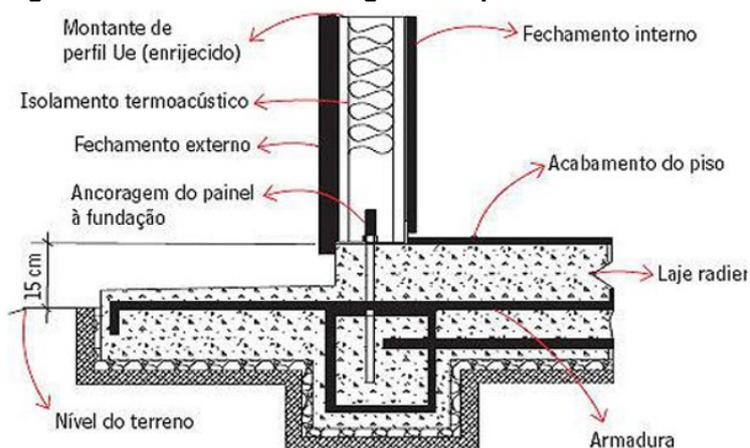
Fonte: FASTCON (2018) apud MIRANDA (2018)

Os espaços entre as placas de fechamento são preenchidos por mantas isolantes, geralmente de lã de vidro, rocha ou PET, que promovem o isolamento térmico e acústico.

## Fundação

A escolha do tipo de fundação depende tanto das características do solo quanto da carga da estrutura que ela suportará. Por se tratar de uma estrutura leve com distribuição de carga uniforme por meio de seus painéis, o sistema de fundação mais utilizado para o LSF é o radier que a ABNT NBR 6122:1996 define sendo um elemento de fundação superficial que abrange todos os pilares ou carregamentos distribuídos. A estrutura do LSF é ancorada ao radier por meio de chumbadores, em geral, do tipo parabolítico expansível (Figura 5). É importante que a fundação seja devidamente impermeabilizada a fim de evitar a umidade na edificação, recomenda-se ainda que o contrapiso seja executado a pelo menos 15 cm de distância em relação ao solo pelo mesmo motivo (SENA JÚNIOR e CARMO, 2015; CRASTO, 2005).

**Figura 5 - Detalhe da ancoragem dos perfis do LSF ao radier**



Fonte: Freitas e Crasto (2006)

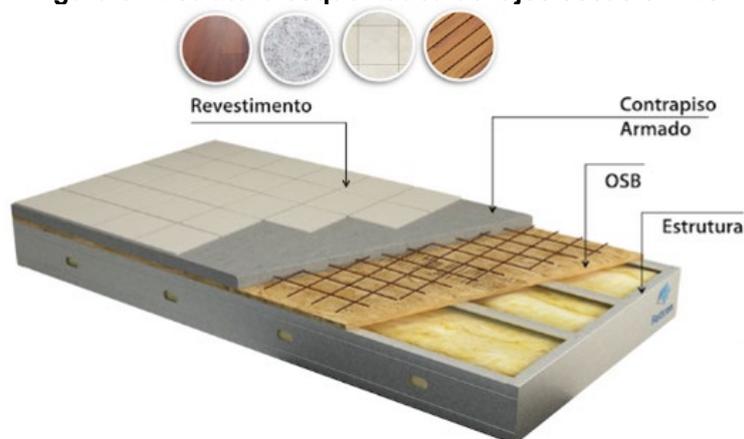
## Instalações Elétricas e Hidráulicas

No sistema LSF, problemas como cortes da alvenaria e geração de entulho não acontecem, uma vez que as paredes são formadas por painéis ocós que permitem a passagem dos elementos de instalação sem acarretar tais inconvenientes. Além disso, a execução das instalações elétricas e hidráulicas é rápida e a manutenção é facilitada (GARCIA *et al.*, 2019).

## Lajes e coberturas

As lajes do sistema LSF são classificadas em secas ou úmidas. As lajes secas são formadas por estruturas metálicas leves de fácil instalação, cobertas com as placas OSB ou cimentícias que recebem o contrapiso armado e o revestimento (Figura 6). As lajes úmidas são constituídas por telhas galvanizadas parafusadas às vigas servindo também de forma para receber uma camada de concreto. O concreto deve conter uma armadura em tela para evitar fissuras (Figura 7) (SANTOS e COSTA, 2018).

**Figura 6 - Estrutura esquemática de lajes secas em LSF**



Fonte: MIRANDA (2018)

**Figura 7 - Estrutura esquemática de lajes úmidas em LSF**



**Fonte: imagem da internet**

A NBR 15575 (ABNT, 2013) define as coberturas como conjunto de elementos construídas no topo das edificações com a função de proteger as edificações contra intempéries, fatores externos e contribuir para o conforto termoacústico. Nas coberturas do sistema LSF são usadas as mesmas peças em aço galvanizado utilizadas na superestrutura e as telhas utilizadas são as sanduiche, shingle, cerâmica e fibrocimento. As vantagens dessas estruturas em comparação com as coberturas convencionais são a leveza, a resistência contra parasitas e vencimento de grandes vãos (MIOLA, 2019).

### **Revestimentos**

Os revestimentos das paredes de alvenarias convencional é formulada a partir de argamassas para a sua aplicação, existem tipos distintos de argamassa utilizadas em funções específicas, sendo o chapisco utilizado como argamassa de aderência, o emboço utilizado com argamassa de regularização e reboco utilizado como argamassa de acabamento. Após esses processos a alvenaria poderá receber o revestimento final, como pintura, textura, gesso ou cerâmicas, levando em consideração o local das aplicações (CASSAR, 2018).

O LSF utiliza o Drywall como vedação interna, que assim como a alvenaria de tijolos ele pode receber qualquer tipo de revestimento, sendo pintura, cerâmica, papel de parede, porcelanato etc. A cerâmica pode ser aplicada diretamente sobre as placas utilizando argamassa colante, diminuindo assim as etapas de construção em comparação com a alvenaria convencional. O procedimento da pintura se torna possível após o lixamento das placas e depois de aplicados o preparador de pintura ou selador (LABUTO, 2014).

### **Vantagens e desvantagens do Light Steel Framing**

Segundo a ABCEM (Associação Brasileira da Construção Metálica), o LSF caracteriza-se principalmente pela leveza da construção, durabilidade da estrutura em aço, que pode atingir uma idade de até 300 anos e pelas características citadas a seguir:

- a) Agilidade e alta produtividade: com elementos pré-moldados, o LSF reduz o número de etapas da construção, pois, as peças veem prontas para montagem e ligação. Além de apresentar facilidade nas instalações elétricas e hidrossanitárias. Isso por que a passagem dos eletrodutos e tubulações são feitas a partir de espaços visíveis nos montantes e guias metálicas, evitando rasgos fazer as instalações (ABCCEM, 2021);

b) Redução de Custos: comparado ao sistema convencional, o LSF permite redução de custos através da otimização do tempo de montagem da estrutura podendo executar diversas etapas concomitantemente e, por ser uma estrutura leve, o custo da infraestrutura varia de 20% a 30% a menos que a do sistema convencional (ABCCEM, 2021);

c) Obra limpa e sustentável: as construções feitas por esse método reduzem a produção de resíduo durante a execução. Por essa razão, o ambiente de trabalho permanece limpo, facilitando também outras etapas. Outro aspecto importante é a redução do uso de recursos naturais, como a água. Para a execução do LSF quase não é necessária, exceto para a fundação e na produção de argamassa (ABCCEM, 2021).

Segundo Olivieri *et al.* (2017), embora apresente inúmeras vantagens, o sistema de LSF é relativamente novo no mercado nacional, em função disso, as empresas e profissionais da área encontram algumas dificuldades para sua comercialização como segue:

a) Cultura: no Brasil, menos de 3% das edificações são construídas pelo sistema Steel Framing. O país ainda apresenta uma forte tradição com construções de alvenaria, mas apesar desse tradicionalismo brasileiro, o Steel Framing vem ganhando espaço;

b) Limite de Pavimentos: apesar dos perfis de aço galvanizado serem muito resistentes, existe um limite de andares para construções em Steel Framing. O aço é um material leve e, quando utilizado em edificações de elevada altura estão mais suscetíveis a ação do vento, que pode causar instabilidade da estrutura, além disso, os perfis podem sofrer flambagem, que é o fenômeno de curvatura que ocorre em peças esbeltas. Diante do exposto, não é indicado para construções com mais de cinco andares, apresentando fragilidade;

c) Escassez de mão de obra especializada: talvez essa seja a maior dificuldade desse mercado. A escassez de mão de obra especializada e a falta de um mercado competitivo provoca o aumento do custo desse sistema. Por ser uma opção inovadora no Brasil, os profissionais da área devem realizar treinamentos e capacitações específicas para oferecer todas as vantagens do Steel Framing.

## **Estudos comparativos entre o sistema convencional e o LSF**

Os tópicos seguintes apresentam os resultados de estudos comparativos entre o sistema construtivo em LSF e o sistema convencional realizados por diversos autores. Esses autores avaliaram parâmetros como custo, produtividade e impacto ambiental de ambos sistemas. Os resultados são utilizados para discutir as vantagens e desvantagens de cada sistema.

### **Economia**

Na construção civil um dos problemas mais frequente é com relação a custos, uma vez que na execução de uma edificação as despesas são elevadas. O sistema LSF foi criado visando um desperdício menor de materiais e tempo de construção reduzido. Apesar da maioria dos estudos de caso apresentarem que o LSF é mais caro, a compensação se dá através dos outros benefícios, de forma a tornar-se um método construtivo de fato mais atrativo.

Em um estudo realizado por Sena Júnior e Carmo (2015) com base na Tabela SINAPI de

Minas Gerais daquele ano, foi apontada uma diferença no orçamento de obra de uma residência de 41,16m<sup>2</sup> construídos de 16% entre o sistema LSF e o sistema convencional, sendo o primeiro deles o mais caro. Em outro estudo, realizado por Meneghel e Dare (2017) *apud* Cassar (2018), os autores constataram que para uma edificação com área total construída de 122,16m<sup>2</sup>, o custo em LSF, foi 8,6% superior ao convencional. Já Frasson e Bitencourt (2017) *apud* Mendes (2021), identificaram para uma residência de 55m<sup>2</sup> construídos, utilizando o LSF, um orçamento 7% maior que o sistema convencional.

De acordo com Borba e Mesquita Filho (2018) uma edificação com área real de 58,64m<sup>2</sup>, retirados dos dados da Tabela SINAPI daquele ano, do Estado de Goiás, gastaria um valor 7,5% menor com o sistema LSF em relação ao convencional. Já em Ijuí-RS, no mesmo ano, segundo Miranda (2018), o orçamento de uma obra com 62,78m<sup>2</sup> de área construída apresentou uma diferença de 32,9% para menos com o sistema LSF. Conforme Meireles (2018), o custo total em LSF para uma casa com área construída de 44,78m<sup>2</sup>, foi 19,7% maior em relação ao sistema convencional. Porém para o sistema em LSF, a casa obteve uma redução de área, passando para 42,7m<sup>2</sup>.

No ano de 2019, em Maceió – AL, segundo Firmino (2019) o orçamento com base na Tabela SINAPI daquele ano, para uma residência com área total construída de 35,12m<sup>2</sup>, utilizando o sistema LSF, teve um gasto 7% menor em relação ao sistema de alvenaria convencional, além de chegar a quase 14% em relação ao custo de alvenaria estrutural. No mesmo ano, Camini (2019) apresentou um estudo comparativo entre os custos para os dois métodos, LSF e alvenaria convencional, de uma obra com área construída de 221,89m<sup>2</sup>, resultando em um orçamento 9% superior para o LSF, com base na Tabela SINAPI. No entanto, o autor não identificou o local da pesquisa.

Nota-se que, apesar da área construída da edificação influenciar diretamente na variação do custo final da edificação, este não foi o fator determinante para a diferença entre os orçamentos apresentados nos estudos. É possível notar ainda que os custos da construção em LSF alteraram-se com o passar dos anos e que o local do estudo revela maiores diferenças entre orçamentos, de forma a indicar uma grande variabilidade de custos regionais. Apesar, desse indicativo, deve-se levar em conta que alguns estudos não identificaram a cidade ou estado para os quais os orçamentos foram feitos.

## **Produtividade**

A produtividade é extremamente importante na construção civil, impactando diretamente nos custos com a execução da edificação. Apesar do sistema em LSF exigir uma mão de obra mais especializada, o tempo necessário de execução é menor, sendo este um ponto forte desse método construtivo.

Segundo Meireles (2018), são necessários em torno de 10 dias para execução de uma casa com área total de 44,78m<sup>2</sup> em painéis de LSF. Já para a mesma casa, porém, em alvenaria convencional, desde a estrutura até a massa finalizada da parede, leva-se cerca de 19 dias. Vale ressaltar que trata - se da mesma casa, porém com uma redução de área, passando para 42,7m<sup>2</sup> no sistema construtivo convencional, devido à algumas particularidades da construção em LSF. Identifica - se, portanto, uma redução em torno de 45% do tempo de construção em LSF.

De acordo com Fernandes e Campos (2021), o tempo de execução para a parte estrutural e fechamento para um projeto comercial com área de 213,75m<sup>2</sup> durou em torno de 60 dias com sistema convencional e 20 dias com sistema LSF, ambos utilizando 4 funcionários.

Conforme Camini (2019), o sistema LSF revelou-se mais rápido que o sistema convencional (15 dias de diferença) para o projeto de uma edificação com 221,89m<sup>2</sup> de área construída em que os operários trabalhavam 44 horas semanais divididas em cinco dias por semana. Além de tudo, o autor destaca que o clima não afeta tanto na construção em LSF, isso porque alguns processos não precisam ser feitos no local, como por exemplo os painéis, que podem ser montados em locais fechados, podendo então, o tempo de construção ser ainda menor.

Segundo um estudo de Oliveira (2018), seis dias seriam suficientes para a construção da superestrutura até a pintura externa em LSF de uma casa com aproximadamente 42m<sup>2</sup> de área construída, enquanto pelo método tradicional, 20 dias.

## Impacto Ambiental

A resolução do CONAMA nº 1 de 23 de janeiro de 1986 define impacto ambiental como:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam, a saúde, a segurança, bem-estar da população, atividades sociais, atividades econômicas, a biota, condições sanitárias do ambiente e qualidade dos recursos naturais.

A construção civil é um dos principais setores econômicos, participando de cerca de 15% do PIB nacional. De acordo com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2013), estima-se que a construção civil consome 75% dos recursos naturais extraídos, produz aproximadamente 80 milhões de toneladas de resíduos por ano, além da liberação de na extração de minérios utilizados.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) entende que com o cenário atual da relação homem e meio ambiente, se faz imprescindível a eficiência energética, hídrica e de materiais. Soluções inovadoras passam a ser de extrema importância de acordo com as necessidades de mudanças nas maneiras de projetar, construir e operar edificações, melhorando o uso de materiais escassos, de forma a tornar as edificações eficientes ao longo do tempo (CNI, 2017).

De acordo com Mass e Tavares (2017), a técnica do sistema em LSF, quando comparada com a construção convencional, reduz de 40% a 70% dos resíduos no canteiro de obras. Segundo Ramos (2019), a utilização do LSF, considerado um sistema de construção a seco, permite a redução das emissões de e de consumo energético em média de 40%, em relação ao sistema convencional.

Marcos (2015) afirma que a redução de utilizando o sistema LSF gira em torno de 21,43% em relação ao sistema construtivo convencional. Além disso, a utilização de recursos naturais no sistema convencional tem um grande impacto, como na extração de madeiras necessárias na fabricação de fôrmas para vigas, pilares e lajes, elevado consumo de água em etapas exclusivas como no concreto estrutural, chapisco, reboco e emboço, enquanto no LSF a utilização desses recursos é quase nula.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho possibilitou por meio de uma revisão bibliográfica, investigar os aspectos gerais do sistema construtivo Light Steel Framing (LSF) de forma a apresentá-lo como realidade de tecnologia construtiva.

Na busca por alternativas que minimizem os impactos negativos da construção civil, pode-se concluir que o LSF é uma opção viável na substituição de técnicas construtivas tradicionais. Apesar da sua limitação de pavimentos e da necessidade de mão de obra especializada, é uma proposta de construção que alia alta produtividade das etapas construtivas a menores impactos ambientais de modo a concretizar uma opção possível às construções convencionais.

A elevada demanda da construção civil leva a busca por métodos construtivos rápidos e eficientes. Assim, por ser um sistema industrializado, estruturado por perfis de aço galvanizado, e totalmente reciclável, o LSF apresenta durabilidade acima dos métodos convencionais se tornando assim, uma ótima opção para construções residenciais e comerciais.

Foi possível identificar que, embora os custos com materiais e mão-de-obra das edificações em LSF superem, na maioria das vezes, os custos do sistema convencional, existe uma compensação por meio da redução dos prazos de entrega da obra e da perda de materiais (entulhos) no orçamento final.

Dentro do objetivo proposto, pôde-se conhecer as características do sistema construtivo LSF e suas particularidades, permitindo avaliar sua aplicabilidade como sistema construtivo conforme características do projeto a ser executado.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA – ABCEM. Light Steel Framing: o modelo de construção flexível para todos os projetos. ABCEM, 2021. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/site/blog/light-steel-framing-o-modelo-de-construção-flexível-para-todos-os-projetos>. Acesso em: 02 nov. 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15253. Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15575: Norma Brasileira Edificações Habitacionais - Desempenho. São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6122: Norma Brasileira para Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 1996.

BORBA, F. L.; MESQUITA FILHO, N. S. Estudo comparativo de análise de custos de uma residência utilizando o sistema de alvenaria estrutural e o sistema construtivo light steel frame para a região de Anápolis. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – UniEvangélica, Anápolis, GO, 2018.

- CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M.; LOPES, A. M. S.; TAVARES, W. C. Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) e do desempenho térmico de uma habitação de light steel framing com o uso de diferentes tipos de isolantes térmicos. Revista Eletrônica de Engenharia Civil. v. 11, n. 2, 2016.
- CAMINI, V. Comparativo de custos dos sistemas light steel frame e convencional para uma habitação unifamiliar. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, RS, 2019.
- BARROS, M. M. B; CARDOSO, S. S. Especificação de perfis para Drywall e Light Steel Framing. 2016. 17 f. Congresso Latinoamericano da Construção Metálica – CONSTRUMETAL. [S.l]: ABCEM, 2016. Disponível em: [http://www.abcem.org.br/construmetal/downloads/apresentacao/46\\_ESPECIFICACAOPARA-PERFIS-DE-DRYWALL-E-LIGHT-STEEL-FRAMING.pdf](http://www.abcem.org.br/construmetal/downloads/apresentacao/46_ESPECIFICACAOPARA-PERFIS-DE-DRYWALL-E-LIGHT-STEEL-FRAMING.pdf). Acesso em: 02 nov. 2021.
- CASSAR, B. C. Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: alvenaria convencional x Light Steel Frame. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2018.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. Construção Sustentável: a mudança em curso. Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Brasília: CNI, 2017. 98 p.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – CBCS. Boletim Informativo do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. CBCS, n. 9, 2013.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Publicada no DOU, de 17/02/1986.
- CRASTO, R. C. M. Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2005.
- CRUZ, D. N. Sistema construtivo convencional e sistema construtivo sustentável para edificação de uso misto: uma análise de viabilidade econômica. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Mato Grosso, Barra dos Garças/MT, 2021.
- FERNANDES, J. V. C.; CAMPOS, G. L. Comparativo orçamentário sintético e qualitativo dos modelos construtivos LSF e convencionais em construções residenciais e comerciais de pequeno porte. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Unisociesc, Joinville, SC, 2021.
- FIRMINO, A. K. S. Análise comparativa orçamentária dos sistemas construtivos alvenaria convencional, alvenaria estrutural e Light Steel Frame. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário CESMAC, Maceió, AL, 2019.
- FREITAS, A. M. S; CRASTO, R. C. M de. Steel Framing: Arquitetura. 2006, 124 f. Rio de Janeiro: IBS/CBCA – (Série Manual de Construção em Aço).
- GARCIA, B. R. G.; RODRIGUES, E. A.; SANTOS, J. M. A.; QUEIJA, R. C. Alvenaria estrutural, sistemas construtivos e suas diferenças para a alvenaria convencional. Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 04, n. 01, p. 32-46, 2019.
- GRUBLER, T. H. Estudo comparativo entre os métodos construtivos Light Steel Frame, alvenaria

convencional e alvenaria estrutural. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2021.

LABUTO, L. V. Parede seca: sistema construtivo de fechamento em estrutura de drywall. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2014.

LAGOA, D. C.; CRUZ, C. S.; FERREIRA, T. V.; BÔAS, I. C. C. V.; DUARTE, T. R. G.; GERUDE NETO, O. J. A.; GERUDE, M. S.; PEREIRA, D. R. Light Steel Frame como alternativa ao sistema convencional de construção, visando a redução de patologias construtivas. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 4, 2021.

LEÃO, L. B. S.; ROCHA, V. A.; OLIVEIRA, A. S.; BARBOSA, G. K. R.; JESUS, J. P. P.; SANTOS, S. A.; SOUSA, D. C.; FERNANDES, W. L. Avaliação da resistência de montantes de paredes internas a partir da modelagem de uma residência em light steel framing usando o sap2000. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 6, 2021.

MASS, B. H.; TAVARES, S. F. Quantidade de resíduos de construção na obra de uma habitação de LSF comparada com uma em alvenaria convencional. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão, Curitiba, PR, v. 2, n. 2, 2017.

MARCOS, M. H. C. Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento do projeto, através do uso de ferramenta BIM. 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MEIRELES, A. P. V. Estudo comparativo de custos diretos entre o sistema light steel frame e o sistema de paredes de concreto aplicados a uma habitação de interesse social. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2018.

MENDES, G. F. Índice global de impacto dos métodos construtivos Light Steel Frame e alvenaria convencional. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2021.

MIOLA, A. J. Comparativo de custos de sistemas construtivos: convencional, steel frame e alvenaria estrutural. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, PR, 2019.

MIRANDA, P. P. Estudo comparativo entre o sistema construtivo convencional mais utilizado na região noroeste do estado do Rio Grande Do Sul e o sistema construtivo industrializado Light Steel Framing. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande Do Sul, Ijuí, RS, 2018.

NICOLETTI, R. S.; SANTOS, D. M.; ROSSETO, L. L. Análise do desempenho e da viabilidade técnica e econômica do sistema light steel framing para construção de residências populares. Revista Construindo, Belo Horizonte. v. 11, n. 01, p. 59-61, 2019.

OLIVEIRA, I. M. de. Construção de habitações populares com Estruturas de Light Steel Framing em Pernambuco. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Engenharia Civil.

OLIVIERI, H. BARBOSA, I. C. A.; ROCHA, A. C.; GRANJA, A. D.; FONTANINI, P. S. P. A utilização de novos sistemas construtivos para a redução no uso de insumos nos canteiros de obras: Light Steel

Framing. Ambiente Construído, v. 17, n. 4, 2017.

RAMOS, V. M. K. Avaliação do ciclo de vida dos materiais de uma habitação de interesse social em alvenaria convencional, Light Steel Framing e Light Wood Framing. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2019.

SANTOS, B. H.; COSTA, K. B da. Comparativo da tecnologia de construção lighth steel frame de uma residência familiar. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Cesmac, Maceió, AL, 2018.

SENA JÚNIOR, C. A. S.; CARMO, L. R. S. Estudo comparativo em habitações sociais: alvenaria convencional x Light Steel Frame. 2015. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – DOCTUM, Caratinga, MG, 2015.

## **Estudo da logística da obra sistema produtor Rio dos Bagres**

---

*Túlio Gomes Urgal  
Suymara Toledo Miranda  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Emanuel Bomtempo Matos  
Israel Iasbik  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Romulo Stefani Filho*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.5

## RESUMO

A logística em obras corresponde ao planejamento, cadeia de abastecimento, e tem como função controlar o fluxo das matérias-primas e produtos, desde o seu ponto de origem à entrega final ao cliente. As principais funções da logística são: planejamento, gestão e controle, para maior eficiência no processo produtivo. O presente trabalho, através de um estudo de caso, tem como objetivo analisar a logística aplicada à obra Sistema Produtor Rio dos Bagres, localizada em Guidoal - MG, com finalidade de otimizar o tempo necessário, complementado por uma revisão bibliográfica sobre sistemas de abastecimento de água e logística em obras. Analisou-se, nesse estudo, a importância da escolha de matéria-prima e mão de obra, o que resulta numa economia considerável tanto de tempo quanto de capital. Os resultados demonstrados ao longo do trabalho foram possíveis por estarem ligados a uma boa logística. Por ser um setor que representa grande valor na economia do país, é viável o estudo da obra antes mesmo da sua execução, pois, assim se tornam mais fáceis as correções de acordo com que as dificuldades vão surgindo.

**Palavras-chave:** planejamento. eficiência. sistemas de abastecimento.

## ABSTRACT

The logistics in construction corresponds to the planning, supply chain and has the function to control the flow of raw materials and products, from their point of origin to final delivery to the customer. The main functions of logistics are: planning, management and control, for greater efficiency in the production process. The present work, through a case study, aims to analyze the logistics system applied to the Rio dos Bagres Producer System, located in Guidoal-MG, with the purpose of optimizing the necessary time, complemented by a bibliographic review on water supply systems and logistics in Works. This study analyzed the importance of the choosing raw materials and labor, resulting in considerable savings in both time and capital. The results demonstrated throughout the work were possible because they are linked to good logistics. As it is a sector that represents great value in the economy of the country, it is feasible to the study of the work even before its execution, as this makes corrections easier as the difficulties will arise.

**Keywords:** planning. efficiency. systems of supply.

## INTRODUÇÃO

A construção civil é o setor que representa um papel muito importante na composição do Produto Interno Bruto (PIB), chegando a superar os 6%, entre os anos de 2011 e 2014, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Além dos aspectos econômicos e sociais, a construção civil tem forte influência na natureza, devido ao grande número de obras civis e à necessidade de recursos para atendê-las, esse ramo se responsabiliza pelo grandioso desperdício de matéria-prima e resíduos sólidos.

Por ser uma área que vêm tomando grande espaço na construção civil, à logística é, atualmente, um crescente destaque nesse setor, com proporção suficiente para ser incrementada por profissionais especializados tornando o processo produtivo mais eficaz, racionalizando, de modo a evitar desperdícios.

Esse setor tem como principal objetivo planejar toda a obra, antes mesmo que ela seja executada. Além da solução de grande parte dos problemas, a logística traz consigo benefícios como, por exemplo, a melhoria dos fluxos de produção, planejamento prévio dos serviços, utilizando métodos tecnológicos, o que resulta na economia, uma vez que evita a movimentação desnecessária das equipes.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo, através de uma revisão bibliográfica, apresentar os principais conceitos acerca de um sistema de abastecimento de água e sobre logística na Engenharia Civil, como também, analisar, através de um estudo de caso, a influência da logística na obra, Sistema Produtor Rio dos Bagres em Guidoal, MG.

O motivo da escolha de tal tema surgiu a partir do sucesso da execução da obra citada. Descrever as atividades e os métodos utilizados para a otimização do tempo de entrega, além de apresentar uma obra civil que não é tão comum na região.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Logística**

De acordo com Havenga (2010), a logística é o principal fator responsável pelo crescimento econômico, visto que é através dela que ocorrem os fluxos de bens e serviços. Ela atua para que o serviço seja feito da melhor forma possível desde o seu ponto de origem até o seu destino.

Lukinskiy e Shulzhenko (2011) afirmam ainda que é possível otimizar a logística, dado que é necessário acompanhar os processos evolutivos dos serviços e produtos, pois, estes têm maior hipótese de serem eficientes. Além disso, é necessária uma boa estratégia organizacional.

Dimitrov (2005) defende que o gerenciamento empresarial deve dominar a logística, pois, essa é responsável pelo desempenho e crescimento das empresas. Reforça que uma má gestão e a falta de domínio estratégico podem trazer problemas consideráveis já que está ligada diretamente ao lucro empresarial.

O motivo de se preocupar com a logística vem aumentando gradativamente, pois, as empresas tentam acompanhar a demanda dos produtos, serviços e exigências dos clientes. Caso não exista um bom planejamento e uma estratégia eficaz para tal tarefa, as empresas deixam de lucrar e isso afeta diretamente o seu desenvolvimento (SILVA e VILLAR, 2007).

A crescente concorrência no setor da construção civil faz com que as empresas procurem por métodos e ferramentas para a diminuição de custos através de operações mais eficientes, que tornem melhor a utilização dos equipamentos (BORTOLUZZI 2006).

### **Sistema de abastecimento de água**

De acordo com Rosa (2012), o desenvolvimento da humanidade fez com que a busca de recursos para atender todas as necessidades ultrapassasse os limites sustentáveis naturais. Os recursos naturais, como, por exemplo, a água não está sendo suficientes para acompanhar a demanda populacional, baseados no padrão de vida moderna.

O dimensionamento das tubulações, estruturas e equipamentos são funções das vazões de água, dependendo do consumo médio por habitante, da estimativa da população da área estudada, variação da demanda e outros consumos (TSUTIYA, 2006).

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) tem a obrigação de fornecer água de qualidade, com fácil acesso populacional sem que afete no interesse de outros usuários do manancial, lembrando-se do presente e pensando também nas próximas gerações (HELLER e PÁDUA, 2006).

Para Tsutiya (2006), as adutoras e subadutoras são unidades principais de um sistema de abastecimento de água, necessitando de cuidados especiais na elaboração de projetos e na implantação das obras.

Redes adutoras são classificadas assim por conterem tubos que levam água entre as unidades de todo o sistema de abastecimento, procedendo à rede de tomada, realizando interligação entre a captação, reservatório, pontos de tomada até a estação de tratamento, para então ser distribuída à população (GOMES, 2009).

O entendimento do sistema de abastecimento de água é baseado no porte da cidade, em sua topografia e na forma de captação. De modo geral, os sistemas comuns de abastecimento de água são constituídos das seguintes partes (TSUTIYA, 2006):

- A. Manancial;
- B. Sistema de captação;
- C. Estação Elevatória;
- D. Sistema de Adutora;
- E. Reservatório intermediário;
- F. Estação de tratamento de água (ETA);
- G. Distribuição.

## **Manancial**

De acordo com Tsutiya (2006), mananciais são todos os recursos de água superficiais ou subterrâneas, de onde é retirado a água para abastecimento. O seu abastecimento carece ser suficiente para atender a demanda no período de concepção e a qualidade dessa água deve ser adequada baseada no ponto de vista sanitário.

Segundo Azevedo Netto (2012), os mananciais para abastecimento público podem ser classificados em dois grandes grupos:

A. Manancial subterrâneo: as águas subterrâneas são derivadas do subsolo, sendo classificadas como águas do lençol freático, estas circulam livremente pelo solo sendo influenciada pela pressão atmosférica. Apesar de estarem no solo, estão mais próximas à superfície podendo sofrer com a poluição e o lençol confinado, a segunda água que se encontra nas camadas mais impermeáveis do subsolo. A pressão que atua nessa região é um pouco maior do que a pressão atmosférica. As águas subterrâneas apresentam melhor qualidade, ao ponto de não precisarem

ser tratadas para o consumo, quando comparadas as águas dos rios e lagos. Como consequência, a utilização do manancial subterrâneo é relativamente mais barato, pois, reduz entre 70% e 90% do tratamento por ser livre de efluentes industriais e esgoto.

B. Manancial superficial: a captação de águas superficiais é a extração delas através dos rios, córregos, represas ou lagos. Uma captação de água superficial deve atender aos seguintes requisitos: garantia de suprimento e funcionamento contínuo, principalmente, em épocas de estiagem, onde a vazão do manancial é menor. Além disso, ressalta a importância de estar localizado em ponto de proteção sanitária (área onde seu interior ficar resguardado da entrada ou penetração de poluentes), evitando uma possível contaminação com produtos químicos e qualquer outra poluição, a fim de garantir uma boa qualidade da água bruta.

### **Sistema de captação**

De acordo com Nucase (2008), a etapa onde se toma a água que irá alimentar todo o sistema de abastecimento, proveniente do manancial, é denominada captação. A captação pode ser classificada como superficial ou subterrânea.

A captação direta ou a fio de água é usada quando o manancial possui vazão mínima utilizável superior à vazão de captação e que o nível de água seja mínimo o suficiente para ajustar o posicionamento da tubulação, ou outro dispositivo de tomada; a captação com barragem de regularização ou de nível de água é um tipo parecido com a captação direta, mas com o diferencial que, o nível mínimo de água é elevado através de uma barragem de pequena altura, comumente chamada de soleira, cuja única função é dotar o manancial do nível de água mínimo necessário para captação; as captações não convencionais são aquelas que usam máquinas, equipamentos de elevação ou recalque de água movido por energia não convencional, por exemplo, a energia solar, eólica, hidráulica ou do impulso gerado pelo jato de água (HELLER; PÁDUA, 2006, p. 1008).

Em relação a captação subterrânea e segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2006), os mananciais subterrâneos possuem relativa vantagem sob os superficiais por estarem em uma camada mais protegida contra os agentes de contaminação, que são responsáveis pela baixa qualidade da água bruta. Eles são utilizados em zonas rurais ou em cidades que ainda não desfrutam do acesso à rede pública de abastecimento (NANES *et al.*, 2012).

### **Estação elevatória**

As estações elevatórias, também conhecidas como estações de bombeamento, são bombas que tem como função vencer a topografia de determinado trajeto, fazendo com que a água possa chegar às outras estações, aos reservatórios e até mesmo as redes de distribuição. É de suma importância “no sistema de abastecimento de água, de forma que, uma bacia hidrográfica pode ter terreno tão íngreme que a água, para chegar a determinados pontos, deverá ser recalçadas utilizando-se bombas” (ReCESA, 2008, p. 29).

### **Sistema de adutora**

De acordo com Gomes (2009), a movimentação da água, desde o manancial até a rede de distribuição, sendo transportada por recalque ou por gravidade, dentro das linhas adutoras, pode ser dividido das seguintes formas:

A. Adutora de água bruta – a água é transportada da forma em que é retirada do manancial;

B. Adutora de água tratada – a água recebe os devidos cuidados antes de ser distribuída.

## **Reservatório**

Os reservatórios são de suma importância em um sistema de abastecimento de água, sendo utilizados para diversas finalidades, como o atendimento das variações de consumo horário, servem como combate ao incêndio e tem grande destaque no sistema de distribuição. (TSUTIYA, 2006).

## **Estação de tratamento de água**

Mesmo sendo um elemento essencial para a existência, o problema com água potável ainda existe e mais de um bilhão de pessoas no mundo sofrem com a falta dela (FRAZÃO; PERES, 2011).

Conseqüentemente, a falta de abastecimento público e de acesso à água potável levam regiões, com nível de pobreza mais elevado, ao consumo de água com qualidade duvidosa, favorecendo o aparecimento de doenças e derivados (RAZZOLINI; GÜNTHER, 2008).

De acordo com Monteiro, Melotamanini e Ramires (2008), na Estação de Tratamento de Água uma sequência de fatores acontece, com o objetivo de tratar a água bruta de modo a deixá-la apta para o consumo, respeitando as legislações, tais como:

A. O Decreto nº 24.643, de 10/07/34, que definiu vários tipos de águas, critérios de aproveitamento e os requisitos relacionados com as autorizações para derivação, abordagem sobre a contaminação dos corpos d'água.

B. A Lei Federal nº 9.433, de 08/01/97, instituiu "Política Nacional de Recursos Hídricos" criou o "Sistema Nacional de Gerenciamento".

C. Portaria MS nº 2914/2011, dá especificações de água potável destinada ao consumo humano.

Ressalta-se que um tratamento impróprio da água pode causar problemas consideráveis a toda a população, facilitando o crescimento de epidemias e até mesmo causando morte, principalmente para crianças, grávidas e pessoas idosas, as quais são mais sensíveis ao contato com metais pesados, o nitrato, alumínio, entre outros. (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001).

## **Rede de distribuição**

Porto (2006) assegura que uma rede de distribuição de água possui um conjunto de equipamentos, tais como: tubulações, reservatórios, bombas, entre outros e tem como principal objetivo atender as demandas de vazão e pressão de acordo com a necessidade e com os limites determinados por leis e normas.

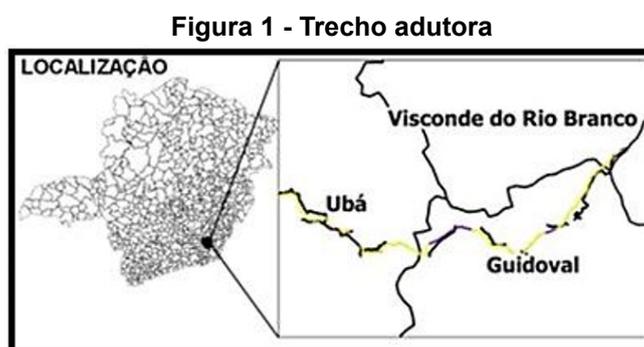
As redes podem ser classificadas como ramificadas, ou malhadas (PORTO, 2006).

De acordo com Gomes (2009), as redes ramificadas têm como vantagem o menor custo de implantação comparada com uma rede malhada do mesmo porte, sua desvantagem ocorre em caso de manutenção, visto que, para manutenção em determinado trecho, toda a rede será afetada e poderá ficar sem água.

Araújo Prince (2006) afirma que as redes ramificadas são características de zonas que possuem um desenvolvimento linear, ou seja, as ruas não possuem conexões entre si, seja por conta da topografia local ou simplesmente pelo traçado urbano. Afirma ainda que, a rede malhada é típica para ruas com considerável número de malhas. Esse tipo de rede permite a manutenção sem que seja necessário desativar toda a água da linha. É utilizada, principalmente, em grandes centros e em locais onde não pode ocorrer a falta do abastecimento de água, como, por exemplo, hospitais, escolas, entre outros.

## METODOLOGIA DA PESQUISA

O empreendimento consiste na ampliação do Sistema Produtor Rio dos Bagres, localizado na zona rural da cidade de Guidoal-MG, e contempla a construção de uma adutora, a fim de atender a demanda populacional da cidade de Ubá-MG. O projeto do sistema produtor busca aumentar a vazão de água através do Rio dos Bagres até a estação de tratamento de água Peixoto Filho, localizada aproximadamente a 18 km, cuja vazão será incrementada em 240L/s. A Fig. 1 demonstra o trecho em que a adutora está sendo construída.



Fonte: Próprio autor

Na captação de água bruta, o sistema terá uma pequena barragem de nível com a finalidade de manter um recobrimento mínimo nas bombas da elevatória de água bruta. Na elevatória existem duas motobombas, utilizadas para vencer a topografia local, sendo que, apenas uma motobomba funciona e a segunda fica de reserva.

A adução será composta de dois trechos, sendo o primeiro por recalque e o segundo por gravidade, dessa forma, classificada como adutora mista. O trecho de recalque será constituído de 7817 m de ferro fundido com diâmetro nominal de 500 mm. Já o trecho de gravidade, será constituído por 9405 m de ferro fundido de diâmetro nominal de 450 mm.

O presente estudo pode ser caracterizado com natureza descritiva e caráter exploratório, pois tratou-se de, através de um estudo de caso, analisar a influência da logística na obra, Sistema Produtor Rio dos Bagres em Guidoal, MG, descrevendo as etapas e comparando os custos relativos, além de demonstrar a importância da escolha de matéria-prima e mão de obra.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Cronograma de execução

Para consolidar todo o processo produtivo da obra, foi essencial a criação de cronogramas que determinavam as atividades e seu tempo necessário para execução. São realizados a partir de uma visão conjunta do projeto quanto ao que deve se prosseguir no decorrer do tempo.

Após estabelecer as tarefas e suas respectivas durações há a necessidade de agrupá-las, em uma sequência temporal, de forma em que sejam dispostas na melhor ordem de execução. Esse agrupamento depende de condições e restrições, tais como:

- A. Algumas tarefas só podem ter início a partir da conclusão de outras;
- B. Impossibilidade de execução de algumas tarefas devido aos insumos, como: pessoas, equipamentos e instalações;
- C. Impossibilidade de prestações de serviços fornecidos por terceiros;

Considerando que a obra teria um tempo pré-estabelecido de seis meses para a entrega, do que corresponde ao primeiro aditivo contratual, o seguimento literal do cronograma de execução foi o que manteve o domínio de todo o processo executivo da obra.

Segue, abaixo, o modelo de cronograma para execução de blocos e caixas, utilizados pela empresa em determinado período de obra, em conformidade com a Fig. 2.

Figura 2 - Cronograma de execução

<u>CRONOGRAMA EXECUÇÃO BLOCOS E CAIXAS</u>							
Data	05/ago	06/ago	07/ago	08/ago	09/ago	12/ago	13/ago
Serviço	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Segunda-feira	Terça-feira
Escavação	C11-3 - E261	C45-3 - E207	C45-3 - E366	C90-2 - 471	C90-2 -E479		
Forma		C11-3 - E261	C45-3 - E207	C45-3 - E366	C90-2 - 471	C90-2 -E479	
Concretagem			C11-3 - E261	C45-3 - E207	C45-3 - E366	C90-2 - 471	C90-2 -E479
Escavação	VTF - E41	DSC - E69	VTF - E77	DSC - E85			
Armação		VTF - E41	DSC - E69	VTF - E77	DSC - E85		
1º Forma			VTF - E41	DSC - E69	VTF - E77	DSC - E85	
2º Forma + Concreto				VTF - E41	DSC - E69	VTF - E77	DSC - E85

Fonte: Próprio autor

### Escavação

A escavação das valas ocorre com o auxílio de uma retroescavadeira, seguindo as medidas de projeto, para que a montagem da armação e fôrma seja executada da maneira correta

para o conforto e segurança dos trabalhadores.

A terra retirada de dentro da vala é reaproveitada para a execução de barreiras que servem como proteção para possíveis acidentes com a escavação, visto que, a caixa poderá vir a ficar aberta por mais de uma semana.

Além da barreira de terra, são utilizadas outras sinalizações visuais para prevenção de acidentes, como placas sinalizadoras e telas de segurança, conforme Fig. 3.

**Figura 3 - Barreira de terra com sinalização de caixa**



**Fonte: Próprio autor**

## **Corte e dobra do aço**

O aço cortado e dobrado foi outra solução encontrada para a redução do tempo e de perda de material dentro da obra. Por ser fabricado de acordo com as especificações de projeto, esse material facilita a montagem das estruturas necessárias.

O processo se resume, basicamente, em transformar barras e rolos de vergalhões em peças estruturais, com as dimensões determinadas prontas para a armação a ser montada. Além de evitar a perda do material, esse processo possibilita outros benefícios, tais como:

- A. Economia: com o uso desse material, o tempo de mão de obra diminuirá, consequentemente, reduzirá também o uso de ferramentas como polícutos e serras, que além de tudo podem causar acidentes durante o seu manuseio;
- B. Espaço no canteiro de obra: comprando o material já dobrado, facilita sua organização dentro do canteiro de obras, pois, a ferragem pode ser separada de acordo com suas especificações e locais que serão utilizadas;
- C. Qualidade do material: adquirindo o aço cortado e dobrado do fornecedor traz mais segurança e qualidade do material, pois, evita o erro durante o seu corte, o que pode acarretar atraso da entrega da obra.

Para que todo processo ocorra da maneira correta, é importante ressaltar que todos os dados dos projetos devem ser bem esclarecidos para o fornecedor, sendo esse um profissional de confiança. As especificações devem ser passadas corretamente para que não surjam problemas tardios com a atividade. A Fig. 4 demonstra a compra do aço cortado e dobrado.

**Figura 4 - Aço cortado e dobrado**



**Fonte: Próprio autor**

## **Fôrmas**

Para a execução da obra, Sistema Produtor Rio dos Bagres, foram previstas a execução de 44 caixas de descarga e ventosa, que são classificados como dispositivos de proteção da rede. Para a sua execução, utilizou-se, inicialmente, fôrmas convencionais produzidas com madeirite e caibros de pinus, conforme Fig. 5.

**Figura 5- Fôrma de madeirite**



**Fonte: Próprio autor**

Buscando aperfeiçoar o tempo de execução da obra, redução do custo e economia de materiais, as fôrmas convencionais foram substituídas por outras de painéis metálicos, visto que já são adquiridas com medidas predefinidas, com finalidade de facilitar seu manuseio e utilização, Fig. 6.

**Figura 6 - Fôrma com painel metálico**



**Fonte: Próprio autor**

A Tab. 1 demonstra os materiais necessários e o custo para a execução da fôrma utilizando o madeirite.

**Tabela 1 - Tipo de material e custo por caixa**

<b>FÔRMAS COM MADEIRITE</b>				
Material	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Tempo de execução (dias)
Folha de madeirite	18	80	1440	
Caibro 6x6 cm	47	12	564	
Caibro 7x7	25	15	375	3
Sarrafo 5cm	20	3,5	70	
Total por caixa			2449	

**Fonte: Próprio autor**

É válido ressaltar que o valor descrito acima equivale a um conjunto de materiais, que somados, são responsáveis pela fôrma de apenas uma caixa, e, que cada conjunto de materiais, é reutilizado até no máximo quatro vezes, pois, à medida que fazem a fôrma e a desforma, ocorre seu dano natural, o que impossibilita sua reutilização em um número maior de vezes.

Quando se analisa que seria necessária a execução de 44 caixas de descargas e ventosas e que cada conjunto seria reutilizado apenas quatro vezes, conclui-se que seriam necessários apenas 11 conjuntos para a execução de toda a obra. Além da quantidade de material, o tempo de montagem das fôrmas também teve um valor importante, visto que a mão de obra desse setor tem um custo mais elevado, pois, é especializada e não é encontrada na região. Baseado nessas informações, a Tab. 2 demonstra o valor total do material utilizado para a montagem.

**Tabela 2 - Valor total das fôrmas em madeirite**

<b>FÔRMAS COM MADEIRITE</b>		
Valor de cada conjunto R\$	Número de conjuntos necessários	Valor total da obra R\$
2449	11	26939

**Fonte: Próprio autor**

Já na Tab. 3, foi analisado o custo para o aluguel mensal de fôrmas com painéis metálicos.

**Tabela 3 - Aluguel de painéis metálicos**

<b>FÔRMAS COM PAINEL METÁLICO</b>				
Material	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Tempo de execução (dias)
Conjunto de painéis	3	1100	3300	1,5
Caibro 6x6	15	12	180	
Caibro 7x7	10	15	150	
Valor Total R\$		3630		

**Fonte: Próprio autor**

Através da Tab. 3 é possível analisar a diferença de preços existentes entre os dois conjuntos de fôrmas. Ressalta-se que o tempo gasto, com os painéis, foi de dois meses e meio, o que implica no valor total, demonstrado na Tab. 4.

**Tabela 4 - Valor total do aluguel**

<b>FÔRMAS COM PAINEL METÁLICO</b>		
Valor mensal R\$	Tempo de aluguel (meses)	Valor Total R\$
3.630,00	2,5	9.075,00

**Fonte: Próprio autor**

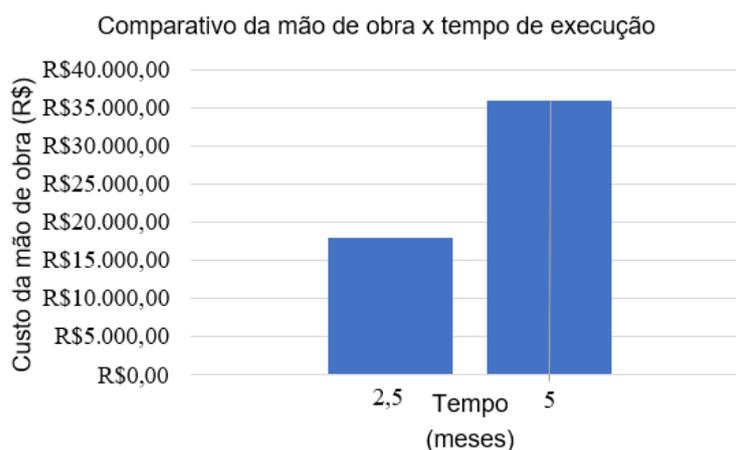
Com os dados obtidos e com o valor da mão de obra, pode-se calcular o valor total da economia gerada com a otimização do tempo da execução das caixas. A Tab. 5 e o Gráf. 1 descrevem a situação.

**Tabela 5 - Diferença de custo entre tipo de fôrma**

<b>ECONOMIA NA MÃO-DE-OBRA</b>				
Valor mensal dos funcionários R\$	Tempo com madeirite (meses)	Tempo com painel metálico (meses)	Desvio (meses)	Diferença de Custo R\$
7.200,00	5	2,5	2,5	18.000,00

**Fonte: Próprio autor**

**Gráfico 1 - Relação mão de obra X tempo de execução**



**Fonte: Próprio autor**

Por fim, com todos os valores que envolvem a parte de fôrmas calculada, pode-se observar a economia gerada. Basta somar o valor de R\$17.864,00 provenientes da substituição do madeirite pelo painel metálico, com os R\$18.000,00, gerados pela redução do tempo de execução. Conclui-se que o valor final economizado foi de R\$35.864,00.

Portanto, dentre tantas vantagens, existem pontos negativos na utilização de painéis metálicos. Por ser um material composto por grande número de peças, durante sua utilização, corre o risco de perda desse material. É válido ressaltar que, para todo o processo de fôrma e desforma é necessário ter um funcionário com a relação de todas as peças, para que o controle, das mesmas, esteja assegurado diante de tal problema.

## Concretagem

A concretagem das caixas é feita de forma convencional, seguindo o padrão fornecido com fck de 20 MPA. Durante sua execução é necessária à presença de pelo menos um carpinteiro, pois, se ocorrer algum problema com a fôrma, tem-se a possibilidade de fazer um reparo de maneira rápida, evitando a perda do concreto.

Durante a concretagem é utilizado o vibrador com a finalidade de adensar o concreto, eliminando bolhas de ar e espaços vazios, tornando-o mais compacto e com a qualidade ideal para o serviço, como consta na Fig. 7.

**Figura 7 - Vibração do concreto**



Fonte: Próprio autor

## Equipe

Para que todo o planejamento citado acima funcionasse, foi necessário buscar uma equipe qualificada e com domínio em suas funções para a realização de forma sincronizada, organizada e ágil.

A obra contava com três equipes, sendo que o processo era sequencial, ou seja, a primeira executava a escavação e o assentamento da tubulação, a segunda era destinada a realizar a execução da armação e a terceira ficava responsável pela montagem da fôrma e acompanhamento da concretagem.

É importante estar atento a todas as etapas da obra, pois, como o processo é em sequência, quando uma das equipes para, todas as outras irão sofrer com esse problema. Dessa forma fica claro entender a importância da execução e acompanhamento do cronograma, visto que se ocorrer algum problema, exista forma e tempo suficiente para converter a situação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado no trabalho apresentado e na certeza que a engenharia é uma área que visa à economia de forma segura e consciente, é satisfatório afirmar que a logística bem aplicada à obra traz significantes resultados para uma empresa. Ter o controle do processo produtivo é de fundamental importância para uma boa gestão.

É válida a observação de que toda a decisão, para otimização do tempo da obra, Sistema Produtor Rio dos Bagres, foi tomada de acordo com o acompanhamento de todos os serviços realizados durante o seu processo, o que possibilita à empresa ter a ciência de que as atividades estão sendo realizadas de maneira correta, evitando o desperdício de materiais, de tempo, mãos

de obra e garantindo a qualidade.

Com tal informação, conclui-se que é indispensável ter o conhecimento do processo produtivo de uma obra, visto que, este está diretamente ligado ao seu tempo final, lucro adquirido e status para a empresa responsável.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12214. Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12215. Projeto de adutora de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 2017.

AZEVEDO NETTO, J. M., PARLATORE, A. C., *et al.* Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 2012.

BORTOLUZZI, Marla Eliza. Estratégias Competitivas no Mercado da Construção Civil: Estudo de Caso da Empresa Etaplan Engenharia & Construção Ltda. 2006. 99 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2006.

DIMITROV, P. Logistics in Bulgarian manufacturing companies. International Journal of Production Economics, 2005.

FRAZÃO, P.; PERES, M. A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. Revista Saúde Pública, v. 45, n. 5, p. 964–73, 2011.

FREITAS, M. B. DE; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. DE. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. Cadernos de Saúde Pública, v. 17, n. 3, p. 651–660, 2001.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE-FUNASA. Manual de Saneamento. 3. ed. Brasília: FUNASA, 2006.

GOMES, H.P. Sistemas de Abastecimento de Água. 3. ed. Paraíba. Universitária Universidade Federal da Paraíba, 2009.

HAVENGA, J. Logistics Costs in South Africa: The Case for Macroeconomic Measurement. South African: Journal of Economics, 2010.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de Água para Consumo Humano. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

LUKINSKIY, V. S.; LUKINSKIY, V. V.; SHULZHENKO, T. G. Evolution of the total logistics costs concept. LogForum Scientific Journal of Logistics, 2011.

MONTEIRO, J. L.; MELOTAMANINI, C. A. DE; RAMIRES, F. Determinação de parâmetros acústicos para construção de estações elevatórias de água. VI Congresso Iberoamericano de Acústica, Buenos Aires, 2008.

NANES, Patrícia Lanne; *et al.* Qualidade das águas subterrâneas de poços tipo cacimba: um estudo de caso da Comunidade Nascimento – município de São Sebastião. Goiânia, 2012.

NUCASE. Esgotamento sanitário: Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos. Brasília: Ministério das cidades, 2008.

PORTO. R.M. Hidráulica Básica. 4. ed. São Carlos: EESC/USP, 2006.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. Saúde e Sociedade, v. 17, n. 1, p. 21–32, 2008.

ReCESA: Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Abastecimento de água: Operação e manutenção de estações elevatórias de água: guia do profissional em treinamento Nível 1 / Ministério das cidades. Secretária Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Belo Horizonte: ReCESA, 2008,78p.

ROSA, André; FRACETO, Leonardo; MOSCHINI, Viviane. Meio Ambiente e Sustentabilidade. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

SILVA, L. F. S; VILLAR, A. M. Discussão sobre as técnicas de avaliação dos custos logísticos para fins de controle gerencial. João Pessoa: ABCUSTOS, 2007.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de água. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

## **Estudo da reação Álcali-Agregado em estruturas de concreto**

---

*Annelise Ribeiro*

*Israel Iasbik*

*Emanuel Bomtempo Matos*

*Suymara Toledo Miranda*

*Deysiane Antunes Barroso Damasceno*

*Romulo Stefani Filho*

*Tairine Cristine Bertola Cruz*

*Fernando Henrique Fagundes Gomes*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.6

## RESUMO

Considerado como o material de maior utilização nas obras, o concreto vem sendo alvo de cuidados e estudos acerca de sua durabilidade frente à ação de manifestações patológicas. Uma das formas de deterioração desse material é a presença da reação álcali-agregado (RAA) em seu meio, visto que essa é responsável pela formação de um gel higroscópico expansivo prejudicial ao concreto. A reação álcali-agregado é um processo químico deletério que envolve a água, os hidróxidos alcalinos presentes no cimento e alguns componentes mineralógicos reativos encontrados em agregados. Os principais fatores que influenciam a reação são a quantidade de álcalis, a reatividade dos agregados, umidade, temperatura e porosidade do concreto. A Associação Brasileira de Normas Técnicas estabeleceu sete normas para auxiliar na investigação e mitigação da RAA. A reação afeta a durabilidade de uma estrutura de concreto, uma vez que acarreta patologias irreversíveis como a fissuração, deformações estruturais, perda de resistência mecânica e homogeneidade. Em se tratando desse fenômeno, não há soluções completamente eficientes para recuperar uma estrutura, portanto, o melhor caminho é a prevenção e mitigação, com o auxílio de adições minerais, cimentos especiais ou troca do agregado, quando possível.

**Palavras-chave:** reação álcali-agregado. concreto. durabilidade.

## ABSTRACT

Considered as the material most used in the works, concrete has been the subject of care and studies about its durability against the action of pathological manifestations. One of the forms of deterioration of this material is the presence of the alkali-aggregate reaction (AAR) in its environment, since this is responsible for the formation of an expansive hygroscopic gel harmful to the concrete. The alkali-aggregate reaction is a deleterious chemical process that involves water, alkali hydroxides present in cement and some reactive mineralogical components found in aggregates. The main factors that influence the reaction are the amount of alkalis, the reactivity of the aggregates, humidity, temperature and porosity of the concrete. The Brazilian Association of Technical Standards has established seven standards to assist in the investigation and mitigation of the RAA. The reaction affects the durability of a concrete structure, since it causes irreversible pathologies such as cracking, structural deformations, loss of mechanical strength and homogeneity. When it comes to this phenomenon, there are no completely efficient solutions to recover a structure, so the best way is prevention and mitigation, with the help of mineral additions, special cements or aggregate replacement, when possible.

**Keywords:** alkali-aggregate reaction. concrete. durability.

## INTRODUÇÃO

O concreto é o material com maior índice de uso nas obras civis da atualidade, principalmente pela vasta quantidade de matéria-prima disponível para sua preparação, sua fácil trabalhabilidade e custos relativamente baixos quando comparado a outros materiais. Dessa forma, tem-se ampliado os estudos acerca de sua durabilidade, fazendo-se necessário o controle tecnológico dos materiais que o constituem, para que assim seja possível detectar problemas que possam reduzir a vida útil de uma estrutura de concreto, como as manifestações patológicas.

Dentre essas patologias, nota-se a presença da reação álcali-agregado que danifica construções de concreto, especialmente, barragens, blocos de fundações e pontes.

O comportamento quimicamente inerte dos agregados foi estudado inicialmente por Stanton, em 1940, através de apurações experimentais, possibilitando observar que nos constituintes do concreto ocorre uma reação química prejudicial ao mesmo, ocasionada pela associação dos componentes minerais de agregados reativos e os álcalis do cimento. A reação descoberta na Califórnia ficou denominada como Reação álcali-agregado (RAA) e seus primeiros registros no Brasil datam de 1985, descrevendo a ação da patologia na Usina Hidrelétrica Apolônio Sales de Oliveira em Moxotó.

Verificada nos poros do concreto, a reação álcali-agregado pode ser definida como um processo químico que envolve íons hidroxilas que em associação aos elementos alcalinos do cimento como sódio e potássio e com alguns compostos mineralógicos reativos oriundos de agregados graúdos e miúdos acarretam problemas nas estruturas de concreto. Essa reação é um fenômeno expansivo que ocorre sob circunstâncias de umidade, podendo originar, ou não, um gel expansivo capaz de gerar fissuração, deslocamentos estruturais, aumento da permeabilidade, redução da resistência e, em alguns casos, o colapso da estrutura.

Uma das patologias mais deletérias para o concreto e de difícil mitigação é a RAA, fato que no meio técnico-científico gera uma preocupação com a vida útil e segurança de uma estrutura. Nos últimos tempos, há um grande número de casos e em escala crescente decorrentes da reação. Entretanto, é difícil associar as características da manifestação à reação álcali-agregado, uma vez que existem ocorrências com particularidades similares, evidenciando a importância de estudos e investigações acerca do tema.

Com este trabalho, objetiva-se descrever as causas e consequências da reação álcali-agregado em estruturas de concreto e sua interferência na vida útil, além de apresentar os recursos de mitigação e prevenção da RAA e as principais formas de proteção e reforço de estruturas afetadas pela reação.

O estudo da reação álcali-agregado justifica-se para a compreensão das origens, ações, medidas preventivas e corretivas da patologia, uma vez que há um crescente número de construções civis atingidas pela RAA, considerando ainda a difícil identificação da patologia, os custos elevados das medidas de recuperação da estrutura e suas ações deletérias no concreto.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Reação álcali-agregado**

#### **Definição e características**

De acordo com Hasparyk (2005) e Otoch (2016), a reação álcali-agregado é um processo químico que se verifica internamente no concreto endurecido, a partir da reação dos minerais reativos dos agregados (brita e areia) com os hidróxidos alcalinos encontrados nos poros do concreto. Dessa forma, quando ocorre a expansão do concreto através de sua ação, a estrutura está sujeita ao surgimento de fissuras, deslocamentos diferenciais, lascamentos, aumento da

permeabilidade e redução da resistência química e mecânica. Segundo Lapa (2008, p. 16): “o concreto sob reação álcali- agregado exibe em sua superfície um mapa de fissuras, que permite a entrada de mais umidade, acelerando ainda mais a reação”.

Na Fig. 1 nota-se o quadro típico de fissuração provocada pelas expansões decorrentes da reação álcali-agregado.

**Figura 1 - Bloco de fundações com fissuras em forma de mapa**



**Fonte: Silva (2007, p.46)**

A denominação álcali-agregado é um termo genérico utilizado para designar diferentes formas de degradação do concreto, sendo elas a reação álcali-sílica (RAS), reação álcali-silicato (tipo específico da RAS) e a reação álcali-carbonato (RAC), essa última de ocorrência atípica e sem a formação do gel expansivo (OTOCH, 2016).

A reação álcali-agregado mais comumente encontrada é a RAS, caracterizada por ser um processo químico com rápido desenvolvimento, que ocorre entre a sílica reativa presente nos agregados e os álcalis do cimento (sais de sódio e potássio que em contato com água são solubilizados). Algumas formas que a sílica reativa apresenta são opala (amorfa), calcedônia (criptocristalina fibrosa) e tridimita (cristalina), que se encontram em diversos tipos de rochas (NEVILLE; BROOKS, 2013; RIBEIRO, 2018).

A reação se desenvolve a partir dos ataques dos hidróxidos alcalinos, advindos das hidroxilas e álcalis do cimento, nos materiais silicosos, ocasionando a formação de um gel de silicato alcalino. Este gel higroscópico atrai água por absorção ou osmose, promovendo aumento do seu volume. Nesse sentido, como o gel se forma na pasta de cimento (poros do concreto ou superfícies dos agregados), surgem pressões internas, causadas pela pressão hidráulica devido à expansão do gel, que podem ultrapassar a resistência à tração do concreto, ocasionando sua expansão e conseqüente fissuração (NEVILLE; BROOKS, 2013).

A partir da Fig. 2 é possível observar a exsudação do gel higroscópico na trinca presente na superfície do concreto.

**Figura 2- Detalhe de gel exsudando na superfície do concreto**



**Fonte: Hasparyk (2005, p.109)**

Segundo Battagin (2016), as características típicas de uma patologia decorrente da reação álcali-sílica (RAS) englobam fissuras, expansões, desalinhamento de elementos estruturais, pop-outs<sup>1</sup> e formação de gel nas fissuras ou no entorno dos agregados no concreto.

De acordo com Taylor (1997 *apud* COUTO, 2008) o tempo para a reação se desencadear é variável, podendo ocorrer em questões de dias ou até mesmo anos. Nesse sentido, o tempo para sua ocorrência dependerá de diversos fatores, entre eles têm-se as concentrações dos álcalis nas soluções dos poros do concreto, as dimensões das partículas do agregado, entre outros que serão abordados mais a frente. Entretanto, é comum que ocorra seu desenvolvimento entre cinco e doze anos (POOLE, 1992 *apud* HASPARYK, 2005; BATTAGIN, 2016).

A reação álcali-silicato é um tipo particular da RAS, que se desenvolve pela interação dos álcalis com alguns silicatos encontrados nos feldspatos, rochas sedimentares, magmáticas e metamórficas. Por ser um processo complexo e pouco investigado, acredita-se que o mecanismo da reação e seus processos sejam similares à reação álcali-sílica, diferenciando-se pela velocidade mais lenta em que evolui (RIBEIRO, 2018).

Considerada rara, a reação álcali-carbonato ocorre entre alguns agregados rochosos carbonáticos (dolomíticos argilosos) e os hidróxidos alcalinos contidos nos poros do concreto, que ao reagir podem ocasionar a desdolomitização, ou seja, um processo de decomposição da dolomita que origina a brucita (hidróxido de magnésio). Neste fenômeno, a brucita sofre um aumento de volume devido à absorção de íons hidroxilos pelos minerais de argila, entretanto, não há formação de gel expansivo (HOBBS, 1988 *apud* LUCCA, 2010).

Portanto, para que a RAA de fato ocorra, Bravo *et al.* (2020) afirmam que é necessária a presença concomitante de água, hidróxidos alcalinos e agregados reativos. Assim, obras como barragens de concreto, blocos de fundações e pontes são mais propícias a sofrerem ações por esse fenômeno, que pode ser agravado pelas condições ambientais e disponibilidade dos agregados para utilização em determinadas regiões.

<sup>1</sup> Desprendimento de pequenos fragmentos da superfície do concreto, conhecido também como pipocamento.

## Principais condições que influenciam na ocorrência da RAA

### Álcalis

A norma Brasileira, NBR 15577-1(ABNT, 2018, p.2), define os álcalis como: “sais de sódio e/ou potássio, provenientes de qualquer fonte interna ou externa ao concreto, que quando em contato com água são solubilizáveis imediatamente ou ao longo do tempo”.

De acordo com Nogueira (2010) os álcalis presentes no concreto são provenientes principalmente do cimento. Esse, por sua vez, utiliza em sua fabricação o clínquer em grandes quantidades, um elemento que possui em sua composição álcalis expresso na forma de óxido de sódio e óxido de potássio.

Segundo Otoch (2016), ainda que o cimento seja o principal contribuinte com os álcalis no concreto, outras fontes não podem ser desconsideradas como, por exemplo, a água de amassamento, aditivos, adições minerais e, até mesmo, minerais de alguns agregados.

Hasparyk (2005) alega que quanto mais elevado o consumo de cimento do concreto e o teor de álcalis no cimento, maiores serão as expansões decorrentes da reação. Ribeiro (2018) completa que para a ocorrência da RAA uma concentração de equivalente alcalino<sup>2</sup> (Na<sub>2</sub>O equivalente) maior ou igual a 0,6% ou entre os valores de 3 a 5 kg/m<sup>3</sup> é suficiente para favorecer a ocorrência da reação.

### Agregados reativos

Segundo Couto (2008), uma das maiores dificuldades para enfrentamento da RAA são as características de alguns minerais encontrados nas rochas, que em quantidades e condições específicas podem desencadear a expansão deletéria do concreto. Entretanto, para o autor, outro ponto favorável para a reação ocorrer, são as propriedades dos mesmos, relacionadas à forma do grão, dimensão das partículas e teor do agregado reativo.

De acordo com Carasek, Cascudo e Caetano (2016) a fase reativa dos agregados é advinda, principalmente, dos minerais contidos em sua estrutura, como por exemplo, alguns agregados silicosos, compostos por sílica amorfa mal cristalizada (opala ou vidro), microcristalina, criptocristalinas, tridimita, cristobalita, quartzo e feldspatos deformados.

Todavia, Neville e Brooks (2013) completam que ainda que se conheçam vários agregados reativos, é complexo determinar se um agregado específico poderá contribuir na reação de expansão, uma vez que um teor tão pequeno, como 0,5% de reatividade em um agregado considerado seguro, já pode causar danos.

Ribeiro (2018) pontua que a reatividade de um agregado pode ser potencializada proporcionalmente ao índice de desorganização e instabilidade da estrutura do mineral pertencente ao agregado. Além disso, o tamanho dos cristais influencia na fase reativa, visto que quanto menor a superfície dos cristais, maior será a superfície de contato para favorecer a reação.

O método empregado para se obter os dados sobre a reatividade do agregado é chamado Análise Petrográfica, que será abordada nos próximos tópicos.

<sup>2</sup> Produto originado da reação entre óxido de sódio (Na<sub>2</sub>O) e óxido de potássio (K<sub>2</sub>O) presentes no cimento, representado pela seguinte equação química: Na<sub>2</sub>O equivalente= Na<sub>2</sub>O + 0,658K<sub>2</sub>O.

## Umidade

Nogueira (2010) analisa que a água é o principal fator de degradação do concreto, por ser um solvente capaz de dissolver elementos químicos em íons e gases e ter a capacidade de se mover nos poros do concreto facilmente, devido às dimensões de suas partículas. Nesse sentido, a presença de água ou umidade é fundamental para o desenvolvimento da reação álcali-agregado. Sem elas a RAA não tem potencial para acontecer, ainda que existam agregados reativos e álcalis no processo.

Otoch (2016) relata que para a reação ocorrer é preciso que a estrutura esteja em contato direto com a água ou a umidade relativa do ar no ambiente esteja acima de 80%. Ribeiro (2018) afirma que a água tem duas aplicabilidades para a reação, sendo a primeira de transportar os íons hidroxilas e cátions alcalinos e a segunda é contribuir na expansão do gel originado ao ser absorvida pelo mesmo.

Uma das formas de reduzir os impactos gerados pela reação seria impedir o contato da água com o concreto, entretanto, ainda não há uma forma econômica e completamente segura de impossibilitar esse contato (NOGUEIRA, 2010).

## Temperatura

A temperatura é um ponto significativo para se considerar nas reações álcali-agregado, uma vez que essa funciona como um catalisador, possuindo uma ação cinética no processo. Assim, altas temperaturas aceleram as reações químicas, agilizando o início e a velocidade da expansão, seguido dos efeitos danosos à estrutura (CARASEK; CASCUDO; CAETANO, 2016; NOGUEIRA, 2010).

## Porosidade do concreto

Dependente da relação água/cimento e de seus materiais constituintes, a porosidade do concreto contribui com a RAA da seguinte forma de acordo com os autores Carasek, Cascudo e Caetano (2016): por um lado, concretos com alta porosidade possuem maior espaço interno, fato que auxilia em melhores condições para expansão do gel, todavia, ele favorece o armazenamento de águas intersticiais, sendo a água um fator indispensável para a reação ocorrer. Por outro lado, baixas porosidades em concretos tendem a limitar o espaço para a acomodação do gel expansivo, entretanto, dificulta o transporte dos reagentes até os agregados. Dessa forma, para Rodrigues (2014), a porosidade da massa de concreto endurecido gera caminhos distintos de interpretação, não possibilitando definir qual das influências é mais relevante para a ocorrência da reação.

## Ensaio normativo para identificação da reatividade dos agregados

### Análise petrográfica

A análise petrográfica é uma investigação utilizada para determinar o potencial reativo dos agregados, com o auxílio de lâminas delgadas de 30 mm de espessura, microscópio petrográfico e equipamentos adicionais. Ela é realizada através do estudo microscópico e macroscópico de amostras de rochas ou minerais que constituem os agregados. Dessa forma, é possível

identificar as fases prejudiciais ao concreto, além de fornecer informações importantes acerca dos agregados como: composição mineralógica, arranjo estrutural, textura, formato e granulometria dos minerais (ARRAIS, 2011).

Os procedimentos devem ser realizados por profissional qualificado capaz de executar as seguintes análises: examinar a amostra macroscopicamente, registrar cor, estrutura e classificá-la quanto ao tipo; determinar propriedades físico-mecânicas; examinar microscopicamente e definir a textura, granularidade e composição mineralógica; estimar teor da fase deletéria e a quantidade de quartzo microgranular; definir natureza, estado microfissural e alterações da rocha. Dessa forma, a partir da análise petrográfica será possível classificar o agregado em potencialmente inócuo ou reativo (NBR 15577-3; ABNT, 2018).

De acordo com a norma NBR 15577-1 (ABNT, 2018), a análise petrográfica de agregados fornece dados importantes para auxiliar na identificação da manifestação da reação álcali-agregado, por meio do estudo da reatividade do material. Todavia, essas informações são insuficientes para averiguar e prever a potencial expansão e degradação que a reação pode ocasionar na estrutura.

### **Método acelerado das barras de argamassa**

Arrais (2011) descreve que o método acelerado das barras de argamassa foi desenvolvido para permitir uma avaliação mais rápida da RAS, logo, a partir dele, é possível definir se um agregado tem comportamento deletério. Inicialmente, as barras são moldadas a partir do traço normatizado com agregado, cimento padrão e água, com a exigência de uma relação água-cimento de 0,47. Posteriormente, após 24 horas, essas barras de argamassa são desmoldadas e imersas em água por mais 24 horas em temperatura de 80°C, avaliando-se após a cura o comprimento das barras. Por fim, elas são mergulhadas em uma solução de hidróxido de sódio sob a mesma temperatura anterior, anotando-se as leituras de expansão da barra. As dimensões da barra são aferidas em pelo menos três leituras intermediárias entre cada período, nas idades mínimas de 16 dias e 30 dias após a moldagem das barras.

Este método de avaliação é o mais frequentemente utilizado, devido ao curto prazo para avaliar a reatividade de um agregado, além de possibilitar, com o auxílio da norma NBR 15577-5, avaliar maneiras de evitar às expansões decorrentes da reação. A norma NBR 15577-4 (ABNT, 2018) define as seguintes classificações para a potencialidade dos agregados de acordo com os resultados do ensaio após o período de 30 dias: expansões inferiores a 0,19%, comportamento inócuo e expansões superiores a essa porcentagem, agregado potencialmente reativo. Entretanto, para confirmar esses resultados, deverá ser realizado o ensaio de longa duração dos prismas de concreto.

### **Método acelerado dos prismas de concreto**

O método acelerado dos prismas de concreto é caracterizado como uma variação do ensaio dos prismas de concreto, alterando-se a temperatura de exposição de 38°C para 60° C. Nesse sentido, o intuito desse modelo é diminuir a duração de realização do ensaio para 20 semanas no lugar de um ano, através da elevação da temperatura, que é a principal responsável pela velocidade das reações (NOGUEIRA, 2010).

A NBR 15577-7 (ABNT, 2018) define que neste método, caso o resultado indicar expansão inferior a 0,03 % na idade de 20 semanas, o agregado é considerado potencialmente inócuo para uso em concreto, porém, valores acima desse caracterizam o agregado como potencialmente reativo.

### **Método de longa duração dos prismas de concreto**

Nogueira (2010) esclarece que o método dos prismas de concreto permite detectar o potencial reativo de rochas, das quais o agregado é produzido. Assim, são moldados três prismas de concreto que são submetidos a um tanque de cura pelo período de 24 horas. Após a desforma, é realizada a leitura da expansão da barra e o material é acondicionado em recipientes específicos a uma temperatura de 38°C. As leituras das expansões são realizadas nas idades de 7, 28 e 56 dias inicialmente, passando-se para verificações dos 3 aos 12 meses, sendo, no mínimo, uma medição em cada mês. Depois da análise dos resultados, tem-se como parâmetro que as expansões inferiores a 0,04% após 1 ano caracterizam o agregado como inócuo, enquanto valores superiores a esse critério o caracterizam como potencialmente reativo.

Gomes (2008) completa que os prismas de concreto devem ser fabricados a partir de traços normativos com uma relação água cimento de 0,45, devendo ser adicionado hidróxido de sódio à solução. Além disso, os prismas devem ser armazenados em recipientes fechados hermeticamente, com a atmosfera da amostra saturada.

De acordo com norma NBR 15577-6 (ABNT, 2018), quando se utiliza o método dos prismas de concreto, é possível determinar o comportamento deletério tanto de agregados graúdos quanto de agregados miúdos. Dessa forma, para avaliar o potencial reativo dos agregados miúdos, deve ser utilizado um agregado graúdo potencialmente inócuo com as características especificadas pela norma, o mesmo processo é seguido para determinar a reatividade dos agregados graúdos, através do uso de um agregado miúdo sem características reativas. Além disso, esse ensaio auxilia na investigação da eficiência da mitigação empregada, porém, a duração do ensaio deverá ser de 2 anos.

## **Prevenção e mitigação**

### **Medidas mitigatórias normativas**

De acordo com a norma NBR 15577-1 (ABNT, 2018) para se determinar a medida mitigatória a ser utilizada, deverá ser realizada a classificação da estrutura, essa, por sua vez, depende da severidade e das consequências que poderão ocorrer na mesma devido à RAS. Assim, a norma classifica as estruturas da classe A à classe D, sendo que, na última, as consequências são de maior gravidade como indicado no Quadro 1 a seguir.

**Quadro 1- Classificação da estrutura**

CLASSIFICAÇÃO DA ESTRUTURA	CONSEQUÊNCIA DA RAS	EXEMPLOS
Classe A	Pequenas ou insignificantes do ponto de vista econômico, ambiental e de segurança.	Estruturas temporárias (menor que cinco anos de vida útil), elementos não expostos à umidade, elementos não estruturais, canteiros de obras.
Classe B	Moderadas do ponto de vista econômico, ambiental e de segurança.	Calçadas, calhas, telhas, muros, etc.
Classe C	Significativas do ponto de vista econômico, ambiental e de segurança.	Pavimentos de concreto, elementos de fundação, tubos, postes, alvenarias de vedação, tubulões, barreiras de segurança, elementos pré-fabricados, estradas com baixo volume de tráfego, dormentes, etc.
Classe D	Sérias e de gravidade do ponto de vista econômico, ambiental e de segurança.	Pontes, estádios, hidrelétricas, barragens, instalações nucleares, torres eólicas, instalações de tratamento de água ou resíduos, túneis, elementos estruturais de difícil inspeção.

Fonte: NBR 15577-1 (ABNT, 2018, p.3-4). Adaptado pela autora.

Segundo os princípios normativos da NBR 15577-1 (ABNT, 2018), a partir do QUADRO 2 é possível determinar o grau de reatividade dos agregados, considerando os resultados obtidos nos ensaios das barras de argamassa aos 30 dias e do ensaio de expansão do prisma de concreto aos 365 dias. Dessa forma, após classificar a reatividade de um agregado variando de R0 a R3, pode-se determinar pelo QUADRO 3, o grau de risco de ocorrência da reação álcali-sílica, cuja determinação dependerá das dimensões dos componentes de concreto, da reatividade do agregado e do nível de exposição da estrutura.

**Quadro 2- Classificação do grau de reatividade do agregado**

CLASSIFICAÇÃO DA REATIVIDADE POTENCIAL DO AGREGADO	EXPANSÃO DAS BARRAS DE ARGAMASSA (30 DIAS)	EXPANSÃO DOS PRISMAS DE CONCRETO (365 DIAS)
Potencialmente inócuo grau R0	Menor que 0,19 %	Menor que 0,04 %
Potencialmente reativo grau R1	Entre 0,19 e 0,40 %	Entre 0,04 e 0,12 %
Potencialmente reativo grau R2	Entre 0,41 e 0,60 %	Entre 0,13 e 0,24 %
Potencialmente reativo grau R3	Maior que 0,60 %	Maior que 0,24 %

Fonte: NBR 15577-1 (ABNT, 2018, p. 5). Adaptado pela autora.

**Quadro 3- Grau de risco de ocorrência da RAS**

DIMENSÕES E CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO	CLASSE DE REATIVIDADE DO AGREGADO			
	R0	R1	R2	R3
Não maciço em ambiente seco	Desprezível	Desprezível	Mínimo	Moderado
Maciço em ambiente seco	Desprezível	Mínimo	Moderado	Alto
Todas as estruturas geralmente externas, expostas à umidade do ar, enterradas e imersas	Desprezível	Moderado	Alto	Muito Alto
Todas as estruturas em contato com álcalis em condições de serviço	Desprezível	Alto	Muito alto	Muito Alto

Fonte: NBR 15577-1 (ABNT, 2018, p.6). Adaptado pela autora.

A NBR 15577-1 (ABNT, 2018) define que a partir da classe da estrutura e do grau do

risco de ocorrência da RAS é possível determinar o grau de intensidade da medida preventiva (Quadro 4), que permitirá encontrar opções para mitigar a expansão (QUADRO 5). É fundamental realizar os ensaios do método acelerado em barras de argamassa ou o método dos prismas de concreto para comprovar a eficácia da mitigação escolhida.

**Quadro 4 - Grau de intensidade da medida preventiva**

RISCO DE OCORRÊNCIA	CLASSE DA ESTRUTURA			
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Desprezível	MP 0	MP 0	MP 0	MP 0
Mínimo	MP 0	MP 0	MP 1	MP 2
Moderado	MP 0	MP 1	MP 2	MP 3
Alto	MP 0	MP 3	MP 4	MP 4
Muito alto	MP 0	MP 4	MP 4	MP 4

Fonte: NBR 15577-1 (ABNT, 2018, p. 8). Adaptado pela autora.

**Quadro 5- Medidas de mitigação da expansão devido à RAS**

GRAU DE INTENSIDADE DA MEDIDA PREVENTIVA	OPÇÃO 1	OPÇÃO 2	OPÇÃO 3
MP 0	Nenhuma ação é necessária		
MP 1	Limitar o teor de álcalis do concreto a valores menores que 2,4 kg/m <sup>3</sup> de Na <sub>2</sub> O equivalente.	Utilizar cimentos: CP II-E ou CP II-Z, conforme a ABNT NBR 11578 ou CP III, conforme a ABNT NBR 5735 ou CP IV, conforme ABNT NBR 5736.	Usar uma das medidas mitigadoras previstas na ação preventiva de grau de intensidade 2.
MP 2	Utilizar cimento CP III, com no mínimo 60 % de escória, conforme ABNT NBR 5735.	Utilizar cimento CP IV com no mínimo 30 % de pozolana, conforme ABNT NBR 5736.	Usar uma das medidas mitigadoras previstas na ação preventiva de grau de intensidade 3.
MP 3	Utilizar materiais inibidores comprovando a mitigação da reatividade potencial pelo ensaio acelerado.	Utilizar materiais inibidores, comprovando a mitigação da reatividade pelo ensaio de prismas de concreto aos dois anos.	Usar uma das medidas mitigadoras previstas na ação preventiva de grau de intensidade 4.
MP 4	Utilizar materiais inibidores comprovando a mitigação da reatividade potencial pelo ensaio acelerado.	Utilizar materiais inibidores, comprovando a mitigação da reatividade pelo ensaio de prismas de concreto aos dois anos.	Trocar o agregado.

Fonte: NBR 15577-1 (ABNT, 2018, p.9). Adaptado pela autora.

A partir do QUADRO 5 é possível observar maneiras de mitigação da reação álcali-silica sugeridas pela norma NBR 15577-1 (ABNT, 2018), de acordo com o grau de intensidade da medida preventiva encontrada pelo QUADRO 4. Nesse sentido, a norma apresenta possíveis soluções para mitigar a reação, dentre as quais pode-se citar a limitação do teor de álcalis no concreto, utilização de cimentos especiais como CP II-E (cimento Portland composto com adição de escória), CP II- Z (cimento Portland composto com adição de pozolona), CP III com adição mínima de 60% de escória e CP IV com no mínimo 30% de pozolona. Outras formas de mitigação estabelecida pela NBR 15577-1 (ABNT, 2018) é o uso de materiais inibidores e troca dos agregados.

Os requisitos de composição de materiais inibidores e os parâmetros para a avaliação

dos resultados do seu uso são obtidos pela realização dos ensaios e estão indicados no QUADRO 6.

**Quadro 6 - Requisitos de composição dos materiais inibidores**

MATERIAL INIBIDOR	REQUISITOS DA COMPOSIÇÃO
Cimento Portland tipo CP II E e CPIII	Cimentos Portland com teores de escória granulada de alto-forno suficientes para mitigar as expansões de argamassas com agregados potencialmente reativos a níveis inferiores a 0,19 % aos 30 dias, quando ensaiados de acordo com a ABNT NBR 15577-5, ou menores que 0,04 % em dois anos, quando ensaiados de acordo com a ABNT NBR 15577-6.
Cimento Portland tipo CPII-Z e CPIV	Cimentos Portland com teores de materiais pozolânicos suficientes para mitigar as expansões de argamassas com agregados potencialmente reativos a níveis inferiores a 0,19 % aos 30 dias, quando ensaiados de acordo com a ABNT NBR 15577-5, ou menores que 0,04 % em dois anos, quando ensaiados de acordo com a ABNT NBR 15577-6.
Sílica ativa e metacaulim ou outros materiais pozolânicos em combinação com qualquer tipo de cimento Portland	Sílica ativa, metacaulim e materiais pozolânicos, com composição que atenda, respectivamente, às ABNT NBR 13956-1, ABNT NBR 15894-1 e ABNT NBR 12653. Os teores necessários dessas adições normalizadas devem ser suficientes para promover a mitigação das expansões a níveis inferiores a 0,19 % aos 30 dias, quando ensaiados de acordo com a ABNT NBR 15577-5, ou menores que 0,04 %, em dois anos, quando ensaiados de acordo com a ABNT NBR 15577-6.

**Fonte: NBR 15577-1 (ABNT, 2018, p.10). Adaptado pela autora.**

Todavia, a reação só irá findar quando os reagentes (álcalis, minerais reativos e água) acabarem, independentemente da quantidade de gel produzido, visto que o processo químico é limitado pela quantidade de reagentes e não de produto formado. Dessa forma, quando se trata da reação álcali-agregado, é fundamental avaliar e investir nas medidas de prevenção e mitigação, já que não existe um método completamente eficiente e capaz de extinguir os efeitos da RAA quando a mesma se manifesta. Alguns métodos de prevenção utilizados serão tratados nos tópicos subsequentes (ZAMBOTTO, 2014).

### **Escolha do agregado**

A situação mais favorável para se evitar as manifestações patológicas causadas pela RAA é utilizar agregados não reativos, mas, às vezes, é inviável essa substituição, principalmente em situações em que a empresa de fornecimento do agregado encontra-se muito distante da obra. Por isso, é fundamental conhecer as características do agregado a partir dos ensaios normativos para avaliar a melhor opção preventiva (GOMES, 2008).

### **Limitação dos álcalis do cimento**

Silva (2007) pontua que limitar o teor de álcalis presente no cimento pode ser uma medida preventiva em relação à RAA, assim, é indicado utilizar cimentos com teor de álcalis inferior a 0,6%. Porém, esse limite não assegura que a medida mitigatória seja efetiva, uma vez que outras origens externas de álcalis podem contribuir na reação. Nogueira (2010) afirma que alguns tipos de cimento também são utilizados na tentativa de evitar o surgimento da reação, como o cimento Portland de alto-forno (CP III) e o pozolânico (CP IV).

## **Aditivos químicos**

Uma das possíveis soluções para inibir o desenvolvimento da reação álcali-agregado é adicionar ao concreto aditivo químico, podendo utilizar soluções de silano para promover a impermeabilização dos grãos que constituem os agregados, ou soluções de sais de lítio para tentar diminuir a expansão do gel. Quando se utiliza o lítio, há uma queda na dissolução da sílica proporcional ao aumento do teor de lítio, dessa forma, ocorre a formação de um gel sem caráter expansivo (NOGUEIRA, 2010).

## **Aditivos minerais**

As adições minerais são materiais silicosos finos, advindos da queima de carvão. Estes materiais aumentam a durabilidade do concreto e sua resistência aos ataques químicos e de expansão decorrentes da reação álcali-agregado, entre elas destacam-se para minimizar o processamento da reação as escórias de alto forno e os materiais pozolânicos (cinzas volantes, argilas calcinadas). Atualmente, vem sendo verificada a viabilidade de se utilizar o metacaulim como uma adição mineral para combater a RAA. Esse produto é proveniente procedimento de tratar certos tipos de resíduos, como por exemplo, os produzidos pela indústria de papel (NOGUEIRA, 2010).

Ribeiro (2018) completa que a principal vantagem da pozolana é diminuir a permeabilidade do concreto e, conseqüentemente, reduzir a mobilidade dos produtos reagentes em seu interior. Dentre as adições pozolânicas pode-se citar para a prevenção da reação álcali-sílica: cinza de casca de arroz, cinza volante, sílica ativa e pozolanas naturais. Segundo Nogueira (2010), em proporções adequadas, essas adições são capazes de fazer com que os álcalis solúveis sejam utilizados antes que os hidróxidos reajam com a sílica dos agregados, evitando, assim, a expansão deletéria. Entretanto, para assegurar a eficiência da mitigação, é preciso que não haja interferência de álcalis de origens externas.

## **Recuperação da estrutura**

Quando a reação se inicia é difícil extinguir os seus impactos degradadores na estrutura, assim, algumas propostas para minimizar ou retardar os efeitos da RAA no concreto são listadas a seguir. Porém, caso nenhuma medida seja eficiente, é recomendada a demolição e reconstrução da estrutura (GOMES, 2008).

## **Tratamentos superficiais**

Esse método é baseado na tentativa de reduzir a infiltração de água e umidade nos poros do concreto, ou seja, realizar a impermeabilização, restringindo-se à utilização de materiais com propriedades elásticas, para esses não sofrerem fissurações ou rompimento decorrentes da expansão da reação álcali-agregado. É indicada a utilização de pinturas à base de silano, uma vez que evitam a passagem de umidade e contribui com secagem, e produtos injetáveis ou espalháveis à base de lítio, que auxiliam na redução da expansão do gel (GOMES, 2008).

## Reforços e proteções estruturais

Os reforços estruturais se caracterizam como a limitação da livre expansão do concreto, atuando por meio de pretensões ou da ampliação das seções de concreto e armadura. Ademais, é usual realizar o encapsulamento dos elementos estruturais para assegurar que não ocorra mais penetração dos reagentes no concreto (GOMES, 2008).

Silva (2007) afirma que o reforço é utilizado para reabilitar as estruturas, entretanto, demanda estudos mais avançados para sua concepção. Uma característica desse método é limitar os esforços de expansão, confinando-os através da criação de uma força de compressão superior a de expansão.

Outra medida para proteção da estrutura é viabilizar a liberação das deformações. Para abrandar os impactos da reação na estrutura de concreto cria-se juntas, objetivando autorizar a expansão em sentido controlado na direção dessas. Dessa forma, as pressões ocasionadas pela RAA na estrutura serão aliviadas (GOMES, 2008).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reação álcali-agregado é considerada uma das formas de degradação mais prejudiciais ao concreto, principalmente pelo desafio de conter a sua manifestação quando ela é iniciada. Esta reação é capaz de alterar propriedades importantes do material como as propriedades elásticas e resistência mecânica, ocasionando fissurações, deslocamentos e movimentos diferenciais. Dessa forma, quando a RAA ocorre nas estruturas, é necessário acompanhamento contínuo para assegurar que não seja reduzida a durabilidade da estrutura.

Considerava-se no início que a reação se desencadeava apenas em obras de contato direto com água, como barragens e pontes, todavia, a reação também foi detectada em blocos de fundação, causando preocupação no meio científico. Essas estruturas de concreto são as mais propícias de serem afetadas pela ação desse fenômeno devido às condições em que são expostas.

Para que a reação deletéria se desencadeie é necessária à presença concomitante de água, hidróxidos alcalinos e agregados reativos. Nesse sentido, ocorre a formação do gel higroscópico que aumenta seu volume através da absorção de água.

Dessa forma, os ensaios normativos para previsão da reatividade dos agregados permitem obter informações importantes para avaliar a melhor forma de mitigação, contudo, eles não auxiliam na previsão das consequências que a reação poderá causar na estrutura. Assim, o melhor caminho é a prevenção e mitigação, uma vez que não há soluções efetivas para recuperar a estrutura. Nesse sentido, a troca do agregado reativo é a melhor forma de mitigação, porém, quando não for possível, buscam-se como solução as adições minerais e cimentos especiais. As tentativas de recuperação da estrutura englobam os reforços estruturais e impermeabilização da estrutura. Em casos em que a medida de recuperação não for efetiva, é recomendada a demolição e reconstrução da edificação.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577– 1. Agregados– Reatividade Álcali-Agregado. Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018.

. NBR 15577 – 2. Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 2: Coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018.

. NBR 15577 – 3. Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018.

. NBR 15577 – 4. Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 4: Determinação da expansão de barras de argamassa pelo método acelerado. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018.

. NBR 15577 – 5. Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 5: Determinação da mitigação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018.

. NBR 15577 – 6. Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 6: Determinação da expansão em prismas de concreto. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018.

. NBR 15577 – 7. Agregados - Reatividade álcali-agregado. Parte 7: Determinação da expansão em prismas de concreto pelo método acelerado. 2. ed. Rio de Janeiro, 2018.

ARRAIS, Miguel Sebastião Maia Chaves. Reação álcali-silicato: avaliação do comportamento de agregados graúdos da região metropolitana do Recife frente a diferentes tipos de cimento. 2011. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011. Disponível em: <[https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/4909/1/arquivo2634\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/4909/1/arquivo2634_1.pdf)>. Acesso em: 25 set. 2021.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. Divulgando conhecimento sobre a RAA para sua prevenção. Concreto e Construções, São Paulo, n. 83, p. 7-8, jul./set. 2016. Disponível em: <[http://ibracon.org.br/Site\\_revista/Concreto\\_Construcoes/ebook/edicao83/files/assets/basic-html/page1.html](http://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/ebook/edicao83/files/assets/basic-html/page1.html)>. Acesso em: 28 ago. 2021.

BRAVO, Mariana Campos *et al.* Adequação de concreto para evitar RAA, um estudo de caso: modernização de um estádio para a copa de 2014. In: V CONGRESSO INTERNACIONAL NA “RECUPERAÇÃO MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO DE EDIFÍCIOS”, n.5, 2020, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: 2020. Disponível em: <<https://wordpress.ft.unicamp.br/mats/wp-content/uploads/sites/29/2021/05/437-ARTIGO-FINAL-CIRMARE-2020-1-1.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2021.

CARASEK, Helena; CASCUDO, Oswaldo; CAETANO, Geovanne. Contribuição à previsão de danos para estruturas de concreto atacadas pela reação álcali-silica. Concreto e Construções, São Paulo, n. 83, p.30-38, jul./set. 2016. Disponível em: <[http://ibracon.org.br/Site\\_revista/Concreto\\_Construcoes/ebook/edicao83/files/assets/basic-html/page1.html](http://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/ebook/edicao83/files/assets/basic-html/page1.html)>. Acesso em: 28 ago. 2021.

COUTO, Tiago Andrade. Reação álcali-agregado: estudo do fenômeno em rochas silicosas. 2008. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3166>>. Acesso em: 09 out. 2021.

GOMES, Eduardo Alves de Oliveira. Recuperação estrutural de blocos de fundação afetados pela reação álcali-agregado: a experiência do Recife. 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <[http://tede2.unicap.br:8080/bitstream/tede/35/1/dissertacao\\_eduardo\\_alves.pdf](http://tede2.unicap.br:8080/bitstream/tede/35/1/dissertacao_eduardo_alves.pdf)>. Acesso em: 04 set. 2021.

HASPARYK, Nicole Pagan. Investigação de concretos afetados pela reação álcali-agregado e caracterização avançada do gel exsudado. 2005. 326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6350/000528715.pdf?sequence=1>> . Acesso em: 11 set. 2021.

LAPA, José Silva. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. 2008.56 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Pós- Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49106871/Patologia\\_\\_Recuperacao\\_e\\_Reparo\\_das\\_Estruturas\\_de\\_Concreto-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1637606459&Signature=TSWwVy-Wlwl1knxupHUw~yDZDNdYJEnjGcMYdYZW3-iDN8mTV3h-JlgYTMGKDj3DjCOLItCR~guQAgrqco3UaS2VFyAl2jILMtuInktsix3HC0aR5MYO9OriXeXAPXIS7X-T~aDVdtsggFY9HuWpO5aUUZdeW6DwMskCbeY0WV~5hEtfQNvdUCQ6a0xInSxxPGMy1Nc8ephM-baj5LakujabyGPwzkw8yTBj9FfCf85ssiJUliUbbuAzITfvx8cZZEIL6TjkwUs2aCTHHSXKTEStpIWMFn-jxx4pSCB4~LD-QwxAH2wlyvy79gRrjQu81nXl7CfxaVXI--4y0v5d2A\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49106871/Patologia__Recuperacao_e_Reparo_das_Estruturas_de_Concreto-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1637606459&Signature=TSWwVy-Wlwl1knxupHUw~yDZDNdYJEnjGcMYdYZW3-iDN8mTV3h-JlgYTMGKDj3DjCOLItCR~guQAgrqco3UaS2VFyAl2jILMtuInktsix3HC0aR5MYO9OriXeXAPXIS7X-T~aDVdtsggFY9HuWpO5aUUZdeW6DwMskCbeY0WV~5hEtfQNvdUCQ6a0xInSxxPGMy1Nc8ephM-baj5LakujabyGPwzkw8yTBj9FfCf85ssiJUliUbbuAzITfvx8cZZEIL6TjkwUs2aCTHHSXKTEStpIWMFn-jxx4pSCB4~LD-QwxAH2wlyvy79gRrjQu81nXl7CfxaVXI--4y0v5d2A__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)>. Acesso em: 18 set. 2021.

LUCCA, Ana Carolina Kamura de. Reação álcali-agregado: efeito do uso de cinza volante. 2010. 97 f. Monografia (Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <[https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26021/000754966.pdf?sequence=1&locale-attribute=pt\\_BR](https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26021/000754966.pdf?sequence=1&locale-attribute=pt_BR)>. Acesso em: 06 nov. 2021.

MIZUMOTO, Camilo. Investigação da reação álcali-agregado (RAA) em testemunhos de concreto e agregados constituintes. 2009. 162 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2009. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91463/mizumoto\\_c\\_me\\_ilha.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91463/mizumoto_c_me_ilha.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 09 out. 2021.

NEVILLE, Adam M; BROOKS, J.J. Tecnologia do concreto. Tradução: Ruy Alberto Cremonini . 2. ed. São Paulo: Bookman Editora Ltda, 2013. 472 p. Cap. 14. p. 215-276. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582600726/pageid/2>>. Acesso em: 18 set. 2021.

NOGUEIRA, Kelso Antunes. Reação álcali-agregado: diretrizes e requisitos da ABNT NBR 15577/2008. 2010. 93 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9A5HJ4/1/monografia\\_kelso.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9A5HJ4/1/monografia_kelso.pdf)>. Acesso em: 11 set. 2021.

OTOCH, Sérgio. Reação álcali-agregado: o que é e como evitar?. Concreto e Construções, São Paulo, n. 83, p. 27-29, jul./set. 2016. Disponível em: <[http://ibracon.org.br/Site\\_revista/Concreto\\_Construcoes/ebook/edicao83/files/assets/basic-html/page1.html](http://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/ebook/edicao83/files/assets/basic-html/page1.html)>. Acesso em: 28 ago. 2021.

RIBEIRO, Daniel Verás. Deterioração das estruturas de concreto. In: . Corrosão e degradação em estruturas de concreto. 2º ed. Rio de Janeiro: GEN, 2018. Cap. 7, p. 158-189. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595152359/>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

RODRIGUES, Edmilson Correia. Análise numérica do efeito de fatores influentes da reação álcali-agregado no desempenho de estruturas de concreto. 2014. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de tecnologia, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: <[https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/14855/1/EdmilsonCR\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/14855/1/EdmilsonCR_DISSERT.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SILVA, Geovani Almeida da. Recuperação de blocos de coroamento afetados pela reação álcali-agregado. 2007. 130f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia das Construções) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <<http://tede2.unicap.br:8080/handle/tede/22>>. Acesso em: 16 out. 2021.

ZAMBOTTO, Danielle. Estudo preliminar dos efeitos da reação álcali-agregado nas respostas estruturais de pavimentos de concreto. 2014. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Camilo Castelo Branco, São Paulo, 2014. Disponível em: < [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-05012016154709/publico/Dissertacao\\_Danielle\\_Zambotto.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-05012016154709/publico/Dissertacao_Danielle_Zambotto.pdf)>. Acesso em: 16 out. MYO9OrIXeXAPXIS7XT~aDVdtsggFY9HuWpO-5aUUZdeW6DwMskCbeY0WV~5hEtfQNvdUCQ6a0xInSxxPGMy1Nc8ephMbj5LAKujabyGPwzkw8yTB-j9FfCf85ssiJUliUbbuAzITfvx8cZZEIL6TjkwUs2aCTHHScXKTEStpIWMFnjxx4pSCB4~LD-QwxAH2wlyvy-79gRrjQu81nXI7CfxaVXI--4y0v5d2A\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>. Acesso em: 18 set. 2021.

# 07



## **Metodologia BIM na construção civil**

---

*Luan Alves de Souza*  
*Deysiane Antunes Barroso Damasceno*  
*Tairine Cristine Bertola Cruz*  
*Fernando Henrique Fagundes Gomes*  
*Emanuel Bomtempo Matos*  
*Suymara Toledo Miranda*  
*Israel Iasbik*  
*Romulo Stefani Filho*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.7

## RESUMO

O Building Information Modeling (BIM) vem representando um passo importante na construção civil. Além de abrir novos horizontes na área, simplifica os métodos construtivos, tornando-os cada vez mais dinâmicos. Por isso, ressalta-se a importância de discorrer sobre o tema. Apesar das barreiras que ainda existem, os integrantes da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) vêm admitindo o BIM como uma transformação significativa, que traz em sua configuração a interoperabilidade, que é a comunicação mútua dos projetistas e projetos; a parametricidade, que possibilita a edição de objetos complexos; o levantamento de insumos, que se concretiza de forma automática e mais eficaz do que as técnicas remotas, resultando em orçamentos mais confiáveis; a geração de simulações, que opera em um ambiente realístico da edificação antes mesmo de sua construção. Constituindo parte das inúmeras vantagens do BIM, a sustentabilidade é uma característica fundamental em função do panorama atual. Certamente, no Brasil, não será uma adaptação ágil, mas gradual, que ocorrerá à medida que as exigências do BIM nos projetos forem intensificadas, sendo imprescindível uma ambientação dos softwares à realidade brasileira. Haverá necessidade de preparo tanto dos profissionais que já estão estabelecidos no mercado quanto dos que estão se formando, e para isso será indispensável que o ensino superior agregue em sua matriz curricular essa metodologia.

**Palavras-chave:** building information modeling. interoperabilidade. construção civil.

## ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) has been representing an important step in civil construction. In addition to opening new horizons in the area, it simplifies construction methods, making them increasingly dynamic. Therefore, the importance of discussing the topic is emphasized. Despite the barriers that still exist, the members of AEC (Architecture, Engineering and Construction) have been admitting BIM as a significant transformation, which brings interoperability in its configuration, which is the mutual communication of designers and projects; parametricity, which makes it possible to edit complex objects; the survey of inputs, which takes place automatically and more effectively than remote techniques, resulting in more reliable budgets; the generation of simulations, which operates in a realistic building environment even before its construction. Constituting part of the numerous advantages of BIM, sustainability is a fundamental characteristic in light of the current scenario. Certainly, in Brazil, it will not be an agile adaptation, but a gradual one, which will occur as the BIM requirements in the projects are intensified, making it essential to adapt the software to the Brazilian reality. There will be a need to prepare both professionals who are already established in the market and those who are graduating, and for this it will be essential that higher education add this methodology to its curricular matrix.

**Keywords:** building information modeling. interoperability. civil construction.

## INTRODUÇÃO

Há anos os sistemas CAD (Computer Aided Design ou Desenho Assistido por Computador) vêm sendo trabalhados pelos engenheiros e projetistas. Desenvolvidos na década de 80, o sistema ganhou força, principalmente no Brasil. Atualmente, a área da construção civil vem admitindo a metodologia BIM (Building Information Modeling ou Modelagem da informação da Construção), que traz muita praticidade e economicidade quando o assunto é construir. As técnicas mais remotas vão deixando de existir ou sendo complementadas à medida que a construção civil vai ganhando uma nova interface.

O advento da metodologia BIM trouxe uma série de transformações nesse mercado vasto da engenharia. Com o intuito de reduzir os impasses que surgem ao longo da fase de construção e vida útil de uma obra, sua implantação ainda enfrenta algumas barreiras, como o alto preço dos softwares disponíveis, resistência dos profissionais que ainda estão adeptos ao modelo tradicional de projetar, entre outros. No entanto, essa inovação no setor da construção civil vem se consolidando progressivamente.

É nessa circunstância que o BIM representa uma longa e progressiva caminhada para atender eficientemente a necessidade aparente da construção civil em reduzir drasticamente as falhas recorrentes das obras, em produzir orçamentos cada vez mais satisfatórios, em manipular grande quantidade de informações com maior clareza e agilidade, integrando várias áreas da construção num modelo em que todos tenham acesso e facilidade de articulação.

Assim, falar sobre o BIM é de essencial importância, pois essa metodologia está se consolidando no mercado da construção civil e acredita-se que em pouco tempo será difícil se estabelecer no mercado de trabalho sem ele. Engenheiros civis, arquitetos e projetistas em geral vêm se adaptando a essa inovação.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é difundir informações sobre a metodologia BIM, apresentando suas vantagens e impactos na construção civil, delimitando as dificuldades de sua implantação no Brasil.

## METODOLOGIA BIM

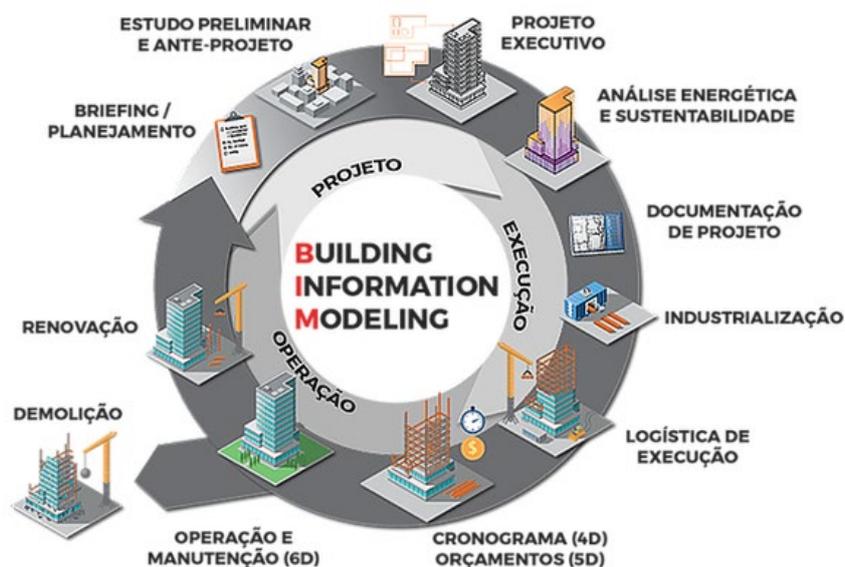
BIM (Building Information Modeling), traduzido para o português como modelagem da informação da construção, compreende o grupo de informações criadas e preservadas no decorrer da vida útil de uma edificação, embora a significação do termo vá muito mais além, e abrange uma série de vantagens desenvolvidas para facilitar a vida dos projetistas.

De maneira geral, o BIM se comporta como uma ponte entre as diversas fases da construção civil: projeto estrutural e arquitetônico, instalações hidrossanitárias e elétricas, orçamentação, planejamento e controle, entre outros. Assim, ele possibilita que todas as alterações feitas em uma área reflitam em todas as outras, minimizando as divergências que surgem ao longo de todos os processos da construção.

O termo como se conhece hoje só foi oficializado no início da década de 90, quando, começaram a desenvolver novos softwares, até chegar ao modelo atual, onde é possível trabalhar um projeto em n dimensões.

Pode-se acompanhar o ciclo de vida BIM em todas as suas fases na Figura 1:

Figura 1 - Ciclo de vida BIM.



Fonte: Martini (2018).

Nota-se que após planejar o empreendimento sobrevém o estudo preliminar e anteprojeto, onde se define as diretrizes a serem seguidas para a concretização do projeto executivo. A metodologia BIM consiste num aglomerado de informações que permitem a construção da realidade num modelo virtual, assim, toda a base de dados poderá sofrer alterações durante o ciclo de vida do empreendimento, desde o planejamento até sua demolição.

Para que um software se vincule ao BIM, ele deve apresentar quatro características fundamentais: a modelagem paramétrica, o levantamento de insumos, a interoperabilidade e a geração de simulações (MIRANDA; SALVI, 2019).

## Modelagem paramétrica

Andrade e Ruschel (2009) defendem que a utilização da modelagem paramétrica traz bastante flexibilidade e possibilidades de soluções de projeto, sem perda de tempo, oferecendo segurança e credibilidade.

A parametricidade assegura a geração de objetos editáveis, passíveis de alteração. Essa característica facultava suporte à plataforma BIM, e sem essa capacidade, o software é só um modelador tridimensional (ROSSO, 2011 *apud* MENEZES, 2011, p. 154). Assim, essa ferramenta possibilita que objetos com geometria complexa possuam também informações a si atribuídas, por exemplo, preço, disponibilidade em estoque, dimensões, material constituinte, fabricante, etc. Essas informações também são passíveis de manipulação.

## Levantamento de insumos

Essa etapa envolve o levantamento dos serviços a serem executados, seus quantitativos, preços unitários e o preço global do investimento (SANTOS *et al.*, 2014). Compreende a quinta dimensão dos processos, envolve o levantamento de quantitativos que possibilitará a orçamentação do projeto. Um orçamento preciso é essencial para a boa fluência dos procedi-

mentos que incumbem à construção.

O BIM traz essa possibilidade, pois a construção é criada virtualmente, mas fiel à realidade, os objetos trazem informações que tornam ágil o levantamento de insumos, evitando erros que aconteceriam nos sistemas tradicionais, em que todo levantamento ocorre por meio da análise dos projetos, feito manualmente e, portanto, sujeita a falhas. Além, é claro, da redução de tempo propiciada.

## **Interoperabilidade**

Essa ferramenta permite a troca e comunicação de dados entre programas através de uma linguagem universal denominada IFC (Industry Foundation Classes), como forma complementar de se desenvolver um projeto, contribuindo para flexibilidade de ideias e soluções, evitando incompatibilizações, já que todos os projetistas poderão compartilhar informações sem perda de dados ou trabalhos já realizados.

## **Geração de simulações**

A realização virtual da edificação viabiliza simulações, e através delas se torna possível fazer cronogramas mais completos e realistas, além da obtenção de uma melhor relação custo-benefício da obra.

Martins (2011) define a simulação ambiental como uma ferramenta capaz de produzir informações que exemplificam o comportamento da edificação em relação ao meio ambiente, podendo assim, serem usadas para proporcionar conforto térmico, luminoso e acústico. Os benefícios da simulação computacional abrangem a redução ou eliminação de erros, a possibilidade de diversas alternativas de projeto sem aumento do custo, a atribuição ao modelo desenvolvido de qualquer referenciamento geográfico a qualquer tempo, além da transposição da ideia do cliente.

## **EVOLUÇÃO DO BIM**

A evolução da metodologia BIM compreende um conjunto de tecnologias, processos e políticas, sua adaptação na construção civil tem sido gradual. Os primeiros softwares desenvolvidos para projetistas denominaram-se sistemas CAD (Computer Aided Design), conhecido genericamente como desenho assistido por computador, no qual o plano de trabalho era bidimensional e também consideravelmente limitado, isso ainda no início da década de 80. Antes disso, os projetos eram todos manuais, o que envolvia tarefas complexas e grande despendimento de tempo.

Com o decorrer do tempo e maior quantidade de estudos voltados para a computação gráfica, a tecnologia BIM foi sendo inserida nos sistemas CAD.

Foggiatto *et al.* (2007) afirmam que com a inserção da modelagem tridimensional de forma paramétrica nos sistemas as empresas tiveram que adequar-se ao novo modo de operação, além dos investimentos para a qualificação da equipe de trabalho, esse novo paradigma trouxe profundas mudanças na maneira de projetar. A flexibilidade dos modelos tridimensionais justifica toda a energia gasta na transição entre os dois sistemas mencionados.

Nessa linha do tempo, destacam-se três gerações de BIM, designadas como BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0. A era BIM 1.0 representa a emergência dos aplicativos baseados em objetos paramétricos cujas principais características são: capacidade de coordenação, rápida produção de documentos e adição de informações aos objetos (TOBIN, 2008 *apud* ANDRADE; RUSCHEL, 2009, p. 605).

Posteriormente a era BIM 2.0 traz consigo a interoperabilidade em que o compartilhamento de dados se torna mais dinâmico. E por fim, com a era 3.0 torna possível processar grande quantidade de informações continuamente. Era onde as equipes de trabalho utilizam modelos integrados, construindo um modelo único de edificação, permitindo o desenvolvimento conjunto desse protótipo, constituindo uma base de dados completa (TOBIN, 2008 *apud* ANDRADE; RUSCHEL, 2009, p. 606).

## COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CAD TRADICIONAIS E BIM

Coelho e Novaes (2008) afirmam que o sistema BIM é constituído por um banco de dados que, além de exibir o plano tridimensional geométrico dos elementos, armazena suas atribuições, transmitindo mais informações que os sistemas CAD tradicionais.

O conteúdo armazenado compreende a representação gráfica, numérica e textual. A ideia é de que um mesmo arquivo de projeto possua todos os dados inerentes ao mesmo, dessa maneira, os conflitos ao longo dos processos de elaboração e concepção dos projetos são reduzidos substancialmente, o que torna o BIM uma ferramenta mais precisa que os sistemas CAD clássicos.

Conforme Eastman *et al.* (2008 *apud* Andrade e Ruschel, 2009, p. 603), a modelagem paramétrica e a interoperabilidade são as duas principais características do BIM que o diferencia dos sistemas de CAD.

A introdução de modelos tridimensionais paramétricos pelo BIM tem oferecido várias vantagens sobre as abordagens bidimensionais (BARAK *et al.*, 2009 *apud* LINO *et al.*, 2009, p. 2). Foi alterado o tipo de documentação de base utilizada na construção, transformando-a de um tipo de documentos legível somente por humanos (desenhos) para novas representações de dados que passaram a ser interpretáveis pelos computadores (JEONG *et al.*, 2009 *apud* LINO *et al.*, 2009, p.2).

Como é possível notar, o BIM se destaca como sendo consideravelmente mais completo, onde é possível acompanhar a obra em toda sua existência, uma vez que as informações relacionadas aos projetos estarão armazenadas.

## SOFTWARES INTEROPERÁVEIS

A AUTODESK é a grande autora dos programas mais conhecidos voltados para a construção civil e dentre os mais trabalhados dentro do sistema BIM está o Revit, sua utilização cresceu de forma ampla nos últimos anos. Outro programa de crescente utilização dentro do sistema BIM é o ArchiCAD, que é o precursor do Building Information Modeling, desenvolvido pela GRAPHISOFT.

No Quadro 1 são citados outros softwares interoperáveis e seus respectivos fabricantes e atribuições.

**Quadro 1 - Softwares que trabalham BIM.**

Software	Fabricante	Atribuições
Revit Architecture	Autodesk	Projetos Arquitetônicos
Revit Structure	Autodesk	Projetos Estruturais
Revit MEP	Autodesk	Projetos de Instalações
Archicad	Graphisoft	Projetos Arquitetônicos e Plug-ins para Instalações
Vector Works	Nemetschek	Projetos Arquitetônicos
Navis Works	Autodesk	Gerenciamento e Compatibilização
Bentley Architecture	Bentley	Projetos Arquitetônicos
3d CAD Architecture	Ashampoo	Projetos Arquitetônicos
Multi BIM	Multiplus	Todos os Projetos
Active 3D	Archimen	Projetos Arquitetônicos
Risa 3D	Risatech	Projetos Estruturais
Tekla BIM	Tekla	Arquitetura e Estrutura
Robot	Autodesk	Estrutura

Fonte: Farinha (2012).

De acordo com Silva (2015), a escolha do software não será exclusiva, pois utilizando a linguagem IFC, é possível um modelo de intercâmbio em três dimensões, ou seja, não é necessário utilizar apenas um desses programas, podendo compartilhar projetos e informações entre todos eles. Cada projetista escolherá o programa que melhor se adaptar.

## VANTAGENS ATRIBUÍDAS AO USO DA METODOLOGIA BIM

### União dos setores da construção

Como já mencionado algumas vezes, umas das principais vantagens do BIM é que ele traz um ambiente de trabalho colaborativo, em que os setores energético, hidráulico, estrutural, arquitetônico e os demais envolvidos podem interagir e compartilhar dados. Essa união dos setores tem elevada importância, pois por meio dela os resultados são melhores e o empreendimento caminha congruente com a ideia concebida inicialmente, isso quer dizer que essa união torna o projeto um caminho uno, reduzindo radicalmente as incorreções que podem surgir.

Essa colaboração parte de uma base de dados unificada compartilhada. Scheer *et al.* (2007) *apud* Farinha (2012) sustentam que com essa base de dados vários projetistas conseguem trabalhar de maneira conjunta. Quando se altera algo no projeto arquitetônico, exemplificando, todos os outros projetos integrados nessa base de dados se modificam também à medida que o modelo vai sendo atualizado.

### Orçamentação otimizada

A viabilidade de um empreendimento está estreitamente ligada à disposição orçamentária do cliente, nesse ponto de vista, lançar um orçamento consistente sem variações relevantes, transmite confiança para ambas as partes envolvidas.

É nesse momento que o BIM surge para aprimorar as técnicas utilizadas até então, pois a utilização de técnicas obsoletas leva a um orçamento inconsistente e quanto mais detalhado e certo ele for, melhor será para o proprietário do empreendimento, que se organizará com mais cautela, e para o orçamentista, que obterá mais segurança e confiabilidade. Koelln (2015) descreve duas ferramentas relativas ao estudo da geração de custo por meio do BIM: a primeira valida a modelagem da edificação, assim como o levantamento quantitativo do modelo, a segunda fundamenta-se no modelo criado para obter as quantidades dos elementos de custo direto das diferentes posições de um orçamento.

“As quantidades de elementos construtivos, a exemplo de portas e janelas, elementos de instalações, como metragem de tubulação hidrossanitária, ou ainda de determinados materiais, podem ser extraídas de um modelo BIM 3D.” (KOELLN, 2015, p. 13). Ainda segundo Koelln (2015), há diversas possibilidades de extrair essas quantidades do modelo, seja por geração de planilhas ou no aprofundamento do uso de ferramentas BIM nos processos de gerenciamento de custos.

Koelln (2015) defende que a mais importante condição dentro da modelagem de informação é a consistência do modelo desenvolvido. E deverá ser trabalhado de maneira uniforme e diligente, para que o levantamento quantitativo seja possível e a orçamentação viável. Ainda na linha de raciocínio de Koelln (2015), é admissível a utilização de um fator de multiplicação, ou seja, é possível modelar as paredes de um pavimento de um prédio de cinco andares, para posteriormente multiplicar por cinco, sendo importante anotar todas as regras e padrões utilizados na elaboração do modelo.

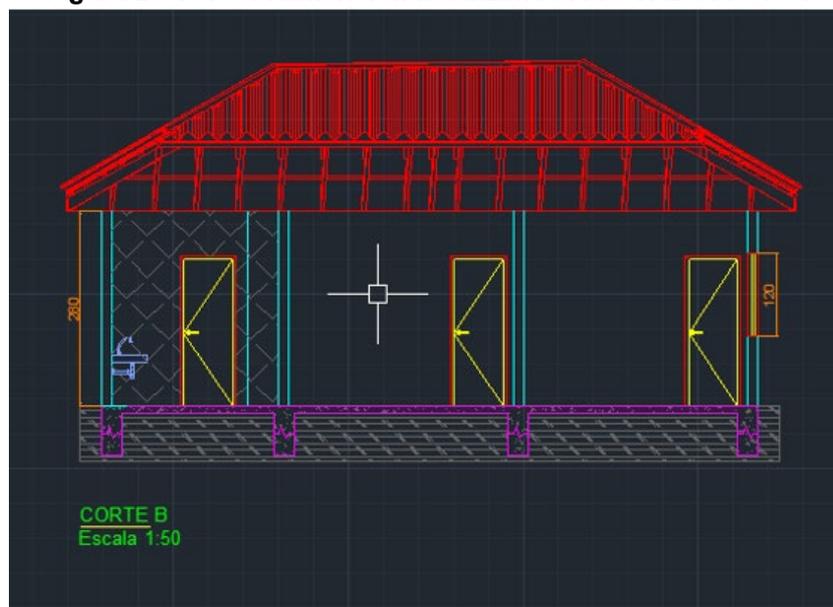
Esse método de abordagem da quinta dimensão traz uma economia de tempo considerável, já que os quantitativos serão levantados automaticamente em um mesmo conjunto de informações que servirá de orientação para o orçamentista finalizar seu trabalho com eficiência e agilidade.

## **Estruturação dos cortes do projeto**

Na fase inicial dos projetos da construção civil são definidos os cortes que facilitarão a visualização da obra. Os sistemas bidimensionais trazem cortes pouco detalhados visualmente e sem riqueza de informações. Através dos softwares interoperáveis é possível extrair esses cortes com mais praticidade, como se pudessem realmente visualizá-lo dentro da própria construção.

Nas Figuras 2 e 3 é possível notar a diferença das visualizações dos cortes em software tradicional e interoperável, respectivamente.

Figura 2 - Corte bidimensional utilizando AutoCAD clássico.



Fonte: Autor (2020).

Figura 3 - Corte tridimensional utilizando Revit.



Fonte: André (2018).

## SUSTENTABILIDADE E BIM

A sustentabilidade dentro da construção civil é um tema relevante, uma vez que o setor é responsável pela geração de grandes volumes de resíduos em razão de fatores adversos, dentre eles o retrabalho, que ocorre quando algo que não foi previsto na fase de projeto, ou não foi alterado ainda em projeto, precisa ser refeito no decorrer da obra, gerando desperdício de materiais e, conseqüentemente, mais entulhos, além de atrasos no cronograma e alteração no orçamento previsto.

Um dos principais objetivos da metodologia BIM é aprimorar os projetos, compatibilizando-os a fim de prevenir erros e retrabalhos. Assim, pode-se deduzir que promover a sustentabilidade é uma das vantagens relacionadas a essa metodologia.

Além disso, como destaca Antunes (2013), eficiência energética e sustentabilidade de-

vem se fundir. Nesse contexto, surgem projetos com finalidade de minimizar substancialmente o consumo de recursos energéticos e tornar sua utilização mais consciente. Várias ferramentas, baseadas na metodologia BIM, capazes de acompanhar desde a concepção até a manutenção e exploração da edificação, tem despontado nesse aspecto.

Para a obtenção de edificações de alta eficiência energética desenvolveu-se novos softwares que incorporaram o BIM e permitiram simulações energéticas sem o trabalho de transferir manualmente o projeto. Com esse grande passo se tornou possível obter um alto desempenho energético com o menor gasto de materiais e desperdício de energia.

Segundo Amorim (2010) *apud* SANTOS e COUTO (2015, p. 177), as ferramentas BIM promovem a sustentabilidade dos empreendimentos, através da análise dos elementos construtivos e do desempenho energético, resultando em projetos mais detalhados e fidedignos, reduzindo a perda de recursos naturais e impactos na obra.

Portanto, o uso do BIM permitirá a previsão dos consumos energéticos e seus custos de utilização com credibilidade, usando de estimativas mais realistas na fase inicial de projeto, assegurando decisões antecipadas que mudarão todos os processos de construção positivamente (SANTOS; COUTO, 2015).

## **OBSTÁCULOS DA CONSOLIDAÇÃO DO BIM NO BRASIL**

No cenário atual brasileiro, o BIM ainda é pouco trabalhado entre os pequenos profissionais, somente algumas empresas adotaram o sistema em sua forma de trabalhar. O alto preço dos softwares e dos hardwares que executam os programas BIM é um fator que influencia nesse déficit de adesão ao sistema.

Outro aspecto que dificulta muito a consolidação do BIM é a falta de engajamento das universidades, que não contemplam o tema e/ou disciplinas de modelagem em BIM em suas matrizes curriculares. Dessa forma, o futuro profissional precisa buscar cursos extraclasse para se atualizar.

Somando-se a esses fatores, alguns profissionais ainda estão adeptos ao modelo tradicional de projetar. Falta um conhecimento mais aprofundado sobre as vantagens que o BIM pode oferecer, para que com esse conhecimento possam perceber que os benefícios dessa metodologia de trabalho são superiores as exigências de sua implementação.

Koelln (2015) afirma que outro problema proeminente para que o BIM seja implantado efetivamente é a discordância com a realidade brasileira. A origem da maioria dos programas disponíveis é estrangeira, conseqüentemente seus padrões e normas de programação também são, sendo necessária uma adaptação às normas nacionais. Porém, esse cenário vem sofrendo mudanças positivas e há esforços para gerar tecnologia BIM de origem nacional, além da inclusão de características brasileiras em softwares de procedência estrangeira.

Na mesma linha, é imprescindível uma mudança cultural por parte das organizações. As empresas se assustam com a promessa de mudança significativa em sua organização interna e na forma de se relacionar com outras empresas.

A consolidação do BIM no Brasil ocorre de forma gradual e lenta, é necessária uma

reeducação e reestruturação dos profissionais e empresas. Como é uma metodologia aplicada recentemente no país, ainda é evidente que há um enorme caminho a ser percorrido.

## VISÃO FUTURISTA DO BIM

O setor da construção civil sempre foi acompanhado pelo avanço tecnológico. O BIM e a tecnologia que o complementa vem deixando suas marcas para um futuro promissor na construção civil. A partir de 2021 será exigido, no Brasil, o uso do BIM nos projetos, conforme o decreto 9.377 de 2018, sancionado pela câmara dos deputados.

DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018

Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling.

**O PRESIDENTE DA REPÚBLICA**, no uso da atribuição que lhe confere o art. 84, caput, inciso VI, alínea "a", da Constituição,

### **DECRETA:**

Art. 1º Fica instituída a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em Building Information Modelling - BIM e sua difusão no País.

Parágrafo único. Para os fins do disposto neste Decreto, entende-se o BIM, ou Modelagem da Informação da Construção, como o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção.

Art. 2º A Estratégia BIM BR tem os seguintes objetivos específicos:

- I - difundir o BIM e seus benefícios;
- II - coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III - criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV - estimular a capacitação em BIM;
- V - propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI - desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII - desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII - estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e
- IX - incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

Assim, as empresas precisarão se atualizar de forma expedita em relação ao BIM, adaptando suas equipes a essa nova forma de trabalhar. Além disso, os novos profissionais precisarão se qualificar para garantirem seu espaço no mercado de trabalho.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que apesar dos fatores que delongam a implantação do BIM no Brasil, existe um esforço importante para que o contexto construtivo seja atualizado. Sendo assim, poder-se-á ver num futuro não distante as edificações sendo projetadas num ambiente composto por várias dimensões, o que trará uma sucessão de benefícios quando o quesito é projetar com eficiência, sem desperdício de tempo, orçamentar de modo fidedigno, compartilhar dados dinamicamente, sem muitas perdas e incompatibilidades. Aproximando ao máximo a ideia do cliente a construção executada, além de oferecer mais segurança e confiabilidade.

Portanto, o gerenciamento de obras será fortemente enriquecido quando o BIM se expandir no mercado. Haverá um acompanhamento real das fases da construção e aprimoramento dos procedimentos aplicados. As simulações contribuirão fortemente para conter a perda de recursos, o que refletirá nitidamente na sustentabilidade.

Nenhuma técnica é perfeita, os sistemas de projeção precisam ser aperfeiçoados de forma contínua. Os softwares ainda não são 100% interoperáveis, as simulações não são totalmente representativas do comportamento da edificação, mas o BIM representa um passo essencial para se alcançar os objetivos visados pelo setor construtivo. Essa metodologia representa atualmente uma porta de entrada para o futuro da construção civil.

## REFERÊNCIAS

DE ANDRADE, Max Lira Veras X.; RUSCHEL, Regina Coeli. BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, n° 9, 2009, São Carlos – SP. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. Universidade de São Paulo (São Paulo): p. 602- 613.

ANDRÉ, Luis. CORTE PERSPECTIVADO NO REVIT. Disponível em: <<https://qualificad.com.br/corte-perspectivado-no-revit/>> Acesso em: 14 set. 2020.

ANTUNES, Daniel Alexandre Estilita. Integração de modelos BIM com redes de sensores num edifício. 2013. (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e computadores) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (Portugal), 2013.

AMORIM, Sergio. BIM – Building Information Modelling: Uma tecnologia para o futuro imediato da construção. Sinduscon-Rio. 2010, pp. 13-31 apud SANTOS, Luís M.; COUTO, João Pedro. Ferramentas e processos bim de avaliação e otimização energética em edifícios BIM. Porto (Portugal): 2015. 174-178 p.

BARAK, R. [et al.] (2009). Unique Requirements of Building Information Modeling for Cast-in-Place Reinforced Concrete. Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 23, pp. 64-74 apud LINO, José Carlos; AZENHA, Miguel; LOURENÇO, Paulo. Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas. In: BE2012-ENCONTRO NACIONAL BETÃO ESTRUTURAL, 2012, Porto (Portugal): 2012. p. 1-10.

CÂMARA DO DEPUTADOS. Legislação Informatizada - DECRETO Nº 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018 - Publicação Original. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9377-17-maio-2018-786731-publicacaooriginal-155623-pe.html>> Acesso em: 16 set. 2020.

COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Celso Carlos. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: Anais do VIII Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, São Paulo, 2008.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008 apud DE ANDRADE, Max Lira Veras X.; RUSCHEL, Regina Coeli. BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, n° 9, 2009, São Carlos – SP. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. Universidade de São Paulo (São Paulo): p. 602- 613.

FARINHA, Marcel Cassandri Romero. Exemplo de compatibilização de projetos utilizando a plataforma BIM (Building Information Modeling). 2012. 115 fohas. (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2012.

FOGGIATTO, José Aguiomar; VOLPATO, Neri; BONTORIN, Ana Carolina Bueno. Recomendações para modelagem em sistemas CAD-3D. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2007. p. 91.

GILDA LÚCIA BAKKER BATISTA DE MENEZES. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. Natal: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, 2011. 152-171 p.v.18.

JEONG, Y.-S. [et al.] (2009). Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete. *Automation in Construction*, Vol. 18, pp. 469-484 apud LINO, José Carlos; AZENHA, Miguel; LOURENÇO, Paulo. Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas. In: BE2012-ENCONTRO NACIONAL BETÃO ESTRUTURAL, 2012, Porto (Portugal): 2012. p. 1-10.

KOELLN, Friedrich Pfeifer. Tecnologia BIM na construção civil: composição de custo direto. 2015. 92 folhas. (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2015.

LINO, José Carlos; AZENHA, Miguel; LOURENÇO, Paulo. Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas. In: BE2012-ENCONTRO NACIONAL BETÃO ESTRUTURAL, 2012, Porto (Portugal): 2012. p. 1-10.

MARTINI, Gustavo. BIM e as políticas públicas no Brasil. Disponível em: <<https://www.gmarquiteturaengenharia.com/single-post/2018/03/10/BIM-E-AS-POLITICAS-P%C3%9ABLICAS-DO-BRASIL>> Acesso em: 24 set. 2020.

MARTINS, Paola Caliarri Ferrari. A interoperabilidade entre sistemas BIM e simulação ambiental computacional: estudo de caso. 2011. 229 folhas. (Programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo) - Faculdade de arquitetura e urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MIRANDA, Rian das Dores de; SALVI, Levi. Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 2019.79-98 p.v.7.

ROSSO, S. M. Especial - BIM: quem é quem. São Paulo: jul. 2011. v. 208 apud GILDA LÚCIA BAKKER BATISTA DE MENEZES. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. Natal: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, 2011. 152-171 p.v.18.

SANTOS, Luís M.; COUTO, João Pedro. Ferramentas e processos bim de avaliação e otimização energética em edifícios BIM. Porto (Portugal): 2015. 174-178 p.

SCHEER, Sergio *et al.* Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura. 2007. 07f. Workshop Brasileiro de Gestão de Projetos da Construção Civil. Curitiba, 2007. Disponível em: ><http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-30.pdf>>. Acesso dia: 18/09/2011 apud FARINHA, Marcel Cassandri Romero. Exemplo de compatibilização de projetos utilizando a plataforma BIM (Building Information Modeling). 2012. 115 fohas. (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2012.

DA SILVA, Fabiana Dias; SALGADO, Mônica Santos; DA SILVA, Carolina Mendonça. Plataforma BIM, retrofit e sustentabilidade ambiental: estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro. In: VII Encontro de

tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, n. 2, 2015. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015. p. 1-12.

TOBIN, J. Proto-Building: To BIM is to Build. AECbytes, 28 mai. 2008. Disponível em: < <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html> > Acesso em: 3 out. 2008 apud DE ANDRADE, Max Lira Veras X.; RUSCHEL, Regina Coeli. BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, n° 9, 2009, São Carlos – SP. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. Universidade de São Paulo (São Paulo): p. 602- 613.

## **Pavimentos permeáveis em regiões urbanas**

---

*José Renato Miranda Morais Garcia  
Rony Rogério Paulino da Costa  
Suymara Toledo Miranda  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Emanuel Bomtempo Matos  
Israel Iasbik  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Romulo Stefani Filho*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.8

## RESUMO

A impermeabilização do solo é uma característica dos centros urbanos, que retira a capacidade do solo em absorver água, causando enchentes e inundações. Para sanar esses problemas tem-se feito o uso de novas técnicas construtivas e uma das opções é o concreto permeável. Trata-se de um material com um índice elevado de poros e possibilita a percolação da água, para uma eventual drenagem. Neste contexto, esse trabalho tem como objetivo, a partir de uma revisão bibliográfica, apresentar o concreto permeável como um possível material a ser utilizado em pavimentos, descrever suas características, tipos de aplicação, vantagens e desvantagens. Pode-se observar que o concreto permeável reduz efetivamente os impactos ambientais negativos associados a pavimentos impermeáveis, como poluição de águas pluviais, ilhas de calor, erosão do solo, ruído do tráfego, barreiras acústicas e alagamentos, sendo considerado um material promissor para ser utilizado no Brasil.

**Palavras-chave:** concreto permeável. gestão de águas pluviais. pavimento sustentável.

## ABSTRACT

Soil waterproofing is a characteristic of urban centers, which removes the soil's ability to absorb water, causing floods and floods. To remedy these problems, new construction techniques have been used and one of the options is permeable concrete. It is a material with a high index of pores and allows water to percolate, for eventual drainage. In this context, this work aims, from a bibliographic review, to present permeable concrete as a possible material to be used in pavements, to describe its characteristics, types of application, advantages and disadvantages. It can be seen that the permeable concrete effectively reduces the negative environmental impacts associated with impermeable pavements, such as rainwater pollution, heat islands, soil erosion, traffic noise, acoustic barriers and flooding, being considered a promising material to be used in Brazil.

**Keywords:** permeable concrete. rainwater management. sustainable pavement.

## INTRODUÇÃO

A impermeabilização do solo é uma característica dos centros urbanos, realizada para melhoria na qualidade das edificações e facilidade de acesso. Porém, esse procedimento retira a capacidade do solo em absorver água, causando enchentes, inundações e contribui para produção de ilhas térmicas urbanas.

Uma das possíveis soluções para a diminuição de inundações, diminuição do escoamento superficial e dos alagamentos é o uso do concreto permeável como pavimento.

O concreto permeável é um material de pavimentação caracterizado por uma estrutura porosa que permite que a água se infiltre através dele, apresentando inúmeros benefícios ambientais: auxilia na diminuição de enxurradas e enchentes, reduz e elimina a necessidade de tanques de retenção, possibilita a reutilização da chuva, além de reduzir o custo do tratamento de água pluvial. Porém, o concreto permeável não suporta cargas muito elevadas, além da possibilidade de óleos e outros materiais contaminantes poderem penetrar no pavimento e contami-

nar o solo.

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo, a partir de uma revisão bibliográfica, apresentar o concreto permeável como um possível material a ser utilizado em pavimentos, descrever suas características, tipos de aplicação, vantagens e desvantagens e estudos atuais sobre o tema.

No Brasil a tecnologia ainda não é popularizada e visando a sustentabilidade que poderá ser alcançada, mais estudos deverão ser realizados para sua implementação. O processo de mudança pode ser demorado, porém necessário em um futuro próximo.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Drenagem urbana – impactos da impermeabilização do solo

A drenagem urbana é um fator importante nas estradas e pavimentos, visa diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilita o desenvolvimento urbano de forma sustentável. Quando a drenagem é projetada ou implementada incorretamente, cria poças de água, cuja presença pode causar muitos efeitos indesejáveis (CHMIELEWSKI *et al.*, 2016).

A impermeabilização de diversas áreas provoca o aumento da vazão, que por sua vez, gera o aumento de volume da água que segue para a rede de drenagem e, como a mesma não suporta todo o volume, culmina em problemas de inundações e alagamentos. De acordo com Tucci (2012), o escoamento aumenta o desgaste de condutores e canos, afetando o ciclo hidrológico, causando um aumento de até seis vezes o tamanho das bacias urbanizadas em relação às bacias naturais.

### O que é o concreto permeável – contexto histórico

Nos anos 1945- 1950 se desenvolveu o concreto permeável na França. O concreto asfáltico da época, ligado ao excesso de vazios, não teve êxito como primeira experiência, já que não sustentou as ligações das estruturas. Somente após duas décadas que países como a própria França, os Estados Unidos, o Japão e a Suécia, voltaram a pesquisar sobre esse tipo de material (FINOCCHIARO e GIRARDI, 2017).

O concreto permeável começou a ser fabricado em 1980, sendo considerado um novo material de pavimentação caracterizado por uma estrutura porosa permitindo que a água se infiltre através dele, com inúmeros benefícios ambientais (BONICELLI *et al.*, 2016; COUTINHO *et al.*, 2016; SHAFIQUE *et al.*, 2018), e vem sendo cada vez mais utilizado como alternativa ecológica aos pavimentos impermeáveis tradicionais (HEIN *et al.*, 2013). Os concretos permeáveis fazem parte de uma abordagem sustentável de drenagem em que o excesso de água superficial é estimulado a se infiltrar em sua estrutura, durante a qual elementos potencialmente tóxicos, como metais e hidrocarbonetos, são tratados por biodegradação, aprisionamento físico e armazenamento (CHARLESWORTH *et al.*, 2017).

O concreto permeável é apresentado na NBR 16416-2015 (ABNT, 2015), que entrou em vigor em seis de setembro de 2015, estabelecendo requisitos mínimos exigíveis ao projeto, especificação, execução e manutenção de pavimentos permeáveis de concreto, moldados no local

ou construídos com revestimentos de peças de concreto intertravadas e placas de concreto. Esta norma define que os pavimentos permeáveis devem permitir a percolação (passagem de água por um material permeável) de 100% da água total precipitada incidente sobre esta área, bem como a totalidade da precipitação sobre as áreas de contribuição consideradas no projeto.

## Características do concreto permeável

Os sistemas de concreto permeável reduzem efetivamente os impactos ambientais negativos associados a pavimentos impermeáveis, incluindo poluição de águas pluviais, ruído do tráfego, ilhas de calor, erosão do solo (HEIN *et al.*, 2013), barreiras acústicas e neblina (Fig. 1) (CHMIELEWSKI *et al.*, 2016).

**Figura 1- Dupla camada de pavimento poroso em estrada na Suécia – tempo chuvoso sem neblina característica atrás dos veículos.**



**Fonte: Chmielewski et al. (2016)**

A sua adoção também contribui para a manutenção dos aquíferos subterrâneos, redução da velocidade e da quantidade do escoamento superficial dessas águas (COSTA *et al.*, 2019), diminui o risco e o número de acidentes, removendo a película de água da estrada (CHMIELEWSKI *et al.*, 2016) e desenvolvem temperaturas menores em sua superfície quando comparados aos pavimentos de concreto convencional e pavimentos asfálticos (COSTA *et al.*, 2019).

O concreto permeável é importante na eliminação de problemas ambientais e urbanos enfrentados com a impermeabilização do solo. Essas estruturas são pouco utilizadas no Brasil para o gerenciamento de águas pluviais, considerado um dos grandes problemas hidrológicos em muitas cidades do país, com taxas crescentes de urbanização (COUTINHO *et al.*, 2016).

Sua característica de alta drenabilidade geralmente não correspondem à alta resistência e boas condições de superfície quando submetidas ao tráfego de veículos. Até o momento, as aplicações de concreto permeável são limitadas a determinadas áreas urbanas, além do projeto de mistura e os padrões de construção ainda não estarem bem definidos (BONICELLI *et al.*, 2016).

No estudo realizado por Costa *et al.* (2019), um concreto permo-poroso foi produzido para identificar as possíveis vantagens advindas da utilização desse composto em pavimentos urbanos de baixo tráfego. Os resultados obtidos demonstraram que o limite mínimo de compressão axial estabelecido pela NBR 16416 (ABNT, 2015) para utilização em pavimentos de baixo

tráfego foi alcançado, que é de 2 MPa, permitindo ser empregado em estacionamentos, passeios e praças.

## Propriedades do concreto permeável

O projeto de concreto permeável está estritamente relacionado à sua utilização final, aos tipos de carga que são aplicadas no pavimento e às necessidades ecológicas do ambiente (BONICELLI *et al.*, 2016), variando de acordo com o comportamento hidrológico dos elementos do solo (COUTINHO *et al.*, 2016) e com o tipo de solo nativo subjacente. Isso ocorre porque o solo nativo possui maiores taxas de infiltração, sendo capaz de absorver grande parte do escoamento pluvial e evitando o encharcamento da superfície do pavimento (SHAFIQUE *et al.*, 2018).

A porosidade de misturas de concreto permeável pode ser crítica para seu desempenho e é um parâmetro comumente medido. Apesar da região dos 25mm superiores aparentarem ter maior porosidade, em algumas amostras evidências de porosidade foram encontradas até 100mm abaixo da superfície (MARTIN e PUTMAN, 2016).

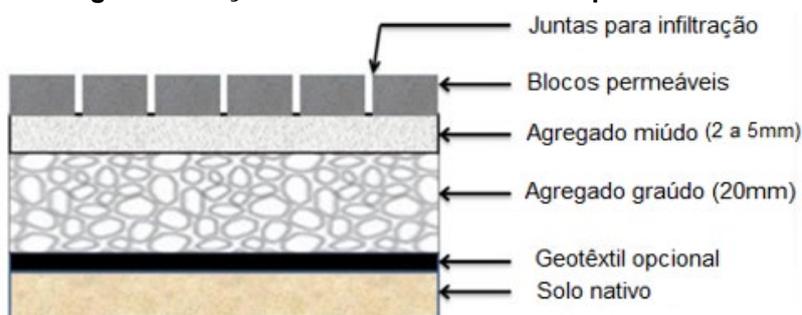
Uma superfície porosa bem desenhada, fabricada e com as devidas manutenções é capaz de resistir aos períodos cíclicos de temperatura (CHMIELEWSKI *et al.*, 2016). A massa do sedimento fino (partículas menores que 38  $\mu\text{m}$ ) é um fator de influência importante. (KAYHANIAN *et al.*, 2012).

A padronização de misturas do concreto permeável para todos os países é indevida, devendo ser determinada de acordo com o clima (CHMIELEWSKI *et al.*, 2016).

## Materiais utilizados

De acordo com Costa *et al.* (2019), o concreto permeável é composto por ligante hidráulico, material britado de graduação uniforme, água e pouca ou nenhuma quantidade de agregado miúdo (Fig. 2). Pode-se adicionar o uso de uma combinação de diferentes tipos de adições e aditivos que possuem a finalidade de atribuir ao concreto melhor desempenho, durabilidade, resistência e trabalhabilidade.

Figura 2 - Seção transversal do concreto permeável.



Fonte: Shafique *et al.* (2018)

A mistura deve ser cuidadosamente analisada e uma série de ações devem ser tomadas, para reunir informações sobre seu comportamento em condições adequadas (CHMIELEWSKI *et al.*, 2016). Não existe uma mistura ótima em termos absolutos, e o projeto deve abranger sobre a energia de compactação. Um estudo de campo para a definição da correspondência entre o laboratório e a compactação *in situ* é sugerido (BONICELLI *et al.*, 2016).

Para os vazios interligados entre si, característicos do concreto permeável, um dos métodos para obtenção de sua configuração é a de substituir o agregado miúdo (areia) por cimento, água e agregado graúdo (brita, agregado graúdo de demolição ou/e de construção, cascalho), apresentando praticamente nenhuma quantidade de finos na mistura (FINOCCHIARO e GIRARDI, 2017).

Alguns estudos compararam diferentes proporções dos materiais utilizados. Coutinho *et al.* (2016) concluíram que os vazios devem ser preenchidos com solos o mais permeáveis possíveis e solos finos, com baixa permeabilidade, devem ser evitados. Costa *et al.* (2019) concluíram que a composição que obteve o melhor desempenho nos ensaios mecânicos e de condutividade hidráulica realizados em relação à proporção de cimento / agregado graúdo em massa foi o de 1:5. Shen *et al.* (2008) testaram o asfalto poroso confeccionado com agregado sintético leve granulado (GSLA) e observaram que o mesmo exibe um bom formato de partícula, com menor gravidade específica, maior solidez e maior absorção de água do que a brita convencional, sendo a mistura de 15% de substituição de GSLA a mais adequada.

## Tipos de concreto permeáveis

Os pavimentos permeáveis de concreto podem ser executados com as tipologias de: peças de concreto com juntas alargadas ou com áreas vazadas, peças de concreto permeável, placas de concreto permeável e concreto permeável moldado no local (Fig. 3) (FINOCCHIARO e GIRARDI, 2017). De acordo com a NBR 16416-2015 (ABNT, 2015), as placas de concreto permeável, de acordo com esta norma são componentes pré-moldados de concreto em que a água infiltra pela própria placa e não pelas juntas. Além das placas, outro tipo de pavimento são os blocos, que se comportam de forma semelhante, porém com intertravamento e com menores dimensões. Os concretos permeáveis mais porosos necessitam de mais cimento, quase sem agregados miúdos e água na composição.

**Figura 3 - Tipologia de revestimentos.**



Fonte: Nigri (2017).

## Manutenção dos pavimentos que utilizam o concreto permeável

Manter os pavimentos de concreto permeável viáveis requer a manutenção de sua capacidade de infiltrar água. Sua natureza porosa faz com que sólidos, como partículas de solo e matéria orgânica transportada pelo escoamento superficial, fiquem presos na superfície ao longo do tempo, diminuindo gradualmente a taxa de infiltração. O pavimento, se não receber manutenção necessária, ficará cada vez mais obstruído (SHAFIQUE *et al.*, 2018).

Benefícios sustentáveis dessas estruturas simples devem ser monitorados para garantir sua viabilidade, além de mostrar que pavimentos permeáveis podem ser facilmente mantidos por meio de uma manutenção de rotina economicamente viável.

Hein; Dougherty; Hobbs(2013) estudaram a eficácia do sopro elétrico, lavagem por pressão e aspiração (Fig. 4), bem como uma combinação desses métodos para melhorar a taxa de infiltração em pavimentos de concreto permeável de pequenas áreas. A lavagem, a pressão e a aspiração são igualmente eficazes como técnicas de limpeza inicial, ambas aumentando a taxa de infiltração da superfície em mais de 90%. Ganhos aproximadamente iguais em taxa de infiltração de superfície em concretos permeáveis podem ser obtidos por lavagem à pressão ou aspiração separadamente. A combinação de aspiração e lavagem a pressão oferece ganhos substanciais em relação a qualquer um dos métodos isoladamente. Benefícios sustentáveis dessas estruturas simples devem ser monitorados para garantir sua viabilidade, além de mostrar que pavimentos permeáveis podem ser facilmente mantidos por meio de manutenção de rotina barata.

Figura 4 - Tipos de aparelhos utilizados para manutenção do concreto permeável



Fonte: Hein et al. (2013)

## Vantagens e desvantagens do concreto permeável

### Vantagens

De acordo com Balbo (2020), as principais vantagens do uso do concreto permeável são:

- A. Diminuição do escoamento superficial causado pelas águas das chuvas;
- B. Diminuição do fluxo de água nos sistemas de drenagem urbana;
- C. Diminuição da quantidade de elementos drenantes dos sistemas convencionais de drenagem;
- D. Redução de erosão dos canais a jusante, muitas vezes causado pelo aumento de

- fluxo de água nos sistemas drenantes urbanos convencionais;
- E. Possível filtragem das águas percoladas pelo pavimento permeável;
  - F. Possibilidade da redução de construções de piscinões para contenção das águas das chuvas;
  - G. Ajuda no controle das ilhas de calor nos grandes centros, aumentando o albedo (quantidade de luz que é difundida ou refletida por uma superfície) e, conseqüentemente, possibilitando pavimentos mais frios;
  - H. Ajuda na captura de óxidos de nitrogênio que são lançados na atmosfera por veículos e indústrias;
  - I. Pavimento aderente para automóveis e bicicletas;
  - J. Menor armazenamento de energia na estrutura do pavimento;
  - K. Baixa condutividade térmica para as camadas subjacentes do pavimento;
  - L. Redução do consumo de energia para a iluminação viária dos pavimentos;
  - M. Conforto térmico maior próximo à superfície.

## Desvantagens

Ainda segundo Balbo (2020), as principais desvantagens são:

- A. Existem vários questionamentos técnicos sobre seu emprego em vias com veículos pesados;
- B. O custo para construir o concreto permeável é oneroso se comparado com o convencional;
- C. Requer uma manutenção específica para evitar ou recuperar a permeabilidade;
- D. Superfície ásperas para pedestres;
- E. Restrições de aplicação em solos expansivos e deformáveis;
- F. Muitas variáveis que tornam a dosagem de concepção mais trabalhosa e suscetível a transporte e clima.

## Experimentos utilizando pavimentos permeáveis

Fassman e Blackburn (2011) monitoraram a descarga de uma seção de teste de pavimentação de concreto permeável de 200 m<sup>2</sup> em uma inclinação atípica de 6,0 a 7,4% em uma rodovia ativa. Ela foi monitorada simultaneamente com uma via que utilizava o asfalto convencional em Auckland, Nova Zelândia. A qualidade da água subterrânea do pavimento modular permeável (PMP) apresentou concentrações médias consistentes de sólidos suspensos totais (SST), zinco e cobre menores do que o escoamento de asfalto convencional. As distribuições de concentração média de eventos variaram em apenas alguns µg/L ou mg/L de magnitude do sub-dreno do pavimento permeável para alguns parâmetros do asfalto de referência. O controle

do volume de escoamento pelo pavimento permeável contribuiu para diferenças substanciais de carga de massa de poluente. A junção do pavimento modular permeável com o material de revestimento pode evitar a maioria dos poluentes na descarga subterrânea. Uma seção de pavimento modular permeável projetada corretamente provavelmente forneceria tratamento adequado para uma área mais extensa.

Kayhanian *et al.* (2012) avaliaram a medida de permeabilidade e realizaram uma varredura de imagem para avaliar o entupimento do concreto permeável em 20 estacionamentos na Califórnia. A permeabilidade foi medida em cinco locais: a entrada principal, uma área sem tráfego e três medidas separadas dentro de uma vaga em cada estacionamento. Características hidrológicas e físicas do local, como fluxo de tráfego, erosão, cobertura vegetal, acúmulo de sedimentos, prática de manutenção, presença de rachaduras, precipitação pluvial e dados de temperatura também foram coletados para cada estacionamento. Esses dados foram usados para realizar uma análise estatística detalhada para determinar os fatores que influenciam as mudanças na permeabilidade e, portanto, avaliar a possível causa do entupimento. Além disso, sete amostras foram obtidas de quatro diferentes estacionamentos com permeabilidade variando de muito baixa a muito alta. Perfis de porosidade produzidos a partir de tomografia computadorizada foram usados para avaliar a possível natureza e extensão do entupimento. Os resultados mostraram que existe uma grande variação na permeabilidade dentro de cada estacionamento e entre diferentes estacionamentos. Em geral, a idade do estacionamento é o fator predominante que influencia a permeabilidade. A análise estatística revelou que a massa do sedimento fino (partículas menores que 38  $\mu\text{m}$ ) também é um fator de influência importante. Outros fatores de influência com menor significância foram o número de dias com temperatura superior a 30°C e a quantidade de vegetação próxima ao estacionamento. A análise combinada da imagem digitalizada e o perfil de porosidade mostraram que a maior parte do entupimento ocorre próximo à superfície do pavimento. Apesar da região dos 25mm superiores aparentem ter maior porosidade em áreas que utilizam o concreto permeável, a porosidade foi observada até 100mm abaixo da superfície.

Bonicelli; Arguelles; Pumajero (2016) compararam as propriedades de várias misturas de concreto permeável submetidas a diferentes energias de compactação. Diferentes porcentagens de areia e várias fibras reforçadas com várias propriedades físicas e químicas foram adicionadas às misturas, alterando a relação água / cimento e fixando a distribuição granulométrica do agregado e o teor de pasta. Testes de resistência à tração indireta, módulo de elasticidade e resistência Cântabro (propriedades de abrasão e de adesividade), foram realizados para medir o comportamento mecânico do material. Enquanto, porosidade, densidade aparente e capacidade de drenagem foram avaliados para definir as características volumétricas e funcionais. Foi observado que é possível melhorar as propriedades mecânicas do material adicionando fibras e / ou porcentagens adequadas de areia. O tipo de fibra ou a porcentagem de areia precisa ser calibrada em função da relação das misturas de água e cimento para se obter os efeitos mais favoráveis. Segundo os autores a introdução de fibras monofilamentares de polipropileno / polietileno em misturas com relação de proporção igual a 0,30 e 0,35 permitiu atingir os maiores valores de drenabilidade. Os resultados são comparáveis ao efeito da adição de 10% de areia. Além disso, a adição de 10% de areia é a mais eficaz para aumentar a resistência ao desfiamento. Por outro lado, a adição de fibras e areia geralmente leva à redução da drenabilidade devido ao aumento do volume da pasta que reduz os vazios da matriz.

Chmielewski; Duda; Zabek (2016) avaliaram a possibilidade da utilização da pavimentação asfáltica porosa de pontes rodoviárias, de acordo com a determinação do espaço livre na mistura, escoamento, sensibilidade à água, geada e perda de grãos. Eles observaram que as possibilidades de utilização de misturas asfálticas porosas em estrutura de ponte são limitadas. A análise realizada não extingue totalmente a possibilidade de utilização de pavimentos porosos em estruturas de pontes, porém se baseia apenas em ensaios laboratoriais. As entradas da ponte projetada devem estar localizadas a uma distância não inferior a 0,2 m da face do meio-fio, geralmente fora da estrada. Se for utilizada uma superfície porosa, as entradas devem ser rebaixadas em relação ao nível da superfície por sua espessura devido à permeabilidade vertical e horizontal. Em um projeto rodoviário médio, eles são reduzidos de 0,01 para 0,02 m. Presume-se que o caminho da água da chuva para o rio não deve exceder 30 m e, portanto, as distâncias entre as entradas são assumidas em 25 m. No entanto, para pavimento poroso é proposto encurtar essas distâncias de até 15 m para uma captação mais eficiente das águas pluviais e evitando a situação de gargalos nas margens das estradas.

Coutinho *et al.* (2016) realizaram a caracterização hidráulica de um pavimento permeável e avaliaram sua eficiência hidrológica do ponto de vista do processo de infiltração em uma área piloto de um estacionamento em uma área urbana em Recife-AL. Elementos de solo preenchendo os vazios entre os elementos de concreto foram amostrados (Fig. 5) (densidade de tamanho de partícula, conteúdo de água) e testados com experimentos de infiltração de água em vários pontos da área piloto de superfície de 3 m × 1,5 m. Quatro tipos principais de solos foram testados (silte, silte arenoso, areia siltosa e areia). A infiltração e evaporação da água foram modeladas para um ano tipicamente chuvoso (ano de 2011 com 3248 mm) para quantificar a infiltração de água, evaporação e escoamento gerado sobre cada tipo de solo. Os resultados mostraram que, devido às propriedades hidráulicas do solo, a estrutura de pavimento permeável deve permitir a evaporação e infiltração da água e reduzir drasticamente o escoamento de água, sendo ferramentas muito promissoras para a gestão da água em áreas urbanas e a mitigação do desenvolvimento de pavimentos impermeáveis no ciclo da água. Os autores concluíram que a capacidade do pavimento permeável de infiltrar água depende do comportamento hidrológico dos elementos do solo. Os vazios devem ser preenchidos com solos o mais permeáveis possível. Solos finos com baixa permeabilidade devem ser evitados. A compactação do solo deve permanecer razoável durante o preenchimento dos vazios entre os elementos de concreto.

**Figura 5 - Concreto permeável em diferentes estágios de construção na área experimental de Recife.**



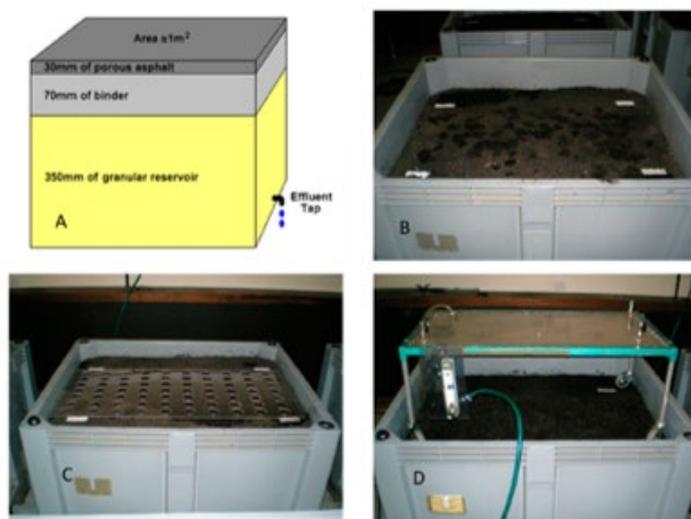
**Fonte: Coutinho et al. (2016)**

Martin e Putman (2016) compararam métodos para medir a porosidade de misturas do concreto permeável. Os quatro métodos testados foram Corelok, Montes *et al.*, Vácuo e métodos de análise de imagem (listados em ordem crescente de medidas de porosidade para os mesmos espécimes). Todos os quatro métodos, assim como as variações dos métodos, foram considerados estatisticamente diferentes, exceto para os métodos de análise de vácuo e imagem. O método Corelok mediu valores de porosidade mais baixos do que os métodos de Montes *et al.* e vácuo devido à forma como o volume total da amostra foi medido, embora uma vez que a diferença no volume foi contabilizada, ela caiu entre esses dois métodos. Os métodos de Montes *et al.* e Vácuo mediram porosidades semelhantes para amostras de porosidade mais alta (> 25%), mas devido à eficiência do vácuo na remoção de bolsas de ar aprisionadas em vazios menores, registrou valores de porosidade mais altos para amostras que tinham porosidade mais baixa (<25%). Segundo os autores, quando o volume de uma amostra é medido diretamente, esse volume será grande o suficiente para envolver totalmente a amostra, mesmo se a amostra for ligeiramente irregular. Isso resultaria em um volume maior do que realmente é. Quando o mesmo volume é usado para os cálculos dos métodos Corelok, Montes *et al.* e vácuo para remover essa fonte de variabilidade, as medidas de porosidade do método Corelok ficam entre as medidas dos outros dois métodos. Os autores concluíram que como a diferença nas medições de porosidade entre os métodos de Montes *et al.* e Vácuo é um resultado da eficiência de remoção de ar, a porosidade da amostra realmente afeta a relação entre os dois métodos. Para amostras com porosidade menor e, como resultado, poros e aberturas menores, o método de Vácuo é capaz de remover a maior parte do ar aprisionado, enquanto o método de Montes *et al.* não pode superar o efeito aumentado da tensão superficial. Para amostras de maior porosidade, com poros maiores, esta diferença é muito menor e os dois métodos produzem resultados quase idênticos.

Charlesworth *et al.* (2017) avaliaram através de testes em laboratório os poluentes no asfalto poroso para investigar seu potencial no meio ambiente. Um m<sup>3</sup> de concreto permeável (Fig. 6) foi monitorado por 38 meses após a aplicação de adições mensais de sedimento rodoviário (367,5 g no total) e óleo não utilizado (430 mL no total), característico de carregamentos urbanos. Um simulador de chuva de 15 mm/h foi utilizado. A qualidade da água do efluente descarregada

da plataforma foi considerada adequada para descarte na maioria dos ambientes. Após a conclusão do monitoramento, um núcleo foi retirado através de sua superfície e amostras de sedimento e agregado foram coletadas. A análise mostrou que a maior parte do sedimento permaneceu no curso da superfície, com níveis de metais inferiores ao sedimento rodoviário original, mas superiores ao agregado limpo não utilizado ou ao concreto permeável. Após três anos de monitoramento dos modelos de concreto permeável com simulação de fortes tempestades, a capacidade de retenção de poluentes não foi excedida em mais de 90%. Os resultados mostram que os poluentes adicionados à superfície da plataforma de teste estavam sendo efetivamente capturados e tratados dentro das estruturas. Isso fez com que as concentrações de metais pesados nos efluentes permanecessem abaixo dos níveis. Mais de 99% do óleo adicionado aos modelos de teste foi capturado e potencialmente degradado pelos microrganismos presentes nos modelos.

**Figura 6 - Bancada de teste com o simulador de chuva utilizado durante o monitoramento.**



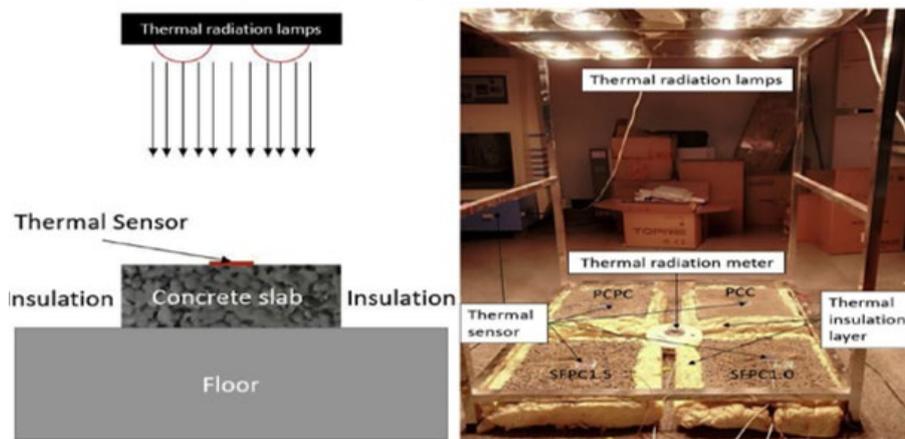
Fonte: Charlesworth et al. (2017)

Shafique; Kim; Kyung-HO (2018) avaliaram o desempenho do concreto permeável em chuvas em uma região urbana extremamente desenvolvida de Seul, Coréia, e os dados foram monitorados para avaliar seu efeito na hidrologia e no desempenho da qualidade das águas pluviais por quatro meses. O escoamento da chuva foi primeiro absorvido por diferentes camadas do sistema e, em seguida, foi direcionado para o sistema de esgoto. Diferentes eventos reais de chuva foram observados. A partir da análise dos dados, os resultados mostraram que o pavimento de concreto intertravado permeável foi muito eficaz no controle do escoamento pluvial. O desempenho geral de redução do escoamento foi encontrado em cerca de 30–65% durante vários eventos de tempestade. Isso não apenas diminuiu o volume de escoamento da chuva, mas também a vazão de pico.

Chen *et al.* (2019) investigaram o potencial utilização do concreto permeável de alta condutividade para aliviar o efeito das ilhas de calor urbanas em condições secas e úmidas. O concreto permeável de alta condutividade foi preparado adicionando fibras de aço ao concreto permeável tradicional. Testes de laboratório (Fig. 7) foram conduzidos para calcular a condutividade térmica do concreto permeável utilizando termômetros e modelos de transferência térmica. Os resultados mostraram que o concreto permeável apresenta a temperatura superficial mais elevada do que o concreto convencional na condição seca, mas temperaturas de superfície semelhantes ou menores na condição úmida, dependendo da taxa de evaporação da água. O

pico de temperatura superficial do concreto permeável de alta condutividade foi de 1–3 °C mais baixo do que o concreto permeável convencional devido à alta condução térmica. Os resultados da simulação do ambiente externo mostraram que o pavimento de concreto permeável causou uma saída de calor ligeiramente maior em dias ensolarados, mas uma saída de calor muito menor em dias chuvosos para o ambiente próximo à superfície, em comparação com o pavimento de concreto convencional. O aumento da condutividade térmica do pavimento permeável pode reduzir ainda mais a produção de calor em 2,5–5,2%. Os autores concluíram que o concreto permeável de alta condutividade é um método eficaz para aliviar o efeito das ilhas de calor urbanas em condições secas e úmidas.

**Figura 7 - Configuração do experimento**



Fonte: Chen et al. (2019)

Costa *et al.* (2019) avaliaram a viabilidade técnica da utilização do concreto permeável em pavimentos urbanos de baixo tráfego utilizando agregado graúdo regional na Região Metropolitana de Belém. A composição dos três traços avaliados foi determinada através das literaturas existentes sobre o tema. Dessa forma, foram incluídos: traços com granulometria fixa em 12,5 mm para o seixo; traços variando de 1:3 a 1:6 e no que diz respeito à relação água/cimento; e traços (1:3), (1:4) e (1:5) - (cimento/agregado graúdo em massa). Não se utilizou agregado miúdo neste trabalho. A relação água/cimento estabelecida foi de: 0,29 para o primeiro traço e 0,34 para o segundo e 0,40 para o terceiro traço. Entre os três traços estudados observou-se que a composição que obteve o melhor desempenho nos ensaios mecânicos e de condutividade hidráulica realizados em relação à proporção de cimento / agregado graúdo em massa foi o de 1:5. Todas as composições apresentaram desempenho satisfatório de permeabilidade, estando de acordo com o estabelecido pela referida norma. Pelos testes feitos verificou-se que este material poderia ser empregado em pisos de baixo tráfego como estacionamento, passeios e praças, permitindo a percolação da água da chuva e contribuindo, desta forma, para diminuir o problema das enchentes nas vias urbanas. Os resultados obtidos demonstraram que todos os traços produzidos alcançaram o limite mínimo de compressão axial estabelecido pela NBR 16416 (ABNT, 2015) para utilização em pavimentos de baixo tráfego.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa maneira, conclui-se que o concreto permeável é um material promissor para ser utilizado no Brasil, reduzindo drasticamente os efeitos da urbanização, como escoamento de águas da chuva, alagamentos, poluição dos rios e fontes de abastecimento, ilhas de calor, ruídos

do tráfego, acidentes, entre outros.

No entanto, mais estudos devem ser realizados para sua implementação dentro do Brasil, visto que uma série de fatores deve ser levada em consideração, como tipo de solo e clima, para uma proporção correta de seus componentes e efetividade satisfatória. Antes de sua instalação deve ser muito bem planejado para que apresente maior durabilidade e período de vida útil.

## REFERÊNCIAS

BALBO, J. T. Pavimentos de concreto permeáveis: uma visão ambiental da tecnologia sustentável emergente. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

BONICELLI, A.; ARGUELLES, G.A.; PUMAREJO, L.G.F. Improving pervious concrete pavements for achieving more sustainable urban roads. *Procedia Engineering*. 2016; 161, p: 1568-1573.

CHARLESWORTH, S.M.; BEDDOW, J.; NNADI, E.O. The Fate of Pollutants in Porous Asphalt Pavements, Laboratory Experiments to Investigate Their Potential to Impact Environmental Health. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2017; 14, 666.

CHEN, J.; CHU, R.; WANG, H.; ZHANG, L.; CHEN, X.; DU, Y. Alleviating urban heat island effect using high-conductivity permeable concrete pavement. *Journal of Cleaner Production*. 2019; 237: 1-12.

CHMIELEWSKI, R.; DUDA, K.; ZABEK, O. Analiza możliwości zastosowania mieszanek mineralno – asfaltowych porowatych nawierzchni obiektów mostowych. *Biuletyn WAT*. 2016; Vol. LXV, n.3.

COSTA, M.C.B.; SILVA, L.S.; NOGUEIRA, M.H.P.; LIMA, G.K.M.; BATISTA N.J.S. Estudo da viabilidade técnica do uso de concreto permeável em pavimentos urbanos de baixo tráfego utilizando agregado graúdo regional. *Revista de Ciência e Tecnologia*. 2019; v.5, n.8.

COUTINHO, A.P.; LASSABATERE, L.; MONTENEGRO, S.; ANTONINO, A.C.D.; ÂNGULO-JARAMILLO, R.; CABRAL, J.J.S.P. Hydraulic characterization and hydrological behaviour of a pilot permeable pavement in an urban centre. Brazil. *Hydrol. Process*. 2016; 30, 4242–4254.

FASSMAN, E.A.; BLACKBOURN, S.D. Road Runoff Water-Quality Mitigation by Permeable Modular Concrete Pavers. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 2011; vol. 137, n.11.

FINOCCHIARO, P.S; GIRARDI, G. Concreto permeável produzido com agregado reciclado. *Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana*. 2017; n. 5: pp. 19-26.

HEIN, M.F.; DOUGHERTY, M.; HOBBS, T. Cleaning Methods for Pervious Concrete Pavements. *International Journal of Construction Education and Research*. 2013; 9:2, 102-116.

KAYHANIAN, M.; ANDERSON, D.; HARVEY, J.T.; JONES, D.; MUHUNTHAN, B. Permeability measurement and scan imaging to assess clogging of pervious concrete pavements in parking lots. *Journal of Environmental Management*. 2012; 95, 114-123.

MARTIN, W.D.; PUTMAN, B.J. Comparison of methods for measuring porosity of porous paving mixtures. *Construction and Building Materials*. 2016; 125: 299–305.

NIGRI, IR. Pavimento Concreto Permeável.: UFRJ/Escola Politécnica, 2017.

SHAFIQUE, M.; KIM, R.; KYUNG-HO, K. Rainfall Runoff Mitigation by Retrofitted Permeable Pavement in an Urban Area. *Sustainability*. 2018; 10, 1231: 1-10.

SHEN, D.H.; WU, C.M.; DU, J.C. Performance evaluation of porous asphalt with granulated synthetic lightweight aggregate. *Construction and Building Materials*. 2008; 22: 902–910.

TUCCI, C.E. "Gestão da drenagem Urbana", Cepal, Escritório no Brasil, IPEA. 2012.

# 09



## **Analogia como concepção criativa aplicada ao ensino de arquitetura e urbanismo**

---

*Marcillene Ladeira*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.9

## RESUMO

Este estudo elucida uma etapa de trabalho desenvolvida na disciplina Estudo da Forma, Curso de Arquitetura e Urbanismo, do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), campus Barbacena. O ensino, em discussão, apresenta a Metodologia de Ensino com Analogia (MECA) como possibilidade ao desenvolvimento do processo criativo aplicado a projetos arquitetônicos. A disciplina, em pauta, foi ministrada em 2021-02, momento pandêmico, sendo desenvolvida junto a alunos cursantes dos períodos iniciais da graduação. O estudo da analogia, além de livros e artigos relacionados, teve como principal eixo teórico norteador, uma tabela dada por Mahfuz (1995), na qual há duas concepções possíveis: perspectiva visual e perspectiva estrutural; que, em síntese, fracionam-se em analogia com a natureza, com o corpo, com edifícios existentes (e não-existent), com artefatos arquitetônicos e não arquitetônicos, com princípios de outras disciplinas e com uma 'necessidade'. A problemática metodológica constitui-se em criar proposições de projetos, nos quais a sensibilidade perceptiva do aluno (condição de captar o sensível imediato) articulou-se na estruturação de uma linguagem formal única e pessoal. Como exemplo de uso no processo, explorou-se o trabalho do arquiteto canadense Frank Gehry, na especificidade vegetal (suculenta). Na análise dos resultados, a didática demonstrou favorável ao desenvolvimento do processo criativo individual do aluno – método formal de ensino ligado à criatividade, questão necessária. Nas proposições apresentadas, ainda que com graus diferentes de amadurecimento, 100% estiveram aptos.

**Palavras-chave:** arquitetura e urbanismo. ensino. criação. analogia.

## ABSTRACT

This study elucidates a stage of work developed in the discipline Study of Form, Architecture and Urbanism Course, at Presidente Antônio Carlos university center (UNIPAC), Barbacena Campus. The teaching, under discussion, presents the Teaching Methodology with Analogy (MECA) as a possibility for the development of the creative process applied to architectural projects. The subject, on the agenda, had taught in 2021-02, a pandemic moment, being developing with students in the initial periods of graduation. In the study of analogy, in addition to related books and papers, the main theoretical guideline was a table given by Mahfuz (1995). In which there are two possible conceptions: visual perspective and structural perspective; which, briefly, they are divided in analogy with nature, with the body, with existing (and non-existing) buildings, with architectural and non-architectural artifacts, with principles of other disciplines and with a 'need'. The methodological problem consists of creating project proposals, in which the student perceptive sensitivity (condition of capturing the immediate sensitive) it was articulated in the structuring of a unique and personal formal language. As an example of the use of the process, the work of Canadian architect Frank Gehryit was explored, in plant specificity (succulent). In the analysis of the results, the didactics proved to be favorable to the development of the student's individual creative process – formal teaching method linked to creativity, a necessary issue; in the proposals presented, although with different degrees of maturity, 100% were able to.

**Keywords:** architecture and urbanism. teaching. creation. analogy.

## A FUSÃO CRIATIVA

Nós nos movemos entre formas. Um ato tão corriqueiro, como atravessar a rua, é impregnado de formas. Observar os prédios, as casas, as flores no jardim, as frutas num dia de feira – tudo isso são formas em que as coisas se configuram para nós.

Se por um lado vive-se uma crescente discussão quanto à presença do arquiteto e os valores da arquitetura no seio social; por outro, os conceitos absorvidos pela área se tornam cada vez mais proeminentes, sendo estruturados em uma perspectiva multidisciplinar.

Trazer reflexões quanto ao desenvolvimento da inteligência criativa dos educandos em processo de formação (habilidades e competências individuais e/ou em grupo) é uma questão atual e objeto deste estudo.

Quanto a essa fusão criativa, o autor Edson da Cunha Mahfuz, no texto Nada provém do nada (1984), expressa: ainda que exista a noção romântica de que o artista ou o arquiteto pode e deve criar sempre obras originais, perfazendo o “mito da originalidade”, na qual sugere que sua ação criadora esteja regulada apenas por condições de intuição e “genialidade”, na realidade, isso não se procede. “Arquitetura é muito mais do que uma resposta original a problemas programáticos e estruturais. [...] Para escolher uma entre tantas possibilidades, o arquiteto necessitará ir além do propósito imediato que exige a criação de novos espaços [...]”. (MAHFUZ, 1984, p. 489).

Em uma mesma perspectiva, Juhani Pallasmaa, no livro As mãos inteligentes (2013), escreve: “na arquitetura, uma revelação criativa raramente é uma descoberta instantânea [...]. Na maioria das vezes, o processo parte de uma ideia inicial, [que] simultaneamente, varre os mundos interno e externo do ser criador, e entrelaça os dois universos.” Esse momento inicial, vincula-se à necessidade da resposta profissional (ou no caso em discussão, atendimento aos exercícios propostos em aula). (PALLASMAA, 2013, p. 489).

Por essa via, passamos a um relato de experiência na qual foi trabalhada, inicialmente, a sensibilização do olhar do aluno, de modo que seu intelecto se voltasse à percepção de estímulos do meio circundante – aplicação da MECA (NAGEM; CARVALHAES; DIAS YAMAUCHI TEIXEIRA, 2001), sendo capaz de selecionar e organizar considerações suficientes, de modo a responder as necessidades em proposição, alcançando uma linguagem formal única e pessoal.

## O CURSO

O estudo perfaz uma sequência didática referente ao processo de ensino-aprendizagem, que ocorreu na disciplina “Estudo das Formas”, segundo semestre do ano de 2021, ministrada pela Professora – artista plástica – Marcillene Ladeira, curso de Arquitetura e Urbanismo, do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), campus Barbacena/MG, sob a coordenação do Professor Arquiteto Carlos Magno Herthel de Carvalho. A proposta em si, com fundamentação na MECA (Metodologia de Ensino com Analogias), foi desenvolvida em 33 encontros de 1h40min, cada. O quantitativo de projetos resultantes (dados parciais da disciplina) soma-se 23, além de exercícios preliminares que percorreram as discussões.

## A ANALOGIA NO ENSINO INTRODUTÓRIO DE ARQUITETURA

Em busca de compreensão quanto à analogia, a palavra deriva do latim *analogia*, -ae; e do grego *analogia*, -as que significam “proporção matemática; correspondência; paralelo”. (JAPIASSÚ; MARCONDES, 2001, p. 14). Ou seja, elabora-se a partir de algum tipo de comparação entre certos fenômenos, semelhança - correspondência. “Pensar em termos desse instrumental envolve a transferência de conhecimento prévio de uma situação conhecida (chamada de fonte), para uma situação que deve ser solucionada (chamado de alvo)”. (GENTNER, 1983; NOVICK, 1988; VOSNIADOU, 1989 *apud* FARIAS PANET BARROS e ANDRADE, 2015b, p. 4).

Em um levantamento trazido (apresentado) por Amélia Barros e Patrícia Andrade (2015, p. 5), a partir do estudo de Geovana Bianchi (2008), somado a outras referências, têm-se que a analogia como método voltado ao estímulo à criatividade e aplicação direta na arquitetura é uma proposta de grande evidência. Sobre seu uso estende-se o seguinte quadro:

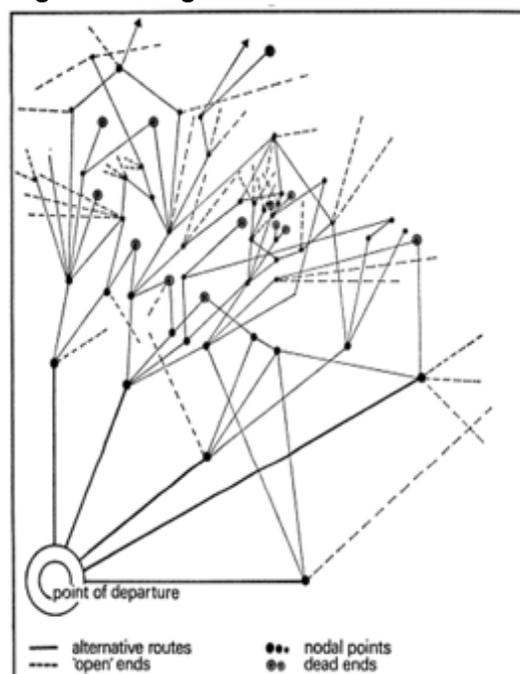
[Foram] ouvidos professores de 28 escolas de arquitetura, sendo 14 brasileiras e 14 estrangeiras. Seus resultados revelam que atividades que desenvolvem conceitos de associação, como analogia e metáfora, estão entre as mais utilizadas pelos docentes brasileiros e também estrangeiros. (BIANCHI, 2008 *apud* FARIAS PANET BARROS e ANDRADE, 2015b, p. 5).

Porém, mesmo diante dos dados, identifica-se a permanência de uma escassez sobre a aplicação formal dos métodos de incentivo à criatividade, inferindo que estes, muitas vezes, são aplicados, intuitivamente, de maneira não organizada. (BIANCHI, 2008 *apud* FARIAS PANET BARROS e ANDRADE, 2015b, p. 5).

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA APLICADA

Você não sabe que caminho seguir. Se você pudesse olhar para ele de uma vista aérea, como um mapa, poderia simplesmente traçar sua rota e tomar esse direcionamento correto e necessário para a criação do que se pretende; mas o ponto é que não há possibilidade de obter o percurso, assim, tão diretamente, ou quase não. No esquema visual seguinte (Figura 1), o teórico Anton Ehrenzweig propõe essa possível varredura:

**Figura 1 - Diagrama de Anton Ehrenzweig**



Fonte: (EHRENZWEIG, 1997, p. 49)

Por ele, identificamos que o espírito criador tem que avançar de um ponto fixo para uma frente ampla de ações. Isto é, da intencionalidade primeira, o conceito em exploração, deve se ramificar em um número ilimitado de possibilidades, nas quais algumas se tornam fecundas e crescem exponencialmente; enquanto outras se tornam verdadeiros becos sem saídas. Ao adentrar nessa última colocação, precisamos retornar, guiando-nos pelas direções mais fecundas até atingirmos um afunilamento único – aquele de maior potencial. Nesse processo de busca, o retroceder e o avançar são constantes, sendo conduzidos por ações parciais e detalhadas, repetidamente testadas, de modo a resultar em uma decisão completa e final.

Via esse processo, Hugo Assmann (1998) destaca, relatando referir-se à "experiência personalizada do eu estou conhecendo ou eu estou descobrindo uma nova forma de pensar, que necessita normalmente de conceitos-apoio e linguagens-apoio para que se consiga vivenciar a mudança [que se deseja]". É importante observar que o referido autor pontua sua fala, estando inserido numa relação educacional – livro *Metáforas novas para reencantar a Educação*, epistemologia e didática.

Se a analogia é trazida como conceito-apoio e as expressões bidimensionais e tridimensionais como linguagem-apoio; para além desses, há de se destacar outros critérios. No mundo das ideias de Platão, a analogia estaria subordinada à formulação ideal e perfeita da forma, sem espaço para alterações. Ou seja, a analogia é trabalhada em um viés de proximidade máxima com a forma, na qual se constrói a semelhança. Por outra via, enquadrando-se a perspectiva formal à potência aristotélica, o sentido de semelhança ou imitação não se advém de um copiado fiel, mas daquilo que é interpretado e adaptado. (MAHFUZ, 1995, p. 21 e 58; LOBOSCO, 2016, p. 29).

Além dessas definições, quanto às necessidades de se tomar decisões rumo ao que se pretende no uso da analogia, há outras exigências de percurso. Essas foram conduzidas tendo como referencial teórico, uma tabela (Figura 2) dada por Edson da Cunha Mahfuz, no livro

Ensaio sobre a razão compositiva (1995):

**Figura 2 - Analogias Visuais e Analogias Estruturais no Projeto Arquitetônico**

TABELA A	
A relação entre analogia e o projeto arquitetônico	
<b>Analogia</b>	
<b>1. Analogias visuais</b>	
a.	Com edifícios existentes
b.	Com edifícios não-existent
c.	Com formas humanas e naturais
d.	Com artefatos não-arquitetônicos
<b>2. Analogias estruturais</b>	
a.	Com o corpo humano
b.	Com o mundo natural
c.	Com uma 'necessidade'
d.	Com artefatos não-arquitetônicos
e.	Com artefato arquitetônicos
<b>3. Analogias estruturais</b>	
a.	Com princípios de outras disciplinas

Fonte: (MAHFUZ, 1995, p. 63).

Na Tabela, vemos a necessidade de observar se o processo criativo em construção, via analogia/semelhança, seguirá padrões visuais de fachada ou se referirá à perspectiva estrutural. Nas sínteses dessas relações, encontramos oito tipos de compreensões possíveis: grau de semelhança com a natureza, com o corpo, com edifícios existentes (e não-existent), com artefatos arquitetônicos e não arquitetônicos, com princípios de outras disciplinas e como uma 'necessidade'. Desses, referindo-se à natureza, conforme esquema visual seguinte (Figura 3) verifica-se novo fracionamento, agora em quatro condições: eixo animal, eixo vegetal, eixo mineral e os fenômenos. (YUNES, FERRARO, MARELATTO, 2016, p.5; BAHAMÓN; PÉREZ, CAMPELLO, 2008).

**Figura 3 - Analogia com a natureza**



Fonte: (YUNES; FERRARO; MARELATTO, 2016, p.5)

Pela imagem um, da especificidade animal, observa-se a articulação dessa, não apenas na relação da memória ao corpo dos animais, mas as próprias estruturas por eles construídas, como a teia, o ninho e a concha.

Antes de seguirmos aos resultados (propostas apresentadas pelos alunos – o chamado “alvo”), continuar-se-á na discussão de referenciais quanto às práticas que consolidaram, frente aos discentes, a compreensão do instrumental em uso.

## Analogia vegetal na prática de Frank Gehry

Pelo estudo e inspiração aos exemplares da arquitetura, nomes renomados foram trazidos à didática. Frank Gehry, Santiago Calatrava, Frei Otto, John Utzon e Le Corbusier, além de escritores e outras referências mais gerais que levaram ao de comparação, do que já existe (obra construída), com dado referencial – forma visual efetiva. Na Figura 4, temos dois exemplares. No primeiro, seguindo características continentais marcantes do Catar (deserto árido), o Edifício MAA, projeto do escritório Aesthetics Architects, a forma segue o desenho de um cacto. No segundo, o Palm Islands – arquipélago artificial em Dubai, Emirados Árabes Unidos – a forma segue analogia a uma palmeira.

Figura 4 - Referências discutidas em aula, eixo vegetal



Fonte: (Nature Inspired Architectural Designs, 2016)

Em Frank Gehry, para além do projeto arquitetônico em si (resultado), evidenciou-se o pensamento processual. Na historicidade dos modelos pedagógicos, essa compreensão é foco de significância. Pensar em termos de processo e não apenas nos resultados é, hoje, no seio educacional, fundamental. Logo, o tópico seguinte é construído a partir do próprio relato e experimentação de concepção projetual à luz da analogia, em Gehry. Esse relato foi trabalhado em sala de aula a partir da visualização de vídeo, sendo realizada em um momento no qual os alunos já estavam sensíveis e envolvidos ao processo criativo e aptos a partirem para a prática.

Portanto, nos film frames que seguem (Figura 5) identificam-se a experimentação de Gehry ou Frank Owen Gehry<sup>1</sup> – arquiteto que ficou conhecido pelo uso de formas e materiais incomuns, tornando-se um dos nomes de uma arquitetura inovadora e ousada (século XX). É ganhador de inúmeros prêmios. Como se aprecia nesse vídeo, Gehry se beneficia da observação de uma forma vegetal – suculenta:

<sup>1</sup> Nascido no dia 28 de fevereiro de 1929, em Ephraim Owen Goldberg; é canadense com nacionalidade estadunidense.

**Figura 5 - Frank Gehry, Analogia com forma vegetal - suculenta**



**Fonte: (FRANK GEHRY, B<sup>3</sup> ARCHITECTS, 2011)**

Ao concentrar no processo criativo com a suculenta, deslocando-se para a autora Fayga Ostrower (2004, p.314), essa expressa: “o homem, mesmo querendo inspirar-se nas formas da natureza, as transforma em uma forma de linguagem”. É o que podemos observar no desenho traçado por Gehry, o qual cria uma tradução semiótica entre a fonte e o alvo, isto é, entre o que se observa (espécie vegetal suculenta) e sua tradução à forma de linguagem arquitetônica.

O trecho que segue refere-se às palavras do arquiteto quanto a essa experimentação. Neste, podemos entender melhor seu grande anseio junto ao que considera exercício necessário, ou posicionamento fiel que o acompanha:

Sou um arquiteto que ama o que faz. Estou sentado no meu estúdio de Santa Bárbara/Los Angeles, depois de ter desfrutado de uma caminhada até ele.

Parei no jardim e encontrei uma maravilhosa suculenta. Parecia uma vila, algo que poderia transformar em um prédio.

Enquanto eu ando de bicicleta, eu olho para a natureza ao meu redor e penso sobre o que posso fazer com certas coisas que me destacam aos olhos; fazer algo de bonito para que as pessoas gostem.

Eu escrevi um livro, *Andar com os Arquitetos: paralelos e conexões de artistas*. Trata-se da capacidade de realmente realizarmos coisas a partir do que vemos.

Logo, peguei a suculenta e disse:

\_ O que acontece se isso se tornar uma série de xícaras que apoiem as pessoas tornando-se uma vila vertical onde podemos viver.

\_ Sim, olhei para a planta e exclamei que isso se tornaria um lugar onde as pessoas poderiam viver em cada um desses níveis; uma vila orgânica, onde gostassem de viver com a natureza.

\_ Poderia ser, na verdade, um morar ou, também, um trabalhar ...

A cor foi outro algo que capturou meu olhar; onde minha atenção se voltou. Realizei diferentes experimentações – todas à mão.

Isto é um arquiteto exercitando continuamente a mente e o traço, com base naquilo que vemos quando caminhamos.

A mão move a ideia para o papel – é maravilhoso porque em um computador, você não pode sobrepor folhas livremente, redesenhar. Considerado significativo ter a evolução das ideias.

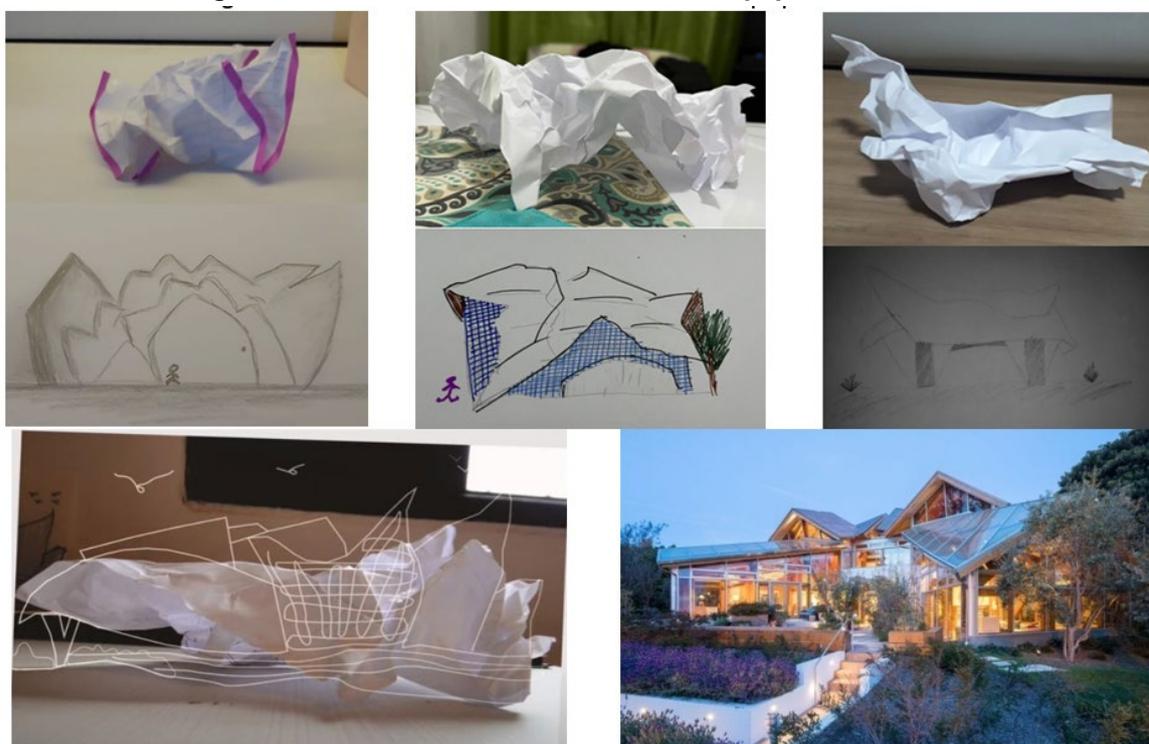
Veja que após as formas das sombras traçadas, começo a trabalhar e trazer novas ideias à tona; fazer que realmente os elementos se tornem peça de arquitetura – e arquitetura poderosa. (GEHRY, vídeo 2min39s, tradução própria).

## Resultados e discussões

### Projetos/exercícios de aula

Com uma folha em branco nas mãos e o ato de amassá-la, seguindo-se da observação e de traços rápidos, com uma possível captação de intencionalidade arquitetônica, assim, foi iniciado o semestre letivo. Esse foi um exercício leve (também com inspiração em Frank Gehry), o qual convidou os alunos a penetrarem no intuito da forma. Na imagem seguinte (Figura 6) temos, na primeira linha alguns dos resultados dos alunos e, na segunda, o que o papel amassado resultou nas mãos de Gehry:

Figura 6 - Exercício de sala de aula: uso de papel amassado



Fonte: Resultados de aula, arquivo pessoal da professora; Projeto Frank Gehry. 2021-02

Nessa proposta, diferente da anterior, Frank Gehry projeta a remodelação de sua própria residência, localizada em Santa Mônica, Califórnia (EUA), ano de 1978. Pelo exercício com o papel amassado, visualizou ângulos agudos, aplicando-os nesse projeto.

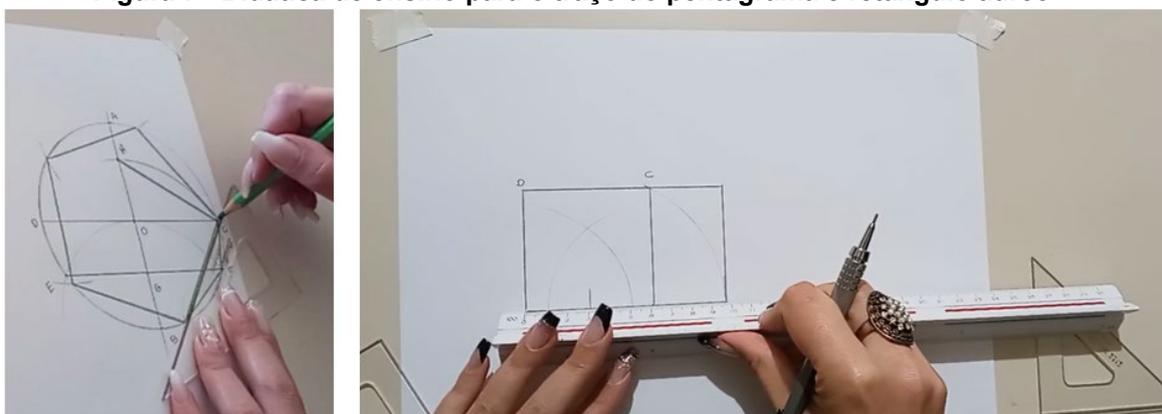
Relações estéticas e espaciais são percepções peculiares e esse exercício desenha o modus operandi de nós – operadores da forma criativa. Sim, Luigi Pareyson, em Teoria da Formatividade, afirma que o modus operandi seria uma inventividade de quem opera com a criatividade no decorrer de seu processo e a poiética, seria a forma como fazer, inventando o modo de fazer. (PAREYSON, 1993, p. 59). Em outros termos, Mahfuz (1955, p. 22) expressa: “o produto final do processo de projeto será um todo construído com partes organizadas com base em um partido, ele mesmo uma combinação de partes conceituais e um princípio de organização.”

Na continuidade da didática, entramos no número de ouro ou razão áurea – origem

grega da analogia (MAHFUZ, 1955, p. 47). Maria Biembengut e Nelson Hein (1998), em seus estudos sobre o assunto, expressam; “onde houver harmonia lá encontraremos o número de ouro. Este é indicado como a máxima expressão do equilíbrio”. (BIEMBEGUT; HEIN, 1998, p.5). Paulo Roberto Martins Contador, em seu *A matemática na arte e na vida* (2007), explica que tal presença é marcante, não apenas nos vegetais, mas em todos os seres vivos em geral, nos cristais e no próprio cosmo; a exemplo do ciclo de oito anos de Vênus, o qual, neste caso, revela o desenho perfeito de um pentagrama. A essa figura geométrica, atribuem-se poderes mágicos, tornando-se, inclusive, talismã da escola pitagórica.

A proporção áurea pode estar presente em outras formas geométricas. No caso do retângulo áureo, entre as formas geométricas, é a mais empregada. (CONTADOR, 2007, p.10). Na imagem seguinte (Figura 7), é possível observar o momento de transmissão, quanto ao ensino do traço de um pentagrama e de um retângulo áureo, aos alunos.

**Figura 7 - Didática de ensino para o traço do pentagrama e retângulo áureo**



**Fonte: Arquivo de aula da professora, 2021-02**

Desse processo, como uma maneira de compreensão e engajamento aplicado ao conteúdo, ainda houve a construção de uma tabela áurea<sup>2</sup> a partir do registro do próprio corpo dos discentes (Figura 8) – Vitruvius, no século I a.C., demonstrara a presença da razão áurea em diversas medidas do corpo humano; Euclides de Alexandria (século III, a.C.), apresentara estudos no qual afirmava que “dividir um segmento de reta em média e extrema razão é a melhor maneira de se obter harmonia”. (LAURO, 2005 *apud* CRUZ, JR., 2014, p.12). No nosso estudo, aplicou-se em medidas de três partes: braço, mão e dedo<sup>3</sup>. Na tabela criada, houve divisão entre o masculino e o feminino<sup>4</sup>, cujo resultado nos fez perceber que, na verdade, não somos matematicamente perfeitos.

<sup>2</sup> As marcações em vermelho nos levam às razões mais próximas do número de ouro; enquanto as, em verde, são as de maior distância (1,6180339...).

<sup>3</sup> Razões: (1) Braço inteiro, pelo tamanho do cotovelo; (2) Mão inteira pelo tamanho total do dedo indicador (3) Dedo inteiro dividido pela dobra central do dedo até a ponta.

<sup>4</sup> Não houve a totalidade de participação, visto nem todos possuírem instrumento para auferir medidas.

**Figura 8 - Proporção Áurea, medidas discentes - Braço, Mão e Dedo**

Nº	Discentes MASCULINO	Parte do corpo: Braço			Parte do corpo: Mão			Parte do corpo: Dedo		
		medida 1	medida 2	razão	medida 1	medida 2	razão	medida 1	medida 2	razão
1	AUGUSTO HILARIO FICHE DE ALMEIDA	70,000	45,000	1,556	15,500	9,000	1,722	9,000	5,200	1,731
2	FELIPE ANTONIO MOREIRA	73,500	45,000	1,633	15,500	8,600	1,802	7,500	4,000	1,875
3	JULIO CESAR SANT'ANA	73,500	47,000	1,564	17,000	7,700	2,208	7,700	5,000	1,540
4	KARIL LUIZ DO NASCIMENTO	76,000	46,000	1,652	16,000	9,800	1,633	9,800	5,800	1,690
5	MARCELO NAPOLEÃO MAYRINK	74,500	47,000	1,585	17,000	10,400	1,635	9,800	5,800	1,690
6	RENATO MONTEIRO DIAS	76,000	47,000	1,617	78,000	47,000	1,660	7,400	4,700	1,574
Nº	Discentes FEMININO									
1	ANA MARINA FERREIRA LIMA	66,000	40,000	1,650	12,500	6,400	1,953	6,400	4,400	1,455
2	CAMILA FERNANDA VALE RIBEIRO	68,000	41,000	1,659	14,500	6,500	2,231	6,500	4,500	1,444
3	CECÍLIA MENDES COSTA AYRES CAMARGO	52,000	27,000	1,926	7,000	5,000	1,400	5,000	2,500	2,000
4	DANIELA APARECIDA FERREIRA	66,000	40,000	1,650	17,500	9,500	1,842	9,500	4,500	2,111
5	FRANCIANE PATRICIA DE OLIVEIRA	76,000	43,000	1,767	6,500	4,400	1,477	4,400	2,500	1,760
6	GABRIELA MAGNUS	76,000	43,000	1,767	6,500	4,400	1,477	4,400	2,500	1,760
7	LAYNE DE FREITAS CASTRO	64,750	40,700	1,591	6,700	4,200	1,595	4,200	2,400	1,750
8	RAILA LEANDRO DE ANDRADE	70,000	38,000	1,842	7,500	5,000	1,500	4,800	2,500	1,920

Fonte: Arquivo da Disciplina Estudo da Forma, 2021-02

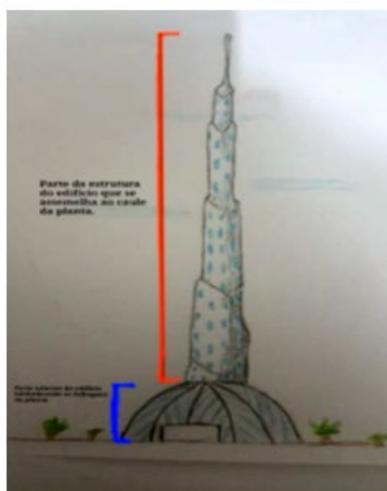
Na arquitetura, além da notoriedade histórica, a razão áurea pode ser encontrada em estudos mais atuais como de Le Corbusier, O Modulor, livro de 1942. A Villa Stein, localizada em Garches, França, construção de 1926-28, é um exemplo onde o retângulo áureo encontra-se nas medidas da fachada. O que diferencia essa da Vila Malcontenta (ou Foscarini), Itália, de Palladio, 1550-60, se dá pelo fato da proporção áurea ser encontrada não na estrutura visual externa, e sim nos compartimentos construtivos dessa. (CRUZ JR., 2014, p. 36) – questão também compreendida pelos alunos.

Na referência prática ministrada, após o estudo do processo de Gehry – analogia vegetal, suculenta – como visto (último momento da MECA), os alunos passaram, em aula, à feitura de exercícios, nos mesmos moldes: análise de uma forma vegetal, mas de outra espécie. Na Figura 9, temos uma vista superior e vista frontal desta, seguindo-se de três exemplares quanto aos resultados dos discentes:

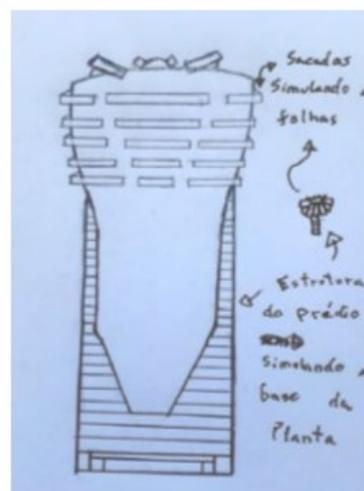
Figura 9 - Espécie vegetal observada e resultados discentes



A



B



C

Fonte: Foto de autoria da Professora e arquivo de aula, 2021-02

Em A, o aluno Felipe José Fonseca, cruzando referência entre a vista superior dada na foto e a aula de urbanismo (já cursada), na qual lhe veio à memória o Plano Piloto de Brasília, traça um projeto urbanístico. Em B, o aluno Karil Luiz do Nascimento, inverte a vista frontal da fotografia em referência e, dando ênfase no caule, projeta um edifício escalonado. Em C, o aluno Pedro Mendonça Sabino, distanciando ainda mais da mimese ou mimesis – abordagem conceitual compreendida enquanto potência aristotélica, em que sua materialização está associada a uma forte interdependência entre forma e matéria, mas que, capta o essencial; o fundamental; a potência do projeto – apresenta um croqui (também de edifício); nesse, as folhas são geometrizadas e se projetam como sacadas.

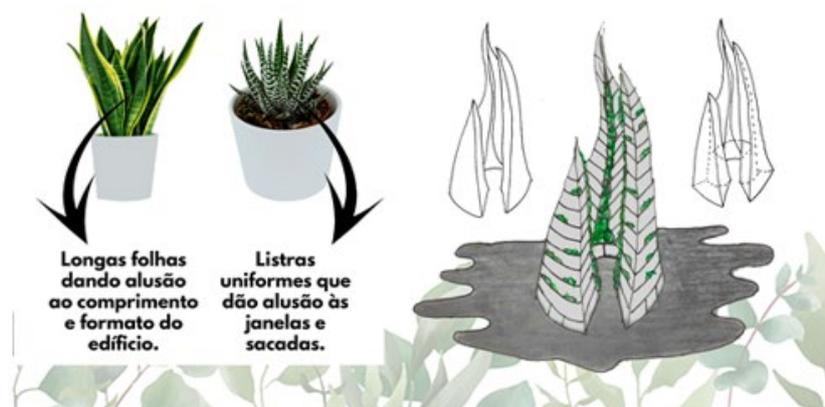
### Projeto final da etapa

No projeto final da etapa (ou da Metodologia de Ensino com Analogia), o aluno, agora, com liberdade de escolha entre os tipos tratados, passa à seleção e observação livre.

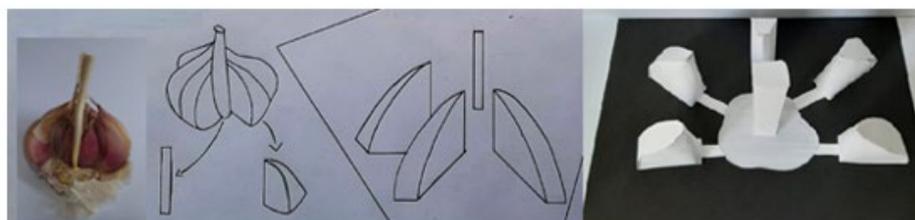
A sensibilização perceptiva do saber ver, entendida como “a conjunção das habilidades de observação, percepção e abstração”, é essencial para que se possa explorar todo o potencial do raciocínio da MECA. (FARIAS PANET BARROS; ANDRADE, 2015, p.5). Nesse processo, diferenciam-se a percepção e a sensação. Enquanto aquele está para a captação de estímulos do ambiente, envolvendo: atenção, seleção, organização e interpretação; este, diz respeito à resposta imediata de nossos receptores sensoriais aos estímulos básicos captados do meio. É um processo de afetação interna e externa ao mesmo tempo, no qual a bagagem prévia, a motivação e, sobretudo, a intensidade dos estímulos estão entre os fatores determinantes.

Envolvidos com o ensino, todos os alunos foram capazes de responder a esse exercício – o mais desafiador (proposta individual). A imagem seguinte (Figura 10) expõe três, entre os 23 projetos:

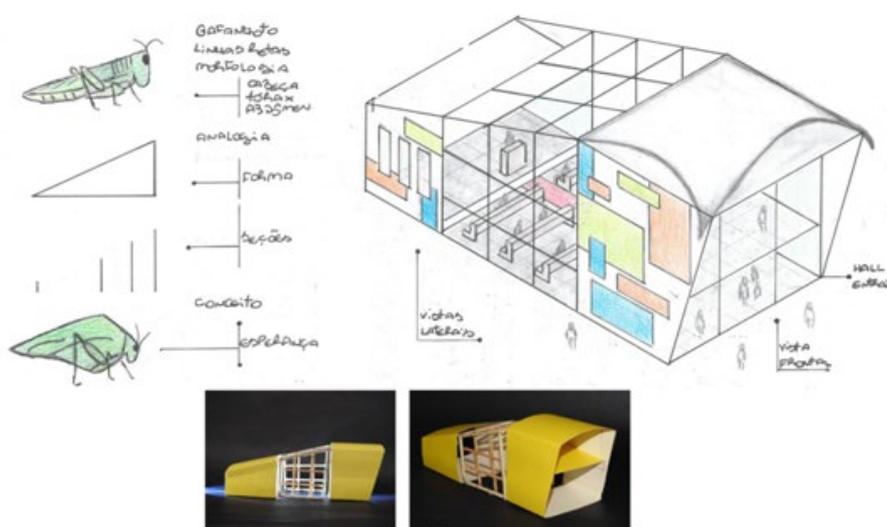
**Figura 10 – Projetos finais da MECA, disciplina Estudo da Forma**



A - Aluna Raila Leandro de Andrade



B - Aluna Camila Fernanda Vale Ribeiro



C - Aluno Renato Monteiro Dias

Fonte: Arquivo de aula, 2021-02

A Aluna Raila Leandro de Andrade (Figura 10-A) apresentou o projeto Edifício Residencial, Eco Sustentável. Com analogia a duas espécies vegetais: Espada-de-São-Jorge e Suculenta Zebra, sua proposição arquitetural compõem-se de três unidades, às quais, da primeira espécie, originou a forma, esta com longa verticalização, superfície achatada e eixo estrutural não alinhado. A condução a esse tipo de eixo foi estudada pelo arranha-céu Turning Torso, localizado na cidade de Malmö, Suécia, desenho de Santiago Calatrava, lançamento oficial 2005 – primeira torre "retorcida" já construída (torção de 90 graus). Teve como analogia uma obra de escultura, feita em mármore branco, pelo próprio arquiteto, anos antes – o Twisting Torso, construída com base no tronco de um ser humano se contorcendo.

Assim, no processo de Calatrava houve duas traduções semióticas consecutivas, com mudança de linguagens: arte-arquitetura. Pela primeira, analogia com o corpo e pela segunda, com princípio de outra disciplina. Ao voltar ao trabalho apresentado pela aluna Raila, da segunda espécie escolhida (Suculenta Zebra), evidenciam-se em seu projeto linhas horizontais ritmadas e em gradação decrescente (afunilamento), dadas pelas janelas e sacadas.

Amélia de Farias Panet Barros e Patrícia Alonso de Andrade (2015b), professoras da UFPB, que também vem aplicando a analogia em suas didáticas, explicam:

O uso do raciocínio analógico [é] uma ferramenta capaz de estimular e auxiliar o processo de concepção arquitetural, um dos caminhos possíveis para trabalhar com os desafios próprios do aprendizado inicial de projeto [...]. No primeiro semestre de curso, o aluno ainda não tem experiência na concepção arquitetural, nem repertório suficiente para alimentar as possibilidades projetuais, o fato de escolher um elemento da natureza [por exemplo], estudar suas características e transportá-las de maneira adaptada para o objeto arquitetônico a ser projetado funciona como uma mediação, capaz de [estreitar caminhos]. (FARIAS P. BARROS; ANDRADE, 2015b, p.2).

As docentes ainda enfatizam: “para garantir seu êxito, importa destacar a relevância da orientação continuada do professor em todas as etapas do exercício”. (FARIAS PANET BARROS; ANDRADE, 2015, p.2).

A Aluna Camila Fernanda Vale Ribeiro (Figura 10-B), apresentou um Centro Gastronômico (gastronomia brasileira). Beneficiando-se de um bulbo de alho – tipo de tempero, na estrutura, além da exploração desse conceito, em modo de composição, como na lei da Gestalt, fraciona as partes (caule e dente) e dela conduz a um novo todo. Então, da fusão de dois componentes diferenciados, quando a coisa observada surge uma configuração, cujas qualidades são próprias do específico nível de síntese e, nesse caso, totalmente dedutíveis ao estado anterior.

Como um museu, o prédio do centro é local de exposição – aquele que conta/guarda as curiosidades de nossa culinária, enquanto as setorizações (cinco unidades correlacionadas em composição radial) funcionam como restaurantes típicos das regiões brasileiras. A concepção estrutural radial<sup>5</sup>, foi ministrada em aula com o título: “Como a composição se organiza” (1ª Etapa) e retomada na 2ª Etapa, em Teoria da Percepção Visual. Entre essas considerações, a Figura 11, seguinte, expõe três exemplares tocados: dois nas artes e um na arquitetura.

<sup>5</sup> Radial e Axial: uma força axial se estende segundo o eixo longitudinal, enquanto que a força radial se verifica de um ponto central para fora.

Figura 11 – Casos de composição radial



Fonte: Arquivo da Disciplina Estudo da Forma, 2021-02

O Aluno Renato Monteiro Dias (Figura 10-C), apresentou um Templo religioso. A analogia foi trabalhada a partir da morfologia corporal de um inseto, da espécie esperança (Tettigoniidae), similar ao gafanhoto (Acrididae). Em via de semelhança, a estrutura da edificação possui a parte da frente mais elevada que a de trás. As linhas são retas, com ângulo tencionado em parte frontal. Em aula, nesses moldes, houve a reprodução a partir do estudo de libélula, via tradução em design de barraca de camping (trabalho do Studio Minor Axis).

Na conjuntura dos projetos finais, para além dos três supracitados, tivemos também – por exemplo – um centro cardiológico (Instituto Luz), de analogia com o relógio do sol; uma concha acústica com analogia à flor de lótus; uma escola infantil (Kusabana) com analogia à espécie vegetal antúrio; um edifício empresarial com analogia à colméia de abelha; dois centros culturais – um com analogia a frutas e o outro à planta vitória-régia; sendo esta, também, inspiração para a produção de um Gazebo (Elísio); entre outros. Dessa totalidade, ainda que com graus diferentes de amadurecimento, 100% dos trabalhados atingiram, de modo satisfatório, o propósito da didática – considerados, portanto, aptos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Começar é difícil? Você sabe que é!” – frase de Frank Gehry se referindo ao momento inicial da construção de um Projeto. Algo que necessita lidar com a dificuldade do papel em branco.

Assim, vimos nesse estudo os meandros da fusão criativa; um possível solucionar desse caminho, muita das vezes, arenoso – o diagrama de Anton Ehrenzweignos forneceu uma base visual dessa varredura.

Por via da MECA buscou-se, de antemão, instrumentalizar o ato criador. O uso do raciocínio que toma tons à analogia, é conforme assegura Cross (1997) “uma das bases do processo criativo”. (CROSS, 1997 *apud* FARIAS PANET BARROS e ANDRADE, 2015a, p. 11). E como afirma Hugo Acham (1998, p.1), defensor do conceito-apoio e da linguagem-apoio, “é imprescin-

dível melhorar qualitativamente o ensino nas suas formas didáticas e na renovação e atualização constante dos conteúdos”. Para ele, “educar não é apenas ensinar, mas criar situações de aprendizagem nas quais todos os aprendentes [não só o aluno, mas também o próprio professor] possam despertar, mediante sua própria experiência do conhecimento”.

Em estudos já realizados, as maiores vantagens da MECA estão para: “ampliação do repertório discente; aumento das possibilidades de projeto; investigação de soluções diversas para resolução de problemas; exploração do pensamento lateral”. (BIANCHI, 2008 *apud* FARIAS PANET BARROS e ANDRADE, 2015b, p. 5).

Na análise dos resultados dessa, de fato, a didática demonstrou, mesmo, favorável e apropriada ao momento aplicado. Portanto, o método foi capaz de sensibilizar o ver, ampliou o senso criativo projetual; relacionou estruturas cognitivas diversas e permitiu abordagem multidisciplinar.

## REFERÊNCIAS

ASSMANN, Hugo. Metáforas novas para reencantar a Educação, epistemologia e didática. Piracicaba: UNIMEP, 1998.

BAHAMÓN, Alejandro; PÉREZ, Patrícia. Arquitectura mineral: analogias entre o mundo mineral e a arquitectura contemporânea. Lisboa. Dinalivro, 2008a.

BAHAMÓN, Alejandro; PÉREZ, Patrícia. Arquitectura animal: analogias entre o mundo animal e a arquitectura contemporânea. Lisboa. Dinalivro, 2008b.

BAHAMÓN, Alejandro; PÉREZ, Patrícia; Campello, Alex. Arquitectura vegetal: analogias entre o mundo vegetal e a arquitectura contemp. Lisboa: Dinalivro, 2008c.

BIEMBEGUT, Maria Sallet; HEIN, Nelson. Número de ouro e secção áurea. São Paulo: Edifurb, 1998.

CONTADOR, P.R.M. A matemática na arte e na vida. SP: Livraria da Física, 2007.

CRUZ JR., Jorge Mageste. A Matemática por trás de um Número: Razão Áurea. 2014. 50f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

EHRENZWEIG, Anton. A ordem oculta da Arte: um estudo na psicologia da imaginação artística. Rio de Janeiro: Zahar Editores. 1977.

FARIAS PANET BARROS, Amélia de; ANDRADE, Patrícia Alonso de. Uso do raciocínio analógico na concepção projetual em ensino introdutório de projeto arquitetônico. *Arquitextos*, São Paulo, ano 15, n. 180.01, Vitruvius, maio 2015a. Disponível em: <<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/15.180/5551>>.

FARIAS PANET BARROS, Amélia de; ANDRADE, Patrícia Alonso de. Uso da analogia com alunos iniciantes de projeto arquitetônico. Registro e análise de uma experiência facilitadora do processo de concepção. *Arquitextos*, São Paulo, ano 16, n. 183.07, Vitruvius, ago. 2015b<<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos>>.

FRANK GEHRY: DESIGNING FROM NATURE. Produção de [www.b3 architects.com](http://www.b3architects.com). Vídeo (2min.29),

color. 2011.

GEHRY, Frank. Howtothink like an architect: Designingfromnature. Direção: B³, Architect. com,AIA. Vídeo (2min29s). Tradução nossa.

JAPIASSÚ, Hilton; MARCONDES, Danilo. Dicionário básico de filosofia. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.

LOBOSCO, Tales. Metáfora, analogia e exploração formal no Projeto Arquitetônico. Revista Projetar. Projeto e Percepção Ambiente, v.1, n.3, dez., 2016.

MAHFUZ, Edson da Cunha. Ensaio sobre a razão compositiva: uma investigação sobre a natureza entre as partes e o todo na composição arquitetônica. Viçosa: UFV; Belo Horizonte: AP Cultural, 1995.

MAHFUZ, Edson da Cunha. Nada provém do nada: A produção da arquitetura vista como transformação de conhecimento. Revista Projeto, SP nº 69, p. 89-95, nov., 1984.

MASCARENHAS, Taís Tavares; NAGEM, Ronaldo Luiz, ARAÚJO, Siane Paula. Proposta para uso da analogia do corpo humano com o edifício no ensino de projeto arquitetônico. CEFET-MG. Disponível em: <<https://editora.pucrs.br/edipucrs//anais/cidu/assets/edicoes/2018/arquivos/297.pdf>>. Acesso em: <02agos. 2021>.

NAGEM, Ronaldo Luiz; CARVALHAES DE OLIVEIRA, Dulcinéia; DIAS YAMAUCHI TEIXEIRA, Jully Anne. Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. Revista Portuguesa de Educação, vol. 14, nº. 1, 2001, pp. 197-213. Universidade do Minho, Braga, Portugal.

NATURE INSPIRED ARCHITECTURAL DESIGNS. Produção de Best 5&10, 2016. Vídeo (1min.), color. Disponível em:<<https://www.youtube.com/watch?v=9ouXno3R8>. Acesso em: <30 junh 2021>.

OSTROWER, Fayga. Criatividade e Processos de Criação. RJ: Ed.Vozes, 1977.

OSTROWER, Fayga. Universos da Arte. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PALLASMAA, Juhani. As mãos inteligentes, 2013.

PAREYSON, L. Estética: teoria da formatividade. Tradução de ALVES, E. F. Petrópolis: Vozes, 1993.

YUNES, Gilberto Sarkis; FERRARO, Luiza Helena; MARELATTO, Natália Bacin. A analogia com a natureza como inspiração para a concepção de projetos em Arquitetura e Urbanismo. In:Anais do IV Enanparq, Porto Alegre, 25-29 jul. 2016. Porto Alegre: PROPARG/UFGRS, 2016.

## **Estudo orçamentário do projeto elétrico pré-automatizado**

---

*Bruna Torquetti Fonseca  
Sheilla Raquel Araújo Gava  
Tairine Cristine Bertola Cruz  
Fernando Henrique Fagundes Gomes  
Emanuel Bomtempo Matos  
Suymara Toledo Miranda  
Israel Iasbik  
Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Romulo Stefani Filho*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.10

## RESUMO

A indústria 4.0 estruturada pela internet e caracterizada pela produção inteligente vem gradualmente revolucionando a vida em sociedade. A engenharia civil tem investido em inovações tecnológicas aplicadas às residências, capazes de torná-las eficientes, sustentáveis e acessíveis. O surgimento da domótica deu início às mudanças através da integração de mecanismos automatizados, a fim de permitir que o morador pudesse operar todos os sistemas de maneira fácil e flexível. Inicialmente, com custo elevado em função da falta de infraestrutura das edificações, a automação residencial tem se popularizado cada vez mais devido ao conceito da pré-automatização, que consiste no upgrade das instalações elétricas, para posterior acréscimo das tecnologias. Para a infraestrutura de redes pode-se utilizar o cabeamento estruturado que fornece alta durabilidade, baixo custo de manutenção, viabiliza a expansão de modo simples, possui baixo índice de falhas, além de proporcionar maior segurança de dados. Nesse sentido, a monografia, através de um estudo de caso, apresenta as diferenças no quesito quantidade de material utilizado e custo de execução entre um projeto elétrico convencional e um pré-automatizado. Estimou-se que o custo associado à infraestrutura pré-automatizada representa de dois a três por cento do custo total da construção.

**Palavras-chave:** pré-automatização. automação residencial. cabeamento estruturado. instalação elétrica.

## ABSTRACT

Industry 4.0, structured by the internet and characterized by intelligent production, has gradually revolutionized life in society. Civil engineering has invested in technological innovations applied to houses, capable of making them efficient, sustainable and accessible. The emergence of domotics started the changes, through the integration of automated mechanisms, in order to allow the resident to operate all systems in an easy and flexible way. Initially, at a high cost due to the lack of building infrastructure, home automation has become increasingly popular due to the concept of pre-automation, which consists of the electrical installations upgrade, for later addition of technologies. Structured cabling can be used for network infrastructure, providing high durability, low maintenance cost, enables expansion in a simple way, has a low failure rate, besides providing greater data security. Therefore, the monograph, through a case study, presents the differences regarding the amount of material used and the cost of execution between a conventional and a pre-automated electrical project. It was estimated that the cost associated with pre-automated infrastructure represents two to three percent of the total construction cost.

**Keywords:** pre-automation. home automation. structured cabling. electrical installation.

## INTRODUÇÃO

O mundo, no decorrer dos anos, vem passando por inovações em muitos setores, como a área automobilística e de aparelhos telefônicos, e atualmente vivencia uma nova era de automação e tecnologia, a indústria 4.0. A construção civil se manteve tradicional, obsoleta e resistente à mudança. Sendo necessária, uma atualização no segmento que proporcione maior otimização dos sistemas e conforto no cumprimento das tarefas diárias.

Tendo em vista a busca por estas mudanças, surge a Domótica, área que engloba a infraestrutura, o gerenciamento e comando de equipamentos interligados e automatizados de uma residência. No que tange a engenharia civil, o sonho de possuir uma edificação inteligente torna-se cada vez mais acessível e possível graças ao preparo da edificação para receber automação.

Muitas vezes, o desejo da automatização é abandonado devido ao alto investimento financeiro relacionado ao custo dos equipamentos e também a necessidade de reestruturação da edificação. Como solução, surge o conceito da pré-automatização, que consiste em uma preparação da residência para uma futura automação, inserindo as tecnologias de maneira personalizada, a necessidade do morador e de acordo com seu planejamento financeiro.

A automatização é composta por um conjunto de sistemas, cada qual com sua essencial funcionalidade contendo em cada, equipamentos com tecnologias aplicadas, gerando otimização do consumo de energia elétrica atrelada a sustentabilidade, que é um dos grandes benefícios de uma casa inteligente. Projetos com a inserção da automatização já são executados por construtoras no mundo.

A instalação elétrica estruturada na pré-automatização, que permite uma residência se configurar de forma inteligente, é feita através de redes tecnológicas responsáveis pela interligação e a comunicação entre casa, dispositivos e moradores. O cabeamento estruturado é uma das exemplificações de rede sendo a escolhida para a prática do estudo de caso do presente artigo.

Neste contexto, este trabalho objetiva-se a apresentar um projeto elétrico convencional e um projeto pré-automatizado a fim de comparar quantitativamente os materiais utilizados na instalação e o custo total para a execução.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Domótica

A Domótica é o termo originado da junção da palavra latina Domus, que significa casa, com a palavra Robótica, que é o ato de automatizar. Uma ciência atual, ligada à engenharia e aplicada em residências, capaz de proporcionar a automatização das mesmas através de sistemas interligados, tais como iluminação, monitoramento e segurança, entretenimento, controle térmico, acesso entre outros (Figura 1), que executam trabalhos mediante instruções de um programa preestabelecido (ALVES e MOTA, 2003).

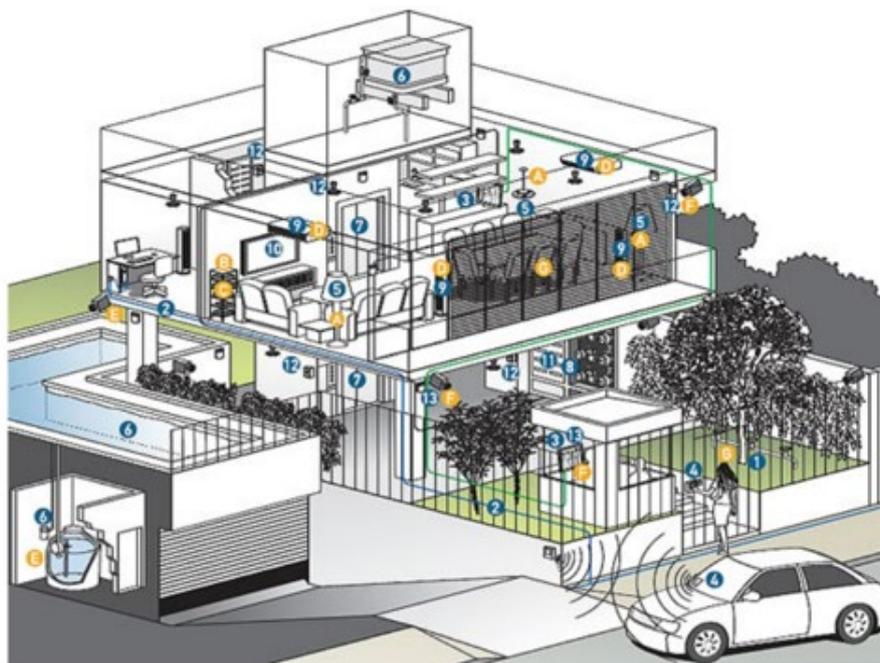
Sua principal funcionalidade é satisfazer as necessidades básicas do usuário, como reduzir o trabalho doméstico, aumentar a segurança, trazer conforto e economia energética, proporcionando assim uma maior qualidade de vida e melhor relação entre o ser humano e seu ambiente habitacional (ABREU, 2013).

É extenso o histórico das evoluções tecnológicas que hoje permitiu que as edificações inteligentes passassem de um sonho idealizado no desenho Jetsons a uma realidade. A criação dos microprocessadores, nos anos sessenta, possibilitou a ampliação da informática, abrindo caminhos para a futura automação (PÁDUA, 2006). Já nos anos 90, marcados pela globalização, a evolução na automação abrangeu o segmento residencial, com o avanço nos sistemas de

monitoramento e audiovisual e a implementação de cabeamento estruturado (COELHO e CRUZ, 2017 *apud* SINOPOLI, 2010). Atualmente, com o grande avanço na área tecnológica e com sistemas integrados, é possível ter uma casa toda programada para a chegada dos moradores do trabalho.

Uma residência pode ser o investimento com maior valor e durabilidade da vida de uma pessoa, a opção por uma casa dotada de tecnologia acrescenta um valor ao orçamento de 2% a 10% segundo Alves e Mota (2003), valor esse que trará ao proprietário maior conforto e segurança e uma grande valorização do imóvel.

**Figura 1 - Sistema integrado de uma residência automatizada**



- 1) Irrigação de jardim (horários programados e sensores de umidade)
- 2) Cabeamento estruturado (dados, voz e imagem)
- 3) Circuito fechado de TV
- 4) Controle de acesso (biometria, cartões de proximidade, tags para veículos)
- 5) Controle de iluminação
- 6) Controle de utilidades (caixas de água, bombas, filtros, piscinas, saunas)
- 7) Controle e monitoramento de elevadores
- 8) Controle e monitoramento de medições (gás, água e eletricidade)
- 9) Controle e monitoramento do sistema de climatização
- 10) Entretenimento (imagens, TV a cabo, som ambiente)
- 11) Rede de dados condominial
- 12) Sistema de detecção e alarme de incêndio
- 13) Sistema de segurança



Fonte: Desmonta & Cia (2010).

No Brasil, Associação Brasileira de Automação Residencial (AURESIDE) é a responsável por criar parâmetros e impulsionar este novo segmento. Fundada em 2000, e com sede atual em São Paulo, esta tem por objetivos principais a difusão dos conhecimentos sobre automação residencial em todo o território nacional, assim como o aumento na adoção de tecnologias, produtos e serviços que transformem as edificações tradicionais em inteligentes. A associação também se preocupa na capacitação e formação de profissionais (os integradores de sistemas) aptos a projetar uma habitação com sistemas atuando de forma integrada (AURESIDE, 2020).

Segundo dados da AURESIDE publicados no ano de 2019, no Brasil o crescimento da área de automatização residencial no período de quatro anos foi aproximadamente 300%, e o que se espera é que até o fim de 2023 o crescimento anual seja de 12.5% (CIOLA *apud* SEBRAE, 2015).

## **Eficiência energética e sustentabilidade**

É notório que as pessoas desejam cada vez mais encontrar soluções que os auxiliem a realizar atividades diárias e rotineiras trazendo comodidade a suas vidas. Porém, além de toda essa facilidade propícia, a automação é uma tecnologia capaz de ajudar na busca por uma diminuição dos gastos de energia e conseqüentemente contribui para a redução dos impactos ao meio ambiente.

Segundo Abreu (2013), o uso de ar condicionado, sistemas de aquecimento e iluminação residenciais, são responsáveis por consumir cerca de 40% de energia nos países desenvolvidos. Um estudo de Lamberts, Dutra e Pereira (2014) aponta que 23,3% da energia elétrica consumida no Brasil é de responsabilidade das residências. Devido a estas altas estatísticas, a Agência Internacional de Energia, no ano de 2008, definiu a necessidade de mudanças na área de construção civil para diminuição destes valores, e a adoção da domótica aplicada é o caminho para essa finalidade.

Um dos métodos para atingir a eficiência energética inicia-se com o projeto. O ideal é valorizar a luz, o aquecimento e a ventilação natural através de técnicas arquitetônicas. É possível também a inserção de sistemas de controle de iluminação, como a dimerização, que proporciona o ajuste da luz ambiente, tornando-a mais intensa à medida que a incidência da luz solar diminui (CRUZ, 2018), a aplicação de sensores de presença que possibilitam apagar as luzes, desnecessariamente acesas, dispositivos que permitem o acionamento de luzes remotamente, zelando pela segurança e a utilização de energia solar captada por painéis coletores sendo possível produzir energia elétrica.

É necessária também uma preocupação ambiental na execução da edificação, pois os materiais empregados geram resíduos que na maioria dos casos são descartados sem o processo de reciclagem, prejudicando o meio ambiente. Segundo Martins (2010) 67% dos resíduos sólidos da cidade provém de canteiros de obras e atualmente existem medidas de reaproveitamento dos mesmos na própria construção, tendo como exemplo a fabricação do tijolo ecológico, a utilização no piso de calçada ou no concreto magro para sub-base de fundação.

## **Tecnologias**

Os sistemas integrados que resultam em edifícios inteligentes são compostos por um

uma multiplicidade de produtos e equipamentos altamente tecnológicos.

Com a finalidade de garantir segurança a habitação, tem-se o sistema de controle de acesso, com o poder de permitir ou bloquear a passagem de pessoas, através de fechaduras inteligentes que possibilitam o acesso sem a utilização de chaves e operam através de biometria ou aplicativo e o sistema de monitoramento, por meio de câmeras, que podem estar ligadas aos aparelhos de TV internamente ou funcionar através da conexão Wi-Fi em celulares, estando em qualquer lugar do mundo.

O sistema de controle de iluminação, com as lâmpadas inteligentes, tem o objetivo de promover visibilidade, estética e eficiência energética, pois possuem níveis de intensidade de luz, sistema de programação de horários e podem ser acionadas por celular ou tablet. O sistema de climatização que zela pela qualidade do ar e temperatura dos ambientes, o termostado é o dispositivo que ajuda nessa finalidade, podendo ser capaz de controlar a temperatura da casa de acordo com o clima externo.

## Pré-automação

Existem em muitas pessoas o desejo de implementar a automação em suas residências, porém os gastos realizados em uma construção já são relativamente altos, o que conseqüentemente gera desistência. Com o intuito de flexibilizar o investimento com a automatização, uma possibilidade encontrada foi a pré-automação, que consiste em disponibilizar ao morador uma casa com a infraestrutura já preparada para uma posterior automação, permitindo realizá-la de forma gradual.

Antigamente, existiam dois dificultadores do processo de ampliação da domótica, o primeiro era a escassez de profissionais capacitados e com formação nesta área sendo de difícil acesso, para os clientes interessados, os projetos automatizados. O segundo era que a automatização tinha obrigatoriamente que ser executada durante a construção da residência, caso contrário a única solução dada pelo construtor era uma reforma futura, que geraria um transtorno ao ter que quebrar paredes e passar novos cabearamentos (LUIZARI, 2011).

A pré-automação se configura por ser a preparação da instalação elétrica de uma residência tornando-a eficiente e moderna, diferente e superior a convencional, mais econômica e menos complexa que a automatizada (Figura 2), no momento da construção, possibilitando que usuário escolha quais sistemas automatizar de acordo com suas prioridades e quando executar o processo. Há aproximadamente 10 anos este modelo emergiu no mercado e sua aderência tem aumentado por parte das construtoras.

Figura 2 - Hierarquia das instalações



Fonte: Finder (2020).

É existente a possibilidade de efetuar a pré-automação em residências com o processo de construção já finalizado, é necessário a adequação ao sistema elétrico da casa durante o processo de manutenção, técnica mais minuciosa, mas totalmente possível.

Esta infraestrutura se tornou um atrativo para o mercado imobiliário após se tornar acessível e popular, pois o diferencial dos empreendimentos aumenta a procura da população que zela por comodidade, segurança e busca inovações, consequentemente reduz a competitividade, tornando a construtora à frente das demais (LUIZARI, 2011).

## **Cabeamento estruturado – Padrão de comunicação entre sistemas**

A infraestrutura de uma automação residencial proporciona, através de dispositivos e centrais, uma integração entre a casa e os equipamentos presentes. São quatro as redes tecnológicas capazes de executar esta função, sendo elas: PLC, BUSLINE, WIRELESS e Cabeamento Estruturado (DOMINGUES, 2013).

Para a construção de uma nova edificação, a melhor opção é a utilização de cabeamento estruturado, pois na fase de projeto é possível o planejamento da parte estrutural, este proporciona a integração de modo flexível e padrão entre dispositivos eletroeletrônicos, de telecomunicações e computadores. Disponibiliza ao morador a possibilidade de conectar os equipamentos a qualquer tomada, certificando uma alta confiabilidade e rápida transmissão de dados.

O custo na aplicação de um sistema de automatização residencial é o quesito mais visado, e muitos não investem por falta de orçamentar. Porém o cabeamento estruturado, mesmo necessitando de cabos especializados e painéis de distribuição, reflete somente de 2% a 3% no custo total da obra, um investimento acessível (CAMARGO e PEREIRA, 2015).

Alguns motivos permitiram o cabeamento estruturado ser capaz de transmitir todos os tipos de sinais de comunicação da domótica, dentre eles: a padronização das instalações que desde 1990 garantiu aos profissionais maior conhecimento, resultando em alta qualidade, eficácia e equivalência do sistema; o superdimensionamento que em um primeiro momento é visto como exagero, na verdade é uma previsão futura para acomodação das novas tecnologias e cabeamentos, prevenindo reformas para eventuais mudanças; e o protocolo de internet, que proporcionou ao sistema um nível lógico, aumentando a quantidade de serviços que funcionam de maneira conjunta, diferentemente dos outros dois fatores citados, que promoveram o nível físico.

No Brasil, existem normas que regem as instalações elétricas. A de caráter convencional de residências, intitulada como ABNT NBR 5410:2008 - Instalações elétricas de baixa tensão, possui o objetivo o correto funcionamento da instalação, a segurança completa e preservação dos bens materiais (ABNT, 2008). E a referente ao cabeamento estruturado, ABNT NBR 14565:2019 – Cabeamento estruturado para edifícios comerciais, que tem como finalidade as instruções para instalação de uma multiplicidade de serviços (voz, imagem, dados) e automatização em prédios destinados ao comércio (ABNT, 2019).

É inexistente uma norma que engloba este cabeamento aplicado em residências, mas empresas como a Finder, especializada em desenvolver tecnologias ligadas à automação, divulgam um padrão a ser seguido nos projetos, como exposto na Figura 3 (FINDER, 2011).

**Figura 3 - Padrão de projeto de pré automação**

- Tubulações das cargas e dos acionamentos em tubos separados;  
Comando de cargas ou tomadas de uso específico através de relés de impulso;
- Tubulação em topologia "estrela", levando um cabo de dois pares trançados (2P x 0,5 mm<sup>2</sup>) para cada caixa de acionamento 4x2" (polegadas) ou dois cabos para caixas de acionamento 4x4";
- Previsão de um quadro de automação com dimensão adequada para atender a quantidade de zonas de iluminação e demais cargas a serem comandadas;
- O quadro de automação deve estar interligado por tubulação ou eletro calha, com o quadro de elétrica, com o objetivo de receber os circuitos que alimentarão as cargas;
- Os cabos de pré-automação/automação devem partir do quadro de automação sem emendas;
- Atendendo a NBR-5410, utilizam-se cabos de 0,5 mm<sup>2</sup> (cabos de controle);
- Deve-se prever uma "área técnica" em parede ou efetivamente um espaço, para receber os quadros de elétrica, automação e sistemas;

(Fonte: Associação Brasileira de Automação Residencial -

**Fonte: Finder (2011) apud AURESIDE.**

Uma residência que se torna inteligente pela instalação de cabeamento estruturado deve possuir em projeto um shaft de conectividade que fica localizado em uma área central da casa. Neste shaft se encontram o Quadro Elétrico, que recebe a entrada de energia, vinda do quadro geral, e as distribui para os circuitos; o Quadro de Comando, que é o responsável por todas as ações enviadas aos sistemas disponíveis e o Quadro de Conectividade, que permite que aconteça o gerenciamento de forma remota (Figura 4).

**Figura 4 - Quadros componentes do shaft de conectividade**



**Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).**

Deste shaft saem os condutores com o cabeamento em direção aos cômodos distribuídos em configuração de estrela, cujas vantagens estão na economia de cabos, maior flexibilidade na sincronização da comunicação, e de fácil adequação (CRUZ, 2018).

O dispositivo de grande relevância para o sistema de cabeamento estruturado é o relé de impulso (Figura 5), criado por Piero Giordanino no ano de 1950, cujo conceito é ser um dispositivo eletromecânico que, após ser alimentado pela energia elétrica é acionado através de um pulsador, instalado ao quadro de comando, permitindo a ligação do quadro de conectividade ao mesmo, para que assim este possa exercer a sua função (GUNDIM, 2007). Utilizado em substituição aos interruptores convencionais, os relés utilizam um cabeamento de bitolas menores para seu acionamento e botão pulsador que resultam em uma economia de custos (FREITAS, 2011).

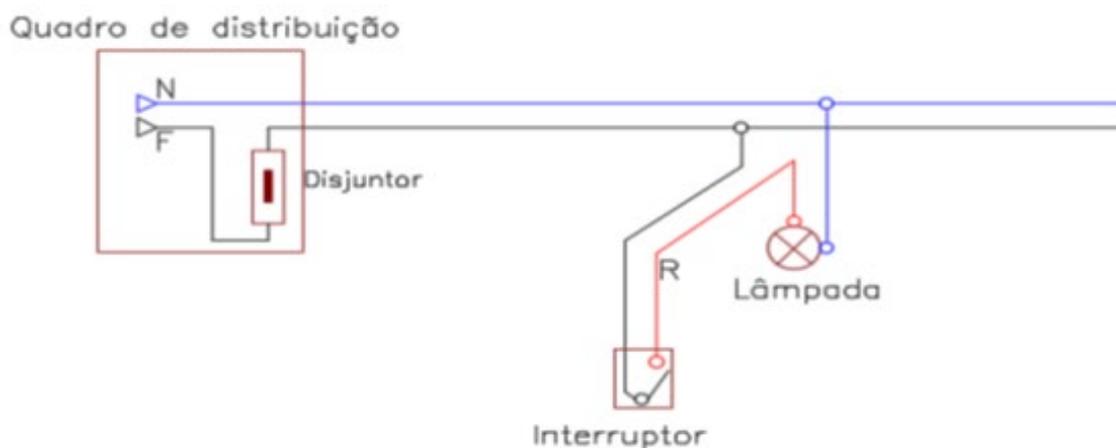
**Figura 5 - Relé de impulso**



Fonte: Finder (2020).

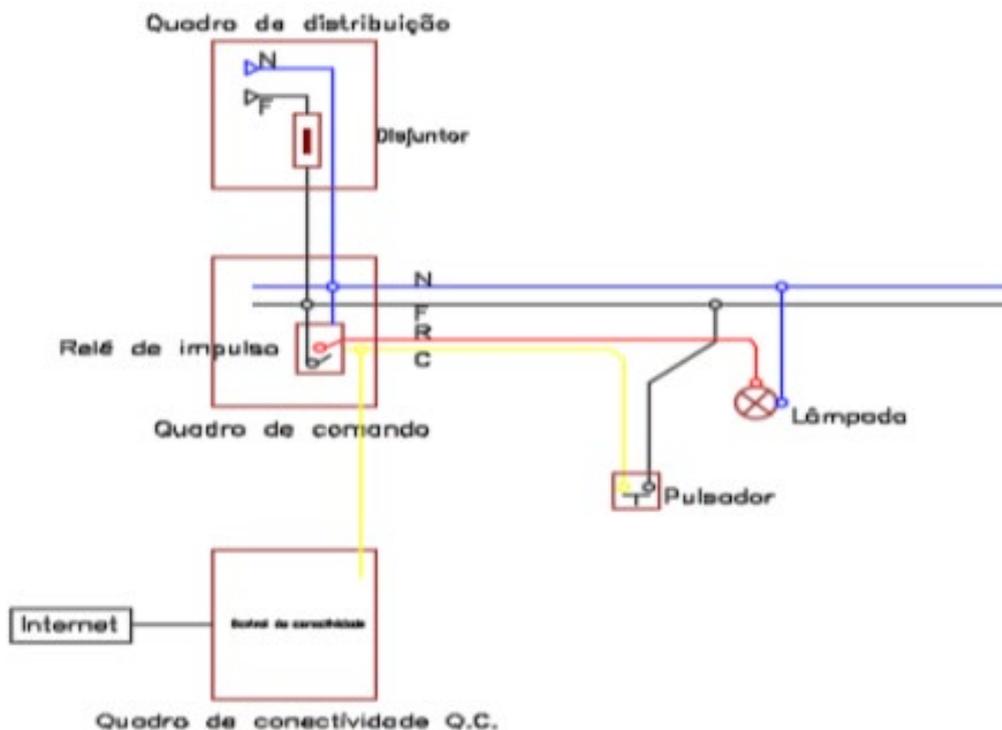
Como forma de exemplificação do diferencial entre instalação convencional e pré automatizada com relé de impulso, pode-se citar um sistema de acionamento de lâmpada. Na elétrica convencional a Fase é passada pelo disjuntor e ligada ao interruptor, e o Neutro é conectado diretamente a lâmpada, através do cabeamento de Retorno, quando acionado o interruptor, o sistema fecha o circuito produzindo a luz (Figura 6). Na pré-automatização a Fase passa pelo disjuntor e é ligada ao relé de impulso, quando o pulsador é acionado o circuito se fecha e a lâmpada é acesa, sem necessitar do comando de um interruptor (Figura 7).

**Figura 6 - Exemplo de instalação elétrica convencional**



Fonte: Cruz (2018).

Figura 7 - Exemplo de instalação elétrica pré-automatizada, com relé de impulso.



Fonte: Cruz (2018).

## METODOLOGIA DE PESQUISA

A análise de custos entre os sistemas convencional e pré-automatizado se deu através do levantamento quantitativo e orçamentação de ambos os projetos para uma mesma edificação. Essa última etapa envolveu a pesquisa de preços em duas lojas especializadas em elétrica residencial.

A edificação em estudo possui uma área de 70,35 m<sup>2</sup>, distribuídos em um pavimento, e é composta por cozinha, área de serviço, sala de estar, banheiro social, dormitório 1(suíte), banheiro da suíte, dormitório 2 e circulação.

Para este estudo, foi necessário a execução do projeto convencional das instalações elétricas tradicionais de baixa tensão. O processo de dimensionamento é regido pela norma ABNT NBR 5810:2005 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão) que possui o objetivo de aplicar condições que satisfaçam as instalações elétricas, garantindo seu correto funcionamento, prezando pela segurança coletiva e preservação dos bens.

O projeto consiste em uma residência com fornecimento bifásico feito através de três fios, dos quais dois são de fases e um é neutro, concedendo a possibilidade de tensões a 127V (volts) e a 220V.

Foi efetuado através de recomendações da norma citada o levantamento quantitativo de pontos de iluminação, estabelecendo o mínimo de um ponto de luz no teto a cada compartimento da residência, e para banheiros a restrição de estar localizado a 60 centímetros do limite do box e o cálculo da potência de acordo com área do cômodo.

O levantamento do número mínimo de tomadas, que se caracterizam por serem os pon-

tos de conexão que fornecem eletricidade aos equipamentos eletrônicos, é dependente do perímetro do cômodo. É indispensável citar a importância dos pontos estarem distribuídos com espaçamento uniforme e do dimensionamento superior ao mínimo, para se evitar o emprego de benjamins (conhecidos como “Tês”), dispositivos que multiplicam os espaços de conexão e comprometem a segurança da residência.

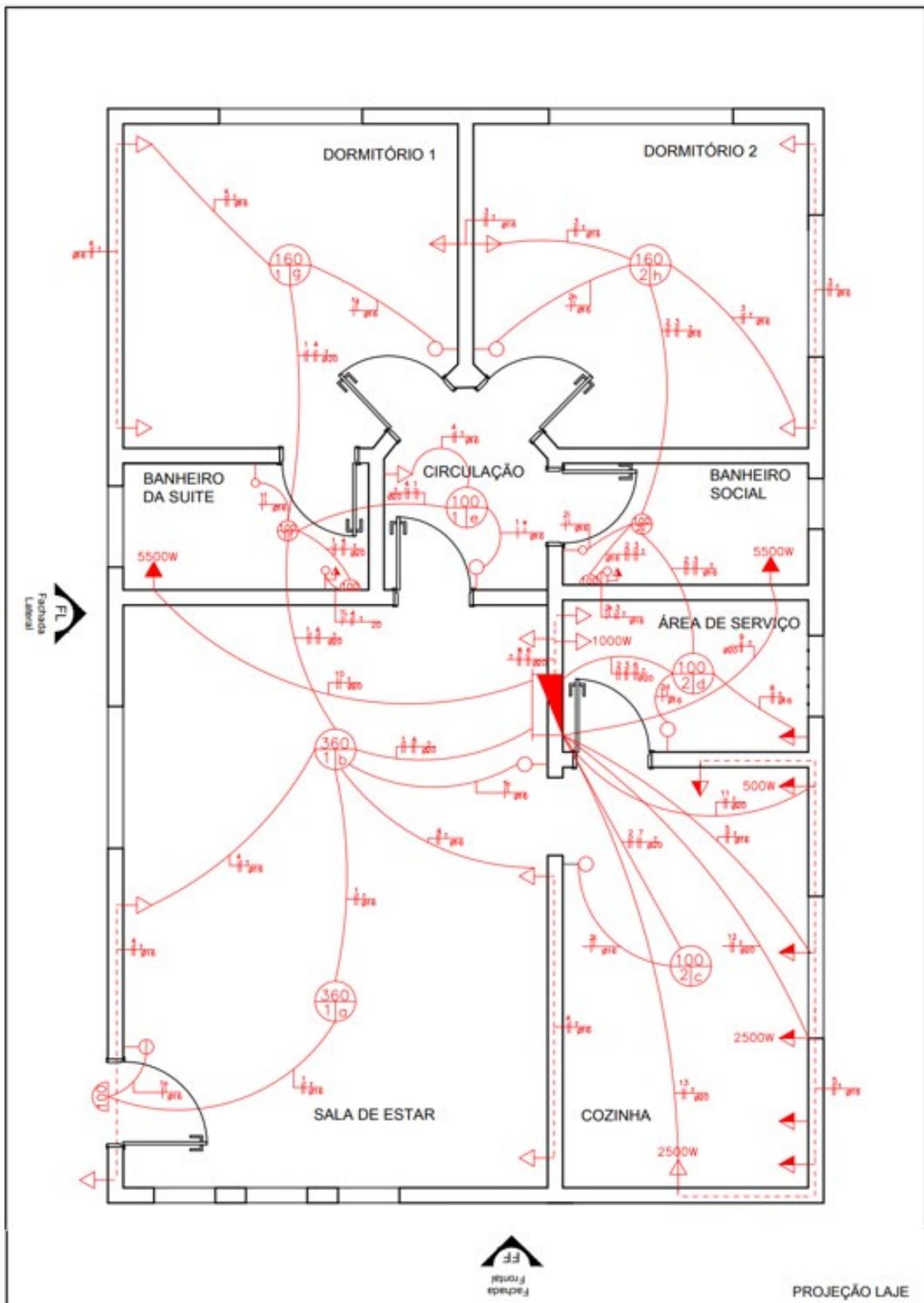
As tomadas são classificadas quanto a utilização em: ponto de tomada de uso geral (PTUG) e ponto de tomada de uso específico (PTUE). Os PTUG's são aqueles atribuídos a ligação de equipamentos portáteis ou móveis. Os PTUE's são indicados aos equipamentos fixos em uma posição no ambiente, a potência dos mesmos é correspondente a do aparelho a ser conectado.

O quadro de distribuição é o responsável por receber a energia elétrica fornecida pela concessionária e distribuí-la aos circuitos da casa, nele também contém os dispositivos de proteção, como o disjuntor termomagnético que protege contra sobrecarga e curto circuito e o diferencial residual que protege contra curtos circuitos e choques por contato direto e indireto. Cada circuito elétrico terminal corresponde ao conjunto de condutores e respectivos equipamentos ligados ao mesmo dispositivo de proteção.

Para comparação foi realizado o projeto dito pré-automatizado, que contempla o dimensionamento elétrico em tipologia estrela de uma residência ainda em fase de construção, tornando-a capaz de ser automatizada futuramente. O mesmo foi executado por uma empresa especializada na área, atuante na cidade de Barbacena, Minas Gerais.

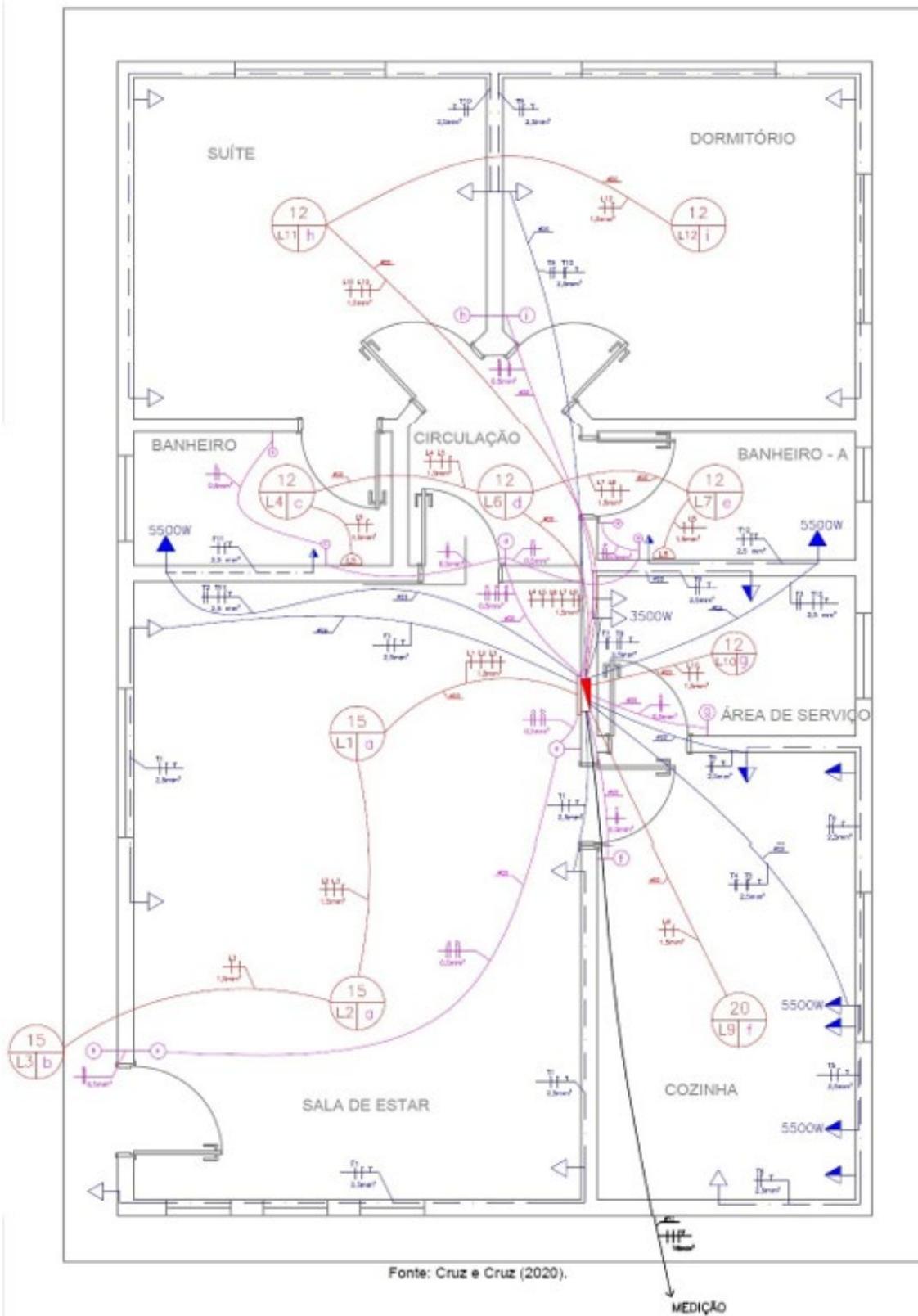
O dimensionamento do quantitativo dos pontos de luz e tomadas de uso geral e específico, assim como suas respectivas potências, são determinados de maneira semelhante ao projeto convencional. Sendo adicionados padrões de projetos específicos da pré-automatização, como a utilização de relé de impulso, separação das tubulações de carga e retorno, escolha de espaço amplo para a instalação dos quadros componentes do shaft de conectividade, aplicação de cabo de retorno flexível para pulsador com diâmetro de 0,5mm<sup>2</sup> e substituição de interruptores tradicionais por pulsadores minuteria.

Figura 8 - Projeto Elétrico Convencional



Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).

Figura 9 - Projeto Elétrico Pré-Automatizado



Fonte: Cruz e Cruz (2020).

**Figura 10 - Legenda do Projeto Elétrico Convencional**

LEGENDA	
	Tomada Baixa (a 30 cm de altura)
	Tomada Média (a 130 cm de altura)
	Tomada Alta (a 200 cm de altura)
	Ponto de luz no teto ex:360 - potência de iluminação; 3-nº de circuitos; a- comando;
	Interruptor simples
	Interruptor duplo
	Eletroduto embutido na laje
	Eletroduto embutido na parede
	QD- Quadro de Distribuição
	Condutor Neutro
	Condutor Fase
	Condutor Retorno
	Condutor de proteção terra
	Simbologia que indica diâmetro externo do eletroduto em milímetros.
	Ponto de luz na parede

Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).

**Figura 11 - Legenda do projeto elétrico pré-automatizado**

LEGENDA	
	Circuito de cargas/tomadas (Tr²)
	Tomada Baixa (a 30 cm de altura)
	Tomada Média (a 130 cm de altura)
	Tomada Alta (a 200 cm de altura)
	Circuito de cargas/lâmpadas (Ln²)
	Ponto de luz no teto ex:12 - potência de iluminação; L3 - nº do circuito; a - letra do comando.
	Circuito de comando/lâmpadas (leba)
	Pulsador ex: a - letra do comando.
	Eletroduto embutido na parede
	QD- Quadro de Distribuição
	Condutor Neutro
	Condutor Fase
	Condutor de proteção terra
	Seção do condutor
	Seção do conduto

**NOTAS:**

- (1) Conduíte de iluminação com 03 ou mais circuitos, o neutro deverá ser 2,5 mm<sup>2</sup>.
- (2) Circuito de cargas/iluminação, conduítes na laje.
- (3) Circuitos de comando/iluminação, conduítes preferencialmente no piso.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de estabelecer um percentual proporcional dos gastos relativos ao custo das instalações elétricas, estimou-se o custo total da edificação a partir do Custo Unitário Básico de Construção (CUB/m<sup>2</sup>), relativo ao mês de setembro do ano de 2020, sem desoneração da mão de obra e pertencente ao Sinduscon – Juiz de Fora, por ser a cidade mais próxima a Barbacena. A residência em estudo é considerada padrão normal (R1-N) com estimativa de custo por metro quadrado de R\$ 1673,86 que multiplicado pela área em planta, resulta em um valor total para a

obra de R\$117756,05. Considerando o acréscimo do BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), que é o índice orçamentário destinado as despesas indiretas (administração central, tributos sobre faturamento, seguros, garantias, entre outros) e ao lucro, foi previsto um valor total de construção de R\$150.000,00.

As diferenciações visualizadas nos projetos foram em relação a composição dos retornos de iluminação. No pré-automatizado os mesmos saem diretamente do quadro de distribuição e são compostos por duas fases, diferentemente do convencional que partem da luz e possuem uma fase e um retorno. Consequentemente, há maior quantidade de sistemas, o que gera aumento na utilização de eletrodutos.

De posse dos projetos finalizados foi realizado o levantamento dos materiais necessários à instalação e suas quantidades (TABELA 1 e 2). Neste processo, foi constatado que a maior parte deles são utilizados em ambos os casos, o que difere é a substituição dos interruptores convencionais por interruptores pulsadores minuteria, além de conter a presença de relé de impulso que permite a conexão entre quadro de conectividade e quadro de comando e a utilização de cabo flexível para pulsador.

Seguidamente foi efetuada uma visita a dois estabelecimentos comerciais especialistas em elétrica, situados na cidade de Barbacena com a finalidade de orçar os insumos contabilizados. Obtendo os valores de R\$3229,92 para a instalação convencional e R\$4099,18 para a instalação pré-automatizada, uma diferença de R\$ 869,26.

**Tabela 1- Quantitativo de Materiais – Instalação Elétrica Convencional**

Quantitativo de Materiais - Instalação Elétrica Convencional					
Insumos	Unidade	Quantidade	Quantidade Comercial	Preço unitário	Preço Total
Tomada com espelho - 2P + T 10A - 2x4"	Peça	13		R\$ 6,67	R\$ 86,71
Tomada com espelho - 2P + T 20A - 2x4"	Peça	9		R\$ 6,76	R\$ 60,84
Caixa embutir 2x4"	Peça	35		R\$ 1,08	R\$ 37,80
Padrão de Entrada de Energia Bifásico Áereo	Peça	1		R\$ 1.150,00	R\$ 1.150,00
Interruptor com espelho - Simples	Peça	8		R\$ 7,03	R\$ 56,24
Interruptor com espelho - Duplo	Peça	1		R\$ 10,68	R\$ 10,68
Interruptor + espelho simples com tomada 20A	Peça	2		R\$ 11,46	R\$ 22,92
Espelho Placa Cega com furo 2x4"	Peça	2		R\$ 0,95	R\$ 1,90
Quadro de Distribuição PVC	Peça	1		R\$ 64,51	R\$ 64,51
Barramento Terra Neutro 10 Furos TIGRE	Peça	2		R\$ 24,45	R\$ 48,90
Cabo Flexível Fase 450/750 V 2,5 mm <sup>2</sup>	Metro	100		R\$ 1,91	R\$ 191,00
Cabo Flexível Neutro 450/750 V 2,5 mm <sup>2</sup>	Metro	100		R\$ 1,91	R\$ 191,00
Cabo Flexível Neutro 450/750 V 1,5 mm <sup>2</sup>	Metro	100		R\$ 1,33	R\$ 133,00
Cabo Flexível Terra 450/750 V 2,5 mm <sup>2</sup>	Metro	100		R\$ 1,91	R\$ 191,00
Cabo Flexível Retorno 450/750 V 1,5 mm <sup>2</sup>	Metro	200		R\$ 1,33	R\$ 266,00
Eletroduto PVC Flexível Corrugado 16 mm	Metro	200	Rolo com 50 metros	R\$ 69,50	R\$ 278,00
Eletroduto PVC Flexível Corrugado 20 mm	Metro	100	Rolo com 50 metros	R\$ 55,56	R\$ 111,12
Disjuntor Diferencial Residual Bipolar Tipo AC - 10A	Peça	1		R\$ 31,68	R\$ 31,68
Disjuntor Diferencial Residual Bipolar Tipo AC - 32A	Peça	2		R\$ 31,68	R\$ 63,36
Disjuntor Diferencial Residual Bipolar Tipo AC - 25A	Peça	1		R\$ 26,86	R\$ 26,86
Disjuntor Termomagnético Monopolar 10A	Peça	2		R\$ 7,48	R\$ 14,96
Disjuntor Termomagnético Monopolar 15A	Peça	4		R\$ 7,48	R\$ 29,92
Caixa de Fundo Móvel Simples	Peça	9		R\$ 2,69	R\$ 24,21
Lâmpada de LED 12W	Peça	6		R\$ 9,91	R\$ 59,46
Lâmpada de LED 15W	Peça	3		R\$ 12,17	R\$ 36,51
Lâmpada de LED 9W	Peça	2		R\$ 8,50	R\$ 17,00
Lâmpada de LED 20W	Peça	1		R\$ 24,34	R\$ 24,34
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 3.229,92</b>

Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).

**Tabela 2 - Quantitativo de Materiais – Instalação Pré-Automatizada**

Quantitativo de Materiais - Instalação Elétrica Convencional					
Insumos	Unidade	Quantidade	Quantidade Comercial	Preço unitário	Preço Total
Tomada com espelho - 2P + T 10A - 2x4"	Peça	13		R\$ 6,87	R\$ 88,71
Tomada com espelho - 2P + T 20A - 2x4"	Peça	9		R\$ 6,76	R\$ 60,84
Caixa embutir 2x4"	Peça	35		R\$ 1,08	R\$ 37,80
Padrão de Entrada de Energia Bi-fásico Aéreo	Peça	1		R\$ 1.150,00	R\$ 1.150,00
Cabo flexível (pulsador) 450/750v0,5mm	Metro	300		R\$ 0,80	R\$ 240,00
Relé Finder Impuls 2na 230vca - Cód: 784265	Peça	12		R\$ 50,00	R\$ 600,00
Interruptor Pulsador minuteria com placa	Peça	10		R\$ 9,40	R\$ 94,00
Interruptor Pulsador minuteria com placa + tomada 20A	Peça	2		R\$ 13,50	R\$ 27,00
Quadro de Distribuição PVC	Peça	1		R\$ 64,51	R\$ 64,51
Barramento Terra Neutro 10 Furos TIGRE	Peça	2		R\$ 24,45	R\$ 48,90
Cabo Flexível Fase 450/750 V 2,5 mm²	Metro	100		R\$ 1,91	R\$ 191,00
Cabo Flexível Neutro 450/750 V 2,5 mm²	Metro	100		R\$ 1,91	R\$ 191,00
Cabo Flexível Neutro 450/750 V 1,5 mm²	Metro	100		R\$ 1,33	R\$ 133,00
Cabo Flexível Terra 450/750 V 2,5 mm²	Metro	100		R\$ 1,91	R\$ 191,00
Cabo Flexível Retorno 450/750 V 1,5 mm²	Metro	200		R\$ 1,33	R\$ 266,00
Eletroduto PVC Flexível Corrugado 16 mm	Metro	200		R\$ 69,50	R\$ 278,00
Eletroduto PVC Flexível Corrugado 20 mm	Metro	100	Rolo com 50 metros	R\$ 55,58	R\$ 111,12
Disjuntor Diferencial Residual Bipolar Tipo AC - 10A	Peça	1	Rolo com 50 metros	R\$ 31,68	R\$ 31,68
Disjuntor Diferencial Residual Bipolar Tipo AC - 32A	Peça	2		R\$ 31,68	R\$ 63,36
Disjuntor Diferencial Residual Bipolar Tipo AC - 25A	Peça	1		R\$ 26,86	R\$ 26,86
Disjuntor Termomagnético Monopolar 10A	Peça	2		R\$ 7,48	R\$ 14,96
Disjuntor Termomagnético Monopolar 15A	Peça	4		R\$ 7,48	R\$ 29,92
Caixa de Fundo Móvel Simples	Peça	9		R\$ 2,89	R\$ 24,21
Lâmpada de LED 12W	Peça	6		R\$ 9,91	R\$ 59,46
Lâmpada de LED 15W	Peça	3		R\$ 12,17	R\$ 36,51
Lâmpada de LED 9W	Peça	2		R\$ 8,50	R\$ 17,00
Lâmpada de LED 20W	Peça	1		R\$ 24,34	R\$ 24,34
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 4.099,18</b>

Obs: Cabo flexível (pulsador) 450/750 v0,5mm (cotado somente pela internet)  
 Relé Finder Impuls 2na 230vca - Cód: 784265 (cotado somente pela internet)

**Fonte: Elaborado pelas autoras (2020).**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo relatou à aplicação de tecnologias ao ambiente residencial, ato proporcionado pela Domótica, dando origem as casas inteligentes, com o principal objetivo de gerar conforto, segurança e economia aos usuários. Uma evolução no segmento da engenharia civil, quebrando padrões tradicionais com a introdução de uma nova cultura, a da automatização.

O estudo baseia-se na finalidade de apresentar adaptações e melhorias nas instalações elétricas convencionais, e mostrar a possibilidade de substituir estas por instalações pré-automatizadas, que consistem na preparação da residência para uma futura automação, dando opção ao usuário de realizá-la quando e da maneira que achar viável.

A infraestrutura utilizada para aplicação da pré-automatização, é o cabeamento estruturado, planejada durante a fase de projeto, tendo como benefício à alta capacidade de transportar maior quantidade de sinais de comunicação. Esta garante a conexão de diversos equipamentos e sistemas ao mesmo tempo, sem acarretar na diminuição da qualidade do desempenho dos mesmos.

De posse dos conhecimentos sobre domótica adquiridos através de pesquisas, foi realizado um estudo de caso na busca da comparação entre projetos, quantitativo de materiais e custo final da instalação elétrica convencional e pré-automatizada com cabeamento estruturado, de uma mesma residência.

Como apresentado nas pesquisas, o valor da instalação pré-automatizada equivale de 2% a 3% do custo total da obra, que corresponde neste caso de R\$3000,00 a R\$4500,00 respectivamente. Comprovando assim a veracidade desta proporção, e a concordância entre teoria e prática.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Tiago Manuel Brás de. Edifícios Inteligentes – Soluções para gestão de climatização em instalação de domótica KNX. Estudo de Caso. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2013.

ALVEZ, José Augusto; MOTA, José. Casas Inteligentes. 1.ed. Lisboa, Portugal: Centro Atlântico, 2003. 144 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL - AURESIDE. São Paulo, 2020. Disponível em: <<http://www.areside.org.br/quem-somos>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14565. Cabeamento Estruturado para Edifícios Comerciais, Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5410. Instalações Elétricas de Baixa Tensão, Rio de Janeiro, 2008.

CAMARGO, Edilson Alexandre; PEREIRA, Mariangela de Faria. Casas inteligentes. 2015. 09 f. Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2015.

CIOLA, Felipe. Automação Residencial demandas em diversos segmentos da construção civil. SEBRAE, 1 set. 2015. Disponível em: <<https://sebraeinteligenciasetorial.com.br/produtos/noticias-de-impacto/automacao-residencial-demandas-em-diversos-segmentos-da-construcao-civil/55e5d9aac3779d21009a1f5b>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

COELHO, Darlene Figueiredo Borges; CRUZ, Vítor Hugo do Nascimento. Edifícios Inteligentes: uma visão das tecnologias aplicadas. São Paulo: Blucher, 2017. 136 p.

CRUZ. Tairine Cristine Bertola. Edificações preparadas para automação, sustentabilidade e acessibilidade. 2018. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

DOMINGUES, Ricardo Gil. A Domótica como Tendência na Habitação: Aplicação em Habitações de Interesse Social com Suporte aos Idosos e Incapacitados. 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

FINDER. Pré-Automação Residencial. Documento oficial publicado pela empresa. 3 ed. São Paulo, 2011.

FREITAS, Luciana. A um passo da automação. Instalações Elétricas, Seção Em Pauta. São Paulo, 2011.

GUNDIM. Robmilson Simões. Desenvolvimento e aplicação de metodologia para auxílio da engenharia em automação residencial MAEAR. 2007. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Eficiência Energética na Arquitetura. 3.ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás - Procel, 2014. 382 p.

LUIZARI, Larissa. Pré-Automação: um diferencial de mercado. Revista Lumiere. Disponível em: <<http://>>

[www.instalacoeseltricas.com/download/lumiere\\_161\\_pre\\_automacao.pdf](http://www.instalacoeseltricas.com/download/lumiere_161_pre_automacao.pdf)>. Acesso em: 9 set. 2020.

PÁDUA, Ivo Henrique de. Caracterização de edifícios inteligentes: um caso exemplo. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica- Programa de pós-graduação) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

## **Portal para ensino e reforço de álgebra linear à distância**

---

*Erick Crisafuli  
Nairon Neri Silva  
Hemílio Lauro de Araújo Melo  
Matheus Barbosa Souza*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.70.11

## RESUMO

Existem alguns métodos de ensino, mas atualmente o ensino a distância vem se destacando. Porém, nem todas instituições estão preparadas para esta situação. Desta forma este trabalho surgiu através de uma iniciação científica e visa o estudo de tecnologias web para a criação de um portal de ensino e/ou reforço online, o qual proverá conhecimento de forma gratuita para qualquer pessoa.

**Palavras-chave:** ensino e aprendizagem de álgebra linear. educação distância. python. django.

## ABSTRACT

There are some teaching methods, but currently, e-learning has been standing out. However, not all institutions are prepared for this situation. Thus, this work came about through a scientific initiation and aims the study of web technologies for the creation of an online teaching and / or reinforcement portal, which will provide knowledge for free to anyone.

**Keywords:** Teaching and learning linear algebra. e-learning. python. django.

## INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia e atualmente com o distanciamento causado pela pandemia do COVID-19, houve um aumento na demanda de plataformas de ensino EaD. Muitas instituições não estavam preparadas para esta modalidade de ensino, o que causou uma queda na qualidade e até a paralisação do ensino em algumas instituições (SILVA, 2020).

Segundo Mota *et al.* (2000) *apud* Pádua (2008) "Educação a Distância (EaD) é uma forma de ensino que permite que o aprendiz não esteja fisicamente presente em um ambiente formal de ensino. Essa modalidade de ensino possibilita que os alunos e professores estejam separados entre si em função do espaço e do tempo".

Além do mais, segundo ABED (2008) *apud* Schmitt (2010), o ensino EAD no Brasil apresenta alto índice de 16,15% evasão, sendo os motivos dessa evasão o financeiro (35%), a falta de tempo (22,9%), a não adaptação ao método EaD (19,3%) e 14,3% são surpreendidos pois acham que seria mais fácil do que é estudar pelo método EaD.

Em paralelo a estes eventos, segundo Furtado (2010) e Gil (2008) os alunos da disciplina de Álgebra Linear tem dificuldades para compreender as abstrações dos preceitos que lhes são passados e falta a motivação pelo o estudo da matemática, o que em conjunto com a falta das aulas presenciais pode causar problemas ainda maiores. "Tais Matos nos sugerem uma fraqueza no ensino da Álgebra Linear, que não está sendo eficiente quanto á compreensão dos preceitos abstratos"(FURTADO, 2010).

Em consonância a essa realidade, o presente trabalho demonstra as tecnologias utilizadas para a construção do projeto, objetivos, software livre, MOODLE e possíveis melhorias a serem desenvolvidas para evoluir o sistema.

## OBJETIVOS

O presente estudo compreende as áreas do conhecimento de Ciência da Computação e ensino de Álgebra Linear e foi desenvolvido através do Programa de Bolsas de Iniciação Científica (PROBIC) do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos (UNIPAC) entre maio de 2019 e março de 2020. Teve como missão inicial atender uma demanda específica de Álgebra Linear utilizando vídeo aulas e exercícios de forma online, porém, a mesma plataforma pode ser estendida para inúmeras outras disciplinas atendendo outras demandas.

O objetivo é que as instituições tivessem uma plataforma que pudesse servir principalmente como reforço para os alunos, um portal onde possam rever e exercitar conceitos adquiridos em aula, podendo assim fixá-los melhor.

Para facilitar o desenvolvimento e possibilitar uma manutenção simples, foi utilizada a linguagem Python (Python, 2020) e o framework Django (Project, 2020) para desenvolvimento web, pois ambos possuem uma curva de aprendizado rápida e já possuem várias ferramentas excelentes prontas para serem utilizadas rapidamente. Tudo isso possibilita uma integração rápida entre entender o sistema e colocar novas funcionalidades em produção.

Outro objetivo, é demonstrar que esta plataforma pode mantida na forma de software livre (FSF, 2020), sendo assim outras instituições também podem utilizar o sistema sem maiores dificuldades e com custos de desenvolvimento bem reduzidos, o que facilita a abertura deste portal para qualquer pessoa, mesmo que não sejam alunos. Desta forma o conteúdo seria um aliado nos estudos de um maior número de pessoas.

## Justificativa

Como um software livre (FSF, 2020) o sistema pode ser distribuído mais facilmente, a modificação do projeto para introduzir novas funcionalidades será possível para o usuário, e o custo inicial será basicamente zero, pois a estrutura inicial estará disponível para uso e melhorias.

Com o baixo custo, será mais viável para as instituições manterem seus sistemas, o que possibilita o uso como ensino e/ou reforço escolar, onde o aluno revê a matéria que foi transmitida em aula quantas vezes forem necessárias e realiza os exercícios propostos.

Possibilitaria também o acesso gratuito a todas as pessoas que estivessem interessadas em conhecimento, sendo assim, a plataforma alcançaria indivíduos que não tem condições de pagar por um serviço particular trazendo assim benefícios sociais e financeiros.

Com a facilidade de novas implementações ou funcionalidades, qualquer pessoa pode implementar modificações no sistema de modo a deixá-lo o mais interessante e personalizado de acordo com suas necessidades.

## TRABALHOS RELACIONADOS

Durante a procura por informações para o desenvolvimento do projeto, foram encontrados estudos, artigos e projetos semelhantes a este propósito. Sendo assim, esta seção irá

apresentar análise de alguns destes trabalhos.

A utilização de jogos em ambiente de ensino foi o que Pádua (2008) demonstrou ao desenvolver um jogo em formato monousuário e multiusuário para interação entre professores e alunos, o que possibilita transmitir conhecimento de forma lúdica e despertar um maior interesse no aprendizado.

No decorrer do trabalho, também é demonstrada uma integração com o sistema AMADEUS MM (do Software Público Brasileiro, 2020) que é uma aplicação Open Source destinada à integração com diversas mídias e que foi desenvolvida pelo grupo de pesquisa CCTE - Ciências Cognitivas e Tecnologia Educacional do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.

Já Lopes (2006) demonstrou o desenvolvimento de um sistema para auxílio de gerenciamento de disciplinas via internet utilizando a linguagem PHP. Este sistema possibilita a gestão de conteúdos e notas, o que traz um conforto para os professores por não ter que gerenciar e registrá-los para futuras verificações.

O autor inseriu também breves descrições sobre as tecnologias e ferramentas utilizadas, maiores detalhes sobre a linguagem PHP e apresentação da ferramenta.

Utilizando a ferramenta MOODLE como intermediário entre usuário e sistema, o autor Schmitt (2010) propôs o desenvolvimento de três itens: Ludika Editor (ferramenta em que o professor cria um cenário virtual), Ludika Player (ferramenta em que o aluno visualiza o cenário virtual) e Ludika-Moodle Module (ferramenta que integra a aplicação Ludika ao ambiente MOODLE).

Esta pesquisa teve como fruto o software Educacional Ludika que auxilia no ensino a distância do curso de Administração da UFSC. Este projeto permite aos alunos ter uma experiência melhor dos temas abordados em aula.

No artigo de Sabbatini (2007), ele descreve todas as funcionalidades do sistema Moodle, entre elas o fórum de discussão, chat de batepapo, ferramentas de avaliação e exercícios. Durante o artigo ele também fala da estrutura que está por traz do sistema em que é usada a Linguagem PHP, banco de dados SQL e servidores Linux, isto possibilita uma plataforma robusta que abrange um grande número de alunos. Segundo Sabbatini (2007) a plataforma possui um sistema super robusto e completo e que já existem plataformas com mais 45.000 alunos.

Outro material muito importante e que foi produzido por Teixeira *et al.* (2013), o autor estuda a utilização de podcast como ferramenta educativa. Neste trabalho, ele demonstra a importância da educação a distância no mundo, a oportunidade de mais pessoas poderem estudar utilizando este meio e o principal conteúdo é a história do ensino a distância.

Segundo Katz (1973) *apud* Teixeira *et al.* (2013) o primeiro curso por correspondência nos Estados Unidos foi em 1728, no Brasil foi iniciado o EaD em meados de 1939 e o curso mais procurado era o de Eletrônica.

Estes materiais foram essenciais para notar a importância do ensino EaD, suas vantagens, desvantagens, dificuldades de desenvolvimento e o mais importante, a importância de desenvolvermos ferramentas úteis para a educação chegar onde ainda não chegou.

## METODOLOGIA

Esta seção irá apresentar e descrever as ferramentas e processos escolhidos para desenvolver o projeto. Cada subseção irá abordar uma ferramenta ou processo.

### Python

A linguagem de programação escolhida como base do projeto foi o Python, linguagem desenvolvida por Guido van Rossum, um holandês, matemático, programador que nasceu em 31 de janeiro de 1956.

Esta linguagem tem o intuito de ser fácil, intuitiva e de sintaxe muito parecida com uma leitura comum de um texto em inglês. Apesar de toda a facilidade, é uma linguagem muito poderosa capaz de executar infinitas categorias de serviços como web, raspagem de dados, inteligência artificial, mineração de dados e automação de serviços em servidores.

Os pontos mais fortes desta linguagem são sua comunidade que está sempre de braços abertos para auxiliar a todos que estão galgando seus primeiros passos na linguagem e por ser de código aberto, o que possibilita que qualquer pessoa pode propor uma nova implementação ou informar possíveis falhas.

### Django

Django é um framework para back-end muito completo que foi desenvolvido utilizando-se a linguagem python como base.

Este framework permite desenvolver um projeto web rapidamente por já possuir vários módulos prontos para utilização. Alguns dos módulos são sua ORM (Object Relational Mapper) que possibilita a definição, relacionamento e buscas das entidades do banco de dados apenas definindo as classes desejadas, sem a necessidade de utilizar comandos SQL, ele também possui uma interface de administração pronta para ser utilizada não sendo necessário desenvolver nada deste tipo, por último, cito seu sistema de templates que é uma ótima forma de se reaproveitar códigos, basta criar um arquivo base para todas as páginas e alterar somente o que for necessário para as outras páginas.

Em todo o sistema do projeto foi utilizado o framework, desde o gerenciamento de usuários, aulas, materiais, rotas (URL) e arquivos de mídia.

### SQLite

Como banco de dados foi utilizado o SQLite, pois o mesmo para utilização em desenvolvimento facilita por ser apenas um arquivo e não ser necessário a utilização de um SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados).

Como não seria um projeto muito grande, o SQLite supriu as necessidades do projeto tranquilamente.

### Bootstrap

Bootstrap também é um framework, porém desta vez um framework front-end. Desenvol-

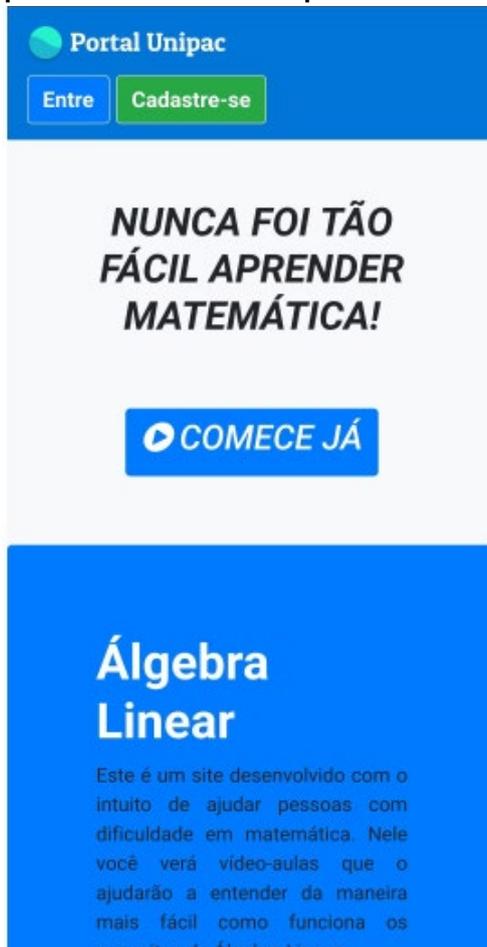
vido por colaboradores do Twitter, este framework possibilita a estilização de uma página web de forma mais fácil, tornando a mais atraente, elegante e responsiva.

A responsividade permite que você desenvolva apenas um projeto que possa ser visto no navegador de qualquer dispositivo independente de sua dimensão.

Figura 1- Captura de tela utilizando portal através de um computador



Figura 2 - Captura de tela utilizando portal através de um celular



Com a utilização deste framework é possível uma maior cobertura de modelos e tipos de dispositivos, pois a aplicação se adapta a dimensão da tela.

## Álgebra Linear

”Álgebra linear é um ramo da matemática que surgiu do estudo detalhado de sistemas de equações lineares, sejam elas algébricas ou diferenciais. A álgebra linear se utiliza de alguns conceitos e estruturas fundamentais da matemática como vetores, espaços vetoriais, transformações lineares, sistemas de equações lineares e matrizes”(ARALDI, 2020).

Como material para o ensino de Álgebra Linear foi utilizada uma playlist do Professor José Fernando Grings, que está disponível no Youtube e foi previamente autorizada para utilização (GRINGS, 2020).

O material aborda sistema de equações, pivô e escalonamento, dependência linear, espaço vetorial, subespaço vetorial e transformação linear.

## RESULTADOS

O projeto não foi testado com os alunos da computação por conta da pandemia, isso dificultou um pouco as análises dos resultados, entretanto, com o desenvolvimento do trabalho, utilização da playlist de aulas e implementação da mesma, infere-se que é um sistema bastante didático.

Com o andamento posterior à entrega do projeto será disponibilizado para testes com os alunos do curso de computação ou quem sabe até com os demais curso da universidade para os alunos que estiverem cursando a disciplina de álgebra linear na época em questão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalização deste trabalho conclui-se que temos sim uma forma de dar a volta por cima diante a situação em que nos encontramos no momento e que qualquer um consegue ter acesso a qualquer tipo de conteúdo das mais variadas formas.

Neste trabalho a forma como o aprendizado é distribuído de forma retilínea o aluno consegue focar-se em seu aprendizado sem ficar ”perdido” meio a tanto conteúdo. Além que, depois de assistidas toda a aula os exercícios de fixação surgem como forma de fazer com que o aluno pratique tudo o que foi aprendido de forma que nada que ele tenha absorvido fique para trás.

O desenvolvimento do projeto acarretou em diversas buscas por ferramentas que poderiam auxiliar a criação do mesmo, tanto em relação á busca por materiais sobre o assunto, quanto á parte do desenvolvimento técnico onde foram aprendidos diversos assunto que agregam ainda mais o conhecimento para o curso de ciência da computação.

## REFERÊNCIAS

- ABED, A. B. E. D. (2008). Anuário brasileiro estatístico de educação aberta e a distância.
- Araldi, A. A. R. (2020). <https://www.ensinoeinformacao.com/algebra-linear>, Último Acesso: 19/11/2020.
- do Software Público Brasileiro, P. (2020). Amadeus lms sistema de gestão de aprendizagem para educação a distância. <https://softwarepublico.gov.br/social/amadeus>, Último Acesso: 23/09/2020.
- FSF, F. S. F. (2020). O que é o software livre? <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.pt-br.html>, Último Acesso: 23/09/2020.
- FURTADO, A. L. C. (2010). Dificuldades na aprendizagem de conceitos abstratos da álgebra linear. Master's thesis, PEMAT-UFRJ, Rio de Janeiro.
- GIL, K. H. (2008). Reflexões sobre as dificuldades dos alunos na aprendizagem de Álgebra. Master's thesis, PUC Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Grings, J. F. (2020). <https://omatematico.com/>, Último Acesso: 19/11/2020.
- KATZ, H. H. (1973). A state of the art on the independent private school industry in the state of illinois.
- LOPES, G. L. (2006). Sistema de apoio para gerenciamento de disciplinas via web. Master's thesis, UFSC, Florianópolis.
- MOTA, F. A. *et al.* (2000). Arquiteturas distribuídas para co-autoria cooperativa de aulas na internet. Master's thesis, UFPE, Recife Project, D. (2020). Página inicial. <https://www.djangoproject.com/>, 23/09/2020.
- PYTHON, O. (2020). Página inicial. <https://www.python.org/>, 23/09/2020.
- PÁDUA, V. C. (2008). Ambiente de suporte a jogos web voltado para a área de ensino a distância. Master's thesis, UFPE, Recife.
- SABBATINI, D. R. M. E. (2007). Ambiente de ensino e aprendizagem via internet. a plataforma moodle. .
- SCHMITT, M. T. B. (2010). Desenvolvimento de um software educacional para jogo de empresas voltado á aplicação no sistema de educação a distância (ead) da ufsc, no curso de administração, utilizando o moodle como ferramenta de intermediação entre os alunos, professores e o jogo. Master's thesis, UFSC, Florianópolis.
- SILVA, G. (2020). Covid-19: importância da educação a distância durante a pandemia. <https://www.educamaisbrasil.com.br/educacao/dicas/covid19-importancia-da-educacao-a-distancia-durante-a-pandemia>, Último Acesso: 23/09/2020.
- TEIXEIRA, O. A. F. *et al.* (2013). Evolução do ead e as novas mídias. Revista Cesuca Virtual: Conhecimento sem Fronteiras, (2):1.

# Organizadora

## Tairine Cristine Bertola Cruz

É Engenheira Civil pela Universidade Federal de São João del Rei (2010/2015), MSc. em Gestão do Ambiente Construído pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2016/2018) e Especialista em Docência do Ensino Superior pela Universidade Norte do Paraná (2016/2017). É professora adjunta na Universidade Presidente Antônio Carlos - UNIPAC Barbacena desde 2018. Servidora pública, exerce o cargo de engenheira civil na Secretaria de Obras de Barbacena (MG). Desenvolve pesquisas no âmbito das Edificações Inteligentes (Domótica); Gestão e melhorias no fluxo de análise de processos no serviço público; Técnicas transdisciplinares na Educação em Engenharia.

# Índice Remissivo

## A

*abastecimento* 39, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 80, 125  
*acidente* 41, 42  
*águas pluviais* 114, 116, 122, 124  
*álcali-agregado* 83, 84, 85, 88, 89, 93, 94, 95, 96, 97, 98  
*álgebra linear* 163, 164, 169, 170  
*analogia* 129, 131, 132, 133, 134, 137, 138, 141, 142, 143, 144  
*aprendizagem* 130, 143, 164, 170  
*arquitetônicos* 21, 129, 133  
*arquitetura* 11, 111, 128, 129, 130, 131, 134, 136, 138, 141, 144  
*automação* 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 160, 161, 167  
*automatizados* 146, 147, 150

## B

*building* 53, 100, 146  
*building information modeling* 100

## C

*cabeamento* 146, 147, 148, 151, 152, 153, 160  
*civil* 4, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 28, 40, 41, 42, 45, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 60, 61, 62, 63, 68, 69, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 107, 109, 110, 111, 146, 147, 149, 160, 161  
*cliente* 68, 103, 105, 109  
*colaboradores* 35, 41, 42, 49, 54, 168  
*concreto* 53, 54, 55, 58, 62, 63, 65, 78, 79, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 149  
*concreto permeável* 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126  
*construção* 4, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 40, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 55, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 73, 80, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 116, 118, 123, 133, 137, 138, 142, 146, 149, 150, 151, 155, 159, 161, 164  
*construção civil* 14, 17, 18, 19, 20, 40, 41, 42, 45, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 60, 61, 62, 63, 68, 69, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 107, 109, 110, 111, 146, 149, 161  
*construtivo* 52, 53, 54, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 109, 110  
*criação* 24, 25, 45, 74, 95, 109, 129, 130, 131, 147, 164, 169

## D

*desenvolvimento* 11, 15, 22, 31, 32, 35, 42, 49, 65, 69, 73, 85, 86, 88, 94, 104, 109, 115, 122, 129, 130, 165, 166, 169

*deterioração* 44, 83

*django* 164

*domótica* 146, 149, 150, 151, 160, 161

*durabilidade* 55, 59, 63, 83, 94, 95, 117, 126, 146, 148

## E

*economia* 38, 54, 68, 69, 76, 78, 79, 106, 147, 152, 160

*edificação* 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 53, 54, 57, 60, 61, 62, 64, 95, 100, 101, 103, 104, 106, 108, 110, 142, 147, 149, 151, 154, 158

*edifícios* 46, 49, 110, 111, 129, 133, 149, 151, 162

*educação* 51, 164, 166, 170

*educação distância* 164

*eficiência* 31, 32, 35, 42, 62, 68, 90, 94, 106, 107, 108, 109, 122, 123, 149, 150

*elétrica* 4, 45, 54, 146, 147, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 159, 160

*ensino* 11, 100, 128, 129, 130, 137, 140, 143, 144, 163, 164, 165, 166, 169, 170

*estrutura* 33, 38, 53, 54, 55, 57, 59, 60, 61, 65, 83, 84, 87, 88, 89, 91, 94, 95, 114, 115, 120, 122, 138, 141, 142, 165, 166

*estruturado* 63, 146, 147, 148, 151, 152, 160

*estrutural* 53, 54, 61, 62, 63, 64, 65, 89, 96, 101, 105, 129, 133, 141, 151

## F

*fluxo* 19, 34, 36, 47, 68, 119, 120, 121

## G

*gestão* 14, 31, 35, 36, 51, 68, 69, 79, 110, 114, 122, 161, 166, 170

*graduação* 29, 50, 97, 111, 117, 129, 162

*gratuita* 164

## H

*hidróxidos alcalinos* 83, 84, 85, 86, 95

*higroscópico* 83, 85, 95

## I

*industriais* 17, 41, 71

*informações* 4  
*inovações* 146, 151  
*instalação* 33, 54, 58, 126, 146, 147, 150, 151, 152, 153,  
154, 155, 159, 160, 161  
*integridade física* 41, 42, 43, 47, 49  
*interoperabilidade* 100, 102, 104, 109, 111

## **L**

*língua* 103, 105, 129, 130, 132, 135, 142, 165, 166,  
167  
*logística* 67, 68, 69, 73, 79

## **M**

*manufatura* 31, 35, 36, 37  
*manutenção* 37, 38, 46, 58, 72, 73, 81, 108, 115, 116,  
119, 120, 121, 146, 151  
*matérias-primas* 68  
*metodologia* 100, 101, 102, 103, 107, 108, 109, 110, 111,  
144, 161  
*metodológica* 129  
*métodos* 29, 38, 45, 53, 61, 63, 64, 65, 69, 93, 100, 118,  
119, 123, 131, 149  
*minerais* 83, 84, 86, 87, 88, 89, 93, 94, 95  
*mineralógicos* 83, 84  
*mitigação* 83, 84, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 122

## **N**

*norma regulamentadora* 41

## **O**

*obras* 13, 14, 15, 16, 17, 19, 24, 25, 26, 28, 29, 41, 45,  
46, 47, 48, 49, 50, 54, 62, 65, 68, 70, 75, 83, 86, 91,  
95, 101, 110, 130, 149  
*opinião* 4

## **P**

*pandêmico* 129  
*parametricidade* 100, 102  
*pavimento* 16, 106, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121,  
122, 124, 125, 154  
*planejamento* 11, 13, 14, 18, 45, 68, 69, 79, 101, 102,  
147, 151  
*portal de ensino* 164  
*pré-automação* 146, 147, 150, 151, 153, 155, 160  
*produtividade* 31, 37, 38, 43, 47, 53, 54, 59, 60, 61, 63  
*profissionais* 17, 45, 53, 54, 60, 68, 100, 101, 108, 109,

149, 150, 151  
*projetistas* 17, 100, 101, 103, 105  
*projeto* 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26,  
27, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 42, 50, 62, 63,  
65, 73, 74, 75, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107,  
108, 111, 115, 116, 117, 122, 134, 136, 139, 141,  
143, 144, 145, 146, 147, 149, 151, 152, 154, 155,  
158, 160, 164, 165, 166, 167, 168, 169  
*projetos* 12, 14, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 29, 35, 36,  
38, 63, 70, 75, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 108,  
109, 110, 111, 129, 130, 140, 142, 144, 150, 151,  
154, 155, 159, 160, 165  
*python* 164, 167, 170

## Q

*químico* 48, 83, 84, 85, 93, 94

## R

*reação* 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 95,  
96, 97, 98  
*residencial* 15, 146, 147, 149, 151, 154, 160, 161  
*residências* 65, 146, 147, 149, 150, 151  
*responsabilidade* 4

## S

*saúde* 15, 41, 42, 44, 47, 62, 80, 81  
*segurança do trabalho* 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50,  
51  
*simulações* 100, 102, 103, 108, 110  
*sistema* 4, 22, 27, 29, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60,  
61, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 80, 101,  
104, 108, 111, 124, 150, 151, 152, 153, 164, 165,  
166, 167, 169, 170  
*sistemas* 45, 53, 54, 55, 60, 64, 65, 68, 70, 101, 103,  
104, 106, 110, 111, 116, 119, 120, 146, 147, 148,  
149, 150, 152, 154, 159, 160, 165, 169  
*sociais* 41, 62, 66, 68, 165  
*softwares* 100, 101, 103, 105, 106, 108, 110  
*sustentabilidade* 4, 53, 54, 100, 107, 108, 110, 111, 115,  
147, 161  
*sustentável* 11, 15, 54, 60, 64, 114, 115, 126

## T

*tecnológicas* 146, 147, 151  
*trabalhadores* 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 75  
*trabalho* 29, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47,  
48, 49, 50, 51, 53, 60, 63, 68, 69, 79, 84, 101, 103,

104, 105, 106, 108, 109, 114, 115, 125, 129, 141,  
142, 147, 148, 164, 166, 169

## U

*urbanismo* 111, 128, 129, 139

## W

*web* 164, 165, 167, 168, 170



**AYA EDITORA**  
**2022**