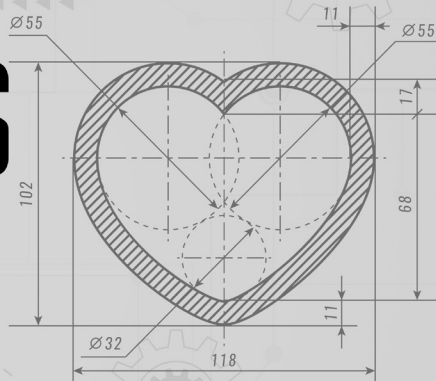


COLEÇÃO

# “ENGENHARIAS EU TE AMO”



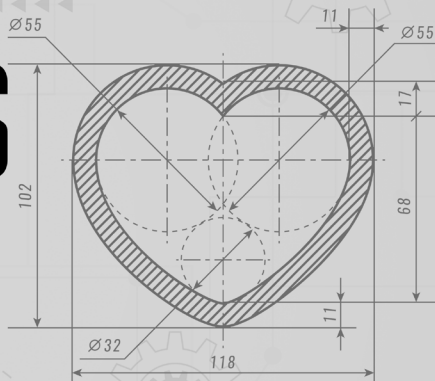
# ENGENHARIA CIVIL

RAFAEL PACHECO DOS SANTOS  
(ORGANIZADOR)

2

COLEÇÃO

# “ENGENHARIAS EU TE AMO”



# ENGENHARIA CIVIL

RAFAEL PACHECO DOS SANTOS  
(ORGANIZADOR)

2

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Profª Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Rafael Pacheco dos Santos

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
C691	<p>Coleção “Engenharias eu te amo”: engenharia civil 2 / Organizador Rafael Pacheco dos Santos. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1300-4 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.004231905">https://doi.org/10.22533/at.ed.004231905</a></p> <p>1. Engenharia civil. I. Santos, Rafael Pacheco dos. II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 624</p>
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O desenvolvimento da Engenharia Civil confunde-se com a própria história da humanidade. Falar dela geralmente desperta sentimentos de fascinação e curiosidade que com o tempo mostram-se as molas impulsionadoras de um verdadeiro amor.




O presente livro explora justamente tal “amor”. Ele traz em seu escopo o trabalho de diversos pesquisadores que dissertam sobre os mais diversos campos da Engenharia Civil.

Com uma abordagem fácil e objetiva, a obra se mostra de grande relevância para pesquisadores e profissionais dos mais diversos níveis, apresentando temas relevantes e atuais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura!

Rafael Pacheco dos Santos


<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Arthur Lucas Bastos Chaves	
Braian Wesley Moraes Silva	
Cleybson Barroso Xavier	
Edivan Rodrigues de Almeida	
Fernanda Camargo Paulino de Lima	
Lirielle Magalhães Castro	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319051">https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319051</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>19</b>
TELHADOS VERDES: COMBATE ÀS ENCHENTES, E VIABILIDADE	
Arthur Lucas Bastos Chaves	
Antônio Lauro Rodrigues de Oliveira	
Edivandro Rezende da Silva	
Francisco Alves Mendes Neto	
Gabriel Vitor da Silva Amaral	
Guilherme Vinicius Silverio Rocha	
Isaque Oliveira Rodrigues	
João Marcos Soler dos Reis	
Thalyson Costa da Silva	
Vanderson Da Silva Santos	
Vinicius Lima de Oliveira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319052">https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319052</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>36</b>
ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DE REQUISITOS PARA DESCONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES MODULARES: ESTUDO DE CASO	
Amanda Cardoso da Silva	
Luciana da Rosa Espíndola	
Lucas Bastianello Scremin	
Andrea Murillo Betioli	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319053">https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319053</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>70</b>
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BAXTER PARA O PLANEJAMENTO DE NOVOS PRODUTOS EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO	
Carolina Del Pilar Carvalho Pinto	
Sandro Fábio Cesar	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319054">https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319054</a>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>82</b>
INCOMPATIBILIDADE DE PROJETO DE DRENAGEM X SOLUÇÕES ADOTADAS NO CANTEIRO DE OBRAS: UM ESTUDO DE CASO	
Bruno Lino Ferreira	
Alvimar Alvares Malta	

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319055>

**CAPÍTULO 6 ..... 101**

**CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE AMOSTRAGEM GEOESTATÍSTICA EM UMA MESMA PARCELA EXPERIMENTAL**


Ícaro Viterbre Debique Sousa  
 Heron Viterbre Debique Sousa  
 Antonio Mendes Magalhães Júnior  
 Iuri dos Santos Manoel  
 Pedro Henrique Nunes  
 Alessandro Leonardo da Silva  
 Marcelo Robert Fonseca Gontijo  
 Ivana Prado de Vasconcelos  
 Bruno Henrique Lourenço Camargos  
 Thalita Cardoso Dias  
 Thais Prado Vasconcelos Silva  
 Bruno Martins Moreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319056>

**CAPÍTULO 7 ..... 107**

**LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE TOLEDO-PR**

Zélia da Paz Pereira  
 Marta Cecato Armando  
 Elmagno Catarino Santos Silva  
 Gladis Cristina Furlan  
 Silvana da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0042319057>

**SOBRE O ORGANIZADOR ..... 114**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 115**

## VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

---

*Data de submissão: 06/04/2023*

*Data de aceite: 02/05/2023*

**Arthur Lucas Bastos Chaves**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO  
<https://lattes.cnpq.br/7590174214505389>

**Braian Wesley Moraes Silva**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO  
<http://lattes.cnpq.br/9124195048289097>

**Cleybson Barroso Xavier**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO  
<http://lattes.cnpq.br/3935699185431174>

**Edivan Rodrigues de Almeida**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO  
<https://lattes.cnpq.br/0146684252141110>

**Fernanda Camargo Paulino de Lima**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO  
<https://lattes.cnpq.br/11b15895050239214>

**Lirielle Magalhães Castro**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO  
<https://lattes.cnpq.br/9425936111354023>

na construção civil, dentre todos os materiais, podemos encontrar o vidro que é o objeto da pesquisa, o qual o trabalho apresenta as vantagens e desvantagens da utilização do vidro na construção civil, fazendo uso de pesquisas bibliográficas para a obtenção das informações. Existe uma ampla variedade dos tipos de vidro, tanto em sua forma, transparência, espessura e composição, sendo assim proporcionando diferentes possibilidades a obra. O vidro pode atuar diretamente na iluminação do ambiente e por consequência no consumo energético, o motivo disso provem de sua característica principal, que é a transparência. Existem no mercado vidros que atuam também como um controlador térmico e acústico, dependendo de sua composição e espessura, assim podendo auxiliar no consumo de energia. Ao trabalhar com o vidro, deve-se ter um cuidado especial com relação ao seu manuseio, instalação e segurança do local, pois ele tende a ter um peso relativamente alto e fragilidade a ser considerado. A produção desse trabalho é importante pois mostra a diferença dos vidros, não só de maneira estética, como também a influência de cada um na temperatura ou sonoridade do ambiente e os cuidados que devem ser

**RESUMO:** Existe uma diversidade muito grande com relação os materiais utilizados



tomados em todo o processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vidro. Construção civil. Vantagens. Desvantagens.

## ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF THE USE OF GLASS IN CIVIL CONSTRUCTION

**ABSTRACT:** There is a very great diversity in relation to the materials used in construction, among all the materials, you can find the glass that is the object of the research, the qualified work as advantages and disadvantages of the use of glass in civil construction, making use of bibliographical researches To obtain information. There is a wide variety of types of glass, both in form, transparency, thickness and composition, thus providing different possibilities of a work. The glass can act directly in the lighting of the environment and in achieving no energy consumption, the reason is to prove its main characteristic, which is a transparency. It has on the market glasses that also act as a thermal and acoustic controller, depending on its shape and thickness, as well as being able to help not consume energy. When working with glass, develop special care with regard to their handling, installation and site safety. The production of work is important to show a difference of the glasses, it is not in an aesthetic way, but also an influence of each one in the temperature or sonority of the environment and the care that is to be taken in the whole process.

**KEYWORDS:** Glass. Construction. Benefits. Disadvantages.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os materiais utilizados na construção civil são classificados como todo e qualquer material utilizado na construção de uma obra, desde o início como a medição da localidade até o acabamento da obra, independente se é um simples prego ou o mais conhecido e essencial como o cimento.

Na construção civil são utilizados diversos materiais os quais a grande maioria passa por uma evolução, sempre se adequando mais com as necessidades apresentadas, um grande exemplo de evolução, tanto no processo de produção e custo quanto nas utilidades para a obra, é o vidro.

De acordo com Pinheiro (2007), sabe-se que vidro é um material muito antigo, com algumas constatações que já foram encontrados objetos de vidro utilizados por egípcios, fenícios, sírios, babilônios, assírios, gregos e romanos, indicando que os mesmo já realizavam manuseio e trabalhos com o vidro. Em meados de 1300 d.C. havia um comércio em uma ilha no interior de Veneza, chamada de Murano, onde os vidros eram fabricados pelos mestres vidreiros e vendidos por preço de ouro por toda a Europa.

No Brasil, a produção de vidro em uma escala média iniciou-se no século XX e no início do século XXI houve uma evolução tecnológica em sua produção, possibilitando uma diversidade nos tipos de materiais transparentes e uma maior velocidade na produção dos mesmos.

Nos últimos anos, com o aumento da produção e variedade do vidro, tem-se

registrado um grande procura para fins arquitetônicos e também para fins estruturais, podendo ser utilizados em fachadas autoportantes, pavimentos e guarda-corpos.

Entretanto não existem estudos que apresentem detalhadamente todos tipos de vidro existentes no mercado, contemplando vantagens e desvantagens. Surge, portanto a questão da pesquisa: quais as vantagens e desvantagens dos vidros utilizados na construção civil?

## 1.1 Objetivos

Apresentar as vantagens e desvantagens dos principais tipos de vidro utilizados na construção civil.

O estudo será obtido por meio de pesquisas bibliográficas, buscando os tipos utilizados, as facilidades e dificuldades que podem ser encontrados com a utilização destes materiais.

Para atingir o objetivo geral foram traçados os seguintes objetivos específicos:

Descobrir utilidades e maneiras como o vidro pode ser aplicado na obra por meio de pesquisas em artigos e dissertações.

Analisar os cuidados que devem ser tomados durante o manuseio e possíveis problemas encontrados após sua instalação.

Verificar as diversas possibilidades que o vidro proporciona a construção civil quando da sua utilização.

## 1.2 Justificativa

Desenvolver um trabalho sobre este tema permite analisar o contraste existente entre os avanços que vem sendo obtidos ao vidro e sua eficácia, o qual embora possua muitas utilidades, não só estéticas, mas sustentáveis, é um material que possui alguns malefícios que devem ser levados em consideração.

Com isso, o intuito do trabalho é analisar as vantagens e desvantagens do vidro na construção civil, levando em consideração as possibilidades de utilização e motivos que levam o vidro a ser um material que vem sendo visados por parte dos arquitetos e até mesmo engenheiros.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O vidro é uma substância inorgânica e homogênea, sendo obtido após o resfriamento do resultado de uma mistura em fusão. Tendo como principais características a transparência e a rigidez, sendo um material não poroso, não absorvente e um ótimo isolador. O vidro possui baixo índice de condutividade térmica e dilatação, aguentando pressões de 5.800 a 10.800 Kg/cm<sup>2</sup> (PINHEIRO, 2007).

Em geral, os vidros float, os quais são os mais utilizados na construção civil, são compostos por Sílica, Potássio, Alumina, Sódio, Magnésio e Cálcio (CARDOSO, 2013).

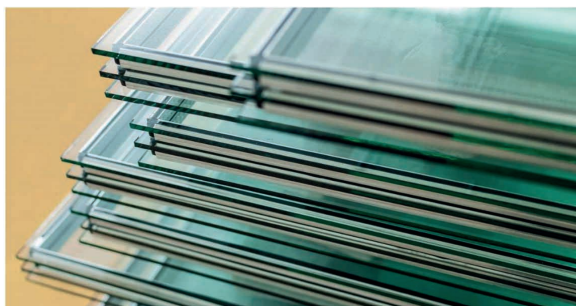
Para a produção de vidros coloridos, acrescenta-se aos compostos os corantes como o Selênio (Se), Óxido de Ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e Cobalto ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ ) para diferentes cores (PINHEIRO, 2007).

Existe uma grande variedade de vidros no mercado, alguns mais usuais, outros mais específicos, com custos e tempos de fabricação bem variados, dentre todos aqueles são mais utilizados para a construção civil, tais como, vidro float, vidro temperado, vidro laminado, vidro armado, vidro serigrafado, vidro refletivo, vidro Low-E (baixo emissivo), vidro jateado, vidro impresso, vidro curvo, vidro blindado e vidro autolimpante (RONDON, 2011).

Dentre os vidros citados acima, são dispostos de diferentes tipos de finalidades para cada obra em que será inserido, apenas o vidro float (ou vidro comum) que é a base para a produção dos outros modelos.

O vidro float, também conhecido como vidro comum, é um tipo de vidro plano e transparente, podendo ser incolor ou colorido. Ele possui uma espessura uniforme e uma massa homogênea, o que o torna ideal para aplicações que exigem uma perfeita visibilidade. Esse tipo de vidro não apresenta distorção óptica e proporciona uma alta transmissão de luz. Ele é a base para os outros tipos de vidro visto que constitui a matéria-prima para o processamento de todos os demais.

O vidro temperado é um vidro float que passa por um processo de aquecimento e resfriamento rápido, o que o torna cinco vezes mais resistente que o vidro comum, sendo assim, passa a ter algumas características que o torna mais seguro, pois o seu rompimento resulta em fragmentos de pequenos pedaços com formatos mais arredondados.



Fonte: Revista Vidro Impresso (2019)

Figura 1 - Vidro temperado

O vidro laminado é altamente resistente, sendo composto por duas placas de vidro intercaladas por uma película interna de plástico chamada PolivinilButiral (PVB). A espessura maior do vidro laminado confere uma maior resistência, e a película de plástico atua como uma camada de segurança, evitando que os estilhaços cortantes se soltem em caso de

quebra. Essa combinação de duas ou mais placas de vidro temperado com a película plástica permite que o vidro seja utilizado como elemento estrutural, proporcionando maior versatilidade e aplicação em projetos arquitetônicos. O uso de vidro laminado proporciona não apenas resistência, mas também segurança em caso de quebra, sendo uma opção durável e confiável em diversas aplicações.



Figura 2 - Vidro laminado

Fonte: Revista Vidro Impresso (2019)

O vidro armado é uma opção que conta com uma malha de aço quadriculada incorporada ao vidro. Sua função principal é reter os estilhaços de vidro em caso de quebra, mantendo-os presos à rede metálica até que a placa seja substituída. Isso reduz significativamente o risco de ferimentos no momento do rompimento, garantindo maior segurança aos usuários.

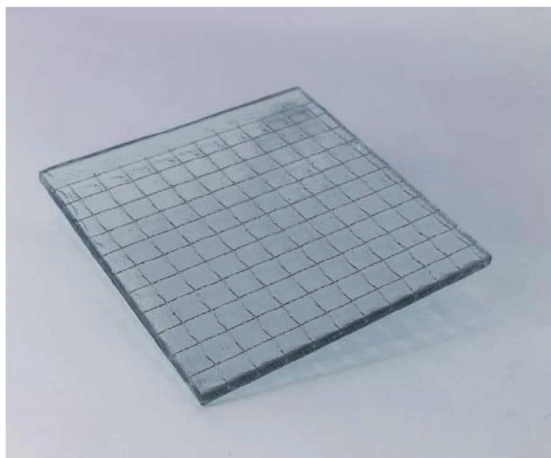


Figura 3 - Vidro armado

Fonte: Revista Vidro Impresso (2022)

De acordo com Klettenberg (2016), o vidro serigrafado ou pintado a quente é um tipo de vidro que possui uma imagem gravada nele. O processo de aplicação da imagem no vidro é semelhante ao processo de revelação fotográfica, onde a imagem desejada é gravada em uma tela de poliéster e transferida para o vidro por meio de emissão luminosa. A tinta utilizada no vidro é chamada de esmalte cerâmico, também conhecido como esmalte vitrificável. Essa tinta é composta por uma combinação de frita (elemento vítreo) e pigmentos inorgânicos à base de óxidos, que são estabilizados em alta temperatura.



Figura 4 - Vidro serigrafado

Fonte: Revista Vidro Impresso (2021)

De acordo com o Klettenberg (2016), o vidro que possui características refletivas, o qual também é conhecido como espelhado, é um tipo de vidro que reflete a luz, permitindo que uma menor quantidade de calor seja absorvida. A técnica utilizada para transformar o vidro float em vidro refletivo consiste na aplicação de uma camada metalizada em uma das suas faces. Essa camada pode ser produzida através de dois processos distintos: pirolítico (on-line) ou de câmara a vácuo (off-line). No processo on-line, a camada metalizada é aplicada durante a fabricação do vidro float, através da pulverização de óxidos metálicos. Já no processo off-line, a chapa de vidro passa por uma câmara mantida a vácuo, onde átomos de metal são depositados em uma das suas faces. (KLETTENBERG, 2016).



Figura 5 - Vidro refletivo

Fonte: Revista Vidro Impresso (2021)

O vidro Low-E, também conhecido como vidro de baixa emissão, é um tipo de vidro que impede a troca de calor entre o ambiente interno e externo. Quando utilizado em vidros duplos, ele oferece um isolamento térmico até 5 vezes mais eficiente do que um vidro transparente monolítico. Apesar de ter a aparência de um vidro float incolor, o vidro Low-E ajuda a reduzir a entrada de calor ou frio, proporcionando um melhor controle térmico no ambiente. (ABIVIDRO, 1997).

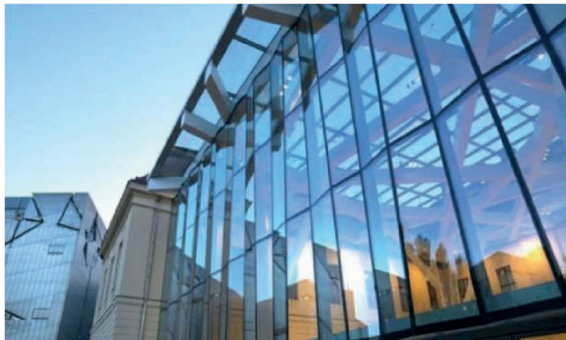


Figura 6 - Vidro Low-E

Fonte: Revista Vidro Impresso (2020)

O vidro jateado é um tipo de vidro que passa por um processo de jateamento, onde grãos de areia ou pós abrasivos são direcionados mecanicamente à sua superfície, criando desenhos opacos e uma textura levemente áspera. Essa opacidade confere privacidade ao ambiente e, por isso, o vidro jateado é amplamente utilizado em móveis e decoração. Ele oferece uma solução elegante e funcional para áreas onde se deseja obter um efeito de translucidez, mantendo a privacidade, ao mesmo tempo em que adiciona um toque de estilo ao espaço. (KLETTENBERG, 2016).



Figura 7 - Vidro jateado

Fonte: Revista Vidro Impresso (2020)

O vidro impresso é um tipo de vidro plano que é translúcido e pode ser incolor ou colorido. Ele é impresso com um desenho enquanto está sendo aquecido no forno. É amplamente utilizado na construção civil, em aplicações como janelas, portas e coberturas, bem como na decoração de interiores, incluindo divisórias, pisos, degraus de escadas e revestimentos de paredes, entre outras opções. (KLETTENBERG, 2016).



Figura 8 - Vidro impresso

Fonte: Revista Vidro Impresso (2017)

O vidro curvo, como o nome sugere, possui formas curvas que são obtidas por meio de um processo de curvatura. Esse processo envolve colocar o vidro float sobre um molde de aço comum ou inoxidável dentro de um carrinho. Em seguida, o carrinho é levado para dentro de um forno suspenso, onde o vidro é aquecido a uma temperatura média de 650 graus. Sob a ação da gravidade, o vidro adquire a curvatura definida pelo molde, resultando em suas formas curvas distintas. (KLETTENBERG, 2016).





Figura 9 - Vidro curvo

Fonte: Revista Vidro Impresso (2015)

Segundo Klettenberg (2016), o vidro blindado é um tipo de vidro multilaminado projetado para oferecer proteção a ambientes e veículos contra disparos de armas de fogo. Ele é composto por duas ou mais lâminas de vidro, que são intercaladas com camadas de polivinilbutiral (PVB), resina, poliuretano e lâminas de policarbonato. Essas camadas são pressionadas e aquecidas para garantir uma forte adesão entre os materiais.



Figura 10 - Vidro blindado

Fonte: Revista Vidro Impresso (2019)

O vidro autolimpante é uma variante do vidro float que recebe uma camada de dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) em forma de partículas. Quando exposto aos raios ultravioleta, essa cobertura reage com moléculas orgânicas, desintegrando-as e eliminando completamente a poeira orgânica do vidro. (KLETTENBERG, 2016).

Essa camada aproveita a força dos raios UV (Ultravioleta) e da água da chuva para combater a sujeira e os resíduos que se acumulam no exterior e desta forma, mantém a superfície do vidro limpa. (PINHEIRO, 2007).



Figura 11 - Vidro autolimpante

Fonte: Revista Vidro Impresso (2019)

O vidro é amplamente empregado em fachadas, coberturas, pisos, divisórias, portas, janelas, escadas e paredes, e também é utilizado como elemento de segurança em guarda-corpos. Podemos levar em consideração que o amplo emprego deste material se deve ao fato de que ele possibilita uma interação entre os meios interno e externo, o que amplia a segurança e a visibilidade.

O vidro proporciona uma leveza aos ambientes, e tem substituído materiais mais opacos comumente utilizados em residências, prédios comerciais, hotéis, aeroportos, parques, shoppings, hospitais e escolas, pois leva beleza e harmonia às formas delineadas (RONDON, 2011).

O vidro escolhido para cada projeto depende de vários fatores, incluindo o efeito desejado pelo cliente para o produto final e as demandas de esforços as quais o vidro será mantido, para atender a essas necessidades, é importante compreender a tecnologia de resfriamento utilizado na fabricação do vidro.

A manutenção não é algo muito complicado, basta efetuar a limpeza com água e produtos específicos para o tipo do vidro, geralmente não alcalinos.

Devesse ter uma cautela com as vedações, podendo ser de massa ou de elastômeros, pois o mal funcionamento poderá comprometer a esquadria, causando a perda da impermeabilidade, vibrações e até mesmo a quebra do vidro. Os elastômeros devem ser substituídos quando apresentarem problemas e as massas repintadas quando necessários, sendo a inspeção visual. (FIORRATTI, 2011).

Para garantir a qualidade dos materiais e evitar possíveis danos, a estocagem no canteiro de obras, mesmo que por um curto período de tempo, deve seguir algumas condições rigorosas. Em conformidade com Fiorrati, 2011, é importante evitar a exposição a poeira, humidade, sol e projeções de cimento ou outros materiais que possam manchar, incrustar ou riscar. A humidade, em particular, pode causar manchas nas chapas, conhecidas

como irisação.

As pilhas devem ser inclinadas em um ângulo de 6% em relação à horizontal e ter uma espessura máxima de 5 cm. (FIORRATTI, 2011).

A inclinação ajuda a evitar a deformação das chapas e facilita a sua movimentação. É importante também proteger os materiais da chuva e outros elementos climáticos, cobrindo as pilhas com lonas ou outros materiais apropriados.

### **3 | METODOLOGIA**

Esse trabalho de cunho inteiramente teórico possui um caráter qualitativo e teve como objetivo apresentar as vantagens e desvantagens da utilização do vidro na construção civil. Sendo este do tipo bibliográfico, fazendo uso de artigos, trabalhos acadêmicos de mestrado e encontros nacionais e internacionais com os temas relacionados aos propostos por esse trabalho.

Inicialmente, foram encontrados artigos que continham as informações dos tipos mais utilizados em uma construção civil. Após isso, foram pesquisados as definições desses vidros utilizados em obras, tais como a sua finalidade, aplicações e cuidados referente a estrutura e manuseio.

Para a coleta de dados, foram utilizados artigos, dissertações de mestrado, informações dispostas em encontro nacional e internacional sobre o vidro para a construção civil e informações obtidas em sites de associações brasileiras.

### **4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O vidro, tendo como principal característica a transparência, acaba proporcionando diversas características a uma obra, dentre estas: transmissão luminosa, controle térmico, controle acústico, segurança e o mais impactante para muitas pessoas, principalmente pelos arquitetos, que é a estética e designer.

#### **4.1 Transmissão Luminosa**

A Transmissão luminosa em um ambiente é essencial para o bem estar das pessoas que fazem uso da edificação, como também faz com que haja uma redução no consumo energético com as iluminações artificiais.

Para haja uma boa transmissão luminosa ao ambiente é fundamental que tenha um estudo na dimensão correta dos vãos no edifício e buscar posicioná-los o mais alto possível de maneira que possibilite a iluminação dos pontos mais distantes da edificação.

A escolha do vidro adequado é outro fator primordial na incidência de luz, pois quanto mais elevada for a transmissão de luz no vidro, maior e mais importante será a luz que incidirá no ambiente.

## 4.2 Controle Térmico

O Controle térmico é outro fator importante que possibilita a redução no consumo energético, dessa vez, com a utilização de ar-condicionado ou aquecedores.

Quando um vidro está em contato com o ar, realiza troca de calor por condução e por convecção com esse ar e por radiação através do ambiente. Essas transferências térmicas são expressas pelo chamado coeficiente U, quanto menor o valor do coeficiente U, menor será a troca de calor entre os ambientes, ou seja, melhor serão isolamento térmico. (PINHEIRO, 2007).

A tabela abaixo demonstra alguns valores de coeficiente U para alguns vidros utilizados na construção civil.

Produto / Composição	Coefficiente U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Fator Solar
Vidro Simples de 4mm	5,8	0,85
Vidro Simples de 6mm	5,7	0,80
Vidro Duplo / Vidro Simples 4mm + Câ. 12 + Vidro Simples 4mm – com ar	2,9	0,75
Vidro Duplo / Vidro Simples 6mm + Câ. 16 + Vidro Simples 6mm – com ar	2,7	0,70
Vidro Duplo / Vidro Low-E 6mm + Câ. 16 + Vidro Simples 6mm– com ar	1,6	(*)
Vidro Duplo / Vidro Low-E 6mm + Câ. 16 + Vidro Simples 6mm – com argônio	1,3	(*)

(\*) Depende do vidro de baixa emissividade a ser utilizado – Low-E.

Tabela 1- Valores de coeficiente U

Fonte: (Manual do Vidro, 2000, p.24 – 27 apud Pinheiro, 2007, p.35)

## 4.3 Controle Acústico

De acordo com Pinheiros (2007), Considerar o controle acústico ao especificar vidros para construções é crucial, já que isso pode afetar significativamente o conforto do ambiente, especialmente dependendo da localização da obra. O objetivo do controle acústico é reduzir a passagem do som, criando uma barreira efetiva entre os ambientes.

O desempenho acústico do vidro varia de acordo com a espessura e a composição. Cada tipo de vidro possui uma frequência crítica na qual é mais suscetível à vibração, afetando o controle acústico. Vidros mais finos geralmente possuem frequência crítica em frequências mais altas.

Há várias maneiras de aprimorar o desempenho acústico do vidro. Isso pode ser feito aumentando a espessura do vidro, utilizando vidros duplos com câmara de ar desidratado ou gás específico, entre outras opções. (PINHEIRO, 2007).

Essas são opções que podem ser consideradas para alcançar um melhor controle acústico em edificações.

#### 4.4 Segurança

Durante o processo de especificação, é essencial considerar os riscos potenciais e o tipo de segurança necessária para a construção, visto que esses requisitos podem variar de um ambiente para outro.

Para proteção contra possíveis lesões causadas por acidentes, quedas de objetos em coberturas e quedas de pessoas, é recomendado o uso de vidros laminados de segurança ou vidros aramados, devidamente dimensionados para suportar as cargas acidentais previstas. Em algumas situações, pode ser adequado utilizar vidros temperados laminados para aumentar a resistência mecânica do vidro, proporcionando uma camada adicional de proteção. (PINHEIRO, 2007).

#### 4.5 Estética

Atualmente, há uma ampla variedade de opções de produtos em vidro, que oferecem uma gama diversificada de efeitos, cores e aplicações, desde transparência total até opacidade completa.

Essa diversidade de produtos é utilizada com finalidades estéticas tanto na parte externa quanto na decoração de interiores de construções.

De acordo com Pinheiro (2007), na decoração de interiores, é comum utilizar vidros planos, serigrafados, curvos, opacos, impressos e espelhos em várias aplicações, como divisórias, revestimentos de paredes, portas internas, mobiliário, entre outros. Esses diferentes tipos de vidro oferecem possibilidades criativas e funcionais na decoração de interiores, permitindo a criação de ambientes únicos e personalizados.

Tipo do Vidro	Possíveis Aplicações	*Preço por m <sup>2</sup>
Vidro comum	Fabricação de outros Vidros	R\$ 250,00
Vidro Temperado	Divisória, portas janelas, Box para banheiro.	R\$ 300,00
Vidro Laminado	Divisórias, portas, janelas, claraboias, parabrisas de carro, vitrinas, sacadas, guarda-corpos, fachadas e coberturas.	R\$ 250,00
Vidro Armado	Caixa de escada, coberturas, fechamentos de claraboias, sacadas, peitoris, tampos de balcões, composição de móveis, divisórias e guarda copos.	(**)
Vidro Serigrafado	Ambientes interiores e fachadas de edifícios.	(**)
Vidro Refletivo	Fachadas de edifícios residenciais e comerciais, coberturas, portas, janelas, sacadas de edifícios e casas.	R\$ 250,00
Vidro Low-E	Fachadas, janelas e também para a linha branca	(**)
Vidro Jateado	Divisórias de cômodos e Portas.	R\$ 400,00
Vidro Impresso	Janelas, portas, corredores, divisórias, pisos e degraus de escada.	(**)

Vidro Curvo	Fachada dos edifícios, guarda-corpos circulares, claraboias e coberturas.	(**)
Vidro Blindado	Guaritas, bancos e residências.	R\$ 1500,00
Vidro Autolimpante	Janelas e portas de pátios, jardins de inverno, sacadas e instalações suspensas, fachadas envidraçadas, envidraçamentos suspensos e átrios, mobiliário utilizado em ambientes externos.	(**)

\*Podendo variar de acordo com região e empresa

\*\*Valor não disponibilizado

Tabela 2- Valores e aplicações de cada vidro

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.6 Cuidados e Possíveis Problemas

Antes de iniciar a instalação dos vidros, é fundamental tomar alguns cuidados para evitar possíveis danos aos vidros e garantir a segurança da obra e dos usuários. Primeiramente, é importante ter um cuidado especial no manuseio dos vidros, para evitar quedas e choques que possam causar trincas, lascas ou quebras. Além disso, é necessário verificar se os vidros apresentam defeitos de fábrica, como bolhas, manchas ou falhas na metalização, que podem comprometer a qualidade do material e até mesmo sua durabilidade.

Outro ponto importante é garantir que os vidros estejam devidamente vedados, para evitar a entrada de umidade ou ar, que podem causar danos aos vidros e prejudicar a estética da obra. Também é fundamental considerar a segurança do local, principalmente em locais onde o vidro pode representar um risco, como em sacadas, varandas ou escadas.

### 4.6.1 Manuseio

O manuseio correto dos vidros é fundamental para garantir sua integridade e evitar possíveis danos. Antes de instalar os vidros, é necessário verificar se há sinais de impacto, como trincas, lascas ou quebras, que possam ter ocorrido durante o transporte ou descarregamento. É importante ter cuidado ao manusear os vidros, evitando quedas e choques que possam comprometer sua estrutura. Vale lembrar que, mesmo que esses defeitos fiquem ocultos, devido à dilatação e contração pode ser que haja fissuras posteriores.

### 4.6.2 Defeitos de Fábrica

De acordo com Pinheiro (2007), embora seja pouco comum, é importante verificar se os vidros apresentam defeitos de fabricação, como bolhas, manchas, falhas na metalização, sujeira interna (no caso do vidro laminado) e outros. Esses defeitos podem afetar a qualidade do material e sua durabilidade, além de comprometer a estética do

projeto. Portanto, é fundamental garantir a integridade dos vidros utilizados na construção, assegurando assim a qualidade e o resultado final do trabalho.

#### *4.6.3 Acabamento*

O acabamento das bordas dos vidros é fundamental para garantir sua segurança e durabilidade. É necessário que o acabamento seja uniforme e esteja de acordo com as especificações do projeto, para evitar fissuras e comprometer a estética da obra. Além disso, um acabamento mal feito pode comprometer a integridade do vidro, tornando-o mais suscetível a quebras e trincas.

#### *4.6.4 Vedação*

Para assegurar a durabilidade e eficácia das vedações em vidros, é essencial que sejam capazes de suportar as forças transmitidas pelo vidro. Além disso, os materiais utilizados nas vedações devem ser resistentes à deterioração, evitando danos ao vidro.

Para o Pinheiro (2007), outro aspecto importante é que os acessórios de vedação sejam suficientemente flexíveis para permitir movimentos diferenciais entre os vidros e os caixilhos, sem comprometer a estanqueidade. Isso garante que o vidro permaneça bem fixado e a vedação seja mantida ao longo do tempo, assegurando a qualidade e a performance do sistema de vedação em vidros. É fundamental considerar esses aspectos para garantir a durabilidade e eficiência do conjunto vidro-vedação na construção civil.

#### *4.6.5 Segurança Local*

Independentemente do tamanho da obra, é importante interditar ou proteger adequadamente os locais sob as áreas de instalação durante a execução de uma obra para garantir a segurança dos trabalhadores e das pessoas próximas. Essa medida deve seguir as normas de segurança específicas para cada tipo de obra e ser acompanhada por profissionais qualificados.

A sinalização de áreas interditadas e a comunicação clara das medidas de segurança adotadas são essenciais para prevenir acidentes. É crucial que os responsáveis pela obra priorizem a segurança em todas as etapas do processo, desde o planejamento até a execução. Com as medidas adequadas, é possível evitar prejuízos e retrabalhos futuros.

#### *4.6.6 Armazenamento*

Ao estocar vidros no canteiro de obras, mesmo que por curtos períodos, é importante garantir condições adequadas, evitando poeira, humidade, exposição direta ao sol e projeções de cimento ou outros materiais que possam causar manchas, incrustações ou riscos. (FIORATTI, 2011).

A humidade pode resultar em irrisarção das chapas, causando manchas indesejadas.



De acordo com Fioratti (2011), os vidros devem ser empilhados com inclinação de até 6% em relação à horizontal e com uma espessura máxima de 5 cm, seguindo essas orientações para prevenir danos e garantir a qualidade dos vidros durante o armazenamento no canteiro de obras. É importante ter cuidado com as condições de estocagem para preservar a integridade e a aparência dos vidros utilizados na construção civil.

#### *4.6.7 Possíveis Pontos a Considerar*

Além dos cuidados citados acima, é importante considerar alguns possíveis pontos negativos na utilização de vidros em uma obra. Um deles é a falta de privacidade em locais com grande utilização de vidros, que pode exigir a instalação de cortinas ou persianas para garantir a privacidade dos usuários.

Além disso, é necessário ter em mente que a limpeza frequente dos vidros pode ser necessária, principalmente em ambientes com grande poluição, como em grandes centros urbanos. Outro ponto a considerar é o peso relativamente alto dos vidros, o que pode tornar o seu manuseio um grande desafio na aplicação.

Ademais, é importante avaliar o local onde os vidros serão instalados, especialmente em relação à segurança. Em sacadas, varandas ou escadas, por exemplo, é necessário garantir que os vidros estejam devidamente fixados e que não representem um risco para os usuários. Também é necessário avaliar a possibilidade de impactos, como em áreas de grande circulação ou locais com risco de vandalismo.

Por fim, é fundamental avaliar a durabilidade e resistência dos vidros, escolhendo materiais de qualidade e comprovadamente seguros. Ao escolher vidros de qualidade, é possível garantir a segurança e a estética da obra, além de evitar possíveis problemas e manutenções futuras.

## **5 | CONCLUSÃO**

Com base no que foi apresentado neste artigo, conclui-se que a utilização do vidro na construção civil é uma opção vantajosa e que pode proporcionar diversos benefícios para as edificações. Contudo, é preciso ter em mente que essa escolha deve ser feita com cuidado, levando-se em consideração as características específicas de cada tipo de vidro e as necessidades da obra. Para aproveitar ao máximo os benefícios do vidro, é importante também ter atenção ao manuseio, instalação e segurança do local. Além disso, é fundamental ressaltar que, apesar de suas vantagens, o uso do vidro na construção civil apresenta algumas desvantagens que devem ser levadas em consideração.

Diante disso, é essencial que os profissionais envolvidos na construção civil estejam capacitados e atualizados sobre as possibilidades e riscos do uso do vidro, a fim de garantir que ele seja utilizado de forma eficiente e segura nas edificações. Com o conhecimento adquirido neste artigo, espera-se contribuir para uma tomada de decisão consciente e

informada acerca do uso do vidro na construção civil.

## REFERÊNCIAS

**A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DO VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 9., 2015, IX EPCC– Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar, p.8; Disponível em: [http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2015/anais/bruno\\_ribeiro\\_da\\_rocha.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2015/anais/bruno_ribeiro_da_rocha.pdf)

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE VIDRO**. Dúvidas Frequentes. São Paulo, c2022. Disponível em: <https://abividro.org.br/duvidas-frequentes/#1548680999284-33071681-9ccd>

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS**. Vidro Pintado a Quente (Serigrafado). São Paulo, c2016. Disponível em: <https://abravidro.org.br/vidros/vidro-pintado-a-quente-serigrafado/>

Cardoso, J. M. **ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS DE VIDRO**– Universidade técnica de Lisboa, instituto superior técnico; Disponível em: [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395145312101/Tese\\_Final.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395145312101/Tese_Final.pdf)

Eliseu. **VIDROS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Weebly, 18 Nov. 2021. Disponível em: [http://netulio.weebly.com/uploads/9/0/6/6/9066781/vidros\\_para\\_construcao\\_civil.pdf](http://netulio.weebly.com/uploads/9/0/6/6/9066781/vidros_para_construcao_civil.pdf)

Fioratti, Netúlio Alarcon. **VIDROS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Weebly, 08 Nov. 2011. Disponível em: [http://netulio.weebly.com/uploads/9/0/6/6/9066781/vidros\\_para\\_construcao\\_civil.pdf](http://netulio.weebly.com/uploads/9/0/6/6/9066781/vidros_para_construcao_civil.pdf)

Klettenberg, Osvaldo Neto. **TUDO SOBRE VIDROS**. DocPlayer, 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3333120-Tabela-de-peso-do-vidro.html>

Pinheiro, F. C. **EVOLUÇÃO DO USO DO VIDRO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL**, 2007, 64 f. Tese (Bacharelado em Engenharia Civil), USF - Universidade São Francisco; Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1045.pdf>

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro armado**. 2022. Disponível em: [https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/vidro-aramado:-como-e-feito-e-onde-aplica\\_lo](https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/vidro-aramado:-como-e-feito-e-onde-aplica_lo)

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro Autolimpante**. 2019. Disponível em: <https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/saiba-como-e-produzido-ovidro-autolimpante,-suas-caracteristicas-e-principais-aplicacoes>

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro Blindado**. 2019. Disponível em: <https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/industria-vidreira-produzvidros-ultra-resistentes-capazes-de-desempenhar-qualquer-aplicacao>

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro Curvo**. 2015. Disponível em: [https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/guarda\\_corpos-de-vidro](https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/guarda_corpos-de-vidro)

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro Impresso**. 2017. Disponível em: <https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/conheca-os-vidrosimpressos-disponiveis-no-mercado->

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro jateado**. 2020. Disponível em: <https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/vidro-translucido-e-tendenciaem-projetos-com-vidro>

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro laminado**. 2019. Disponível em: <https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/vidro-laminado:-como-efeito-e-suas-aplicacoes>

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro Low-E**. 2020. Disponível em: [https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/o-que-e-vidro-low\\_e-e-ondeaplica\\_lo](https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/o-que-e-vidro-low_e-e-ondeaplica_lo)

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro refletivo**. 2021. Disponível em: [https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/o-que-e-vidro-refletivo-ecomo-aplica\\_lo](https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/o-que-e-vidro-refletivo-ecomo-aplica_lo)

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro serigrafado**. 2021. Disponível em: <https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/vidro-laqueado-x-vidroserigrafado:-voce-sabe-a-diferenca>

Revista Vidro Impresso. **Foto vidro temperado**. 2019. Disponível em: <https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/saiba-o-que-diz-a-norma-devidro-temperado>

Rocha, Bruno Ribeiro da; *et al.* **A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DO VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 9., 2015, IX EPCC—Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar, p.8; Disponível em: [http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2015/anais/bruno\\_ribeiro\\_da\\_rocha.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2015/anais/bruno_ribeiro_da_rocha.pdf)

Sardeiro, Paula; Caram, Rosana. **CARACTERIZAÇÃO DA TRANSMISSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR EM VIDROS TRANSLÚCIDOS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 2010, Canela RS., XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construtivo - ENTAC 2010, p.11; Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/635.pdf>

## CAPÍTULO 2

# TELHADOS VERDES: COMBATE ÀS ENCHENTES, E VIABILIDADE

---

*Data de submissão: 18/03/2023*

*Data de aceite: 02/05/2023*

**Arthur Lucas Bastos Chaves**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<https://lattes.cnpq.br/7590174214505389>

**Antônio Lauro Rodrigues de Oliveira**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<http://lattes.cnpq.br/5724064424332527>

**Edivandro Rezende da Silva**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<https://lattes.cnpq.br/6203952877582943>

**Francisco Alves Mendes Neto**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<https://lattes.cnpq.br/3014060056957189>

**Gabriel Vitor da Silva Amaral**

Centro universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<http://lattes.cnpq.br/0189341933805475>

**Guilherme Vinicius Silverio Rocha**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<https://lattes.cnpq.br/5000038585466510>

**Isaque Oliveira Rodrigues**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<http://lattes.cnpq.br/9626830405190922>

**João Marcos Soler dos Reis**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<http://lattes.cnpq.br/3610124114649169>

**Thalyson Costa da Silva**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<https://lattes.cnpq.br/5259006080718438>

**Vanderson Da Silva Santos**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<http://lattes.cnpq.br/3166469289031628>

**Vinicius Lima de Oliveira**

Centro Universitário São Lucas  
Porto Velho - RO

<https://lattes.cnpq.br/5956498815219062>

**RESUMO:** A utilização dos telhados verdes vem como uma solução para o combate às enchentes com seu preço viável. A partir do êxodo rural várias pessoas vieram às grandes cidades e assim ocasionaram o inchaço das cidades e da poluição, com isso se deu a intensificação das enchentes, e a procura de meio para evita-las. Tal pesquisa tem como objetivo demonstrar a viabilidade e a relação com a absorção das águas pluviais pelo telhado verde de uma

forma sustentável. Os telhados verde são classificados principalmente em dois tipos, os mais simples com baixo custo bons para vegetações de pequeno porte, e para a plantação de grandes plantas possuindo um custo maior. A cobertura vegetal possui várias camadas em sua estrutura das quais ajudam na retenção de água, impermeabilização, drenagem; e outras camadas como a de filtro, o substrato, a vegetação e a camada anti-raiz. As principais características são retenção das águas pluviais, e isolamento térmico e acústico. Esta pesquisa se classifica como bibliográfica, teórica, descritiva e qualitativa, para sua execução foram utilizados artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Após comparação com telhados convencionais foi constatado que o telhado verde venacular é mais barato que os convencionais em pelo menos 11% por m<sup>2</sup>. Nos dados finais sobre a retenção de água o telhado verde escoou 21% enquanto o telhado convencional escoou 96%. Quanto à análise de EE e CO<sub>2</sub> superou alguns telhados normais principalmente pela pouca energia embutida derivada do cal na queima de combustíveis fósseis, mas não foi melhor do que o telhado com cobertura de madeira. Então ele superou os outros telhados comparados, porém nos quesito de energia embutida e emissão de CO<sub>2</sub> não foi o melhor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Telhado-verde. Sustentabilidade. Enchentes.

## GREEN ROOFS: FIGHTING FLOOD AND VIABILITY

**ABSTRACT:** The green roofs have been searched as a key to combat floods with na affordable price. From the rural exodus a lot of people came to the cities and thus caused a bump in the cities and pollution, with came na intensification of floods, and the search of ways to avoid them. This research aims to demonstrate the viality and a relationship with rainwater's absorption by the green roof in a sustainable way. The green roofs are classified mainly in two kinds, the simplest ones with low cost perfcet for small plants, and for the planting possessing a greater cost. The green roof has several layers in its structure which they help in the retention of water, waterproofing, drainage; and others layers which are filter, substrate, vegetation and anti-root layer. The main features are rainwater retention, and thermal and acoustic insulation. This research is classified as bibliographic, theoretical, descriptive and qualitative, for its execution were used articles, master dissertations and doctoral theses. After comparison with conventional roofs it was found that the green venacular roof is cheaper than conventional roofs by at least 11% per m<sup>2</sup>. In the final data on water retention the green roof drained 21% while the conventional roof drained 96%. And the analysis of built-in energy and CO<sub>2</sub> overcame some normal roofs mainly because of the low energy built-in up from the whitewash in the burning of fossil fuels, but it was no better than the roof with wood cover. So it overcame the other roofs compared, but in terms of built-in energy and CO<sub>2</sub> emission was not the best.

**KEYWORDS:** Green roofs. Sustainability. Floods.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os grandes centros urbanos se formaram a partir do êxodo rural, que foi a saída das pessoas do meio rural para tentar uma nova vida nas cidades, esse evento aconteceu pois a população perdeu espaço no campo devido ao processo de mecanização agrícola.

A mão-de-obra rural foi atraída para as cidades a partir da Revolução Industrial Inglesa, quando foram definidas como centro produtores e mercadores (HOBSBAWN apud CATUZZO, 2013).

Esse inchaço rápido das cidades trouxe consequências como as ilhas-de-calor já que foram criados muitas edificações e a pavimentação de ruas com asfalto só aumentou esse fenômeno. Cada vez mais, a cidade é coberta por superfícies impermeáveis: ruas e edificações, que não retêm a precipitação, e assim, produzem mais e mais volume no escoamento (BALDESSAR, 2012).

De igual maneira a chegada dessas pessoas rurais que nem sempre condizem com suas expectativas, por não terem renda suficiente optam por morar em favelas, que são geralmente feitas em morros. Os morros com grande grau de declive pode gerar deslizamentos, devido a retirada da cobertura verde para a ocupação de pessoas, esses deslizamentos acontecem porque não existe mais cobertura verde nessas áreas para a absorção de água provida da chuva.

Uma alternativa para minimização desse impacto é a utilização de telhados verdes como forma de diminuir tais desastres e ainda ajudar na renda das famílias pois poderiam plantar nos telhados e vender os produtos.

Os principais pontos a serem questionados dessa pesquisa serão: o telhado verde é realmente eficaz para a prevenção contra enchentes? E as suas vantagens realmente valem o preço a ser pago, e todas elas são realmente vantagens significativas?

## 1.1 Objetivo

Essa pesquisa terá como objetivo geral analisar o desempenho de um telhado verde sob o aspecto sustentável da tecnologia.

E como objetivos específicos:

- Mostrar a viabilização do telhado verde;
- Verificar a relação da absorção de águas pluviais pelo telhado verde com as enchentes;

## 1.2 Justificativa

No quesito ambiental o uso de telhado verde é ideal para: a melhoria da qualidade do ar; redução do efeito ilhas-de-calor; e pode reduzir as enchentes.

É notável a preocupação com as enchentes que afetaram o país nos últimos anos. Para o controle de tal, é necessária uma gestão do excesso de águas pluviais com sistemas de drenagem, que são muitos prejudicados por terem que atender uma quantidade de água além da sua capacidade. As enchentes no Brasil em 2011 de acordo com estudos foram consideradas as com mais número de mortos, com 900 mortos.

Na imagem a seguir pode-se observar o desastre ocasionado pelas enchentes de 2012 em Blumenau.



Figura 1: Enchente em Blumenau

Fonte: Seguros em foco (2011)

Economicamente, de acordo com Baldessar (2012) de toda energia consumida no país, 44,98% vão para as edificações residenciais, comerciais e públicas; sendo 22,32% desta energia são destinadas para o setor residencial. Para diminuir esse consumo a cobertura verde tem como função na economia de energia, os isolamentos térmicos, ou seja, não precisarão ser usados tanto os ar condicionados.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir será descrito, com bases acadêmicas, sobre telhados verdes quanto a sua classificação, as estruturas envolvidas para seu preparo e suas vantagens para a sustentabilidade.

### 2.1 Tipos de telhados verdes

Telhados verdes tem como definição básica uma estrutura para coberturas dividida em várias camadas, entre elas camadas com vegetação e de solo. São construídos em diferentes camadas e espessuras variáveis, porém normalmente consistem de um camada de barreira de raiz, drenagem, filtro, meio de cultura ou substrato e por último a camada de vegetação (BIANCHINI et al, 2011 apud LOPES, 2014).

#### 2.1.1 *Telhados verdes extensivos*

De acordo com Köehler (2001, apud LOPES, 2014) os telhados extensivos tem durabilidade de 30 anos e aceitam inclinações de 0° a 30°.

São coberturas mais simples, mais resistentes e geralmente tem um custo menor



de implantação e manutenção. São indicadas para qualquer tamanho de área, e por ter um peso menor, se adaptam melhor a estruturas de coberturas já existentes. São ideias para vegetação de pequeno porte, pois a espessura do sistema fica entre 8 e 12cm geralmente (LOPES, 2014).

Caracterizam-se por usar plantas resistentes à seca e pela espessura de solo menor que 20 cm (OLIVEIRA, 2009).

### 2.1.2 Telhados verdes intensivos

Badessar (2012) afirmar que “os sistemas intensivos são definidos por alta manutenção, pois é possível a criação de jardins com terraços e espelhos d’água, além de incluir gramados e vegetações de médio e grande porte, como arbustos e árvores”. Já Oliveira (2009) explica que esse sistema é caracterizado por sua espessura ser maior que 20 cm.

## 2.2 Estrutura do telhado verde – aspectos técnicos

O telhado verde tem por objeto a aplicação de vegetação sobre a cobertura de edificações que recebem tratamento adequado em relação à impermeabilização, barreira anti-raízes e drenagem, favorecendo a eficácia do mesmo (BADESSAR, 2012).

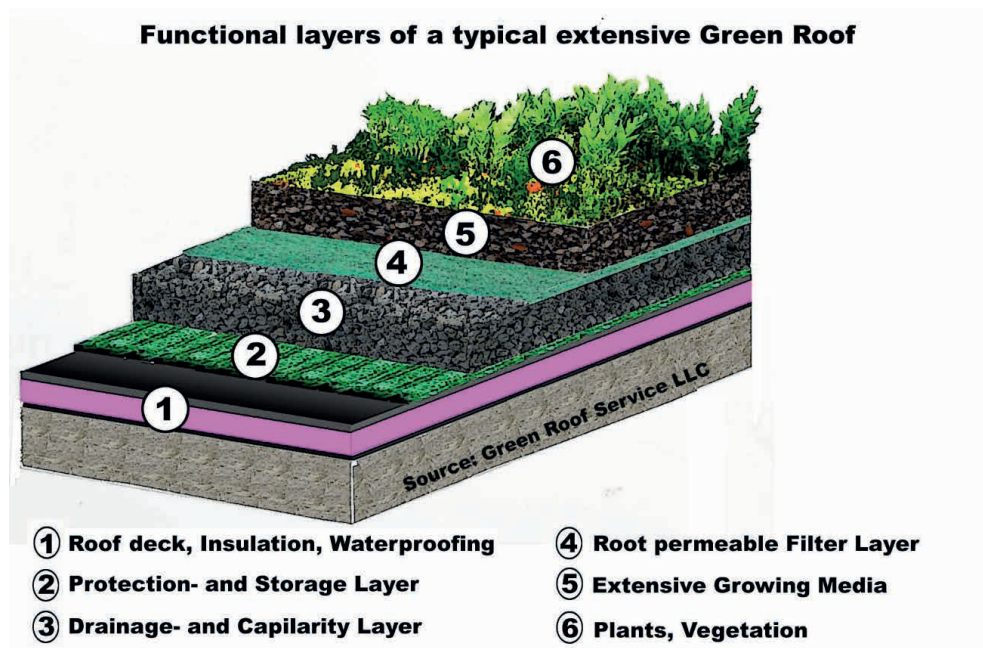


Figura 2- Composição do telhado verde

Fonte Catuzzo (2013)

A figura tem como componentes construtivos os seguintes elementos:

- 1) estrutura do telhado, e membrana de isolamento, a membrana a prova d'água;
- 2) camada de proteção e armazenamento;
- 3) camada de capilaridade e drenagem;
- 4) camada de filtro permeável;
- 5) substrato para o cultivo;
- 6) plantas e vegetação.

Em 2007 foi lançado o *NCRA Green Roof Systems Manual* pela *National Roofing Contractors Association* nos Estados Unidos, com o intuito de auxiliar com informações técnicas sobre o projeto e a instalação de sistemas com qualidade para telhados verdes. As informações são sobre os aspectos do sistema de impermeabilização e também sobre os componentes, que não se relacionam com a impermeabilização.

### *2.2.1 Camada de retenção de água*

Essa é uma forma alternativa, que pode admitir várias formas para o aumento de retenção do telhado.

Cantor (apud BADESSAR, 2012) afirma que as formas, quando devidamente instaladas, chegam a reter 0,1 a 0,5 litros por metro quadrado. A água armazenada nesta camada é absorvida pelas plantas e ainda ajuda a manter o substrato úmido (BADESSAR,2012).

### *2.2.2 Impermeabilização*

Evita a infiltração de água nas edificações, aumentando a sua vida útil e ainda evita gastos no futuro para quem ocupa o local. Precisa ser adequada ao tipo de pavimento

Elas impedem o movimento lateral da água na interface camada suporte/membrana de forma que quando danificadas só resta água passa pela camada suporte, facilitando a identificação do ponto danificado (BRASIL e BARRETO, 2010).

### *2.2.3 Drenagem*

A camada de drenagem previne supersaturação, assegura que as raízes estão ventiladas, e fornecem espaço extra para o crescimento das raízes. Muitas camadas de drenagem também ajudam a reter água (BRASIL e BARRETO, 2010).

Eventualmente, esta água pode ser direcionada a uma cisterna e ser reaproveitada (BADESSAR, 2012).

### *2.2.4 Filtro*

Essa é uma fina camada de tecido, geotêxtil, que separa a parte inferior do substrato da camada de drenagem. Segundo Badessar (2012) mesmo com sua espessura pouca, é um elemento fundamental para o impedimento de que partículas finas danifiquem o sistema

obstruindo a camada de drenagem.

### 2.2.5 *Substrato*

Há uma quantidade enorme de composições dessa parte, porém resume-se na necessidade da planta em absorver a umidade e nutrientes.

De acordo com Oliveira (2009) os tipos de substratos, e a altura deles varia conforme a vegetação e o tipo de telhado escolhidos.

Alguns substratos típicos são: argila expandida, pedra-pomes, terracota, argila calcinada, ardósia expandida ou tijolo (CANTOR apud BADESSAR, 2012).

### 2.2.6 *Vegetação e métodos de plantio*

Para uma cobertura imediata, os métodos são os tapetes pré-cultivados e os sistemas modulares. Técnicas de crescimento *in loco* não oferecem cobertura imediata, mas são mais baratas (BRASIL e BARRETO, 2010).

O desenvolvimento das plantas tem sempre o caráter sazonal, pois os períodos de máximo desenvolvimento alternam entre si (BADESSAR, 2012).

Consiste na cobertura vegetal propriamente dita e que vai depender do tipo de telhado verde proposto, em função da altura do solo e do substrato disponível (OLIVEIRA, 2009).

### 2.2.7 *Camada anti-raiz*

A barreira de raízes protege a membrana da penetração agressiva das raízes (BRASIL e BARRETO, 2010).

Normalmente são utilizadas membranas de cobre e produtos químicos retardadores de raiz (BADESSAR, 2012). Porém é visto negativamente já que pode contaminar a água com cobre e agentes químicos.

### 2.2.8 *Isolamento térmico*

Ela seria adicional e tem a função de limitar o ganho ou perda de calor (CANTOR apud BADESSAR, 2012). Sua utilização torna-se apropriada em regiões muito frias, onde é necessário conservar o calor nas edificações (BADESSAR, 2012).

### 2.2.9 *Pavimento*

Nas edificações novas, os pavimentos precisam ser construídos em conformidade com as especificações de carga planejada do telhado verde (BADESSAR, 2012).

Já nas edificações existentes o autor explica que é necessário fazer uma profunda investigação da estrutura e planejar o tipo de cobertura que a edificação pode receber.

## 2.3 Vantagens do telhado verde

Serão citados abaixo alguns dos benefícios do telhado verde, relativos a sustentabilidade:

Retenção de água da chuva, durante e após fortes chuvas, os materiais de planta, substrato e a camada de drenagem projetada em um telhado verde podem absorver quantidades significativas de precipitação e escoamento de águas pluviais (CANTOR apud BADESSAR, 2012). Constatou-se que lá a redução da taxa de drenagem pode ser cerca de 35%. O autor ainda cita que após esse estudo, a tecnologia de telhado verde recebe mais aprovações quanto a gestão de águas pluviais. A contribuição da vegetação, neste caso, é que permite a evapotranspiração sazonal, ou seja, diferentes espécies têm seu ciclo biológico variável com a estação do ano (BADESSAR, 2012); Redução de ilha de calor, com o emprego de vegetação nos densos ambientes construídos, pode-se ajudar conforto térmico utilizando as propriedades térmicas das vegetações, que ao entrarem em processo de evapotranspiração esfriam a temperatura ambiente do edifício (BADESSAR, 2012). No verão, a transmissão de calor pode ser reduzida em mais de 90% e em mais de 10% no inverno segundo Brasil e Barreto (2010). Do ponto de vista térmico, os benefícios são inquestionáveis e ainda ajudam na manutenção de microclimas e mesoclimas (WONG apud OLIVEIRA, 2009); Qualidade e fluxo do ar, conforme Brasil e Barreto (2010) explicam os tetos verde em áreas urbanas pode melhorar a qualidade do ar, filtrado partículas de gás carbônico e fixando metais pesados; Economia de energia, como as várias formas de economia de energia estão em pauta, o telhado verde é mais uma das formas. Pois, segundo Badessar (2012), a espessura do telhado verde age como isolante, sendo assim nas edificação aumento o grau de resistência de transmissão de energia, além de reduzir a necessidade por ar condicionado no verão e de aquecimento no inverno; Custo da implantação Consoante a *Bureau of Environmental Services* (apud BADESSAR, 2012) o custo do telhado verde é variável dentre 54 a 130 USD/m<sup>2</sup> nas obras novas e entre 75 a 215 USD/m<sup>2</sup>. Esse preço elevado é compensado por outros benefícios que são vem com o decorre do uso do telhado verde; Durabilidade, embora o custo inicial de um telhado verde seja maior do que de um telhado convencional, ao longo do tempo o ele prolonga sua vida útil, protegendo-o da exposição direta aos raios ultravioletas e outras radiações nocivas (CANTOR apud BADESSAR, 2012).

## 3 | METODOLOGIA

Esse trabalho teve sua pesquisa classificada como pesquisa bibliográfica, teórica, descritiva e qualitativa, e tal pesquisa teve como fonte sites próprios para pesquisas acadêmicas, teses, dissertações e artigos que se aprofundem no assunto sobre coberturas verdes, suas vantagens e características, auxiliando assim na realização desse trabalho

acadêmico. Foi utilizado o site Google Scholar e a biblioteca digital da USP, dos quais foram retirados quatro artigos, três dissertações de mestrado e uma tese de doutorado.

Artigos:

- Telhado verde, energia embutida e emissão de CO<sub>2</sub>: análise comparativa a coberturas tradicionais;
- Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial;
- Aspectos construtivos e ambientais de telhados verdes extensivos;
- Desempenho térmico das edificações: estudo comparativo entre o telhado verde e outros tipos de coberturas;
- Telhados verdes: Ferramenta potencial para geração de renda em áreas de fragilidade social.

Dissertações de mestrado:

- Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada;
- Telhados Verdes para a habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico.
- Telhado Verde: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura

Tese de doutorado:

- Telhado Verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo.

## 4 | RESULTADO E DISCUSSÕES

Nesta parte da pesquisa serão abordados os tópicos relativos ao objetivo como viabilidade do telhado verde, a absorção das águas pluviais e o desempenho térmico.

### 4.1 Viabilidade do telhado verde

Na análise da viabilidade dos telhados verdes serão utilizados 4 tipos de telhados que são: laje pré-moldada coberta com telha cerâmica, Laje pré-moldada sombreada com argila expandida, telhado verde - sistema vernacular, telhado verde - sistema hexa. E terá como base a pesquisa da autora Adriane Cordoni Savi (2012).

O primeiro deles a ser analisado é o telhado feito de laje pré-moldada coberta com telha cerâmica: a cobertura observada tem um total de 57,60m<sup>2</sup> e computadas as beiras de 60 cm. Foram utilizadas telhas de cerâmica do tipo romana e foram computados também como custos chapiscos, reboco, emboço, o uso de calhas e rufos e a pintura da laje.

Pode-se verificar no Quadro 1 o custo para a realização da laje pré-moldada com

telha cerâmica, de acordo com as características citadas acima.

Custos MA	Custos M.O	Custo Total	Custo m <sup>2</sup>
R\$ 6.632,94	R\$ 7.721,01	R\$ 14.353,95	R\$ 249,55

Quadro 1: Custo laje pré-moldada com telha cerâmica

Fonte: Savi (2012)

O próximo tipo de telhado a ser analisado é o laje pré-moldada sombreada com argila expandida, este telhado escolhido para a pesquisa teve uma cobertura total de 57,60m<sup>2</sup>. Foi utilizado a manta asfáltica revestida com *film* e alumínio gofrado para ser feita a impermeabilização da laje com a função de proteger a mesma.

No Quadro 2 será mostrado o preço para a produção do sistema definido acima.

Custos MA	Custos M.O	Custo Total	Custo m <sup>2</sup>
R\$ 5.631,99	R\$ 6,026,00	R\$ 11,657,99	R\$ 202,68

Quadro 2: Custo laje pré-moldada sombreada com argila expansiva

Fonte: Savi (2012)

O primeiro dos dois telhados verdes analisados é o telhado verde venacular. Foi adotado para referência orçamentária o sistema moldado *in loco*. Como superfície de impermeabilização utilizou-se a manta de geotêxtil, que é aplicada sobre essa aplicasse uma camada de argila expandida e em seguida outra a manta é aplicada novamente, essa parte serve para reter o substrato e garantir a eficiência da camada de drenagem.

A descrição dos custos para esse sistema vem a seguir no Quadro 3.

Custos MA	Custos M.O	Custo Total	Custo m <sup>2</sup>
R\$ 6.877,49	R\$ 3.594,76	R\$ 10.472,25	R\$ 182,06

Quadro 3: Custo do telhado verde venacular

Fonte: Savi (2012)

E o último telhado a ser analisado ser o telhado verde com o sistema hexa ecotelhado. Esse telhado possui acima da manta o substrato leve, seus componentes consistem em materiais orgânicos e sintéticos derivados da reciclagem. Um ponto importante é que esse telhado tem uma vegetação de Cacto Margarida, planta ideal devido ser uma suculenta de folhas grossas que garantem a retenção de água.

O Quadro 4 a baixo informa os custos desse telhado.

Custos MA	Custos M.O	Custo Total	Custo m <sup>2</sup>
R\$ 9.922,19	R\$ 4.221,16	R\$ 15.832,38	R\$ 275,25

Quadro 4: Custo do telhado verde hexa

Fonte: Savi (2012)

## 4.2 Retenção de água de um telhado verde

Os telhados verdes tem como umas principais características a retenção das águas pluviais dessa forma ajuda a prevenir as enchentes, nesta sessão terá a analisa dos índices de absorção das águas pluviais por alguns tipos diferentes de telhados incluindo o telhado verde. Essa parte será baseada nos estudos de Baldessar (2012).

Será exibido nos próximos quadros dados de precipitação e de retenção de água entre 26 de novembro de 2011 e 31 de dezembro de 2011.

NOVEMBRO 2011		COLETA DE DADOS DO EXPERIMENTO		
Data	Dados de precipitação	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia
	INMET	LAJE IMPERMEÁVEL	TELHA DE BARRO	TELHADO VERDE
22/11/2011	5,4	chuva intensa sobre substrato saturado		
23/11/2011	0,0	substrato saturado de umidade		
24/11/2011	0,0			
25/11/2011	0,2			
26/11/2011	4,0	5,35	3,70	0,26
27/11/2011	0,2	0,00	0,00	0,00
28/11/2011	0,4	0,22	0,00	0,00
29/11/2011	0,0	1,00	0,00	0,00
30/11/2011	5,4	1,65	0,02	0,00

Quadro 5: Coleta de dados do experimento – novembro de 2011

Fonte: Baldessar (2012)

DEZEMBRO 2011		COLETA DE DADOS DO EXPERIMENTO		
Data	Dados de precipitação	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia
	INMET	LAJE IMPERMEÁVEL	TELHA DE BARRO	TELHADO VERDE
1/12/2011	10,6	0,00	0,00	0,00
2/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
3/12/2011	1,0	2,78	0,00	0,00
4/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
5/12/2011	1,0	0,88	0,00	0,00
6/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
7/12/2011	1,2	1,55	0,00	0,00
8/12/2011	7,4	10,50	6,50	0,00
9/12/2011	32,0	38,75	37,40	21,85
10/12/2011	2,0	0,68	0,53	0,25
11/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
12/12/2011	2,0	0,33	0,00	0,00
13/12/2011	1,2	3,75	1,35	0,00
14/12/2011	2,8	8,30	5,53	0,05
15/12/2011	6,6	0,00	0,00	0,00
16/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
17/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
18/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
19/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
20/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
21/12/2011	0,0	0,00	0,00	0,00
22/12/2011	0,2	1,32	0,10	0,00
23/12/2011	0,0	3,67	1,37	0,00
24/12/2011	17,2	10,45	7,30	0,00
25/12/2011	6,8	0,10	0,00	0,00
26/12/2011	2,0	1,95	1,81	0,67
27/12/2011	1,0	0,00	0,00	0,00
28/12/2011	1,0	7,87	7,50	2,85
29/12/2011	1,0	1,90	1,80	0,40
30/12/2011	0,6	1,20	1,10	0,20
31/12/2011	7,2	13,80	13,00	3,00

Quadro 6: Coleta de dados do experimento – dezembro de 2011

Fonte: Baldessar (2012)



JANEIRO 2012		COLETA DE DADOS DO EXPERIMENTO		
Data	Dados de precipitação	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia
	INMET	LAJE IMPERMEÁVEL	TELHA DE BARRO	TELHADO VERDE
1/1/2012	1,6	3,10	2,90	0,70
2/1/2012	0,8	1,50	1,40	0,30
3/1/2012	0,6	0,00	0,00	0,00
4/1/2012	0,4	0,00	0,00	0,00
5/1/2012	0,4	0,00	0,00	0,00
6/1/2012	1,0	5,40	1,50	0,00
7/1/2012	6,6	0,00	0,00	0,00
8/1/2012	0,0	0,60	0,00	0,00
9/1/2012	7,4	2,40	0,80	0,00
10/1/2012	4,8	0,00	0,00	0,00
11/1/2012	1,4	0,00	0,00	0,00
12/1/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
13/1/2012	3,0	5,70	3,70	0,00
14/1/2012	4,4	8,30	8,30	0,00
15/1/2012	4,2	8,00	8,00	5,60
16/1/2012	4,4	2,25	0,90	0,47
17/1/2012	2,6	4,80	3,20	1,30
18/1/2012	2,2	1,30	0,90	0,00
19/1/2012	1,4	0,80	0,60	0,00
20/1/2012	1,2	0,70	0,50	0,00
21/1/2012	1,4	0,80	0,60	0,00
22/1/2012	0,8	0,50	0,30	0,00
23/1/2012	13,2	7,40	5,60	0,00
24/1/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
25/1/2012	0,0	0,10	0,00	0,00
26/1/2012	13,2	25,00	22,00	12,90
27/1/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
28/1/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
29/1/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
30/1/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
31/1/2012	0,0	0,00	0,00	0,00

Quadro 7: Coleta de dados do experimento – janeiro de 2012

Fonte: Baldessar (2012)

FEVEREIRO 2012		COLETA DE DADOS DO EXPERIMENTO		
Data	Dados de precipitação	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia	Água escoada mm/dia
	INMET	LAJE IMPERMEÁVEL	TELHA DE BARRO	TELHADO VERDE
1/2/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
2/2/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
3/2/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
4/2/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
5/2/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
6/2/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
7/2/2012	0,2	12,10	7,60	0,10
8/2/2012	20,4	10,30	7,40	1,20
9/2/2012	2,4	1,40	0,10	0,00
10/2/2012	51,2	22,00	18,60	12,10
11/2/2012	1,0	2,00	1,90	1,90
12/2/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
13/2/2012	2,0	4,90	4,00	0,00
14/2/2012	10,0	6,80	6,90	5,90
15/2/2012	7,8	7,90	4,30	2,80
16/2/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
17/2/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
18/2/2012	0,0	0,00	0,00	0,00
19/2/2012	9,8	10,10	8,10	0,00
20/2/2012	22,2	22,90	22,90	20,00
21/2/2012	2,4	2,50	0,00	0,00
22/2/2012	2,4	2,50	0,00	0,00
23/2/2012	2,0	0,00	0,00	0,00
24/2/2012	19,2	1,90	0,40	0,00
25/2/2012	0,2	0,40	0,00	0,00
26/2/2012	3,4	0,40	0,00	0,00
27/2/2012	22,8	20,20	20,00	5,00
28/2/2012				
29/2/2012				

Quadro 8: Coleta de dados do experimento – fevereiro de 2012

Fonte: Baldessar (2012)

A partir disso e com a computação dos balanços hídricos entre as coberturas durante tais 94 dias. O telhado verde se sobressaiu quanto a retenção de água pluviais. 96% da precipitação total, 92.800 litros, foram escoadas pelos telhados convencionais enquanto somente 21% foi escoada pelo telhado verde.

Isso se dá às plantas que abrangem 100% da cobertura vegetal. Essa característica previne as enchentes nas grandes cidades devido os grandes escoamentos das cidades, e os entulhos em bueiros. Por isso se faz necessário o uso de telhados verdes para a retenção da água.

### 4.3 Sustentabilidade do sistema

A redução da energia embutida dos sistemas estão em alta ultimamente, pois esse número demonstra o impacto ambiental das construções. De acordo com Lopes *et al.* (2014) a energia embutida leva em consideração toda aquela que será usada na fabricação dos materiais para construção.

	EE (MJ/Kg)			% EE			Kg CO <sub>2</sub>			% CO <sub>2</sub>		
	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 6	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 6	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 6	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 6
Aço	3.428,35	--	--	2,53	--	--	256,72	--	--	1,92	--	--
Aço galvanizado	892,68	1.125,22	--	0,66	3,96	--	66,85	84,26	--	0,5	1,99	--
Areia	2.015,16	760,83	102,73	1,49	2,68	0,14	159,50	60,22	8,13	1,19	1,42	0,08
Argila expandida	15.552,00	--	9.396,00	11,48	--	12,83	1.123,20	--	678,60	8,4	--	6,74
Cal	17.670,16	6.881,26	--	13,04	24,24	--	4.476,44	1743,25	--	33,47	41,18	--
Cerâmica - bloco	37.938,63	3.695,43	--	28,00	13,02	--	1.963,07	191,21	--	14,68	4,52	--
Cerâmica - telhas	--	12.411,36	--	--	43,72	--	--	972,03	--	--	22,96	--
Cimento	12.788,99	1.756,14	2.616,18	9,44	6,19	3,57	1.618,12	222,19	331,01	12,1	5,25	3,29
Compensado	--	--	3.864,00	--	--	5,28	--	--	413,64	--	--	4,11
Impermeabilizaçã	42.760,44	--	44.716,80	31,55	--	61,08	3.521,45	--	3682,56	26,33	--	36,55
Madeira	12,10	1.005,08	1.249,66	0,01	3,54	1,71	10,89	904,57	1124,69	0,08	21,37	11,16
Pedra britada	1.283,04	--	16,35	0,95	--	0,02	90,49	--	1,15	0,68	--	0,01
Poliéster	--	--	2.188,80	--	--	2,99	--	--	58,29	--	--	0,58
Substrato	--	--	9.057,28	--	--	12,37	--	--	3776,46	--	--	37,49
Tinta	1.171,32	754,74	--	0,86	2,66	--	86,22	55,56	--	0,64	1,31	--
<b>Totais</b>	<b>135.512,87</b>	<b>28.390,06</b>	<b>73.207,80</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>13.372,95</b>	<b>4233,29</b>	<b>10.074,53</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Quadro 9 – Valores de emissão de CO<sub>2</sub> nos principais materiais dos sistemas 2, 3 e 6

Fonte: Lopes (2014)

Primeiramente será analisado o sistema 2 que é a laje pré-moldada com sombreamento, como mostra o Quadro 9 o material com maior impacto com energia embutida é a impermeabilização. E em relação ao consumo de energia os materiais com maior percentual de emissão são o cal e impermeabilização.

O sistema 3 consta no telhado com estrutura de madeira, coberta com cerâmica e forro de madeira, e nesse caso o material com maior energia embutida consumida foi justamente as telhas, isso se dá principalmente ao processo de produção das telhas de cerâmica, que queimam grande porte de combustíveis fósseis. E no quesito emissão de CO<sub>2</sub> a cal foi a maior emissora, seguido das telhas de cerâmicas e da madeira tratada.

O último sistema analisado é o sistema 6, telhado verde venacular, tem a impermeabilização como maior gasto de energia embutida, com mais de 60% da energia de todo o sistema. E o substrato com mais de um terço da emissão de CO<sub>2</sub>.

Os altos números com gasto de emissão de CO<sub>2</sub> com o cal é visto a partir da queima de grandes quantidades de combustíveis fósseis na produção dos sistemas de telhados convencionais, e em relação a isso o meio ambiente só tem a ganhar com a implantação de novos telhado verdes.

E o sistema vernacular se sobressai dos demais telhados verdes no quesito de energia embutida devido a menor utilização de materiais derivados dos plástico. Mas no geral o telhado com telhado de cerâmica e forro em madeira foi o melhor dos telhados analisados sobre o ponto de vista de emissão de CO<sub>2</sub> e energia embutida, por não usar maior com alto índices de EE e CO<sub>2</sub> como impermeabilização e o substrato.

E a sociedade ganha com a melhoria do ar circulante nas cidades, já que o telhado

verde emite menos CO<sub>2</sub> dos que a maioria dos telhados convencionais. E com a utilização dos telhados verdes principalmente é sanada o problema das enchentes, além de outros benefícios com a economia de energia e os isolamentos térmicos e acústicos.

## 5 | CONCLUSÃO

Nesta pesquisa teve como objetivo informar a viabilidade e a absorção de água de um ponto de vista sustentável da tecnologia do telhado verde. Para isso obteve-se a comparação entre diversos telhados convencionais e telhados verdes, com a apresentação de quadros e imagens para a exemplificação e explicação do tema.

Um das necessidades dessa pesquisa era a ocorrência de enchentes nas grandes cidades por causa da grande volume de água escoada e não absorvida pelo sistema de bueiros e esgotos, assim uma das soluções abordadas nessa pesquisa é a utilização de telhados verde, que ainda são pouco divulgados e conhecidos pela população, e tem uma grande capacidade de ajudar no combate a enchentes.

Tais informações servem de base para pesquisas acadêmicas, pois já são um compilado de informações sobre viabilidade, escoamento de água e números de emissão de CO<sub>2</sub> e energia embutida do telhado verde. E também pode ser usado para incremento do mesmo com futuras pesquisas sobre novas tecnologias sustentáveis para moradias, como estudos de outros tipos de telhados para comparação.

Ao final com os objetivos cumpridos as coberturas vegetais se mostraram vantajosas nos quesitos apresentados, exceto quanto à emissão de CO<sub>2</sub> e energia embutida que não é o mais vantajoso, mas não deixa de se apresentar como uma solução viável uma vez que supera vários outros telhados convencionais.

## REFERÊNCIAS

Baldessar, Silvia Maria Nogueira. **Telhado Verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

Brasil, Matheus Paiva; Barreto, Felipe Ataíde. **Aspectos construtivos e ambientais de telhados verdes extensivos**. I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental – I COBESA. Anais... Salvador, jun. 2010.

Catuzzo, Humberto. **Telhado Verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

Coutinho, Arthur Paiva. et al. **Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.13, n.1, p.161-174, jan./mar. 2013.

Lopes, Thais Vieira. et al. **Telhado verde, energia embutida e emissão de CO2: análise comparativa a coberturas tradicionais.** Pará, nov. 2014.

Mary, Wellington. Telhados verdes: **Ferramenta potencial para geração de renda em áreas de fragilidade social.** 9º Encontro Nacional de Ensino de Paisagismo em Escolas de Arquitetura e Urbanismo no Brasil – ENEPEA. Anais...Curitiba, 2008.

Oliveira, Eric Watson Netto de. **Telhados Verdes para a habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Oliveira, Patrícia Lima de; Soares, Raquel Gomes; Santos, Silvio Xavier. **Desempenho térmico das edificações: estudo comparativo entre o telhado verde e outros tipos de coberturas.** Revista Petra. v.2, n.1, p.36-55, jan./jul. 2016.

Savi, Adriane Cordoni. **Telhado Verde: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura.** (Monografia em Especialista em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

# ANÁLISE DO CUMPRIMENTO DE REQUISITOS PARA DESCONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES MODULARES: ESTUDO DE CASO

*Data de submissão: 10/03/2023*

*Data de aceite: 02/05/2023*

### **Amanda Cardoso da Silva**

Instituto Federal de Santa Catarina  
Florianópolis – Santa Catarina  
<http://lattes.cnpq.br/0466782111977953>

### **Luciana da Rosa Espíndola**

Instituto Federal de Santa Catarina  
Florianópolis – Santa Catarina  
<http://lattes.cnpq.br/5820252333471922>

### **Lucas Bastianello Scremin**

Instituto Federal de Santa Catarina  
Florianópolis – Santa Catarina  
<http://lattes.cnpq.br/7824033232373353>

### **Andrea Murillo Betioli**

Instituto Federal de Santa Catarina  
Florianópolis – Santa Catarina  
<http://lattes.cnpq.br/9381337334319825>

**RESUMO:** A indústria da construção civil é uma das que mais gera impactos ambientais com altos índices de geração de resíduos na construção e na demolição de edificações. Contra isso, há uma forte procura por sistemas mais industrializados, como as construções modulares. Esses sistemas apresentam maior potencial para desconstrução através do desmonte cuidadoso dos seus componentes para

reutilizá-los ou reciclá-los. Entretanto, acredita-se que a maioria destes projetos não prevêem a desconstrução do módulo. Assim, este trabalho teve como objetivo elencar as diretrizes de projeto para desconstrução e verificar quais são atendidas ou não em um projeto modular específico e, caso fosse necessário, identificar as melhorias no processo para atender a 100%. Para este estudo foi escolhido um projeto modular específico o qual teve que ser montado, desmontado, transportado e montado no local, processo que mais se assemelha a um projeto de desconstrução. A partir dos dados obtidos, verificou-se que a ordem crescente de atendimento às diretrizes de projeto para desconstrução foi: acabamentos (53%), vedação vertical (82%), instalações elétricas e hidrossanitárias (82%), estrutura (93%), e cobertura (93%). Para aumentar o potencial de desconstrução deste módulo observa-se que a etapa de acabamentos deve ter prioridade nas revisões do projeto. Mesmo sendo um projeto pensado para desconstrução, pela sua particularidade, o potencial de desconstrução do projeto foi de 76%. Caso as diretrizes tivessem sido aplicadas durante a concepção do projeto, através da identificação dos componentes;

identificação dos pontos de desmontagem; plano de rota para manutenção; mudança de materiais utilizados para revestimento, principalmente do porcelanato utilizado para o revestimento do piso; e priorização da conexão mecânica, principalmente para o sistema de vedação vertical revestido com ACM, o projeto poderia chegar a atender a 100% das diretrizes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desconstrução. Resíduos. Sistemas construtivos industrializados. Construção modular.

## DESIGN GUIDELINES VERIFICATION FOR THE DECONSTRUCTION OF MODULAR SYSTEMS: CASE STUDY

**ABSTRACT:** The construction industry is one of the industries that most generates environmental impacts with high rates of waste generation in the construction and demolition of buildings. Against this, there is a strong demand for more industrialized systems, such as modular constructions. These systems have a greatest potential for deconstruction by carefully dismantling their components for reuse or recycling. However, it is believed that most of these projects do not foresee the deconstruction of the module itself. Thus, this work aimed to list the project guidelines for deconstruction and to verify which ones are met or not in a specific modular project and, if necessary, identify the improvements in the process to meet 100%. For this study, a specific modular project was chosen, which had to be assembled, dismantled, transported and assembled on site, a process that resembles a deconstruction project. From the data obtained, it was found that the increasing order of compliance with the project guidelines for deconstruction was: finishing (53%), vertical sealing (82%), electrical and hydro-sanitary installations (82%), structure (93%), and coverage (93%). To increase the deconstruction potential of this module, it is observed that the finishing stage must have priority in the project reviews. Despite being a project designed for deconstruction, due to its particularity, the deconstruction potential of the project was 76%. If the guidelines had been applied during the design of the project, through the identification of the components; identification of disassembly points; route plan for maintenance; change of materials used for covering, mainly the porcelain used for covering the floor; and prioritization of the mechanical connection, mainly for the vertical sealing system coated with ACM, the project could reach 100% of the guidelines.

**KEYWORDS:** Deconstruction. Waste. Industrialized building systems. Modular construction.

## 1 | INTRODUÇÃO

Historicamente, o Brasil apresenta altos índices de geração de resíduos na construção e na demolição de edificações. Preocupações com a durabilidade das edificações e de seus materiais e sua relação com o meio ambiente tem fortalecido a procura por sistemas e processos mais industrializados e racionalizados (ABDI, 2015).

Nesse contexto, observa-se um crescimento na demanda por soluções arquitetônicas com construções modulares. Neste método construtivo os módulos são produzidos em fábrica seguindo critérios rigorosos de gestão de todo o processo de execução até o transporte e a montagem final da edificação no canteiro. Na fábrica é possível um maior

controle de qualidade, de racionalização de consumo e de gestão de resíduos (VARELA, 2015). Além dessas características, as construções modulares apresentam maior potencial para a desconstrução, também conhecida como demolição seletiva (SPADETO, 2011).

A desconstrução é o processo de desmontar os componentes de uma construção sem lhes causar grandes danos, tendo como intenção reutilizá-los ou reciclá-los (ADDIS, 2010). A desconstrução pode ser realizada em uma reforma da edificação ou no fim da sua vida útil, possibilitando a valorização dos materiais através da reutilização de componentes ou da reciclagem dos resíduos. Com isso, diminui-se a extração e os processos de transformação de matérias-primas, bem como o transporte e a fabricação de novos produtos, o que resulta em vantagens econômicas e ambientais (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006).

Para viabilizar a desconstrução é necessário desenvolver projetos específicos para esse propósito. Deve-se modificar a maneira de pensar e de projetar uma construção com intuito de maximizar sua flexibilidade e assegurar que suas partes possam ser desmontadas facilmente para o reuso (KHALILI; CHUA, 2011), reciclagem ou descarte adequado. Dessa forma, é fundamental realizar escolhas na fase inicial do projeto relacionadas aos processos construtivos e à escolha de materiais.

Sobre este tema destaca-se o estudo de Saraiva (2013) no qual foi realizado um levantamento dos princípios de projeto para desconstrução e análise de quais destes estavam sendo utilizados na arquitetura brasileira com base em revistas nacionais publicadas no ano de 2012. A autora concluiu que a arquitetura brasileira tem pouca preocupação com os princípios de desconstrução e justificou a necessidade da conscientização dos profissionais para a escolha de materiais e processos de construção capazes de reduzir o impacto ambiental gerado pelas edificações.

Apesar do levantamento de Saraiva (2013) ter sido realizado há uma década, é muito pertinente, uma vez que as técnicas aplicadas na construção, na maior parte das obras ainda são as mesmas. Atualmente, até se observa uma certa industrialização na construção civil através de processos aplicados no canteiro de obras, mas ainda está muito distante da construção industrializada a qual transforma o canteiro de obras em uma linha de montagem ou produz a obra em um ambiente fabril.

Segundo Spadeto (2011), é possível observar nos processos industrializados do setor da construção civil a maior racionalização dos recursos e elevado potencial de desconstrução. Como no caso das construções modulares, as quais são constituídas por módulos fabricados em um ambiente fabril, onde são definidos parâmetros dimensionais para possibilitar o transporte adequado ao local onde serão montados (VARELA, 2015). No entanto, não há trabalhos que definam as diretrizes de projetos para desconstrução e que quantifiquem o potencial de desconstrução para as construções modulares, especialmente no Brasil.

Perante o exposto, este trabalho tem como objetivo levantar as principais diretrizes para elaboração de projeto para desconstrução de sistemas modulares e avaliar o potencial



de desconstrução de um projeto modular através de um estudo de caso.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Construções Modulares

Os sistemas construtivos podem ser categorizados conforme seu grau de industrialização. Nesta classificação, os sistemas modulares se destacam no nível máximo, sendo as unidades volumétricas tridimensionais as que apresentam maior volume de trabalho realizado na fábrica e, conseqüentemente, menor trabalho no canteiro (CARVALHO, 2020).

Conforme o *Modular Building Institute* (MBI, 2021), construção modular é o processo no qual a edificação é construída *off-site* – fora do canteiro de obras – sob condições controladas em fábrica. Os módulos são produzidos na fábrica e unidos no canteiro conforme as definições do projeto. Esse processo industrializado traz vantagens como: maior controle da aplicação das normas e dos regulamentos de desempenho para as edificações; maior controle de qualidade dos insumos recebidos e dos componentes produzidos; redução do desperdício de materiais; otimização do processo; menor tempo de produção; menor riscos com acidentes de trabalho e produção independente das condições climáticas.

Assim, uma construção volumétrica modular apresenta o potencial de maximizar a eficiência da construção e a economia de tempo. Seus módulos também podem apresentar customizações diversas. No entanto, eles podem apresentar limitações referentes aos altos custos de logística e transporte, às restrições dimensionais conforme o transporte e o içamento, à necessidade de mão de obra qualificada e ao alinhamento entre o projeto arquitetônico e o projeto para produção (BERTRAM et al., 2019, SMITH, 2016).

No Brasil, o setor da construção tem ampliado a aplicação de sistemas industrializados com aço, concreto e madeira (ABDI, 2015). No entanto, em geral, os estudos sobre as construções modulares brasileiras se concentram nos apontamentos de potenciais e barreiras para sistemas inovadores. Ainda que alguns estudos avaliem questões mais específicas de desempenho destas construções, observa-se uma lacuna na avaliação deste mercado para aprender com as experiências práticas e para contribuir para a melhoria e o avanço desses processos. Como a utilização de materiais recicláveis e com soluções tecnológicas que vão a encontro dos princípios básicos para a sustentabilidade aplicada à construção.

### 2.2 Desconstrução

Diferente da demolição, a desconstrução possibilita a reutilização de sistemas, componentes e materiais que normalmente seriam tratados como resíduos sem valor (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006). O principal objetivo da desconstrução é aumentar a eficiência econômica e reduzir os impactos ambientais mediante a mudança de função de

uma edificação, o reuso dos seus componentes e/ou a transformação dos seus materiais (CROWTHER, 2001, GUY; SHELL, 2002), conforme apresentado na Figura 01.

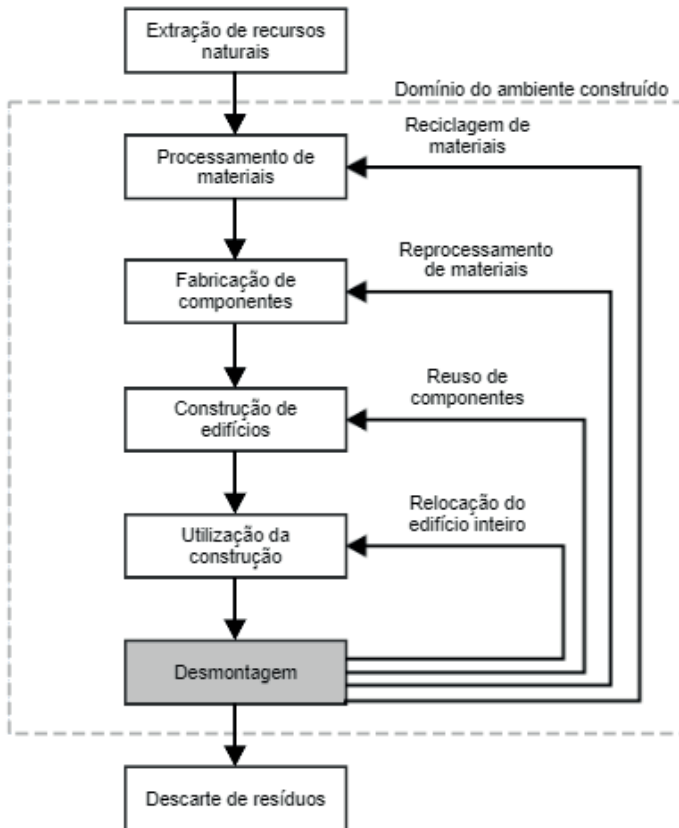


Figura 01 - Possíveis panoramas após a desmontagem da construção

Fonte: Adaptado de Crowther (2001).

Muitos dos benefícios da desconstrução estão associados à esfera ambiental, possibilitando reduções dos impactos das demolições, do uso de recursos primários, da quantidade de resíduos em aterros sanitários (HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012).

Na esfera social, a desconstrução pode facilitar a criação de novos empregos relacionados a esta atividade, como remoção de materiais, desmontagem dos edifícios, classificação e transporte dos componentes e dos materiais selecionados (COUTO; COUTO, 2007). A capacitação destes trabalhadores pode ser promovida por treinamentos técnicos sobre construção e recuperação de materiais (KIBERT; CHINI; LANGUEL, 2000).

Esta prática pode estar aliada à criação de pequenas empresas especializadas em demolição seletiva, dando ainda mais força ao setor da construção na esfera econômica. Por

sua vez, políticas governamentais que incentivam a adoção de práticas mais sustentáveis na construção, que minimizam os desperdícios e promovem a eficiência energética, são fundamentais para a consolidação da desconstrução no país (HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012).

Estudos sobre este tema apontam que as principais barreiras para a implementação da desconstrução tem sido: edifícios não projetados para desconstrução; falta de ferramentas específicas para desmontagem; falta de trabalhadores especializados; tempo adicional para a desmontagem; custo baixo de terrenos para disposição de resíduos de demolição; falta de conhecimento sobre os benefícios ambientais e econômicos da desconstrução; necessidade de instalações para classificação dos resíduos; manutenção e transformação dos materiais e falta de conhecimento sobre técnicas para execução da desconstrução (KIBERT, 2003, FREIRE; BRITO, 2001, HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012). Além destes, este artigo destaca a necessidade da elaboração de projetos para desconstrução.

### *2.2.1 Projetos para desconstrução*

Não há normatização brasileira para elaboração de projeto para desconstrução, o que existem são diferentes manuais e princípios de projeto de desconstrução em países diversos, como o SEDA – Manual de projeto de desconstrução da Escócia (Morgan & Stevenson, 2005); Crowther (2000) na Austrália; Guy e Shell (2002); Kibert (2003); Abdol e Balachandran (2002) e Webster et al (2005) nos Estados Unidos e Saraiva (2013) no Brasil.

Após uma revisão sistemática, Kanters (2018) aponta os principais princípios de projeto relacionados à desconstrução organizados em quatro categorias: (1) geral, (2) materiais e conexões, (3) construção e desconstrução, (4) comunicação, competência e conhecimento; sendo estes:

#### 1) Princípios gerais:

Usar um projeto modular simples;

Usar um sistema construtivo aberto e flexível, que permita transformações de funções no futuro;

Usar uma grade modular estrutural;

Projetar as camadas da edificação conforme a expectativa de vida dos seus elementos;

Assegurar que a estabilidade da construção seja mantida durante a desconstrução;

Separar os sistemas de elétrica, hidrossanitário, climatização.

#### 2) Materiais e conexões

- Minimizar o número de diferentes materiais, conexões e componentes;
- Projetar ligações acessíveis e duráveis;

- Usar conexões mecânicas, como parafusos e porcas;
- Usar materiais não tóxicos, duráveis que possam ser reutilizados;
- Evitar o uso de adesivos, resinas e acabamentos secundários;
- Usar materiais reciclados e recicláveis;
- Usar materiais leves.

### 3) Construção e desconstrução

- Desenvolver e projetar um plano de desconstrução durante o processo de projeto arquitetônico;
- Usar componentes e materiais pré-fabricados;
- Assegurar que os tamanhos dos componentes são adequados ao manuseio;
- Ser executada com ferramentas e equipamentos comuns;
- Permitir desmontagens paralelas;
- Assegurar acesso aos componentes da edificação.

### 4) Comunicação, competência e conhecimento

- Manter informação, documentação sobre os materiais utilizados, *as-built* e método de desconstrução;
- Identificar os tipos de componentes e de materiais;
- Ter uma equipe treinada, com competência e disposta a trabalhar com projeto para desconstrução.

O projeto para desconstrução precisa ser considerado em cada etapa do processo de projeto da edificação (GUY; CIARIMBOLI, 2006). Atualmente, algumas ferramentas para Modelagem da Informação da Construção (BIM) permitem, além da geometria em 3D, informações adicionais sobre a edificação. Por exemplo, no BIM 7D, onde se projeta a gestão da obra, existem possíveis aplicações para o projeto para desconstrução, como: especificação dos materiais, data da próxima manutenção, localização exata de cada elemento constituinte (KANTERS, 2018). O estudo de Akinade et al. (2017) apresenta as principais ferramentas BIM existentes e suas funcionalidades para o projeto para a desconstrução.

## 3 | MÉTODO

Para o estudo de caso foi selecionada uma empresa que atua no mercado nacional desde 2016 com soluções tecnológicas consideradas inovadoras aplicando preceitos de construções modulares volumétricas *off-site*. A construção dos módulos ocorre no ambiente fabril da empresa e, quando finalizados, são transportados por carretas pranchas até o

canteiro de obras, onde são instalados. Os módulos básicos, em geral, são estruturados com vigas e pilares metálicos. A vedação das paredes e da cobertura é composta por chapas OSB (*Oriente Strand Board*), lâ de vidro, gesso acartonado, placa cimentícia e painel termoacústico com núcleo de poliisocianurato e revestimento externo em aço pré-pintado. As instalações hidráulicas, elétricas e os acabamentos também são executados na fábrica, como mostra a Figura 02.



Figura 02 – Módulo básico pronto para ser transportado e instalado no canteiro de obras

Fonte: Arquivo da empresa do estudo de caso (2020).

Entretanto, o módulo escolhido tinha uma particularidade ocasionada por limites de espaço para sua instalação, uma vez que o mesmo seria instalado entre seis pilares já existentes em um galpão, como mostra a Figura 03, não possuindo espaço suficiente para passagem do módulo pronto. Neste caso, o projeto já teve que ser pensado para desconstrução.

Este projeto possui uma área de 22,26 m<sup>2</sup>, com 4,70 m x 5,15 m em planta (Figura 04), com 3,20 m de altura. O fechamento através de uma parede fechada e três com aberturas de alumínio com vidro temperado incolor (Figura 03). A Figura 04 apresenta a planta baixa do projeto modular em estudo.



Figura 03 – Simulação do módulo do estudo de caso entre os seis pilares do galpão

Fonte: Arquivo da empresa do estudo de caso (2020).

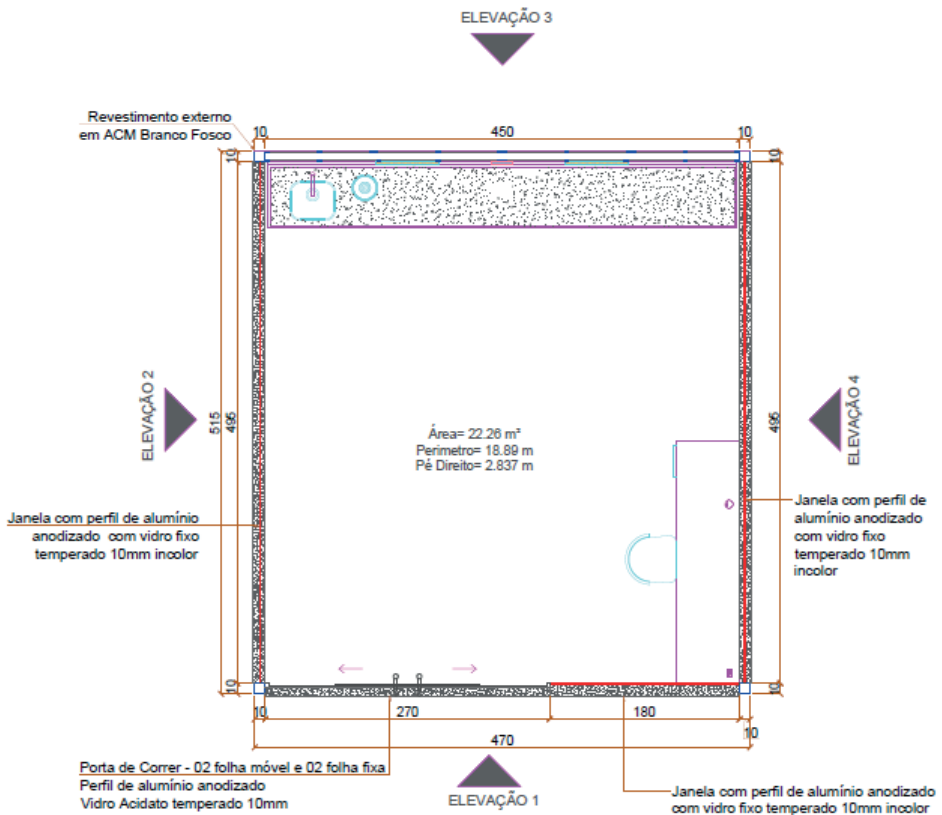


Figura 04 – Planta baixa do projeto modular em estudo com indicação das elevações e cotas em centímetros

Fonte: Arquivo da empresa do estudo de caso (2020).

Portanto, pelo limitante deste caso, o projeto foi pensado para a montagem e a desmontagem na fábrica, seguido pelo transporte dos componentes para montagem no

local. Para isso, foi necessário um projeto diferente do habitual módulo básico da empresa, pois este apresentaria dificuldades para desmontagem da estrutura metálica soldada.

A estrutura deste novo módulo é composta por perfis de inox polido e de *metalon* galvanizado encaixados e parafusados entre si. O sistema de vedação vertical tem uma estrutura interna composta de quadros metálicos reticulados e soldados, com placas de alumínio composto (ACM) nas suas faces e esquadrias de alumínio com vidros temperados. A cobertura é de painéis termoacústicos fixados sobre os barrotes da estrutura metálica e forro de gesso modular. As instalações hidrossanitárias e elétricas são convencionais e passam pelo interior dos quadros metálicos da parede e por furações nas vigas metálicas na base do módulo. O acabamento do piso é porcelanato aplicado no local sobre um contrapiso.

Para verificar quais diretrizes de projeto para a desconstrução são atendidas, foi elaborada uma lista de diretrizes gerais (Tabela 01) com base em informações contidas no Manual de projeto de desconstrução da Escócia (Morgan; Stevenson, 2005) e nos estudos de Saraiva (2013). Também foram elaboradas diretrizes mais específicas com base em Kibert (2003), Abdole Balachandran (2002), Crowther (2000), Guy e Shell (2002), e Webster et al. (2005). A partir dessa lista, foi elaborado um *checklist* para ser aplicado ao estudo de caso e verificar quais as diretrizes de projeto para desconstrução o projeto atende ou não, conforme representado na Tabela 01.

DIRETRIZES GERAIS		
1.	<b>SIMPLIFICAÇÃO</b>	Simplificação dos sistemas construtivos
2.	<b>ADAPTABILIDADE</b>	Adaptabilidade da construção para aumentar a sua vida útil
3.	<b>CAMADAS</b>	Camadas estratificadas para facilitar a manutenção e tomar os serviços mais acessíveis
4.	<b>ACESSOS</b>	Acesso aos elementos da construção para reparos e remoções futuras
5.	<b>CONEXÕES</b>	Conexões utilizadas entre os elementos para viabilizar a desconstrução
6.	<b>DURABILIDADE DOS COMPONENTES</b>	Durabilidade dos componentes para permitir que os mesmos sejam reparados ou reutilizados com o mínimo de trabalho e custo
7.	<b>RISCOS E SEGURANÇA</b>	Risco e segurança de quem irá manusear os componentes durante uma manutenção ou desconstrução
8.	<b>SUSTENTABILIDADE</b>	Sustentabilidade no processo construtivo e uso de tecnologias limpas
9.	<b>GESTÃO ORGANIZACIONAL</b>	Estratégias organizacionais para possibilitar a desconstrução

Tabela 01 – Diretrizes gerais para desconstrução elencadas para o estudo de caso

Fonte: Adaptado de Morgan e Stevenson (2005) e Saraiva (2013).

A Tabela 02 mostra a legenda que será adotada quando a diretriz for atendida, atendida parcialmente, não atendida ou quando não se aplica.

<i>Diretrizes</i>	<i>Representação</i>
Atendidas	○
Atendidas parcialmente	●
Não atendidas	●
Não aplicadas	-

Tabela 02 – Legenda aplicada no *checklist* das diretrizes de projeto para desconstrução

Fonte: Própria (2020).

Com exceção do projeto estrutural, os projetos analisados deste módulo não possuíam todas as especificações do processo de montagem dos componentes, como ordem e método de montagem. Sendo assim, para conferência das diretrizes, foi importante o acompanhamento da montagem e desmontagem do módulo em fábrica e, posteriormente, da remontagem *in loco*. Portanto, o *checklist* das diretrizes para desconstrução foi aplicado sobre os projetos e, também, sobre as etapas de obra, sendo (1) estrutura, (2) vedação vertical, (3) cobertura, (4) acabamento e (5) a obra geral, como um todo.

Os dados coletados serão apresentados em forma de tabelas, legendas e gráficos para facilitar a identificação das possibilidades e das dificuldades relacionadas à desconstrução deste tipo de sistema modular.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, os resultados deste trabalho apresentam a descrição das etapas do processo de produção do módulo com informações pertinentes para o *checklist* das diretrizes. E, por fim, apresenta o *checklist* aplicado por etapa de obra, analisando as diretrizes gerais e específicas de projeto para desconstrução.

### 4.1 Processo de produção do módulo em estudo

Este processo foi dividido em três etapas: montagem em fábrica, desmontagem em fábrica e remontagem do módulo *in loco*.

#### 4.1.1 Montagem em fábrica do módulo

A montagem do módulo em fábrica ocorreu conforme o fluxograma apresentado na Figura 05. Conforme as especificações do projeto estrutural, a produção do módulo em fábrica iniciou com o corte e a identificação dos tubos de aço inox e de *metalon* galvanizado, conforme a Figura 06.



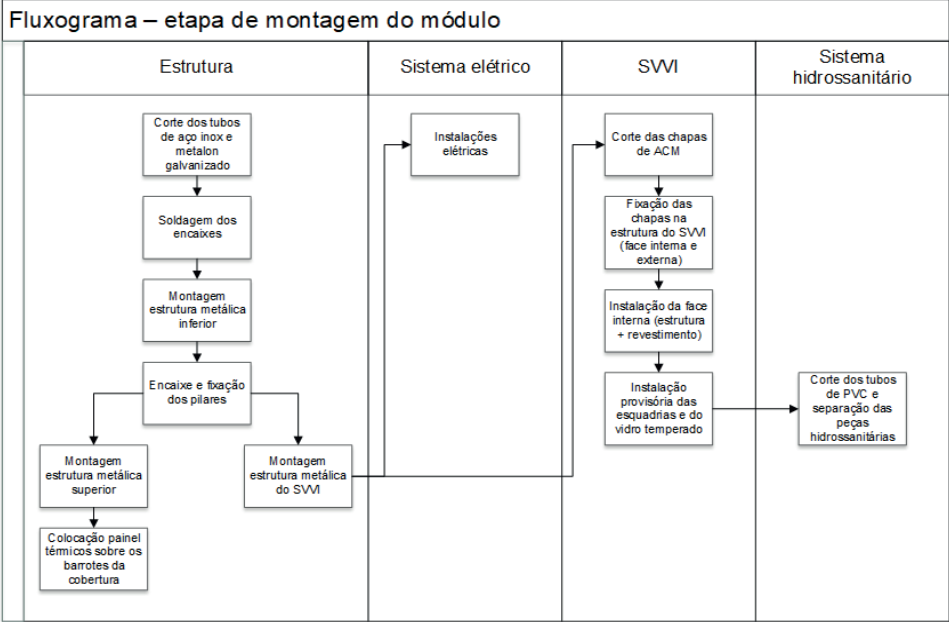


Figura 05 – Fluxograma das etapas de da ordem de montagem do módulo em fábrica

Fonte: Própria (2020).

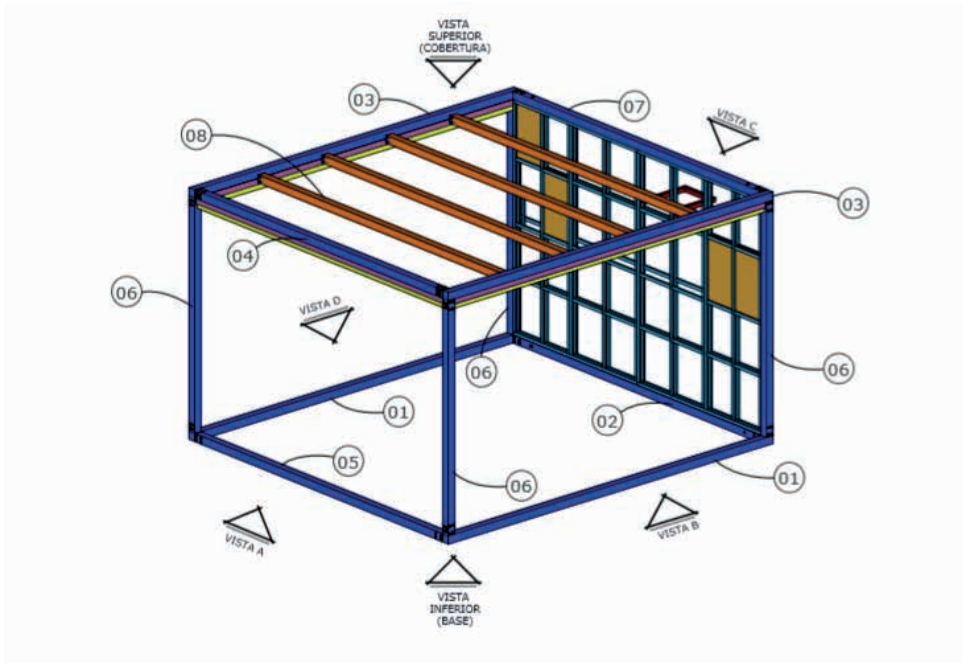


Figura 06 – Identificação dos elementos estruturais principais

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Após os cortes, foram elaborados detalhes de chapas com perfil em “U” soldadas nas extremidades das vigas inferiores (Figura 07) e superiores para viabilizar o encaixe entre vigas e entre viga e pilar.



Figura 07 – Detalhe da viga inferior com perfis “U” soldados para viabilizar os encaixes

Fonte: Própria (2020).

A sequência de montagem destas estruturas com encaixes foi: primeiro as vigas inferiores; segundo os pilares; e, por fim, as vigas superiores e os barrotês para a cobertura. (Figura 08).

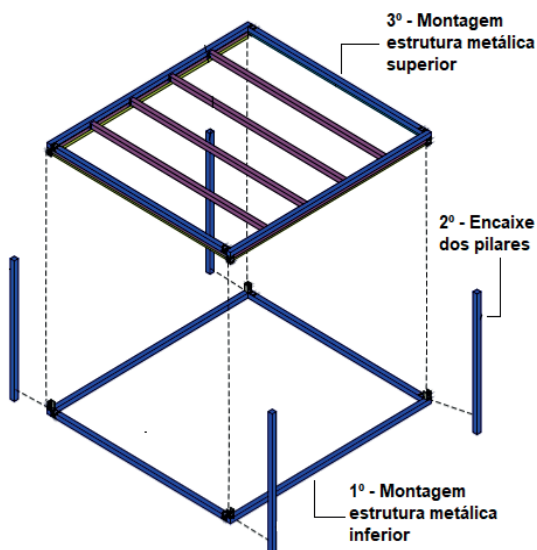


Figura 08 - Sequência de montagem da estrutura metálica com encaixes

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Para receberem os barrotes da cobertura, na face interna da viga superior também foram soldadas chapas com perfis em “U” para encaixar os barrotes transversais de *metalon* galvanizado (Figura 09 e Figura10).

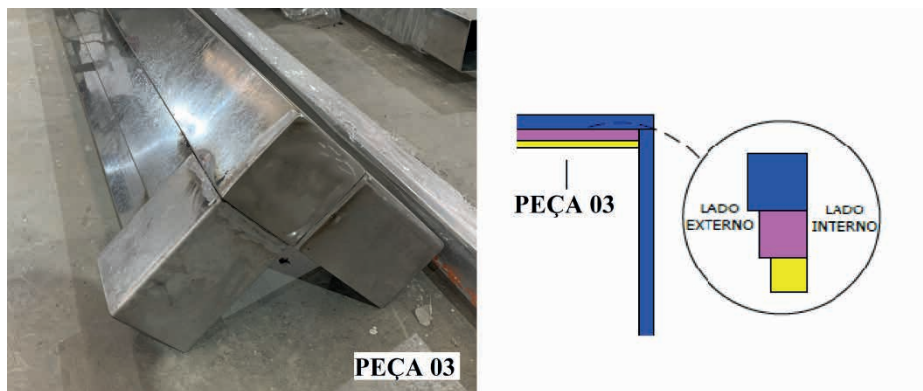


Figura 09 – Detalhe da viga superior com dois tubos soldados na sua base e perfis “U” na extremidade para encaixe entre vigas e viga-pilar

Fonte: Própria (2020).



Figura 10 - Montagem da dos barrotes encaixados nas vigas superiores

Fonte: Própria (2020).

Após a montagem da estrutura, em todos os encaixes de vigas, pilares e barrotes foram feitas furações para a fixação destas peças com parafusos, conforme a Figura 11. As fixações foram realizadas dessa forma para possibilitar a desmontagem, o transporte das peças e a remontagem do módulo no local designado.



Figura 11 - Furação dos elementos encaixados para a fixação com parafusos

Fonte: Própria (2020).

Em paralelo, seis quadros de *metal* galvanizado foram soldados conforme as dimensões de projeto para o sistema de vedação vertical; sendo: dois quadros reticulados de 4x4 para a face interna da parede e 4 quadros com reticulados de 2x4 para a face externa (Figura 12), com um espaço vazio entre os quadros para a passagem das instalações hidrossanitária e elétrica. Os quadros foram parafusados na estrutura metálica através de pequenas abas soldadas e foram transportados separadamente até o local de instalação.

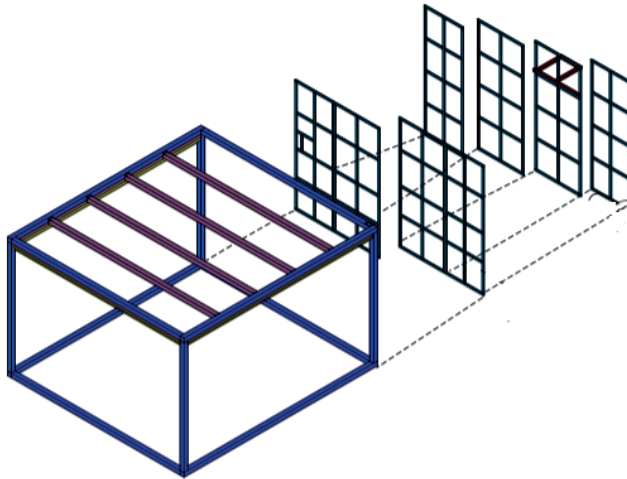


Figura 12 - Quadros metálicos internos e externos que estruturam o sistema de vedação vertical

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

A execução das instalações elétricas foi realizada em conformidade com o projeto elétrico e luminotécnico. O sistema elétrico instalado possui uma potência instalada de 4101,00 W para atender os circuitos de iluminação geral, iluminação de emergência,

tomadas de uso geral, ar-condicionado, tomada para computador e tomadas no piso. A Figura 13 mostra a passagem dos eletrodutos entre os quadros metálicos da vedação vertical e a instalação do quadro de distribuição de energia e dos pontos de tomadas e interruptores fixados na face interna da vedação vertical, sem a necessidade de furações na estrutura metálica.

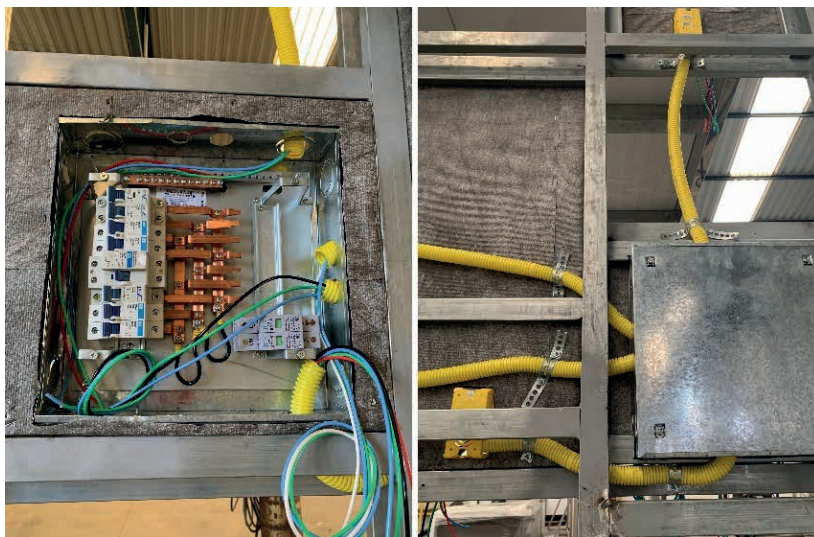


Figura 13- Detalhe da instalação elétrica com o Quadro de Distribuição de Energia

Fonte: Própria (2020).

O projeto hidrossanitário possui um ponto de água fria com diâmetro de 25 mm e uma saída de esgoto com diâmetro de 40 mm para uma pia, e uma saída para o dreno de água da condensadora com diâmetro de 25 mm. Para a passagem do sistema hidrossanitário, foi necessário fazer furações na viga inferior como mostra a Figura 14. Entretanto, todas as peças hidrossanitárias foram enviadas para serem instaladas in loco, por isso foi apenas realizado o corte dos tubos de PVC e a separação das peças hidrossanitárias necessárias.





Figura 14 – Furações na viga metálica inferior para passagem do sistema hidráulico

Fonte: Própria (2020).

Como fechamento, placas de alumínio composto (ACM) foram fixadas com fita dupla face sobre as faces dos quadros metálicos internos e externos (Figura 15).



Figura 15 – Utilização de fita dupla face para a fixação das placas de ACM

Fonte: Própria (2020).

Nas demais paredes foram instaladas esquadrias de alumínio com vidro temperado. Todo o serviço referente à essa etapa foi realizado pela empresa que forneceu o produto,

que foi responsável por verificar se os materiais solicitados estavam nas dimensões corretas. Por fim, para fechar externamente a cobertura, sobre os barrotes metálicos foram instalados os painéis térmicos com núcleo em poliisocianurato e revestimento externo em aço pré pintado fixados com parafusos auto brocantes (Figura 16).



Figura 16 - Painel térmico sobre barrotes metálicos

Fonte: Própria (2020).

As esquadrias de alumínio com vidro, assim como os acabamentos de forro com gesso e de piso com porcelanato não foram executados na fábrica.

#### 4.1.2 *Desmontagem do módulo em fábrica*

A Figura 17 apresenta o fluxograma das etapas e da ordem de desmontagem do módulo em fábrica. Como o sistema hidrossanitário não havia sido montado em fábrica, a desconstrução iniciou pelo sistema de vedação vertical, com a retirada das esquadrias de alumínio com vidro temperado e a desinstalação dos quadros reticulados da vedação vertical, o sistema elétrico permaneceu fixado na face interna da parede, assim como as placas de ACM fixadas nas faces internas e externas da parede. Posteriormente, a desmontagem dos barrotes da cobertura, das vigas inferiores e superiores e dos pilares.

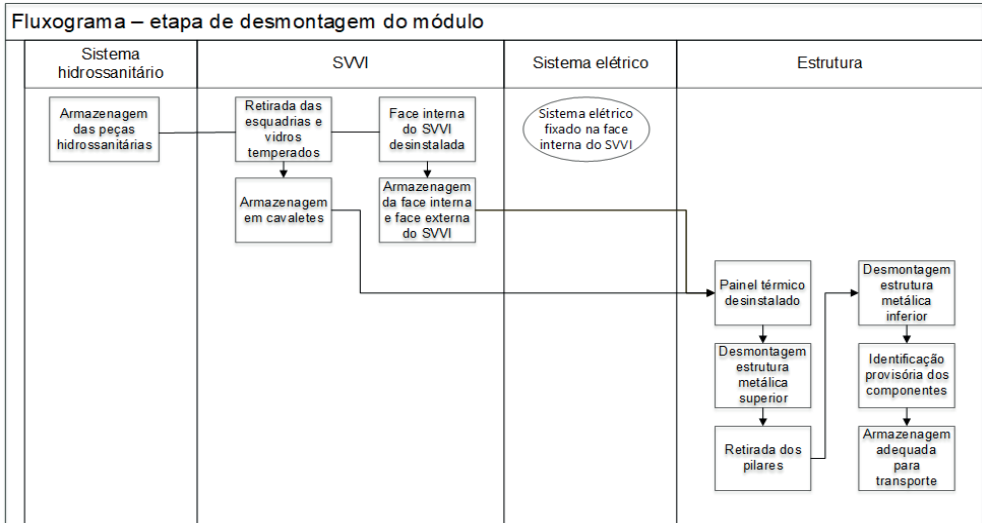


Figura 17 – Fluxograma das etapas de da ordem de desmontagem do módulo em fábrica

Fonte: Própria (2020).

Todos os componentes e as peças foram identificados e numerados para que a montagem in loco fosse realizada corretamente e, também, foram embalados adequadamente para não serem danificados durante o transporte.

#### 4.1.3 Remontagem do módulo in loco

No local foram realizadas as seguintes atividades: nivelamento e preparação do contrapiso (Figura 18); montagem do módulo conforme a sequência apresentada no item 4.1.1 (Figura 19); instalação das esquadrias de vidro (Figura 20); instalação do forro de gesso modular removível; execução do piso porcelanato; e instalação das soleiras de granito.





Figura 18 – Nivelamento e preparação do contrapiso para instalação do módulo em estudo

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).



Figura 19 – Montagem do módulo em andamento

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).



Figura 20 – Instalação das esquadrias de alumínio

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

## 4.2 Análise qualitativa do *checklist* das diretrizes de projeto para desconstrução

As diretrizes gerais e específicas de projeto para desconstrução foram analisadas para cada etapa da obra, divididas em: estrutura, vedação vertical, cobertura e acabamento. Além destas, também foi considerada uma etapa geral quando a diretriz se aplica a edificação como um todo. Nas Tabelas 03 a 11 são apresentados os resultados da aplicação dos *checklists*. As diretrizes não atendidas ou atendidas parcialmente estão justificadas em legendas para demonstrar onde se pode atuar para que o projeto possa atender às diretrizes de projeto para desconstrução.

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
1. SIMPLIFICAÇÃO							
DIRETRIZES ESPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
1.1.	Redução de tipos de materiais utilizados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
1.2.	Redução de tipos de componentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
1.3.	Redução de peso de componentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
1.4.	Forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-

Tabela 03 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 01 (Simplificação)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
2. ADAPTABILIDADE							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
2.1.	Componentes dimensionados para se adequar em todas as etapas de construção	-	-	-	-	-	● <sup>1,2</sup>
2.2.	Uso de sistema de construção aberto com partes substituíveis	-	-	-	-	-	○
2.3.	Adaptável a diferentes padrões de ocupação no plano	-	-	-	-	-	○
2.4.	Construção com grade padronizada e geometria simples	-	-	-	-	-	○
2.5.	Utilização de elementos pré-moldados ou pré-fabricados	-	-	-	-	-	○
<p>●<sup>1</sup> São utilizados 3 parafusos diferentes para a parte da estrutura;</p> <p>●<sup>2</sup> São utilizados dois sistemas de vedação vertical interno, cada um com suas propriedades e diferentes fixações.</p>							

Tabela 04 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 02 (Adaptabilidade)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
3. CAMADAS							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
3.1.	Projetos de camadas independentes (estrutura, isolamento e revestimento)	-	○	-	○	● <sup>1</sup>	-
3.2.	Não utilização de composição de materiais e a não fabricação de materiais inseparáveis	○	○	○	○	○	-
3.3.	Não utilização de acabamentos secundários para materiais	○	○	○	○	○	-
<p>●<sup>1</sup> Instalações elétricas embutidas no contrapiso. Para realizar manutenções no sistema será necessário danificar o revestimento em porcelanato e o contrapiso.</p>							

Tabela 05 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução a diretriz geral 03 (Camadas)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO+A28:H38							
4. ACESSOS							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
4.1.	Componentes com menores ciclos de vida em camada mais acessível	-	-	-	-	-	○
4.2.	Instalações aparentes	-	-	-	-	-	● <sup>1</sup>
4.3.	Facilidade de acesso às camadas	-	-	-	-	-	● <sup>2</sup>
4.4.	Acesso a todos os componentes da construção	-	-	-	-	-	○
4.5.	Acessos identificados	-	-	-	-	-	● <sup>3</sup>
4.6.	Acesso simples em locais críticos	-	-	-	-	-	● <sup>4</sup>
4.7.	Plano de rotas para manutenção	-	-	-	-	-	● <sup>5</sup>
<p>●<sup>1</sup> As instalações não são aparentes. Para ter acesso a essas instalações é necessário retirar a chapa externa de ACM, que por não resistir à desmontagem deverá ser substituída por uma chapa nova;</p> <p>●<sup>2</sup> A placa de ACM do sistema de vedação vertical interno (SVVI) da elevação 03 é fixada com fita dupla face, e é danificada no momento da remoção, o que dificulta o acesso às camadas;</p> <p>●<sup>3</sup> Não está incluso no planejamento e detalhamento do projeto os acessos identificados;</p> <p>●<input type="checkbox"/> A elevação mais crítica com a passagem das instalações elétricas e hidrossanitárias é a elevação 03, vedada com placas de ACM, o que dificulta o acesso;</p> <p>●<input type="checkbox"/> Não existe um plano de rotas para manutenções oferecido para o usuário.</p>							

Tabela 06 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 04 (Acessos)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
5. CONEXÕES							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
5.1.	Redução do tipo de conectores e fixadores	○	○	○	● <sup>1</sup>	○	-
5.2.	Redução número de conectores e fixadores	○	○	○	○	○	-
5.3.	Utilização de conexões mecânicas	○	● <sup>2</sup>	● <sup>3</sup>	○	● <sup>4</sup>	-
5.4.	Juntas e conectores que resistem repetidas montagens e desmontagens	○	● <sup>5</sup>	● <sup>6</sup>	○	● <sup>7</sup>	-
5.5.	Inexistência de entalhe, corte ou furação	● <sup>8</sup>	● <sup>9</sup>	-	● <sup>10</sup>	● <sup>11</sup>	-
5.6.	Remoção fácil e segura de todos os componentes	○	● <sup>12</sup>	○	○	● <sup>13</sup>	-
5.7.	Utilização de conexão padronizada	○	○	○	○	○	-

●<sup>1</sup> Utilização de diversos tipos de conectores para a instalação do sistema, como os parafusos, tirantes, longarinas e travessas;  
 ●<sup>2</sup> Utilização de fita dupla face para a fixação das placas de ACM;  
 ●<sup>3</sup> Utilização in-loco de adesivo plástico de PVC para fixar as conexões hidráulicas nos tubos de PVC;  
 ● □ Utilização de argamassa colante AC3;  
 ● □ A utilização da fita impede que a chapa de ACM seja retirada sem que ocorram danos na placa e, também, impossibilita a utilização da fita dupla face para futuras montagens e desmontagens;  
 ● □ O adesivo plástico de PVC impede que os conectores resistam a repetidas montagens e desmontagens;  
 ● □ A argamassa colante AC3 não pode ser reutilizada, pois depois de seco o material não tem mais função de fixar;  
 ● □ Foram realizados cortes e furações na estrutura metálica para passagem do sistema hidráulico;  
 ● □ Foram realizados cortes e furações na placa de ACM do revestimento interno para a instalação do sistema hidráulico e elétrico;  
 ●<sup>10</sup> São realizadas furações no painel térmico para fixá-lo na estrutura metálica da cobertura;  
 ●<sup>11</sup> Foram realizados cortes em alguns pontos do revestimento para a instalação de tomadas;  
 ●<sup>12</sup> Devido à dificuldade de remoção da chapa de ACM é necessária mais atenção para que a retirada do componente seja segura;  
 ●<sup>13</sup> Durante a remoção do piso porcelanato é necessário danificar o piso para descolar o porcelanato da argamassa, e ao danificar a peça pode gerar pedaços pontiagudos que podem machucar quem estiver realizando o serviço.

Fonte: Própria (2020).

Tabela 07 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 05 (Conexões)

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
6. DURABILIDADE DOS COMPONENTES							
DIRETRIZES ESPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
6.1.	Uso de componentes duráveis que possam ser reutilizados	○			○		-
6.2.	Componentes projetados para maximizar a número de vezes que podem ser reutilizados	○	● <sup>1</sup>	● <sup>2</sup>	○	● <sup>3</sup>	-
6.3.	Componente reutilizáveis ou recicláveis	○	○	○	○	○	-
<p>●<sup>1</sup> Utilização de fita dupla face para a fixação das placas de ACM, o que impede que a chapa de ACM seja retirada sem que ocorram danos na placa;</p> <p>●<sup>2</sup> Foi utilizado cola plástica para fixar o conector no tubo de PVC, o que impede a reutilização das conexões;</p> <p>●<sup>3</sup> Utilização de argamassa colante AC3 que não pode ser reutilizada, pois depois de seco o material não tem mais função de fixar.</p>							

Tabela 08 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 06 (Durabilidade dos Componentes)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
7. RISCOS E SEGURANÇA							
DIRETRIZES ESPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
7.1.	Inexistência de materiais tóxicos e perigosos	○	○		○	○	-
7.2.	Manuseio seguro dos componentes durante a montagem e desmontagem	○	○	● <sup>1</sup>	○	● <sup>2</sup>	-
7.3.	Tolerância adequada para permitir a desmontagem	○	● <sup>3</sup>	○	○	● <sup>4</sup>	-
7.4.	Permite a desmontagem em paralelo	○	○	○	○	● <sup>5</sup>	-
7.5.	Identificação permanente dos pontos de desmontagem	● <sup>6</sup>					-
7.6.	Utilização de detalhes que impeçam que os materiais entrem em contato direto com o solo e apodreçam	-	-	-	-	-	-
7.7.	Inspeção visual e teste adicional para determinados componentes e materiais	-	-	-	-	-	○

●<sup>1</sup> O adesivo plástico utilizado nas conexões hidrossanitárias é facilmente inflamável e pode causar irritações na pele, olhos e vias respiratórias, conforme descrito na Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) do produto fornecida pelo produtor;

●<sup>2</sup> Devido à utilização da argamassa colante, não é possível, na maioria dos casos, a remoção inteira da peça, e o manuseio durante a montagem e desmontagem torna-se inseguro, principalmente porque as peças são quebradiças e podem formar quinas cortantes;

●<sup>3</sup> Ao retirar a chapa de ACM, a fita dupla face fica fixa na placa e ao retirar a fita, a chapa é danificada, sendo assim a chapa de ACM não possui uma tolerância adequada que permita a desmontagem;

●  Dificuldade de remover as peças de porcelanato inteira;

●  Desmontagem em etapas;

●  Identificação apenas provisória para a montagem in loco.

Tabela 09 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 07 (Riscos e Segurança)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
8. SUSTENTABILIDADE							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
8.1.	Utilização de tecnologias limpas para o conforto térmico e minimizar a quantidade de manutenções	-	-	-	-	-	○
8.2.	Utilização de técnicas e soluções tecnológicas para a redução de resíduos gerados durante o processo construtivos	-	-	-	-	-	○

Tabela 10 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 08 (Sustentabilidade)

Fonte: Própria (2020).

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
9. GESTÃO ORGANIZACIONAL							
DIRETRIZES EPECÍFICAS		ESTRUTURA	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
9.1.	Uso de tecnologias de montagem compatíveis com a prática padrão de construção	-	-	-	-	-	○
9.2.	Identificação permanente para cada componente	-	-	-	-	-	● <sup>1</sup>
9.3.	Preservar informações sobre o edifício, projetos e o seu processo de montagem	-	-	-	-	-	○
9.4.	Manual com manutenções, alterações, substituições e informações dos principais produtos e componentes utilizados	-	-	-	-	-	○
9.5.	Planejamento da demolição seletiva	-	-	-	-	-	● <sup>2</sup>
<p>●<sup>1</sup> Componentes foram identificados apenas provisoriamente para a montagem in loco;</p> <p>●<sup>2</sup> Não foi realizado um planejamento da desconstrução pela equipe de projeto.</p>							

Tabela 11 – Resultado da aplicação do *checklist* de projeto para desconstrução para diretriz geral 09 (Gestão Organizacional)

Fonte: Própria (2020).



### 4.3 Análise quantitativa do *checklist* de projeto para desconstrução

A partir do preenchimento dos *checklists* foi possível analisar a porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por etapa e geral, conforme apresenta a Tabela 12.

PORCENTAGEM ATENDIDA DAS DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
1.	<b>SIMPLIFICAÇÃO</b>	100%	100%	100%	100%	100%	-
2.	<b>ADAPTABILIDADE</b>	-	-	-	-	-	80%
3.	<b>CAMADAS</b>	100%	100%	100%	100%	67%	-
4.	<b>ACESSOS</b>	-	-	-	-	-	36%
5.	<b>CONEXÕES</b>	86%	71%	83%	86%	43%	-
6.	<b>DURABILIDADE DOS COMPONENTES</b>	100%	67%	67%	100%	33%	-
7.	<b>RISCOS E SEGURANÇA</b>	80%	70%	60%	80%	20%	100%
8.	<b>SUSTENTABILIDADE</b>	-	-	-	-	-	100%
9.	<b>GESTÃO ORGANIZACIONAL</b>	-	-	-	-	-	60%

Tabela 12 – Quantitativo das diretrizes gerais de projeto para desconstrução

Fonte: Própria (2020).

Observa-se que a diretriz 1 sobre a simplificação do sistema construtivo foi atendida em 100% em todas as etapas da obra devido à redução de materiais e componentes, redução do peso dos componentes e forma ergonômica dos elementos. Por sua vez, a diretriz 3 (camadas) foi atendida 100% por todas as etapas construtivas, com exceção de acabamentos *in loco*, pois a forma de instalação do piso porcelanato impede que as camadas sejam independentes, conforme apresentado na Tabela 05.

Além disso, a diretriz 6 - Durabilidade dos componentes foi atendida 100% pela etapa de estrutura e de sistema de cobertura, devido à alta durabilidade dos componentes e ao uso de elementos que podem ser reutilizados e reciclados.

A diretriz 7 - Riscos e seguranças e a diretriz 8 - Sustentabilidade são atendidas 100% pela etapa geral, pois foi realizada uma inspeção visual de todos os componentes utilizados na produção do módulo, foram utilizados materiais para o conforto térmico, como os painéis térmicos, e durante a produção do módulo foi realizado o gerenciamento dos resíduos sólidos.

A Figura 21 mostra a porcentagem que cada etapa da construção atendeu das diretrizes de projeto para desconstrução.

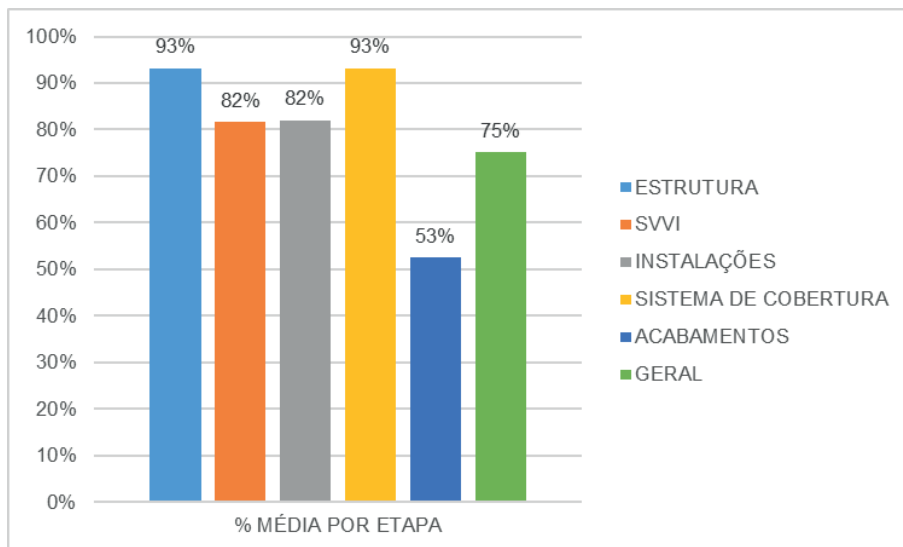


Figura 21 – Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por etapa

Fonte: Própria (2020).

A etapa de acabamento *in loco* foi a etapa que menos atendeu às diretrizes de projeto para desconstrução, com apenas 53% das diretrizes atendidas, principalmente pela dificuldade de remoção do revestimento dos demais elementos, a utilização de conectores que não resistem repetidas montagens e desmontagens, e a dificuldade em reutilizar o material, pois o mesmo pode ser facilmente danificado durante uma desconstrução, o que impossibilita a reutilização da peça inteira e reduz o seu potencial de desconstrução.

Já o sistema de estrutura atendeu 93% das diretrizes, a etapa não alcançou os 100% devido à existência de entalhes na estrutura, e a falta de identificação permanente. O sistema de cobertura, composto pelas instalações do painel térmico e forro modular, também atendeu 93% das diretrizes. A etapa não alcançou os 100% devido à falta de identificação permanente dos pontos de desmontagem e a não redução dos tipos de conectores e fixadores para a instalação do forro modular. As demais etapas (SVVI, Instalação e Geral); atenderam entre 75% e 82% das diretrizes de projeto para desconstrução.

A Figura 22 mostra o percentual de atendimento de cada diretriz geral de projeto para desconstrução no módulo em estudo.

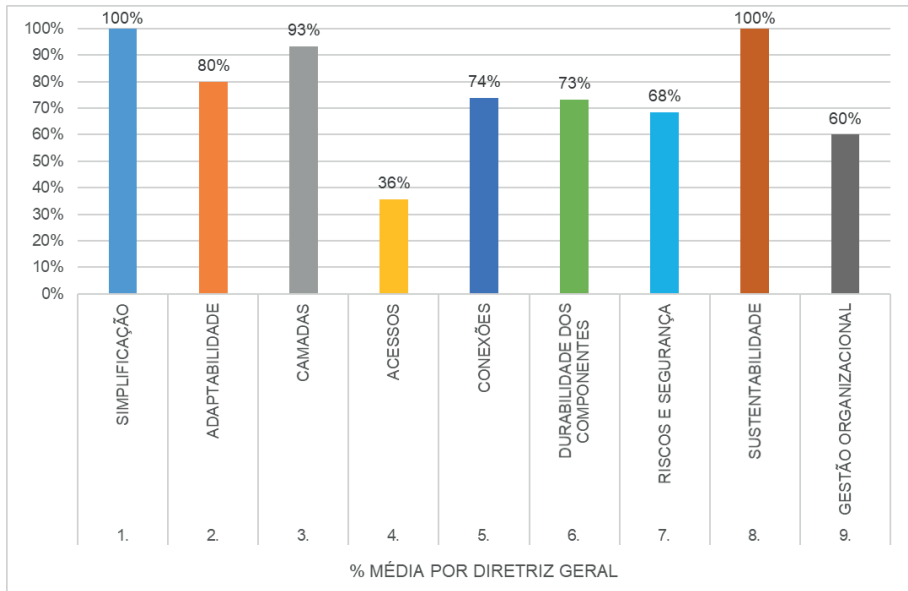


Figura 22 – Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por diretriz geral

Fonte: Própria (2020).

A partir da Figura 22 é possível perceber que a diretriz menos atendida foi o acesso a todos os elementos do módulo com 36%. Pois, a utilização das placas de ACM dificulta o acesso às camadas da construção, principalmente nos locais mais críticos onde há passagem de tubulações hidrossanitárias. Além disso, a falta de um plano de rotas para manutenção também, influenciou no resultado.

O projeto em estudo atendeu 60% e 68%, respectivamente, das diretrizes referentes à gestão organizacional da produção do módulo e aos riscos e segurança durante uma manutenção ou desconstrução. Em relação à gestão organizacional, a falta de identificação permanente e o não planejamento da desconstrução influenciaram o resultado. Em relação aos riscos e segurança, o que mais influenciou foi a não identificação dos pontos de desmontagem do módulo e a etapa de acabamento devido à utilização de piso porcelanato. As demais diretrizes de projeto para desconstrução foram atendidas entre 73% e 93% pelo projeto modular em estudo.

A partir destes resultados é possível quantificar o potencial de desconstrução do projeto modular em estudo que foi de 76% (Figura 23). Logo, o potencial de desconstrução de uma construção modular vai ao encontro o citado por Spadeto (2011), no qual afirma que a construção industrializada possibilita maior potencial de desconstrução. Já na construção convencional, a utilização de estrutura de concreto armado, e paredes de alvenaria com tubulações e condutores para fiação elétrica embutidos, dificultam a demolição e limitam a quantidade de componentes que podem ser reutilizados ou reciclados (MARTINS; REIS;

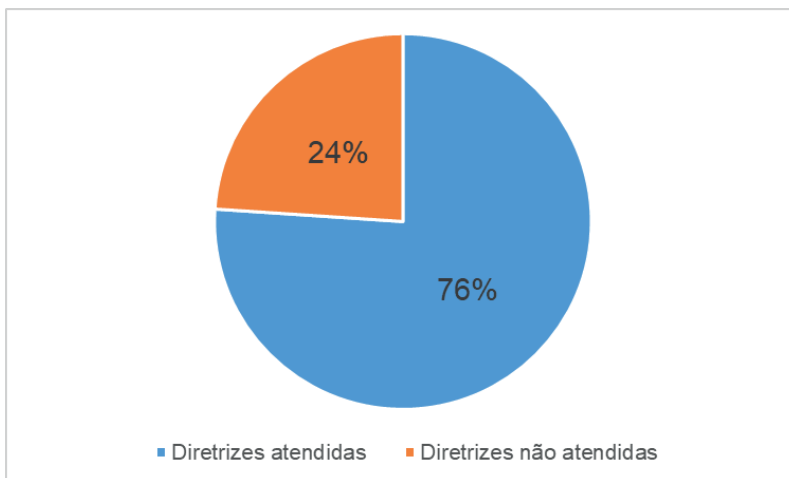


Figura 23 – Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução do projeto modular em estudo

Fonte: Própria (2020).

## 5 | CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à falta de estudos no tema sobre diretrizes de projeto para a desconstrução de edificações, principalmente na verificação de atendimento a estas diretrizes por meio de aplicação de um *checklist* conforme proposto por Saraiva (2013), algumas dúvidas surgiram relacionadas à abrangência das diretrizes e como qualificá-las no projeto em estudo, um módulo produzido *off-site*.

A partir dos dados obtidos, verificou-se que a ordem crescente de atendimento às diretrizes de projeto para desconstrução foi: acabamentos (53%), vedação vertical (82%), instalações elétricas e hidrossanitárias (82%), estrutura (93%), e cobertura (93%). Para aumentar o potencial de desconstrução deste módulo observa-se que a etapa de acabamentos deve ter prioridade nas revisões do projeto.

A desconstruibilidade do projeto em estudo é de 76%, esse resultado demonstra o potencial de desconstrução que a construção modular apresenta e, neste caso específico, a porcentagem atendida só foi possível devido à modularidade do projeto em estudo e à montagem e desmontagem do módulo dentro da fábrica.

Esse estudo demonstra que as construções modulares possuem um maior potencial de desconstrução quando comparadas às obras convencionais, ou seja, a construção em alvenaria e as instalações de tubulações e condutores embutidos dificultam a demolição e reduzem a quantidade de componentes que podem ser reutilizados ou reciclados, assim, aumenta a probabilidade de os resíduos serem destinados para aterros.

Percebeu-se que se a produção do módulo for fiel ao projeto e o mesmo possuir o detalhamento de montagem de todos os elementos, ou seja, possuir um projeto executivo detalhado será possível aplicar o *checklist* diretamente sobre o projeto, sem a necessidade de acompanhar a produção em fábrica.

Ainda, caso as diretrizes tivessem sido aplicadas durante a concepção do projeto, através da identificação dos componentes; identificação dos pontos de desmontagem; plano de rota para manutenção; mudança de materiais utilizados para revestimento, principalmente do porcelanato utilizado para o revestimento do piso; e priorização da conexão mecânica, principalmente para o sistema de vedação vertical revestido com ACM, o projeto poderia chegar a atender a 100% das diretrizes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa do estudo de caso e ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), pela contribuição e auxílio para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ABDOL, R. C.; BALACHANDRAN, S. Anticipating and responding to deconstruction through building design, In: Design for deconstruction and material reuse, CIB Publication 272, paper n. 14, Karlsruhe, Germany, 2002.

ADDIS, A. Reuso de materiais e elementos de construção; tradução Christina Del Posso, São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Manual da Construção Industrializada: Conceitos e Etapas. v.1. Brasília, 2015.

AKINADE, O.O.; OYEDELE, L.O.; OMOTESO, K.; AJAYI, S.O.; BILAL, M.; OWOLABI, H.A.; ALAKA, H.A.; AYRIS, L.; LOONEY, J.H. BIM-based deconstruction tool: Towards essential functionalities. International Journal of Sustainable Built Environment. Volume 6, Issue 1, Pages 260-271, June 2017.

BERTRAM, N. et al. Modular construction: From projects to products. Capital Projects & Infrastructure. McKinsey & Company, June 2019.

CARVALHO, B. S. Um método de entrega de projeto para construção modular baseado nos princípios *lean*. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2020.

COUTO, A.; COUTO, J. Why deconstruction is not adequately considered in Portuguese Building refurbishment. Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2007 – Proceedings of the 23rd Annual Conference, v. 2, p. 811–820. Guimarães 2007.

COUTO, A.B.; COUTO, J. P.; TEIXEIRA, J.C. Desconstrução – uma ferramenta para sustentabilidade da construção. In: Seminário Internacional NUTAU 2006, 2006, São Paulo. Seminário Internacional NUTAU 2006, 2006.

CROWTHER, P. Building Deconstruction in Australia. Overview of deconstruction in select countries, n. 252, University of Florida, Florida, 2000.

CROWTHER, P. Developing an inclusive model for design for deconstruction. Deconstruction and materials reuse: technology, economic, and policy. Forthcoming CIB Publication 266, 2001.

FREIRE, L., BRITO, J. Custos e benefícios da demolição seletiva. In: Congresso Nacional da Construção. v. 2. Lisboa, 2001.

GUY, B.; CIARIMBOLI, N. Design for Disassembly in the Built Environment: A Guide to Closed-Loop Design and Building; Pennsylvania State University: University Park, PA, USA, 2006.

GUY, B.; SHELL, S. Design for deconstruction and material reuse. In: Design for deconstruction and material reuse, CIB Publication 272, p. 15, Karlsruhe, 2002.

HECHLER, O.; LARSEN, O. P.; NIELSEN, S. Design for Deconstruction. 2012.

KANTERS, J. Design for Deconstruction in the design process: state of the art. Buildings, v. 8, p. 150, 2018.

KHALILI, A.; CHUA, D. K. H. Framework for an IFC-based tool for implementing design for deconstruction (DfD). 2011.

KIBERT, C. J. Deconstruction: The start of a sustainable materials strategy for the built environment. Industry and Environment, v. 26, n. 2–3, p. 84–88, 2003.

KIBERT, C. J., CHINI, A. R., LANGUEL, J. Implementing deconstruction in the United States. Overview of Deconstruction in Selected Countries. Forthcoming CIB Publication 252, 2000.

MARTINS, Andreia Sofia Moreira; REIS, Daniel Costa; FABRICIO, Márcio Minto. Diretrizes para o planejamento de uma demolição seletiva em edifícios. **Interações**, Campo Grande, v. 20, n. 2, p. 487-507, jun. 2018.

MBI – Modular Building Institute. What is modular construction? Disponível em: [www.modular.org](http://www.modular.org) Acesso em: 10 out. 2021.

MORGAN, C.; STEVENSON, F. Design for deconstruction, SEDA Design Guides for Scotland: N°. 1, 2005.

SARAIVA, Tatiana Santos. Diretrizes de projeto para possibilitar a desconstrução de edificações e seus componentes. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

SMITH, R. E. Off-site construction implementation research: Off-site and modular construction explained. Off-Site Construction Council, National Institute of Building Sciences, 2016.

SPADETO, Tatiana Freitas. Industrialização na construção civil: Uma contribuição à política de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto. 2011. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

VARELA, Mafalda Xavier. A casa modular vista na perspectiva do engenheiro mecânico. 2015. 256 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2015.

WEBSTER, M. D.; GUMPERTZ, S.; HEGER, COSTELLO, D. T.; DISMANTLING, C. Designing structural systems for deconstruction: How to extend a new building's useful life and prevent it from going to waste When the end finally comes Greenbuild, Conference, Atlanta, GA November, 2005.

# APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BAXTER PARA O PLANEJAMENTO DE NOVOS PRODUTOS EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO

*Data de submissão: 13/03/2023*

*Data de aceite: 02/05/2023*

### **Carolina Del Pilar Carvalho Pinto**

Universidade Federal da Bahia,  
Departamento de construção e estruturas.  
Salvador, Bahia.  
<http://lattes.cnpq.br/4645729373915661>

### **Sandro Fábio Cesar**

Universidade Federal da Bahia,  
Departamento de construção e estruturas.  
Salvador, Bahia.  
<http://lattes.cnpq.br/8407361148875253>

**RESUMO:** As situações de incêndio apresentam diferentes fatores que influenciam a prevenção, geração e propagação do fogo destacando-se os produtos e as tecnologias associadas na configuração dos sistemas construtivos. Este artigo propõe a análise das tecnologias de chapas de gesso de empresas multinacionais para situações de incêndio através da análise e uso da metodologia Baxter: funil de decisões, análise e desdobramento da qualidade. Entre os resultados obtidos destaca-se a necessidade de inovar na produção de chapas utilizadas como vedações para as edificações de interesse social, diminuindo o custo e aumentando a segurança contra

incêndios.

**PALAVRAS-CHAVE:** Planejamento de novos produtos, situações de incêndio, metodologia Baxter.

## APPLICATION OF THE BAXTER METHODOLOGY FOR PLANNING NEW PRODUCTS IN FIRE SITUATIONS

**ABSTRACT:** Fire situations present different factors that influence the prevention, generation and propagation of fire, highlighting the products and associated technologies in the configuration of construction systems. This article proposes the analysis of gypsum sheet technologies from multinational companies for fire situations through the analysis and use of the Baxter methodology: decision funnel, analysis and quality deployment. Among the results obtained, the need to innovate in the production of plates used as fences for buildings of social interest stands out, reducing the cost and increasing fire safety.

**KEYWORDS:** New product planning, fire situations, Baxter methodology.



## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo a ISO 8421-1, um incêndio é a combustão rápida disseminando-se de forma descontrolada no tempo e no espaço, condicionado por fatores como: a forma e superfície específica dos materiais combustíveis que conformam o produto, distribuição e quantidade de material combustível incorporado, características de queima dos materiais envolvidos, local do início do incêndio, condições climáticas, arquitetura do produto, medidas de prevenção de incêndio existentes e medidas de proteção contra incêndio instaladas (SEITO et al.; 2008).

Segundo CTIF (2019) foram detectados no mundo um total de 3.2 bilhões de incêndios, atingindo 16,9 mil mortes até o ano 2018. Estes dados amostam a importância do planejamento de novos produtos para situações de incêndio, que contribuam com a prevenção e evitem a propagação ao fogo.

Os incêndios na sua fase inicial são pequenos, podendo ou não crescer. Esse crescimento está relacionado diretamente com os materiais que conformam o produto, seu comportamento ao fogo (ignição), a distribuição das chamas e a penetração do fogo no produto.

Paralelamente, em situações de incêndio existem três reações que acontecem durante a queima de qualquer produto: calor, chama e fumaça. A partir destas reações deve-se analisar o planejamento do projeto de um novo produto. A metodologia proposta por Baxter (1998) baseia-se no entendimento da importância da inovação no desenvolvimento dos novos produtos e sua relação com os riscos e a complexidade de cada produto. Para isso, o autor desenvolve diversos princípios para o projeto do produto como: princípios do desenvolvimento de novos produtos, do estilo e da criatividade.

A partir desses princípios o autor cria uma estrutura lógica para atingir o sucesso no desenvolvimento do produto através da definição de estratégias e implementação. Na metodologia Baxter, o planejamento do produto é uma das variáveis mais importantes, já que permitirá determinar e avaliar a qualidade do novo produto, as necessidades do consumidor, a especificação do projeto e a especificação do produto.

Neste artigo será analisada as contribuições da aplicação da metodologia Baxter para o planejamento de novos produtos em situações de incêndio, permitindo identificar a importância da precaução e propagação do incêndio.

## 2 | INFLUÊNCIA DOS PRODUTOS EM SITUAÇÕES DE INCÊNDIO

Os principais fatores que determinam o início e desenvolvimento de um incêndio e que determinaram o desenvolvimento e planejamento de um novo produto para situações de incêndio são: características de queima dos materiais envolvidos, quantidade e superfície específica dos materiais combustíveis envolvidos (SEITO et al.; 2008).

O comportamento dos materiais e componentes construtivos diante do fogo é fundamental na concepção de um novo produto, já que determinará as fases do processo produtivo e de uso do produto, os sistemas de segurança e a reação ao fogo.

Em todas as fases do processo produtivo e de uso de um novo produto para situações de incêndio é necessário um estudo paulatino da influência dos materiais na segurança contra incêndio, evitando qualquer susceptibilidade no decorrer do desenvolvimento do projeto e no planejamento do produto. Assim poderão ser evitados riscos de inconveniências funcionais, custos excessivos e níveis de segurança inadequados.

Muitas das consequências geradas em situações de incêndio poderiam ser evitadas na etapa do desenvolvimento e planejamento do novo produto, no entanto, problemas com relação à proteção contra incêndio ocorre durante a fase de operação do produto e depende da caracterização do mesmo, o usuário e das regulamentações compulsórias existentes (SEITO et al.; 2008).

Segundo Berto (1991), as medidas de prevenção e proteção funcionais contra incêndio podem ser resumidas em: precaução (contra o início e propagação do incêndio; e colapso estrutural), limitação do crescimento e propagação do incêndio, extinção inicial do incêndio, evacuação segura; e rapidez, eficiência e segurança das operações relativas ao combate e resgate.

Em situações de incêndio existem três momentos: o risco de incêndio, crescimento e propagação do incêndio, que determinaram a evolução do incêndio em um período específico. Como indicado na Figura 1, neste período surgem quatro fases: uma fase incipiente, uma fase inicial em que existe um controle ativo do incêndio, uma fase de inflamação generalizada com controle passivo e uma fase de extinção que determina o resfriamento.

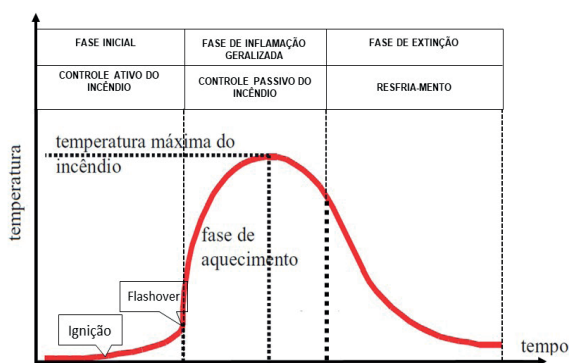


Figura 1: Fases de um incêndio real.

Fonte. Buchanan (2001)

Na fase incipiente o material do novo produto será aquecido, mas se a fonte de calor for interrompida, o fogo não se sustentará. Posteriormente na fase inicial se dá início a ignição do material marcando o crescimento do incêndio, uma combustão auto sustentável e temperaturas baixas. Destaca-se que a taxa de combustão na fase inicial é controlada pela natureza do material do novo produto. Na fase de inflamação generalizada o incêndio cresce com rapidez, aumentando a temperatura e propagando o fogo pela superfície do material. Já na fase de extinção ocorre a diminuição das temperaturas devido a diminuição do material combustível presente no incêndio (AZEVEDO, 2010; BUCHANAN, 2001)

As fases de início e propagação do incêndio estão diretamente relacionadas, portanto, a adequação do novo produto a cada uma delas ajudará ao controle das outras e consequentemente contribuirá com a proteção da vida humana e possíveis evacuações do local em que o novo produto esteja sendo utilizado.

A seleção do material para um novo produto pode contribuir com o início e crescimento do incêndio, a partir de algumas variáveis que caracterizaram o material: poder calorífico, inflamabilidade, propagação de chama, inflamação generalizada, produção de gases nocivos e densidade ótica da fumaça (MARTIN e PERI, 1982)

Paralelamente, deve ser considerado a capacidade de ignição e manutenção do incêndio do material durante o planejamento do novo produto, determinado pelas propriedades térmicas do material como: condutividade térmica, calor específico, entre outras.

Assim, as condicionantes entregues pelos materiais que serão utilizados para o novo produto estão determinadas pela classificação dos materiais em relação a sua classificação ao fogo, delimitando as restrições de uso e as exigências para o desenvolvimento do projeto de novos produtos, visando a proteção do consumidor e os bens associados ao produto.

### **3 | PLANEJAMENTO DE NOVOS PRODUTOS: BAXTER**

A metodologia para o desenvolvimento de novos produtos desenvolvida por Mike Baxter é uma das metodologias mais influentes na área de inovação na concepção de novos produtos, devido a sua contribuição técnica e científica na área.

Entre os elementos que conformam a metodologia proposta por Baxter, o planejamento é considerado essencial para o sucesso do produto, já que requer da articulação entre a especificação do projeto e os objetivos específicos definidos para o novo produto que determinaram as características finais que serão oferecidas ao consumidor e a um mercado específico.

Segundo Baxter (1998) o planejamento do produto está condicionado pela qualidade do produto, por meio de 5 modelos de qualidade para o planejamento de novos produtos: modelo simples, modelo melhorado, o modelo de expectativas básicas, modelo de fatores de excitação e o modelo Kano.

O modelo de Kano é um sistema complexo que permite articular os quatro modelos de qualidades mencionados previamente. Nele existem quatro aspectos para a qualidade do produto: desejos não declarados pelos consumidores, atendimento das necessidades básicas, atendimento aos fatores de excitação e atendimento aos fatores de performance. A identificação destes aspectos do modelo de Kano não é estática, ou seja, fatores de excitação podem ser fatores de performance no futuro (BAXTER, 1998).

As especificações do produto estão condicionadas pelas inovações tecnológicas utilizadas no mesmo. Sendo assim, não se deve confundir a especificação da qualidade do produto com as especificações técnicas. As especificações são descrições técnicas do projeto, de fabricação e detalhamento dos processos de manufatura, essenciais para o controle de qualidade do novo produto (BAXTER, 1998).

O controle da qualidade do produto permite direcionar o processo de desenvolvimento do novo produto para aproximar-se as necessidades do consumidor; e filtrar o desenvolvimento do novo produto a partir das metas estabelecidas no projeto do produto, requerendo o descarte ou não, de algumas das metas.

Em conjunto com as especificações do produto, a conversão das necessidades do consumidor em objetivos técnicos é essencial para a qualidade do produto. Esta é uma tarefa complexa, multifatorial e simultânea; já que deve articular a utilidade, precisão e fidelidade do produto.

Segundo Baxter (1998) uma técnica que ajuda na elaboração das especificações de projeto e produtos é a técnica de desdobramento da função de qualidade, através de uma matriz chamada casa de qualidade.

A matriz da casa de qualidade está conformada por quatro estágios: desenvolve-se uma matriz para converter as necessidades dos consumidores em atributos técnicos, os produtos concorrentes são analisados e organizados pelo nível de satisfação do consumidor e desempenho técnico, fixam-se metas quantitativas para os atributos técnicos e as metas são priorizadas para focar os esforços do projeto (BAXTER, 1998).

O desdobramento da função de é uma técnica para controlar a qualidade do processo de desenvolvimento do produto como um todo, por meio de diferentes casas de qualidade articuladas entre si. Assim, os resultados obtidos na primeira casa de qualidade serão transferidos para a casa de qualidade seguinte como dado de entrada, articulando as informações e permitindo o monitoramento.

Desta maneira, a especificação do projeto considera tanto os requisitos do consumidor como os aspectos de projeto como: fabricação, distribuição e manutenção; que são invisíveis ao consumidor, mas que contribuem com a satisfação.

Uma vez identificadas as causas mais importantes do sucesso de um produto, é necessário especificar o projeto, através do levantamento de informações internas e externas a empresa, a especificação preliminar, a revisão da especificação para identificar os profissionais adequados para o desenvolvimento das tarefas, e a versão final da

especificação que será aprovada pelo poder administrativo da empresa e posteriormente será divulgada.

Após a especificação do projeto, é fundamental desenvolver o produto e realizar dar continuidade ao planejamento do projeto, através da divisão do processo em etapas, facilitando o controle de qualidade e verificando se o desenvolvimento do novo produto alcança os objetivos iniciais.

A principal ferramenta utilizada para o desenvolvimento do produto e o planejamento do projeto é o funil de decisões, que permite diminuir os riscos do novo produto. Assim, é possível descobrir os marcos mais importantes no processo de projeto e definir as ocasiões em que serão feitos os controles de qualidade.

O funil de toma de decisões sugere como primeira decisão inovar ou não, avaliar as oportunidades de inovação possíveis para o novo produto e identificar a melhor, analisar os produtos concorrentes e a melhor oportunidade do produto.

Posteriormente, é necessário identificar os possíveis conceitos para o novo produto restringindo as possibilidades até chegar ao melhor conceito para o novo produto e o mercado no que ele será situado. Na sequência, são definidas todas as configurações possíveis destacando a melhor, para que finalmente seja desenvolvido o detalhamento do novo produto e um protótipo.

Uma vez que todas as etapas do funil foram desenvolvidas, é possível concluir que o novo produto tem a mínima incerteza e um baixo risco, podendo ser lançado no futuro ao mercado.

A Figura 2 apresenta as etapas do funil de decisões, considerando dois limites de análise: alto risco – grande incerteza e baixo risco – mínima incerteza.

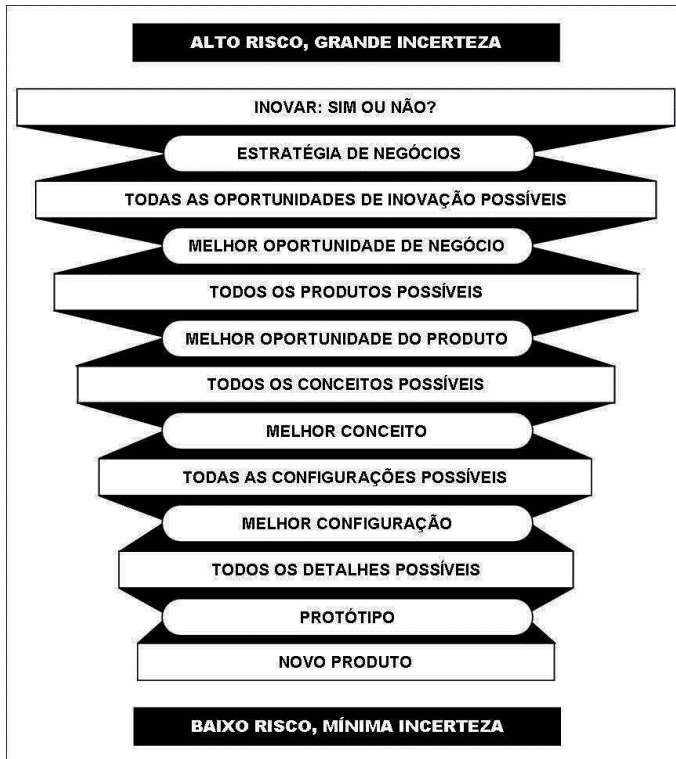


Figura 2: Funil de decisões.

Fonte: Baxter (1998)

Entre as restrições indicadas no funil de decisões estão o tempo e os recursos utilizados para o desenvolvimento do produto e o planejamento do projeto, com o intuito de diminuir os prazos para aprovação.

Desta maneira, Baxter (1998) identifica as principais variáveis que afetam no planejamento de um produto, permitindo articular o conhecimento científico com a prática na construção civil. Através das ferramentas apresentadas pelo autor, é possível identificar as aplicações dos conceitos no planejamento de novos produtos para situações de incêndio.

#### **4 | RESULTADOS PARA O PLANEJAMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA SITUAÇÕES DE INCÊNDIO**

No planejamento de novos produtos, a qualidade deverá ser direcionada ao processo de desenvolvimento do novo produto e possíveis modificações que deverão ser feitas se as metas não são atingidas. Mas, como pode ser utilizada esta teoria no desenvolvimento de produtos em situações de incêndio?

Primeiramente deverão ser identificadas as necessidades do consumidor e as metas que terá o novo produto e que serão avaliadas durante o processo. No quadro 1

são apresentadas as principais especificações da qualidade do produto para situações de incêndio.

<b>Especificações da qualidade</b>	
<b>Direcionar o processo de desenvolvimento do novo produto</b>	
Necessidades do consumidor	Segurança do produto; Proteger a vida do usuário; Reduzir danos ao meio ambiente e patrimônio; Toxicidade dos materiais utilizados no desenvolvimento do projeto; Consequências na saúde do novo produto; Evitar uma possível situação de pânico frente a um incêndio.
<b>Filtrar o desenvolvimento do novo produto</b>	
Metas	Prevenção: Controle da natureza e quantidade de materiais combustíveis que conformam o produto; Dimensionamento adequado do produto; Resistência ao fogo dos elementos que conformam o produto; Dimensionamento da proteção e da resistência ao fogo do produto; Dimensionamento de sistemas de detecção e alarme no interior do produto; Medidas de extinção do fogo no interior do produto; Controle dos danos ao meio ambiente; Atender as normas de incêndio; Criação de campanhas educativas. Propagação de chamas: Prever as características de queima dos materiais envolvidos; Identificar a falha catastrófica do material; Analisar a toxicidade dos materiais e a influência na propagação do fogo; Avaliar a fumaça gerada pelos materiais do produto; Identificar as propriedades térmicas dos materiais utilizados no desenvolvimento do produto.
Possíveis descartes	Substituição dos materiais combustíveis utilizados no produto; Trocar os materiais com propriedades térmicas inferiores, melhorando o desempenho do produto; Eliminar os materiais que geram gases tóxicos e uma fumaça que possa gerar um dano no consumidor.

Quadro 1: Especificações da qualidade do produto para situações de incêndio

Fonte. Autor.

As especificações da qualidade do produto para situações de incêndio, indicadas no quadro 1, são as necessidades do consumidor com um produto antes, durante e após o incêndio. Tanto para o direcionamento do processo de desenvolvimento do produto, quanto para a definição de metas. Destaca-se que as metas fazem parte da especificação do produto, por tanto são divididas na prevenção do incêndio e na propagação das chamas.

Definidas as especificações de qualidade, é necessário analisar o desdobramento da função de qualidade, através de uma matriz ou casa de qualidade que permitirá converter as necessidades dos consumidores em atributos técnicos, os produtos concorrentes são analisados e organizados pelo nível de satisfação do consumidor e desempenho técnico, fixando-se metas quantitativas (BAXTER, 1998).

Na Figura 3 são indicadas a principais etapas que deverão ser consideradas na

matriz para um novo produto em situações de incêndio. Considerando que esta matriz deverá ser especificada segundo o produto específico que seja desenvolvido no futuro por uma empresa.

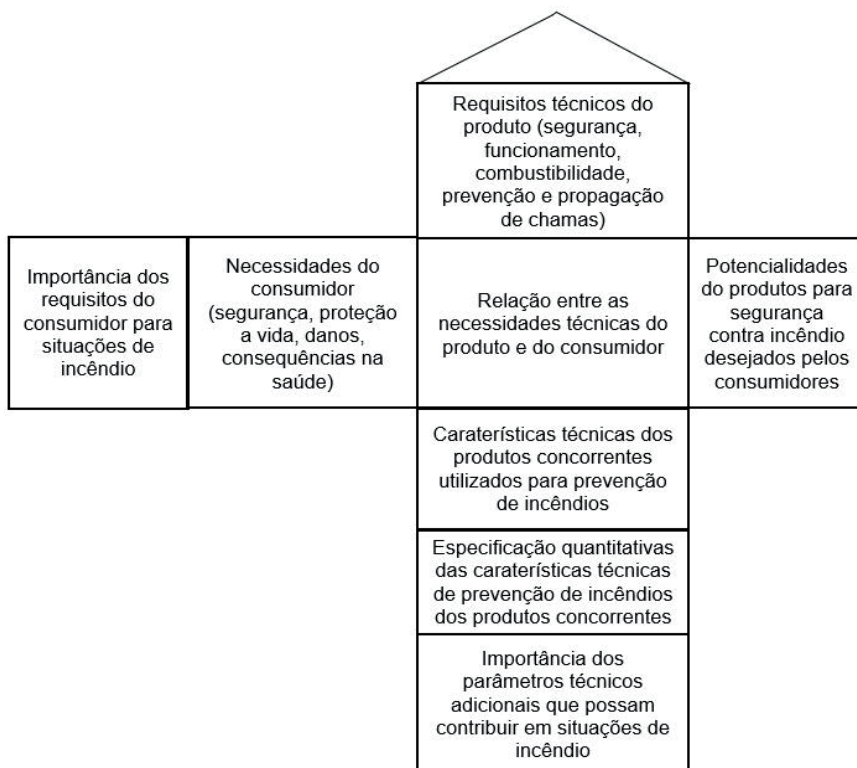


Figura 3 – Principais etapas da matriz de qualidade para produtos em situações de incêndio.

Fonte. Adaptado do Baxter (1998)

Esta matriz permite hierarquizar as atividades que serão realizadas no planejamento do projeto, e assim atingir a qualidade do novo produto. Assim, a empresa consegue comparar o produto com os concorrentes sempre a partir das metas e objetivos iniciais determinadas para o produto, podendo descartar as especificações que geram custo e não atingem as necessidades do consumidor.

Outra ferramenta fundamental para o planejamento e desenvolvimento de novos produtos é o funil de decisões que permite diminuir os riscos do novo produto. No quadro 2 é apresentada a aplicação do funil de decisões de produtos para situações de incêndios, tanto para determinar as oportunidades de inovação, possíveis produtos, conceitos, configurações e detalhes.



Neste artigo, como exemplo no quadro 2, foi proposta a aplicação do funil de decisões na configuração de um novo produto para chapas de gesso que poderão estar expostas a situações de incêndio em um edifício, tanto com uso vertical (divisórias) ou como fechamento horizontal (forro).

Aplicação do funil de decisões	
Decisão / Ação	Riscos
<b>Inovar ou não?</b>	
Sim. Desenvolver um novo produto	- Estratégia. Apresentar um novo produto de chapas de gesso como prevenção em situações de incêndio, evitando a propagação das chamas, aumentando a segurança, evacuação do edifício e o tempo de vida do produto quando submetido a altas temperaturas.
<b>Possíveis oportunidades de inovação</b>	
Desenvolver um produto diferente dos existentes no mercado	- A estratégia é recomendada para empresas nacionais ou multinacionais que trabalhem com elemento industrializados de rápida montagem.
<b>Possíveis produtos</b>	
Um novo tipo de chapa para trabalhar como vedação vertical e horizontal, não podendo propagar as chamas e permitindo a evacuação dos usuários.	- O produto depende da qualidade do gesso utilizado para a conformação da chapa. O padrão de qualidade deve ser alto desde a extração da matéria prima até a conformação da placa.
<b>Possíveis conceitos</b>	
A chapa deverá ser de fácil manufatura, instalação e fixação. A chapa deve atingir as propriedades térmicas mínima para seu uso.	- Custo de manufatura alto; - O fornecimento do gesso para conformação da placa não atinge os requisitos normativos; - As chapas devem superar um controle de qualidade para situações de altas temperaturas.
<b>Possíveis configurações</b>	
Chapas feitas com peças pequenas padronizadas, parafusadas a uma estrutura secundária	- As chapas poderão sofrer fissuramento, ablação ou empenar pelas altas temperaturas próprias das situações de incêndio. - As chapas que não atingem as especificações de tolerância podem atingir o colapso.
<b>Possíveis detalhes</b>	
Protótipo completo	- Montagem incorreta; - Defeitos nas chapas padronizadas; - Fixação errada; - Peças instaladas com juntas fora das especificações de tolerância.

Quadro 2 –Aplicação do funil de decisões de produtos para situações de incêndios.

Fonte. Autor.

No quadro 2 é possível observar os riscos quando é decidido ou não inovar com um novo produto. No momento que a empresa escolhe inovar, é fundamental escolher uma estratégia que permitirá determinar os diferentes riscos no processo de toma de decisões. Posteriormente, deve-se analisar os produtos concorrentes que determinaram

a possibilidade de criar um negócio com sucesso ou não, a partir dos aspectos positivos e negativos dos produtos dos concorrentes; e que conseqüentemente definiram as metas do novo produto.

O terceiro passo no funil de decisões é avaliar todos os possíveis produtos que podem ser configurados a partir da estratégia inicial da empresa. Estes produtos devem ser analisados minuciosamente de acordo com o mercado no qual serão imersos. Na seqüência, serão apresentados os conceitos para o novo produto com o intuito de identificar o conceito mais representativo e que determinaram as configurações do novo produto e a melhor proposta para que finalmente, seja realizado o detalhamento.

## 5 | CONCLUSÕES

A inovação tecnológica requerida para os novos produtos para situações de incêndio requer um planejamento do produto para determinar diferentes medidas que serão adotadas e aplicadas segundo as condições de uso e o ambiente em que o produto será utilizado.

A utilização da metodologia Baxter para o planejamento de produtos para situações de incêndio é promissora, contribuindo com o objetivo essencial: segurança. O usuário exige segurança, e deve ser atingida a partir da toma de decisões durante o planejamento do produto, tanto para a prevenção do incêndio como a propagação.

Também, o planejamento permitirá aumentar a qualidade dos produtos utilizados principalmente na construção civil (37,3% dos incêndios no mundo) para as situações de incêndio e contribuindo com a diminuição do impacto ambiental dos materiais que conformam os produtos.

A metodologia Baxter possibilita apontar os aspectos mais importantes para diferenciar o produto dos concorrentes no mercado, permitindo identificar aspectos que contribuem com a inovação tecnológica na área de prevenção e propagação de incêndios.

A ferramenta do funil de decisões torna-se fundamental para identificar e diminuir os riscos do produto, só se a estratégia inicial esteja corretamente planejada e coerente com os objetivos e metas da empresa em aquele produto. Por tanto, é fundamental identificar as etapas do funil de decisões durante o planejamento do novo produto, aumentando a possibilidade de sucesso.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a agencia financiadora Capes.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. S. **Estruturas de aço externas a edifícios em situação de incêndio** / M.S. de Azevedo. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. 302p.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blüncher, 1998.

BERTO, A. F. **Medidas de proteção contra incêndio: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios**. São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

BUCHANAN, A. H. **Structural Design for Fire Safety**. 1. ed. England: Wiley & Sons, 2001. 421 p.

CTIF. **Center off ire Statistics**. International Association of fire and rescue services. Report N°24. 2019

ISO 8421 Part 1. **General terms and phenomena of fire**. Genève.

MARTÍN, L.M.E.; PERIS, J.J.F. **Comportamiento al fuego de materiales y estructuras**. Madrid, Laboratorio de Experiencias e Investigaciones del Fuego, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1982.

SEITO, A; GILL, A; PANNONI, F; ONO, R; BENTO, S; Del CARLO, U; SILVA, Q. **A segurança contra incêndio no Brasil**. Projeto Editora. São Paulo, 2008.

# INCOMPATIBILIDADE DE PROJETO DE DRENAGEM X SOLUÇÕES ADOTADAS NO CANTEIRO DE OBRAS: UM ESTUDO DE CASO

*Data de submissão: 07/04/2023*

*Data de aceite: 02/05/2023*

**Bruno Lino Ferreira**

Centro Universitário Newton Paiva  
Belo Horizonte, MG, Brasil

**Alvimar Alvares Malta**

Professor orientador – Centro Universitário  
Newton Paiva  
Belo Horizonte, MG, Brasil

**RESUMO:** A busca por prazos cada vez menores das obras de engenharia, tem feito com que a compatibilização de projetos seja muitas vezes ineficiente ou inexistente. Diante disso, a fim de se atender às especificações e necessidades de cada empreendimento, a análise crítica, alteração de concepção de projeto e tomada de decisão dentro do canteiro de obras se torna muitas vezes necessária. Porém, por mais que as incompatibilidades de projetos sejam solucionadas em canteiro de obras, a tendência do aumento do custo proveniente dessas falhas pode ser observada. Dentro deste contexto, este trabalho traz um estudo de caso, onde a incompatibilidade de projetos ocasionou a necessidade de solução dentro do canteiro de obras, e, com isso, pretendeu-se analisar a solução encontrada pelos profissionais da obra

quanto à sua viabilidade técnica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Incompatibilidade. Projeto. Viabilidade.

## INCOMPATIBILITY OF DRAINAGE PROJECT X SOLUTIONS ADOPTED AT THE CONSTRUCTION SITE: A CASE STUDY

**ABSTRACT:** The search for ever shorter deadlines for engineering works has made the project compatibility often inefficient or non-existent. Therefore, in order to meet the specifications and needs of each project, critical analysis, change in project design and decision making within the construction site is often necessary. However, as much as the project incompatibilities are resolved at the construction site, the tendency of the increase cost resulting from these failures can be observed. Within this context, this work presents a case study, where the projects incompatibility led to the need for a solution within the construction site, and, with that, it is intended to analyze the solution found by the professionals of the work regarding its technical viability.

**KEYWORDS:** Incompatibility. Project. Viability.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, qualidade e prazo no desenvolvimento de projetos e execuções têm apresentado mudanças significativas, tendo em vista as evoluções tecnológicas, mercado mais exigente e competitivo e da menor disponibilidade de recursos (BREMER et al., 2013).

Yang e Wei (2010) informam que a fragmentação de etapas de projeto e execução de obras promovem diversas dificuldades relativas à coordenação dos projetos, impactando diretamente no custo final, ao gerar baixa produtividade e qualidade do produto final.

Diante deste cenário de prazos cada vez mais curtos, além da cisão de etapas de projeto, a ocorrência de incompatibilidades para serem decididas em campo tem sido observada com certa frequência em diversas obras de engenharia. Com isso, a análise crítica dos profissionais do setor de execução de obras e fiscalização tem se tornado uma prática bastante frequente dentro do canteiro de obras. Em grande parte, elas são necessárias para a previsão de incompatibilidades de projeto, e atenuação de custos delas provenientes, e/ou atendimento às especificações de escopo.

Porém, ressalte-se que a compatibilização de projetos em obra com a definição da solução para os problemas apresentados possui limitação de alcance, já que o fator tempo dentro do canteiro também é um dos dificultadores, bem como a ausência da análise teórica do projeto. Além disso, em função dos serviços predecessores ao projeto já terem sido iniciados, a grande maioria das soluções em canteiro eleva os custos do empreendimento em função da adequação técnica.

Diferente das empresas privadas, o poder público deve obedecer a procedimentos regulamentados e preestabelecidos na Lei Federal n.º 8.666/93 - revogada e substituída pela Lei Federal n.º 14.133/21, porém ainda em vigor até 01/04/2023 -, isto é, realizar licitações, procedimento este que, de acordo com Mello (2007, p. 505) pode ser definido como:

“um certame em que as entidades governamentais devem promover e no qual abrem disputa entre os interessados em com elas travar determinadas relações de conteúdo patrimonial, para escolher a proposta mais vantajosa às conveniências públicas”.

## PROJETOS DE INFRAESTRUTURA URBANA

Os projetos de infraestrutura urbana são considerados um conjunto de projetos que tem como base o funcionamento das cidades, isto é, ele considera os elementos que geram conforto à população com a construção do sistema viário, drenagem, canalização de água, esgoto e gás, energia elétrica, entre outros. (MOBUSS CONSTRUÇÃO, 2018)

### Projetos de Drenagem Urbana

A RGS engenharia (2021), descreve o projeto de drenagem urbana como um

manejo previsto para coletar águas provenientes da chuva e escoá-las para galerias ou esgotos ou cursos hídricos capazes de recebê-la. O crescimento das cidades gera maior aglomeração populacional e conseqüentemente maior impermeabilização do solo o que impede a percolação das águas pluviais.

Todo projeto de drenagem urbana é considerado tema de aspectos legais e institucionais públicos pois o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal de 1988. A Constituição prevê, em seu art. 196, a obrigatoriedade de instituição de “políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação” (CONSTITUIÇÃO FEDERAL, 1988). Portanto, assuntos que dizem respeito ao saneamento básico de qualquer município devem ser executados pelo poder público, normalmente os próprios municípios, ou empresas terceirizadas, contratadas mediante licitação.

Dentre os benefícios da drenagem urbana para coletividade, pode-se citar a redução de doenças de veiculação hídrica, a redução de erosões e poluição de rios e lagos, a eliminação de águas estagnadas, a redução de danos às propriedades e risco de perdas humanas, o escoamento rápido das águas superficiais, a redução de custos de manutenção de vias públicas, entre outros. (RGS ENGENHARIA, 2021)

## **DRENAGEM PLUVIAL**

A drenagem pluvial pode ser definida como “um processo de controle e gerenciamento das águas da chuva. Seu principal objetivo é minimizar os problemas que esse excesso de água pode causar, como os deslizamentos de encostas e enchentes.” (LOXAM, 2020, p.1)

A drenagem pluvial pode ser dividida em dois tipos, drenagem superficial e drenagem profunda, os tópicos seguintes definem estes dois tipos de drenagem.

### **Drenagem superficial**

A drenagem superficial tem como objetivo interceptar e captar, conduzindo ao lançamento seguro, as águas provenientes de suas áreas adjacentes e aquelas que se precipitam sobre o corpo estradal, resguardando sua segurança e estabilidade. (DNIT, 2006).

Ainda segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, para se ter um sistema de drenagem eficiente são necessários estudos para definição de qual o dispositivo ideal para ser empregado em cada situação. Dentre os dispositivos existentes para a realização da drenagem superficial estão as valetas, sarjetas, tubulações coletoras, descidas d’água, dissipadores de energia, escalonamento de taludes e corta-rios.

### **Drenagem profunda**

O DNIT (2006) informa que a drenagem subterrânea ou profunda é necessária para

sanar os problemas causados quando as águas pluviais se infiltram no solo, podendo formar lençóis subterrâneos. Tal situação é variável em função das graduações do solo, isto é, se são mais ou menos permeáveis. Com isso ela é influenciada pelo tipo de solo, topografia e clima. Problemas causados por nível de lençol freático superficiais também são resolvidos com dispositivos de drenagem profunda, com objetivo de interceptar o fluxo da água subterrânea através do rebaixamento do lençol freático.

Ainda conforme a mesma fonte, os dispositivos de drenagem profunda são os seguintes: drenos profundos, drenos espinha de peixe, colchão drenante, drenos horizontais profundos, valetões laterais e drenos verticais de areia.

## DISPOSITIVOS E MATERIAIS DE DRENAGEM

### Tubos Coletores

De acordo com a Techduto (2021), os tubos coletores de drenagem são definidos como dispositivos hidráulicos que possuem função de canalização das águas pluviais, isto é, encaminham a água de um determinado local, para outro, evitando o acúmulo de água no solo e consequentemente erosões e outros problemas oriundos da saturação do solo.

Existem diferentes materiais utilizados para a produção de tubos de drenagem, são eles o policloreto de vinila (PVC), o polietileno de alta densidade (PEAD) e o concreto. Cada um deles devem atender à um requisito específico definido para o material. Dentre as características de cada material, conforme Techduto (2021), cite-se as seguintes:

- a. Os tubos de concreto são resistentes, porém inflexíveis. Não garantem estanqueidade sem uso de borracha de vedação. Geram muita perda, mas apesar disso ainda são muito utilizados. Eles podem ser tubos ponta e bolsa ou tubos macho e fêmea, sendo que os tubos de ponta e bolsa podem ter junta rígida ou junta elástica;
- b. Os tubos de PVC são resistentes e duráveis, porém possuem um custo elevado e são difíceis de serem reciclados;
- c. Os tubos corrugados em PEAD possuem o melhor custo-benefício do mercado, são resistentes, atóxicos, flexíveis recicláveis e de fácil instalação, e estão sendo cada vez mais utilizados hoje em dia.

### Enrocamento

Conforme definição do DER-SP (2007):

O enrocamento é um dispositivo amortecedor formados por estrutura executada em pedra, destinado à proteção de taludes e canais, contra efeitos erosivos ou solapamentos, causados pelos fluxos d'água. O enrocamento pode ser de pedra arrumada ou lançada, rejuntadas ou não com argamassa. É utilizado na fundação de galerias e bueiros, ou ainda, caso especificado pela fiscalização, no adensamento dos materiais de fundação, para que

venham a apresentar as condições exigidas para fundação de galerias ou canais de concreto.

No caso de trabalharem como lastro para fundação de obra hidráulica, eles podem contribuir para a capacidade de carga do solo sob tubulações de drenagem, por conferirem maior resistência à solos com presença de água.

## Manta Geotêxtil

Segundo Mantas Brasil (2021), as mantas geotêxteis são não-tecidos permeáveis cuja aplicação, na construção civil, ocorre principalmente em obras de drenagem, mas pelas suas propriedades, também podem ser utilizadas quando há a necessidade de reforçar, filtrar ou separar o solo. Elas podem ser fabricadas com fibras de alta tenacidade, tanto em poliéster (PET) quanto em polipropileno (PP).

Características das Mantas geotêxteis	
Separação:	Podem ser utilizadas como elemento de separação em camadas de solos e estabilização de subleito, e como camada de separação na base de lastros ferroviários, impedindo que ocorra a interpenetração das camadas devido às cargas produzidas pelo tráfego.
Proteção:	Podem ser utilizadas como proteção mecânica de membranas impermeabilizantes em aterros sanitários, em canais de concreto ou em dutos enterrados.
Filtração:	Podem ser utilizadas como elemento filtrante na junção de galerias de águas pluviais com elementos pré-moldados de concreto, evitando a erosão interna do reaterro sobre a galeria. Seu uso também é indicado em sistemas de filtro para gabiões, além de diques de contenção, sistema de paliçadas e como camisas filtrantes para tubo drenos.
Drenagem:	Atuam como elemento filtro-drenante em obras viárias, quando da necessidade de rebaixar o lençol freático (utilização de drenos longitudinais paralelos ao longo da rodovia). Atuam também como elemento filtro-drenante de campos esportivos.
Reforço:	Atuam como elemento de reforço em projetos de muros de arrimo e taludes íngremes utilizando-se a técnica de solo-reforçado. Também são indicadas como reforço na base e capa asfáltica de pavimentos e em lastros ferroviários, além de seu uso como reforço em aterros apoiados sobre solos com baixa capacidade de carga.

Quadro 1 - Características das Mantas geotêxteis

Fonte: Fibratex (2021)

## COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

A NBR 5674 (ABNT, 1999, p. 2), define projeto como “a descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de Engenharia ou de Arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e legais”.

Segundo Tavares Junior (2001, p. 53) a “compatibilização de projetos torna-se uma ferramenta necessária para a melhoria da qualidade do projeto pela eliminação das não-conformidades apresentadas pelos mesmos”.

Existem vários fatores que podem afetar o prazo de uma obra, a disponibilidade



de materiais e equipamentos, o clima local, a topografia, os problemas ocasionados por incompatibilidades, entre outros. Diante disso, um dos pontos que tornam uma construção racionalizada é a atenção focada na fase de elaboração de projetos, em que a coordenação dos processos otimizados pode auxiliar na compatibilização, identificando interferências que possam vir a ocorrer na execução.

De acordo com Picchi (1993), a compatibilização de projetos se baseia em detectar interferências através da sobreposição, além de organizar reuniões com os projetistas e a coordenação envolvida, a fim de resolver possíveis problemas.

Ressalte-se que, hoje em dia, existem muitos softwares que realizam compatibilização de projetos, como o próprio AutoCAD ou a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), baseados em sobreposição ou conceito de projeto integrado. Mas, além deles, os levantamentos de campo, também são muito necessários para a redução de problemas de incompatibilidades.

Diante disso, observa-se que a compatibilização é essencial para verificar possíveis falhas de projetos. O Quadro 2 abaixo apresenta as principais delas.

Principais falhas de projeto
Falta de detalhamento dos projetos;
Incompatibilidades entre diferentes projetos;
Detalhamento inadequado dos projetos;
Erros ou diferenças de cotas, níveis, alturas;
Falta de especificação de materiais e componentes.

Quadro 2 - Principais falhas de projeto

Fonte: Fruet e Formoso Adaptado (1993)

Entretanto, mesmo com a importância e relevância da compatibilização de projetos, hoje, a tendência de aumento de velocidade das obras, associado a prazos cada vez mais reduzidos, permite constatar que a prática de levantamento de campo, bem como compatibilização de projetos por *softwares*, ainda não são realidade para muitas empresas. Percebe-se que essa prática tem aumentado nos últimos tempos, todavia ainda existem muitas empresas que não a utilizam, por ser um processo de análise mais lento e minucioso, o que resulta em problemas em inúmeros empreendimentos, como aumento de prazo, retrabalho, aumento de custo e desperdício de materiais.

## METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas bibliográficas em sites, artigos, monografias, dissertações e trabalhos de conclusão de curso para dar embasamento e fundamentação teórica ao tema de incompatibilidade de projetos e soluções ao problema proposto no

estudo de caso apresentado neste trabalho. Além disso, o autor deste trabalho participou de reuniões e acompanhamento de fiscalização e coordenação através da secretaria de obras do município de Contagem/MG, responsável pelo contrato.

Foi selecionado um estudo de caso em que foram coletados dados, informações, fotos e projetos de uma obra de pavimentação e drenagem realizada pela retromencionada secretaria de obras, na qual observou-se problemas de incompatibilidade no projeto de drenagem de uma das vias, em que a não consideração do greide atual desta via, levou a projetista a conceber uma rede que ficaria exposta sobre a via e posicionada abaixo do nível d'água no córrego à jusante, ou seja a tubulação estaria submersa no ponto de deságue, e, além disso, não foi considerado o nível de lençol freático superficial, em função disso, foi proposta uma tubulação que não era a mais adequada à execução. Neste estudo, serão verificadas as incompatibilidades e apresentadas as soluções propostas para sanar os problemas, também será discutido se as soluções propostas foram as mais viáveis tecnicamente ou se poderiam ter sido definidas outras soluções mais assertivas em relação à situação descrita.

Além das discussões sobre as soluções, o estudo de caso, também permite avaliar a relevância da compatibilização de projetos, mostrando como a incompatibilidade pode afetar prazos e orçamentos, promovendo prejuízos. No caso em análise, a obra é de natureza pública, executada com recursos da municipalidade, mas pode-se estender as tratativas aqui abordadas a quaisquer situações de incompatibilidades, não só em obras públicas como também nas privadas.

Para a realização do estudo foram seguidas as seguintes etapas procedimentais:

- Foram coletados os projetos de drenagem da via, bem como realizado um relatório fotográfico de todo o acompanhamento da obra desde a situação inicial.
- A partir das informações apresentadas no projeto bem como na situação de campo, foram levantadas as incompatibilidades apresentadas.
- Com as incompatibilidades listadas foram apresentadas as soluções encontradas em obra para os problemas.
- Diante das soluções foi realizada uma análise teórica sobre a solução proposta para definição da viabilidade técnica empregada para o problema.
- Posteriormente, foram discutidos possíveis pontos de melhoria para as soluções empregadas no estudo de caso.

## PROJETO

### Contextualização do Projeto

O projeto apresentado como estudo de caso, neste trabalho, faz parte de um conjunto de obras de infraestrutura do município de Contagem, em Minas Gerais. A contratação

das empresas responsáveis pela elaboração do projeto e pela execução da obra foi feita por meio de licitação, mecanismo utilizado pela administração pública para escolha da melhor proposta. Já a fiscalização da obra é de responsabilidade da Secretaria de Obras do município.

O projeto prevê a implantação da infraestrutura de algumas vias no bairro Estância Imperiais em Contagem-MG. As obras que estão sendo realizadas, são de drenagem pluvial das vias, pavimentação e obras complementares de urbanização. No total, 6 (seis) vias do bairro, que antes do início das obras não possuíam nenhuma infraestrutura, serão drenadas, pavimentadas e urbanizadas.

O estudo de caso analisou uma parcela do escopo total do contrato, mais especificamente, o projeto e obra de drenagem pluvial da avenida dos Teclados, localizada no referido bairro Estância Imperiais.

Por se tratar de obra pública, há uma preocupação, ainda maior, com a economia e atendimento ao escopo previsto com a minimização de volumes e materiais. Porém, isso não pode comprometer a qualidade da obra e nem prever propostas que estejam em desacordo com normas e manuais de construção. Atrelado a isso, a ausência de uma equipe para verificação dos projetos antes da execução da obra aumenta a probabilidade de ocorrências de erro, incompatibilidades, bem como ausência de informações necessárias à execução da obra. Dentro desse viés, é apresentado o problema do estudo de caso.

## Análise do Projeto

O projeto executivo de drenagem da via apresentado pela empresa responsável pela execução do contrato é parcialmente apresentado abaixo:

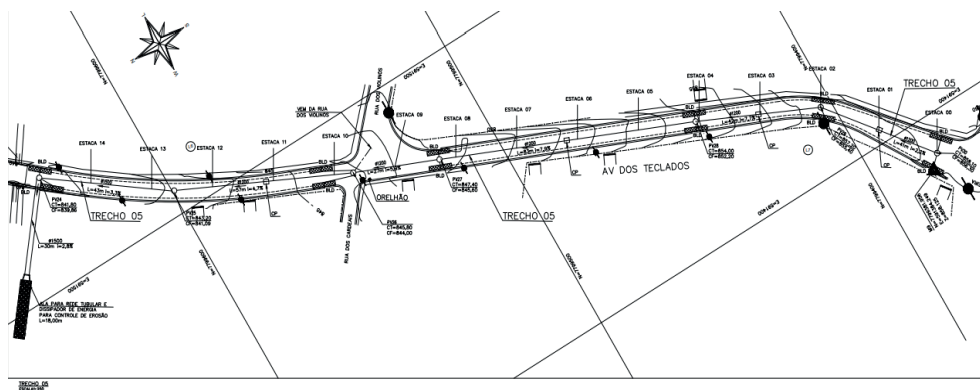


Figura 1 – Detalhe parcial do Projeto de Drenagem da Av. dos Teclados

Fonte: Secretaria de Obras de Contagem - MG (2021)

A partir de sua análise, foram observados alguns pontos que indicam algumas incompatibilidades assim como ausência de detalhamento, pontos estes que foram objeto

de estudo:



A- As curvas de nível apresentadas no projeto, estão incompatíveis com a situação em campo, portanto, as condições de projeto foram inviabilizadas durante a execução;

B- Não foi considerada a presença do nível d'água superficial no projeto, nem mesmo em nota de referido projeto. Tal presença, poderia impactar na execução da rede de drenagem.

Além das retromencionadas incompatibilidades, o projeto apresentou outras situações de mesma natureza, porém não foram objeto de análise deste estudo.

## LEVANTAMENTO DAS INCOMPATIBILIDADES X SOLUÇÃO PROPOSTA

Diante das incompatibilidades apresentadas no item anterior, foram analisadas as soluções encontradas pela equipe técnica responsável pela execução e fiscalização da obra:

LEVANTAMENTO DA INCOMPATIBILIDADE A-	
INCOMPATIBILIDADE OBSERVADA	Diferença entre a topografia do terreno e as curvas de nível apresentadas no projeto. Ver esquemático D da Figura 7.
PROBLEMA GERADO	Toda a rede precisou ser revista. Principalmente, em função do lançamento à jusante da tubulação, pois, caso fosse considerada as elevações previstas em projeto, a tubulação de lançamento, ou seja, o último trecho do sistema, ficaria totalmente submersa, com sua geratriz inferior abaixo do nível do fundo do córrego que recebe a tubulação. Ver esquemáticos A e B da Figura 7.
REVISÕES NECESSÁRIAS	Necessário revisão e definição, em obra, dos níveis das tubulações e poços de visita, respeitando as inclinações máximas das tubulações. Ver esquemático C da Figura 7.
LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO	
	
Figura 2 – Trecho final para execução da tubulação e lançamento no córrego. Fonte: Autor (2021)	Figura 3 – Levantamento topográfico para análise da instalação da rede. Fonte: Autor (2021)

<b>SOLUÇÃO PROPOSTA</b>	
<b>SOLUÇÃO 1</b>	Os responsáveis técnicos da obra, com o suporte da equipe de topografia, decidiram dar início às atividades do último trecho à montante e não à jusante conforme comumente executado, pois ainda estavam estudando como seria executado o lançamento de drenagem no córrego. A partir disso, deu-se início à obra respeitando as inclinações máximas previstas no caderno de encargos da SUDECAP. Diante disso, tornou-se necessário realizar um alteamento de trecho da via entre o lançamento e a rua dos Cardeais que corta a avenida (Ver Figura 4).
<b>SOLUÇÃO 2</b>	Outra medida que precisou ser tomada, foi alterar as tubulações previstas em projeto de Ø 1500 mm para Ø 1200 mm, pois mesmo com os ajustes das inclinações, recobrimentos e consideração de alteamento da pista, caso fosse utilizado a tubulação de Ø 1500 mm a geratriz inferior da tubulação ficaria abaixo da cota de lançamento do curso d'água à jusante. Esta alteração foi realizada a partir de consultoria e liberação da projetista, com afirmação de que o tubo de Ø 1200 mm ainda trabalharia em regime de escoamento livre com lâmina d'água máxima de 0,80 de H/D.
<b>SOLUÇÃO 3</b>	Por último, a fiscalização da Secretaria Municipal de Obras do município de Contagem observou que o córrego canalizado e localizado à esquerda do ponto de lançamento, conforme representado na Figura 8, estava com sua tubulação (Ø 1000 mm) de interligação sob a via, colmatada. Além disso, observou-se que a seção transversal do córrego em questão apresentava expressiva redução ao ser submetida à canalização para passagem sob a avenida dos teclados, o que ocasionava sempre problemas de enchente na região. Isso fez com que a obra optasse pela troca dessa tubulação, por duas aduelas (3,50 x 1,50) m de seção interna, com isso a seção transversal do córrego de aproximadamente 3,50 m não sofreria expressiva redução ao ser canalizada. Realizada, esta substituição, a tubulação de lançamento da rede de drenagem foi executada em paralelo à aduela para lançamento à frente da intervenção realizada pela obra, ver Figura 9.
<b>CROQUIS ESQUEMÁTICOS PARA AUXILIAR NO ENTENDIMENTO DO PROBLEMA</b>	
<p>A - ESQUEMÁTICO DE ACORDO COM AS CURVAS DE NÍVEL PREVISTAS NO PROJETO</p> <p>B - ESQUEMÁTICO DE COMO FICARIA A OBRA SE O PROJETO FOSSE EXECUTADO (EM FUNÇÃO DA DIFERENÇA DE TOPOGRAFIA)</p> <p>C - ESQUEMÁTICO DA SOLUÇÃO ADOTADA NO CANTEIRO DE OBRAS ALIANDO A TOPOGRAFIA REAL ÀS ADEQUAÇÕES DO PROJETO</p> <p>D - ESQUEMÁTICO DA DIFERENÇA DE TOPOGRAFIA (CURVAS DE PROJETO x SITUAÇÃO DE CAMPO)</p>	
<p><b>Figura 4 – Croqui 1: Esquemático para apresentação da incompatibilidade A-</b></p> <p>Fonte: Autor (2022)</p>	

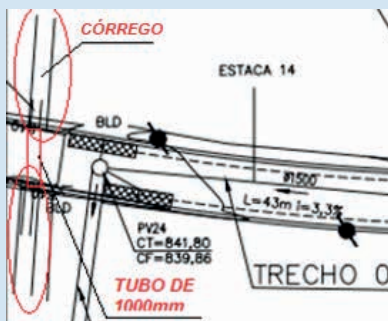


Figura 5 – Croquis 2: Esquemático para apresentação da solução 3

Fonte: Autor (2022)

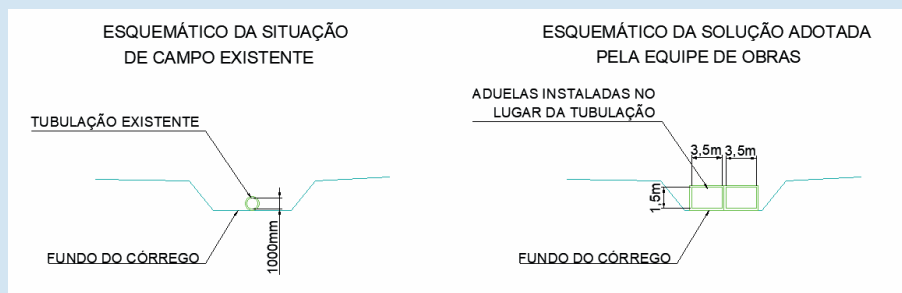


Figura 6 – Croquis 3: Esquemático para apresentação da solução 3

Fonte: Autor (2022)

### LEVANTAMENTO DA INCOMPATIBILIDADE B-

<b>INCOMPATIBILIDADE OBSERVADA</b>	Não consideração do nível d'água superficial.
<b>PROBLEMA GERADO</b>	Probabilidade de desmoronamento das paredes das valas durante a execução, carregamento de material, deslocamento da tubulação em função do carregamento de material, baixa capacidade de carga do solo saturado.
<b>REVISÕES NECESSÁRIAS</b>	Necessário revisão e definições para garantir, maior agilidade de execução, de modo a não manter as valas abertas por longo período, diminuindo a probabilidade de desmoronar as paredes das valas, garantir que o material de assentamento das tubulações não fosse carregado pela água de percolação do solo e garantir que não ocorresse o deslocamento da tubulação em função também do possível carregamento de material. Além de soluções com utilização de material filtrante para contenção de material impedindo o solapamento do solo.

### LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO





Figura 7 – Instalação da junta elástica.

Fonte: Autor (2021)



Figura 8 – Tubulação com junta elástica.

Fonte: Autor (2021)

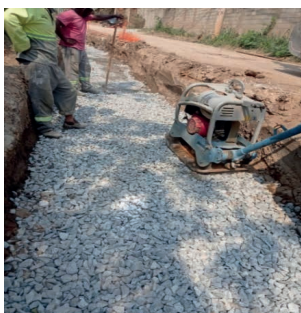


Figura 9 – Compactação da brita 3 no fundo da vala.

Fonte: Autor (2021)



Figura 10 – Enrocamento de pedra de mão com nível d'água aflorado no fundo da vala

Fonte: Autor (2021)



Figura 11 – Tubulação envolta em manta geotêxtil e areia nas laterais para contenção da tubulação. Detalhe para a ausência das bordas externas da manta geotêxtil, a manta foi cortada e roubada na noite anterior à realização da foto.

Fonte: Autor (2021)



Figura 12 – Tubulação envolta em manta geotêxtil e areia para contenção da tubulação.

Fonte: Autor (2021)

<b>SOLUÇÃO PROPOSTA</b>	
<b>SOLUÇÃO 4</b>	<p>A necessidade de agilidade de execução se dava por dois motivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O lençol freático era superficial, então o ideal era que as valas fossem abertas pelo menor tempo possível para evitar desmoronamento.</li> <li>- A via é uma das principais do bairro, com alto tráfego de veículos, portanto as obras precisariam ser finalizadas o quanto antes.</li> </ul> <p>Diante disso, os responsáveis técnicos pela obra optaram pela utilização de tubulação de junta elástica, conforme Figuras 7 e 8, já que não estava claro no projeto qual a tubulação prevista para o trecho, e o método executivo das tubulações em junta elástica é mais rápido se comparado à tubulação ponta e bolsa, em função de não haver necessidade de execução de berço e contra berço para assentamento da tubulação. O assentamento deste tipo de tubulação pode ser feito diretamente sobre o fundo da vala após regularização e compactação, conforme orientação da SUDECAP.</p>
<b>SOLUÇÃO 5</b>	<p>Outra solução adotada, foi preparar o fundo da vala com a execução de enrocamento em pedra de mão e posterior camada de brita 3, ver Figuras 9, 10 e 13. Esta solução foi necessária pois, em função do nível do lençol freático superficial, o fundo da vala estava muito saturado, deixando o solo com capacidade de suporte baixa e com isso a tubulação poderia ser deslocada comprometendo a rede. Portanto, foi lançada uma camada de pedra de mão no fundo da vala, onde misturado à lama que estava no terreno pôde aumentar a capacidade de suporte do solo além de rebaixar o nível d'água.</p>
<b>SOLUÇÃO 6</b>	<p>Por fim, outra solução adotada, foi a de envolver o material drenante de preenchimento da vala em manta geotêxtil (BIDIM), ver Figuras 11, 12 e 13, a fim de permitir que houvesse a percolação de água tanto do tubo para o solo, quanto do lençol freático superficial, garantindo assim o correto confinamento da tubulação evitando possíveis patologias de solapamento da pavimentação ou deslocamento da tubulação.</p>
<b>CROQUIS ESQUEMÁTICOS PARA AUXILIAR NO ENTENDIMENTO DOS PROBLEMAS</b>	
<p>Figura 13 – Croqui 4: Esquemático para apresentação das soluções 5 e 6</p> <p>Fonte: Autor (2022)</p>	

Quadro 3 - Levantamento das incompatibilidades x Solução proposta

Fonte: Autor (2022)

## Verificação de viabilidade e pontos de melhoria

Para verificação da viabilidade das soluções adotadas no canteiro de obras, foram analisadas cada uma delas separadamente e em caso da não viabilidade técnica ou de alguma ressalva na solução, foi previsto algum ponto de melhoria. As verificações são




apresentadas no quadro a seguir:

INCOMPATIBILIDADE A- SOLUÇÃO 1 – Parte 1	
Início das atividades do último trecho à montante e não à jusante conforme comumente executado.	
<b>Justificativa:</b>	Em função da indefinição do lançamento do sistema no córrego quando da execução dos serviços do trecho.
<b>Embasamento Técnico:</b>	A SUDECAP (2020, p.12) informa que:  O assentamento deve ser executado de jusante para montante e o tubo seguinte deverá ser descido para assentamento, com o anel de vedação montado na ponta mesmo. O assentamento deve começar pelo encaixe da ponta do tubo com o anel na bolsa do tubo assentado.
<b>Viabilidade Técnica:</b>	Como as diretrizes da SUDECAP não foram atendidas, a solução adotada em obra é inviável tecnicamente.
<b>Ponto de Melhoria:</b>	Pontua-se que para sanar os fatores determinantes que justificaram a adoção da solução e permitir que todo sistema de drenagem profunda, seja sempre executado de jusante a montante conforme indicação da SUDECAP (2020). Primeiro, é necessário sempre que se tenha o levantamento topográfico correto/atualizado do trecho a ser executada a rede, para que possa ser definido, ainda em fase de projeto, todos os pontos, dispositivos, especificações e restrições do trecho. Assim sendo, não se deve deixar quaisquer indefinições que possam vir a existir, para serem definidas em fase de execução. Além disso, a partir do projeto realizado com base no levantamento topográfico correto e atualizado, o mesmo materializa a situação real de campo não se tornando necessário o controle das elevações em fase de obra, já que elas estarão definidas corretamente.
INCOMPATIBILIDADE A- SOLUÇÃO 1 – Parte 2	
Com relação às inclinações máximas.	
<b>Justificativa:</b>	Houve necessidade de ajustes das inclinações das tubulações em função da alteração da topografia prevista em projeto. Para tanto, foi realizado uma consulta à empresa fabricante dos tubos, FCK pré-moldados, em que ela informou que deveriam ser adotados os parâmetros indicados pela SUDECAP. Diante disso, os responsáveis pela fiscalização e execução de obras determinaram novas inclinações, respeitando os parâmetros da SUDECAP, de modo a proporcionar o correto funcionamento do sistema de drenagem.
<b>Embasamento Técnico:</b>	A SUDECAP (2020) limita as Inclinações dos dispositivos entre 0,4 % e 5 %. Além disso, a SUDECAP (2020) também sinaliza que:  Para o escoamento seguro e satisfatório, o dimensionamento hidráulico deve considerar o desempenho do bueiro com velocidade de escoamento adequada, além de evitar a ocorrência de velocidades erosivas, tanto no terreno natural, como na própria tubulação e dispositivos acessórios.
<b>Viabilidade Técnica:</b>	Como as diretrizes da SUDECAP foram atendidas, a solução adotada em obra é viável tecnicamente.
INCOMPATIBILIDADE A- SOLUÇÃO 2	
Alteração do diâmetro das tubulações de Ø 1500 mm para Ø 1200 mm.	

<b>Justificativa:</b>	Houve necessidade de alteração dos diâmetros das tubulações em função da alteração da topografia prevista em projeto, de modo a proporcionar o correto funcionamento do sistema de drenagem. Sem esses ajustes o desnível até o ponto de lançamento não seria o suficiente para execução de um sistema que funcionasse, para tanto, a equipe técnica realizou consultoria com a projetista responsável pelo projeto e ela garantiu que a tubulação poderia ser alterada, mantendo o sistema trabalhando em regime de escoamento livre com lâmina d'água máxima de 0,80 de H/D.
<b>Embasamento Técnico:</b>	De acordo com o DNIT (2006), em bueiros tubulares é admitido um valor para a relação d/D, variando de 0,20 a 0,80, optando-se em geral pelo valor máximo.
<b>Viabilidade Técnica:</b>	Como as diretrizes do DNIT foram atendidas, a solução adotada em obra é viável tecnicamente.
<b>INCOMPATIBILIDADE A- SOLUÇÃO 3</b>	
Troca da tubulação de Ø 1000 mm que passava sob a via para passagem do córrego, por duas aduelas de (3,50 x 1,50) m de seção interna.	
<b>Justificativa:</b>	Além da colmatação da tubulação de Ø 1000mm observou-se o estrangulamento da seção do córrego, o que ocasionava sempre problemas de enchente na região. Portanto com a troca pelas duas aduelas de (3,50 x 1,50) m de seção interna, pode-se observar que a seção total de passagem do córrego é de 7,00 m de largura e o córrego possui aproximadamente 3,50 m, portanto em período normal, as aduelas garantem a passagem das águas sem estrangulamento. Já em épocas de cheia, onde a vazão do córrego pode aumentar, foi realizado um estudo hidrológico da região para confirmação que as aduelas suportariam a passagem da água sem estrangulamento e definiu-se que as duas aduelas de (3,50 x 1,50) m eram suficientes e que o sistema ainda trabalharia em regime de escoamento livre com lâmina d'água inferior a 0,80 de H/D. O estudo hidrológico foi realizado pela empresa projetista, quando esta foi realizar consultoria sobre a alteração dos diâmetros das tubulações.
<b>Embasamento Técnico:</b>	Conforme mostrado na solução anterior, a relação h/D máxima indicada pelo DNIT (2006) é de 0,80 e, além disso, o DNIT (2006) informa que a descarga d'água é definida pelos estudos hidrológicos e a declividade definida pelo projetista, deve atender a esta descarga com a obra operando em condições de segurança.
<b>Viabilidade Técnica:</b>	Diante da realização dos estudos hidrológicos e confirmação da projetista, como as diretrizes do DNIT foram atendidas, a solução adotada em obra é viável tecnicamente.
<b>INCOMPATIBILIDADE B- SOLUÇÃO 4</b>	
Escolha da tubulação de junta elástica.	
<b>Justificativa:</b>	O terreno apresentava baixa capacidade de suporte, principalmente em função do nível superficial do lençol freático, e, também, as valas precisariam ser fechadas rapidamente, primeiro em função do risco de desmoronamento, segundo em função do alto tráfego de veículos na via, o que gerava a necessidade de liberação da pista o quanto antes.
<b>Embasamento Técnico:</b>	De acordo com a SUDECAP (2020), os tubos de concreto com junta elástica são indicados para uso em terrenos com baixa capacidade de suporte e em situações que exijam uma rápida execução e reaterro.
<b>Viabilidade Técnica:</b>	Como as diretrizes da SUDECAP foram atendidas, a solução adotada em obra é viável tecnicamente.
<b>INCOMPATIBILIDADE B- SOLUÇÃO 5</b>	
Execução do enrocamento de pedra de mão e camada de brita 3 no fundo da vala.	

<b>Justificativa:</b>	Em função do nível do lençol freático superficial, o fundo da vala estava muito saturado, deixando o solo com capacidade de suporte baixa e com isso a tubulação poderia ser deslocada comprometendo a rede. Foi executado no fundo da vala um enrocamento de pedra de mão e posterior lançamento de camada de brita 3. Por mais que não haja fontes especificando a necessidade de camada de brita 3 acima do enrocamento, conforme foi realizado, entende-se que a camada de brita 3 pode ser considerada parte deste sistema, e, além disso, caso não fosse executada esta camada, o fundo da vala não estaria nivelado para o assentamento da tubulação.
<b>Embasamento Técnico:</b>	A SUDECAP (2020) informa que quando o solo apresenta baixa capacidade de suporte no terreno de fundação, deve ser executado um enrocamento de pedra de mão jogada, ou atender à solução especificada no projeto.
<b>Viabilidade Técnica:</b>	Como as diretrizes da SUDECAP foram atendidas, a solução adotada em obra é viável tecnicamente.
<b>INCOMPATIBILIDADE B- SOLUÇÃO 6</b>	
Utilização de manta geotêxtil para envolver o material drenante de contenção da tubulação.	
<b>Justificativa:</b>	No caso específico da obra, o material de reaterro no envolvimento da tubulação foi substituído por material granular, areia. O material da vala não apresentava condições de compactação mínimas previstas pela SUDECAP (2020), em que ela informa que o material de envolvimento da tubulação pode ser o mesmo retirado da vala, se apresentar condições de compactação mínima, caso contrário, deve ser utilizado material apropriado. Diante da utilização da areia como material de envolvimento e da ocorrência de solo mole, adotou-se a utilização da manta geotêxtil para evitar contaminação e carreamento do material granular.
<b>Embasamento Técnico:</b>	A SUDECAP (2020) pontua que quando:  A ocorrência de solo mole e/ou orgânico na cota abaixo do assentamento, pode ser isolada com uso de manta geotêxtil evitando-se a contaminação do material de reaterro ou com a substituição do solo por material granular. Neste caso a decisão caberá ao engenheiro geotécnico responsável pelo projeto ou pelo FISCAL da obra.
<b>Viabilidade Técnica:</b>	As diretrizes da SUDECAP foram atendidas. Porém, a maneira com que a manta foi aplicada, não isolou completamente o material, pois não foi considerado envolvimento na parte superior da vala. Portanto, pode-se verificar que a solução adotada foi viável tecnicamente, com ressalva.

<b>Ponto de Melhoria:</b>	<p>Os responsáveis técnicos da obra, de maneira correta entenderam a necessidade de utilização da manta geotêxtil para a situação do terreno na obra. Porém, de acordo com a SUDECAP (2020), o material deve ficar isolado, e o modo com que foi aplicada a manta na obra, deixou a parte superior do material de envolvimento, sem isolamento. O material foi aplicado no fundo e nas bordas, mas não na parte superior, portanto não proporcionou o perfeito isolamento do material.</p> <p>Além disso, como a solução começou a ser empregada quando os trabalhos de assentamento dos tubos já tinham sido iniciados, a manta foi instalada na parte superior do tudo e rodeando quase toda sua geratriz, porém a instalação da manta poderia ter sido feita antes da disposição dos tubos e do material e depois previsto o fechamento da manta na parte superior, conforme indicado na Figura 14 abaixo.</p>
	 <p style="text-align: center;">MANEIRA COMO FOI EXECUTADO                      PROPOSTA DE MELHORIA</p> <p>Figura 14 – Croqui do modo executado versus proposição de melhoria para instalação da manta geotêxtil.</p> <p style="text-align: center;">Fonte: Autor (2022)</p>

Quadro 4 - Viabilidade Técnica e Pontos de Melhoria

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

## CONCLUSÃO

Com o avanço do setor da construção civil existe cada vez mais a busca por profissionais qualificados que apresentem eficiência nos resultados dada a alta competitividade do mercado. Em função disso, a prática da compatibilização de projetos tem se tornado um diferencial, devido a sua extrema importância para se buscar, cada vez mais, processos construtivos eficazes que minimizem custos, desperdícios e otimizem tempo em fase de execução.

O estudo de caso apresentou uma obra de drenagem pluvial de uma das vias do município de Contagem-MG. Na análise de seu projeto, pôde ser observada algumas incompatibilidades, sendo duas delas, eleitas para serem tratadas no âmbito deste trabalho. A primeira delas se referia à diferença entre a topografia apresentada no projeto e a topografia real de campo, e a segunda à não consideração no nível d'água superficial no solo. Estas duas incompatibilidades foram objeto da propositura de seis soluções por parte da equipe técnica da Secretaria de Obras do município. Dentre as seis soluções executadas, nem todas se apresentaram viáveis tecnicamente com base em na literatura técnica, assim sendo, para aquelas ressalvadas tecnicamente, foram propostas melhorias de modo a possibilitar o seu correto uso em possíveis situações similares futuras.

Com o estudo de caso, a constatação de pontos de incompatibilidade de projeto e ausência de informações, evidenciou a necessidade de soluções no canteiro de obras pela equipe técnica. Neste cenário, verificou-se a importância de uma equipe qualificada para a propositura de soluções casuísticas para as incompatibilidades apresentadas.

O presente trabalho demonstrou a importância da realização da compatibilização de projetos, independentemente do método utilizado, a fim de sanar possíveis interferências, prever erros, falta de informações e busca de soluções por parte da equipe de execução de obras. Além disso, com base no estudo, é possível inferir que os investimentos em softwares de compatibilização podem auxiliar na redução de custos e assegurar a qualidade final do empreendimento/obra.

## REFERÊNCIAS

BREMER, C. F., OLIVEIRA, D. M., LOPES JUNIOR, J. M., OLIVEIRA, P. M. Avaliação das Práticas de Sustentabilidade Adotadas em Empreendimentos de Construção Civil de Belo Horizonte. **Construindo**, v. 5, p. 23-28, 2013.

CHIPPARI, Patrícia. **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ECONOMIZA TEMPO E DINHEIRO**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/compatibilizacao-de-projetos-economiza-tempo-e-dinheiro/6907>. Acesso em: 05/10/2021.

DER-SP. **Especificação Técnica**. Departamento de estradas e Rodagem. DER-SP. Enrocamento. Código ET-DE-H00/011. Rev. A. 2007. São Paulo. 6p.

DNIT. **Manual de Drenagem de Rodovias**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2ª edição, Rio de Janeiro, 2006, 333 p.

FIBRATEX. **Geotextil**. 2021. Disponível em: <http://fibratex.com.br/produtos/geotextil>. Acesso em: 05/10/2021.

FRUET, G. M.; FORMOSO, C. T. Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte. In: **SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL** – gestão tecnológica, 1993, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 1993.

LOXAM DEGRAUS. **Drenagem de águas pluviais: entenda como funciona**. 2020. Disponível em: <https://www.degraus.com.br/drenagem-de-aguas-pluviais-entenda-como-funciona/>. Acesso em: 25/11/2021.

MANTAS BRASIL. **Manta Geotêxtil**. 2021. Disponível em: <https://www.mantasbrasil.com.br/geotextil/>. Acesso em: 05/10/2021.

MELLO, Celso Antônio Bandeira de. Curso de Direito Administrativo. 19ª Edição. **Malheiros Editores**. São Paulo. 2007.

MOBUSS CONSTRUÇÃO. **Infraestrutura urbana: como a construção civil auxilia no desenvolvimento das cidades**. 2018. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/infraestrutura-urbana/>. Acesso em: 05/10/2021.

NTC BRASIL. **Manta Geotêxtil**. 2021. Disponível em: <https://www.ntcbrasil.com.br/manta-geotextil/>. Acesso em: 05/10/2021.

PICCHI, F.A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. São Paulo, 1993. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PHILIPPSEN JUNIOR, Luiz Adalberto - **AVALIAÇÃO DA GESTÃO E COORDENAÇÃO DE PROJETOS – aspecto qualidade – de obras públicas vinculadas à Lei n.º 8.666/93. Anais eletrônicos do 2º Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído...** Rio de Janeiro. PROARQ/FAU/UFRJ e PPG-IAU USP, 2011. Disponível em: (PDF) Avaliação da gestão e coordenação de projetos – aspecto qualidade – de obras públicas vinculadas à Lei n.º 8.666/93 (researchgate.net) Acesso em: 05/10/2021.

SILVA, P. G.; COSTA, S. R. R. **Gerenciamento de projetos em instituições públicas: um estudo de caso**. Disponível em <http://bom.org.br:8080/jspui/handle/123456789/1532> Acesso em: 05/10/2021.

SOUTO FILHO, José Ari Póvoas et al. **ANÁLISE DE INCOMPATIBILIDADES DE PROJETO NA EXECUÇÃO DE OBRA DE EDIFICAÇÃO: estudo de caso. Anais eletrônicos do IV Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído...** Viçosa. UFV, 2015. Disponível em: Locus Repositório Institucional da UFV: Análise de incompatibilidades de projeto na execução de obra de edificação: estudo de caso. Acesso em: 05 out. 2021.

SUDECAP. **Caderno de encargos: Drenagem**. Superintendência de Desenvolvimento da Capital - SUDECAP. Prefeitura de Belo Horizonte. Belo Horizonte, Capítulo 19, 3ª edição, 2008, 137 p.

TAVARES JÚNIOR, W.; BARROS NETO, J. de Paula; POSSAMAI, O.; MOTA, E. M. Um Modelo de Registro das Tecnologias Para Uso Na Compatibilização de Projetos de Edificações. **In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**, São Carlos, SP, 2003.

YANG, J. B., WEI, P. R. Causes of Delay in the Planning and Design Phases For Construction Projects. **Journal of Architectural Engineering**, Reston, v.16, n.2, p. 80-83, 20

# CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE AMOSTRAGEM GEOESTATÍSTICA EM UMA MESMA PARCELA EXPERIMENTAL

*Data de aceite: 02/05/2023*

### **Ícaro Viterbre Debique Sousa**

Doutorando em Estatística e Experimentação Agropecuária – Universidade Federal de Lavras (UFLA)

### **Heron Viterbre Debique Sousa**

Mestrando em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

### **Antonio Mendes Magalhães Júnior**

Doutorando em Estatística e Experimentação Agropecuária – Universidade Federal de Lavras (UFLA)

### **Iuri dos Santos Manoel**

Doutorando em Estatística e Experimentação Agropecuária – Universidade Federal de Lavras (UFLA)

### **Pedro Henrique Nunes**

Mestre em Engenharia de Controle e Automação – Universidade Federal de Lavras (UFLA)

### **Alessandro Leonardo da Silva**

Docente na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

### **Marcelo Robert Fonseca Gontijo**

Docente na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

### **Ivana Prado de Vasconcelos**

Docente na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

### **Bruno Henrique Lourenço Camargos**

Docente na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

### **Thalita Cardoso Dias**

Docente na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

### **Thais Prado Vasconcelos Silva**

Docente na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

### **Bruno Martins Moreira**

Docente na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

## INTRODUÇÃO

Em ciências agrárias utiliza-se a estatística clássica para avaliar fenômenos dos solos. Tais ferramentas necessitam de uma série de condições para que possam ser utilizadas, uma delas se trata de independência dos dados, em que muitas vezes nessas situações, não se obtém tal condição, pois as informações apresentam

na maioria dos fenômenos a dependência espacial.

Ao analisar um local é necessário a coleta de informações, a retirada dessas amostras é um fator que pode influenciar no resultado a ser apresentado. O principal objetivo da análise geoestatística é gerar mapas que demonstrem o fenômeno em pontos não amostrados naquela região, para isso se utiliza de um sistema de interpolação denominado krigagem, onde os pontos não amostrados são preditos pelos valores de sua vizinhança.

No processo de krigagem é necessário que se faça um sistema de amostragem dos pontos de modo que se obtenha o máximo de informações do local em estudo. Para o sistema de amostragem podemos definir três meios: aleatória, estratificada e sistemática. Neste trabalho serão apresentadas as diferenças ao se realizar cada amostragem em uma mesma área, determinar diferenças estruturais na distribuição de pontos no espaço, comportamento da nuvem de pontos, modelos ajustados ao semivariograma e comparar os mapas como resultado da análise do local.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para este trabalho utilizamos o estimador de semivariância proposto por Cressie e Hawkins (1980) e a utilização de 70% da distância máxima para os gráficos de semivariância. Essa prática tem o intuito de evitar a presença de outliers em pontos com distâncias maiores (SOUSA, 2020).

Para o estudo foram utilizados dados de uma mesma área e foram amostrados pontos das três maneiras. O conteúdo dos dados não é um fator crucial neste trabalho, é analisado as individualidades de se obter um mapa de krigagem para os sistemas de amostragem (YAMAMOTO, LANDIM, 2013). Neste trabalho se faz importante apenas a maneira como os dados foram coletados e não sua tipologia, uma vez que será analisado somente a comparação da krigagem entre os sistemas de amostragens em uma mesma região.

## **RELATO DE CASO E DISCUSSÃO**

A nuvem de pontos da amostragem aleatória apresenta outliers que prejudicam a modelagem, apresenta também um efeito pepita baixo, que se caracteriza como o efeito pepita ideal teórico. A amostragem estratificada possui comportamento semelhante, mas com uma presença menor de outliers, também com efeito pepita próximo ao ideal teórico. A amostragem sistemática obtém uma menor quantidade de outliers, mas um efeito pepita alto, causado pela ausência de amostras com distâncias inferiores a cinco metros entre si.

Para as três amostras o modelo teórico que melhor se ajustou foi o modelo exponencial (Fig.1). A amostragem estratificada apresenta o menor efeito pepita e a sistemática o maior efeito pepita (Fig.2). Com o ajuste do semivariograma (Fig.3) temos que todos os modelos



possuem outliers espaciais, mas com menores intensidades na amostragem sistemática, observa-se que os pontos de semivariância ocorrem em menor caos comparado as outras amostragens.

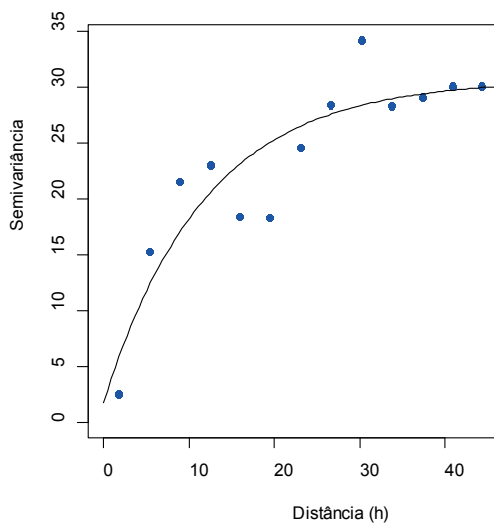


Figura 1: Ajuste do semivariograma teórico em sequência para uma amostra aleatória.

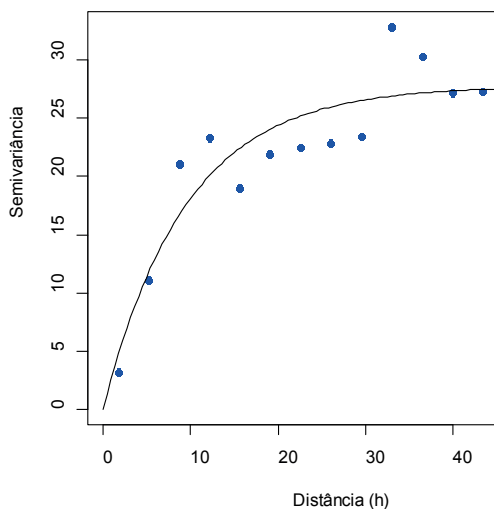


Figura 2: Ajuste do semivariograma teórico em sequência para uma amostra estratificada.

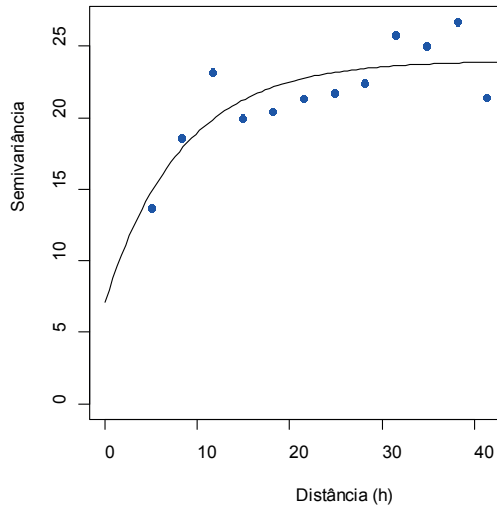


Figura 3: Ajuste do semivariograma teórico em sequência para uma amostra sistemática.

Ao analisar os mapas krigados (Fig.4, Fig.5 e Fig.6), para cada sistema de amostragem da área experimental, podemos observar que existem semelhanças em alguns aspectos, como a presença de valores mais altos na região oeste, valores menores na região sudeste. Apresentam também diferenças de coloração, que indicam diferenças entre os valores krigados, nas regiões sudoeste e especialmente sudeste.

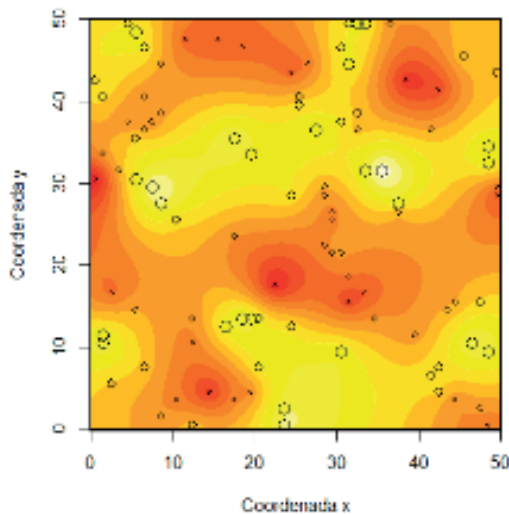


Figura 4: Mapas krigados, em sequência para uma amostra aleatória.

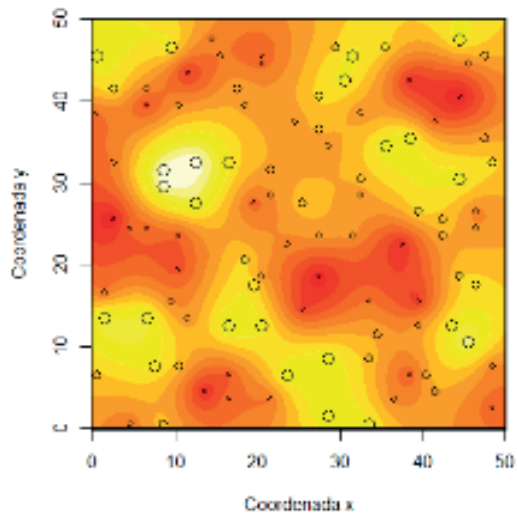


Figura 5: Mapas krigados, em sequência para uma amostra estratificada.

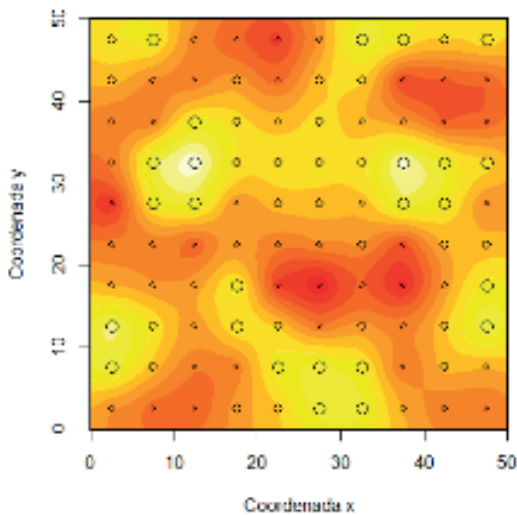


Figura 6: Mapas krigados, em sequência para uma amostra sistemática.

As amostragens aleatória e estratificada possuem falhas em sua estrutura de coleta com distâncias não uniformes, que trazem para a krigagem regiões com interpolações em distâncias muito longas em comparação a amostragem sistemática (OLIVEIRA, 1991).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, o sistema de amostragem aleatória é o menos indicado, pois possui

falhas em sua coleta que prejudicam a produção de mapas. Entre a escolha dos métodos estratificado e sistemático, subentende-se que o método de amostragem sistemático apresenta resultados mais próximos da realidade. Ressaltamos que é importante a criação de sub-malhas amostrais, a fim de coletar também de maneira sistemática, valores que possuem distâncias menores do que a malha coletada anteriormente, com intuito de diminuir o efeito pepita e assim detectar níveis mais precisos de dependência espacial (OLIVEIRA, 1991).

## REFERÊNCIAS

CRESSIE, Noel; HAWKINS, Douglas M. Robust estimation of the variogram: I. Journal of the international Association for Mathematical Geology, v. 12, p. 115-125, 1980.

OLIVEIRA, Marcelo S. de. Planos amostrais para variáveis espaciais utilizando geoestatística. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Estadual de Campinas, 1991.

SOUSA, Ícaro Viterbre Debique et al. Construção analítica de semivariogramas médios para krigagem de blocos. 2020.

YAMAMOTO, Jorge Kazuo; LANDIM, Paulo Milton Barbosa. Geoestatística: conceitos e aplicações. 2013.

# LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE TOLEDO- PR

*Data de submissão: 08/03/2023*

*Data de aceite: 02/05/2023*

### **Zélia da Paz Pereira**

Secretaria Municipal de Meio Ambiente –  
Prefeitura Municipal de Toledo  
Toledo – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/7206021893451350>

### **Marta Cecato Armando**

Secretaria Municipal de Meio Ambiente –  
Prefeitura Municipal de Toledo  
Toledo – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/7241838663842057>

### **Elmagno Catarino Santos Silva**

Universidade Federal do Sul da Bahia -  
UFSB  
Teixeira de Freitas – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/4875271665841855>

### **Gladis Cristina Furlan**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná - UTFPR  
Toledo – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/5786315637913516>

### **Silvana da Silva**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná - UTFPR  
Toledo – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/7057617618261876>

**RESUMO:** Um dos grandes problemas de cunho ambiental e de saúde pública discutido a nível nacional e internacional é a destinação incorreta dos pneus inservíveis. O objetivo deste trabalho foi contextualizar a logística reversa de pneus inservíveis em Toledo-PR. Para análise do objetivo proposto foram consultados dados oficiais do Ministério Público (MP) e dados estatísticos da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA), além de documentação oficial sobre a problemática dos pneus inservíveis em Toledo-PR entre os anos de 2012 e 2018. A fim de reduzir as situações recorrentes de descarte ilegal de pneus inservíveis no município de Toledo, a Prefeitura Municipal, através da SMMA e parceiros, começou a executar as primeiras reuniões em 2011, junto às empresas fornecedoras de pneus no município, de forma a estimular a organização da logística reversa destes entre as empresas. Sendo assim, por votação, uma das empresas foi escolhida para receber um pagamento mínimo por pneu recolhido e pelo serviço de transporte até Curitiba. A logística reversa começou a mostrar seus primeiros resultados positivos em 2012. Em 2013 houve a participação fundamental do Ministério Público (3ª Promotoria de Justiça

da Comarca de Toledo), quando foi construído um Termo de Ajustamento de Conduta-TAC, nos quais foram definidas as responsabilidades específicas da empresa que fazia o recolhimento, armazenamento e transporte dos pneus e as responsabilidades dos órgãos públicos envolvidos. A partir do acordo foi possível observar redução significativa nas situações de descarte ilegal de pneus inservíveis, e desde 2012 até 2018, um total de 563.712 pneus inservíveis (3.612 t) foram destinados adequadamente à reciclagem pela Reciclanip. Desta forma, o estudo demonstra que o poder público tem papel essencial na função de gestor, mediador e apoiador das iniciativas envolvendo a logística reversa de resíduos sólidos, indo muito além do papel fiscalizador.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pneus inservíveis, Logística reversa, Resíduos sólidos, Passivo ambiental, Reciclagem.

## REVERSE LOGISTIC OF WASTE TIRES: A CASE STUDY OF TOLEDO-PR

**ABSTRACT:** One of the major environmental and public health problems discussed nationally and internationally is the incorrect disposal of waste tires. The objective of this work was to contextualize the reverse logistics of waste tires in Toledo-PR. In order to analyze the proposed objective, official data from the Public Ministry (MP) and statistical data from the Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) were consulted, as well as official documentation on the problem of waste tires in Toledo-PR between the years 2012 and 2018. In order to reduce the recurrent situations of illegal disposal of waste tires in the municipality of Toledo, the city hall, through SMMA and partners, began to hold the first meetings in 2011, together with tire supply companies in the municipality, in order to encourage the organization of reverse logistics between companies. Therefore, by voting, one of the companies was chosen to receive a minimum payment per collected tire and for the transport service to Curitiba-PR. Reverse logistics began to show its first positive results in 2012. In 2013, the MP was involved, when a Adjustment Term (TAC) was created, in which the specific responsibilities of the company that collected, stored and transported the tires and the responsibilities of the public agencies involved. As a result of agreement, it was possible to observe a significant reduction in situations of illegal disposal of waste tires, and from 2012 to 2018, a total of 563,712 waste tires (3,612 t) were properly sent for recycling by Reciclanip. In this way, the study demonstrates that public power has an essential role of manager, mediation and supporter of initiatives involving the reverse logistics of solid waste, going far beyond the public inspection.

**KEYWORDS:** Waste tires, Reverse logistic, Solid wastes, Environmental liability, Recycling.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas de cunho ambiental discutido a nível nacional e internacional, nos últimos anos, são os pneus inservíveis. Estas discussões demonstram a necessidade de políticas públicas que incluam soluções ambientais que mobilizem ações de órgãos públicos, da mídia e das comunidades afetadas. Nesse sentido, com o advento da logística reversa, que passou a ser obrigatória para os resíduos pós-consumo, adjunta à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS; Lei 12.305/2010), houve importante avanço para a destinação de diversos tipos de produtos e embalagens, incluindo pneus (BRASIL,

2010a; GONÇALVES ET AL 2019). Pneus, inclusive, é um dos produtos enunciados pela PNRS que atuará como piloto na organização de cadeias reversas, para assim agir como referência para outros setores e produtos (LEITE, 2010).

Os pneus são definidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) como: componente de um sistema de rodagem, constituído de elastômeros, produtos têxteis, aço e outros materiais que quando montado em uma roda de veículo e contendo fluido(s) sobre pressão, transmite tração dada a sua aderência ao solo, sustenta elasticamente a carga do veículo e resiste à pressão provocada pela reação do solo (BRASIL, 2009). A logística reversa de pneus varia desde a atividade de simples revenda até processos que abrangem inúmeras etapas como: coleta, inspeção, separação, remanufatura ou reciclagem, com vistas à recuperação sustentável dos mesmos. A própria PNRS define logística reversa como: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Para o alcance da devida gestão do resíduo de pneus é indispensável a aceitação da necessidade da gestão compartilhada com os diversos atores envolvidos nos processos como os fabricantes, o setor público, o comércio e os consumidores (BRASIL, 2010a). A nível nacional, temos o exemplo de associação dos fabricantes de pneus Bridgestone, Continental, Goodyear, Michelin e Pirelli, para gerenciar a logística reversa dos pneus inservíveis, sem fins lucrativos, sendo que em 2014 o percentual de destinação adequada foi de 68% (RECICLANIP, 2014). Adicionalmente, esse percentual seria ainda maior com ações de educação ambiental, pois o consumidor apenas descartará corretamente os resíduos, para que a logística reversa operacionalize seu retorno, se estiver conscientizado do seu papel e conhecer as etapas de todo o processo (DOMINGUES ET AL., 2016).

Como o descarte inadequado de pneus inservíveis constitui, atualmente, um dos mais graves problemas ambientais e de saúde pública no contexto urbano, estima-se que no Brasil 100 milhões de pneus velhos estão espalhados em aterros, terrenos baldios, rios e lagos, e a cada ano, dezenas de milhões de pneus novos são fabricados no país (ANIP, 2017). No município de Toledo-PR, o contexto de epidemias de dengue era grave, devido à destinação irregular dos pneus. O objetivo deste trabalho é contextualizar a logística reversa de pneus inservíveis em Toledo-PR que vem obtendo êxito desde 2012.

## 2 | METODOLOGIA

Para análise do objetivo proposto foram consultados dados oficiais do Ministério Público e dados estatísticos da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, sendo analisados bibliografia, ofícios, Termos de Ajuste de Conduta, tabelas e estimativas da problemática dos pneus inservíveis em Toledo-PR entre os anos de 2012 e 2018.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de reduzir as situações recorrentes de descarte ilegal de pneus inservíveis no município de Toledo, a Prefeitura Municipal, através da Secretaria do Meio Ambiente e parceiros, executou as primeiras reuniões no ano de 2011, junto à todas as empresas fornecedoras de pneus no Município, objetivando a estimular a organização da logística reversa dos pneus inservíveis entre as empresas, facilitando o processo, e auxiliando na construção desta gestão sustentável.

Após a delimitação de algumas possibilidades, surgiram empresas interessadas em realizar a gestão dos pneus, através de um pagamento mínimo por pneu para prestação de serviço de transporte dos mesmos até Curitiba, assim como o seu armazenamento.

Sendo assim, a logística reversa começou a mostrar seus primeiros resultados positivos em 2012, com um dado de 117.150 unidades de pneus inservíveis destinados corretamente, representando um volume de 508 toneladas somente em 2012.

Em 2013 houve a participação fundamental do Ministério Público, através da 3ª Promotoria de Justiça da Comarca de Toledo, onde foi construído um Termo de Ajustamento de Conduta-TAC, nos quais foram definidos as responsabilidades da empresa que fazia o recolhimento, armazenamento e transporte dos pneus até o município de Curitiba, incluindo os valores cobrados por tipo de pneu, assim como as responsabilidades da Secretaria do Meio Ambiente, de manter total controle de todo o material destinado, assim como dar visibilidade ao TAC e fiscalizar a execução da logística juntamente com Instituto Ambiental do Paraná e Ministério Público.

A partir do Acordo Setorial foi possível observar uma redução significativa nas situações de descarte ilegal de pneus inservíveis, e desde 2012 até o presente momento, é possível afirmar, através do controle estatístico da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, conforme a Tabela 01, que foram destinados um total de 563.712 unidades de pneus inservíveis, que representam um volume total de 3.612 toneladas de pneus inservíveis destinados adequadamente à reciclagem pela Reciclanip.

Ano	Pneus destinados (und.)	Peso total (toneladas/ano)
2011	0	0
2012	117150	508
2013	51182	222
2014	89830	490
2015	60700	481
2016	83050	574
2017	83950	652
2018	77850	685



<b>Total</b>	563712	3612
--------------	--------	------

Tabela 01. Estatística referente aos dados reais de pneus inservíveis destinados adequadamente no Município de Toledo-PR

Fonte: Secretaria Municipal do Meio Ambiente (2019)

Os dados da Tabela 01 podem ser observados nos Gráficos 01 e 02 a seguir.

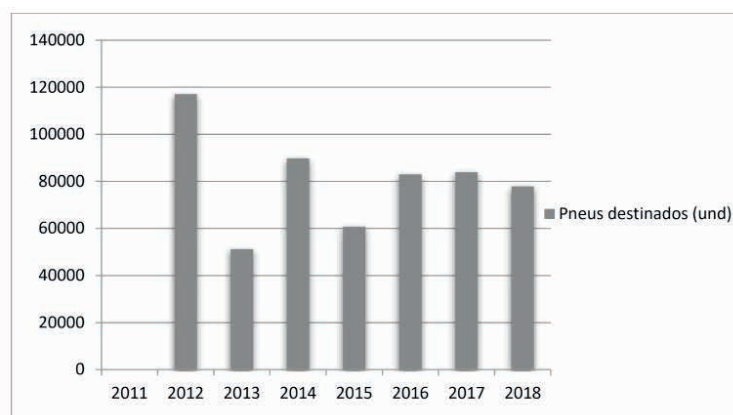


Gráfico 01. Total de pneus inservíveis destinados à reciclagem (Unidades/ano)

Fonte: Secretaria Municipal do Meio Ambiente (2019)

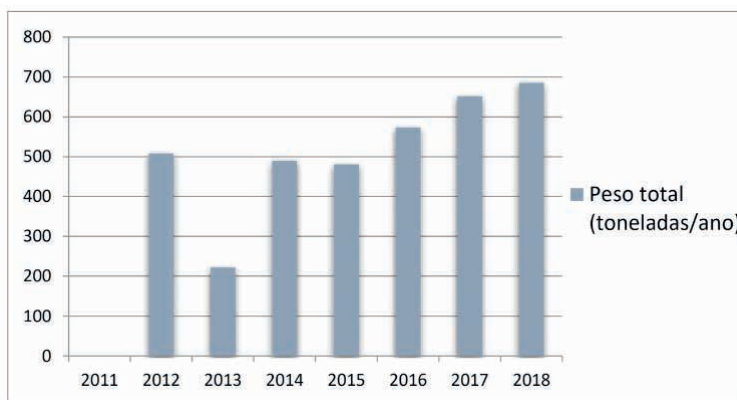


Gráfico 02. Peso total de pneus destinados a reciclagem (T/ano)

Fonte: Secretaria Municipal do Meio Ambiente (2019)

Após o primeiro acordo setorial ocorrido em 2011, é possível observar que o volume de pneus destinados foi significativo, assim como a importância do controle da gestão deste tipo de resíduo pelo poder Municipal.

Enfatiza-se ainda, que atualmente, o Município faz parte desta gestão dentro do setor, pois possui um contrato com a empresa responsável pela destinação, definida pelo

TAC, dos seus pneus inservíveis gerados na manutenção da frota de veículos oficiais.

Desta forma, o estudo de caso de Toledo, demonstra que o poder público tem papel essencial e intransferível na função de gestor, mediador e apoiador das iniciativas envolvendo a logística reversa de resíduos sólidos, e que sua função vai muito além de fiscalizador. Demonstrando assim que agindo como veículo de comunicação entre o setor comercial, auxiliando no arranjo de solução de problemas, trazendo informação e apoio técnico, podem trazer resultados muito mais positivos quando a postura vai além do papel de fiscalizar e punir.

## 4 | CONCLUSÃO

É de suma importância considerar o valor das iniciativas sustentáveis quando o assunto é pneus inservíveis, visto todos os impactos ambientais e de saúde pública relacionados a este passivo (FERRI, 2011). Neste sentido, é louvável a ação concentrada da Reciclanip, entidade sem fins lucrativos, cujo Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis foi implantado pela Anip (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos) no Brasil (RECICLANIP, 2014).

Toledo é um município que, como todos os demais brasileiros, sofreu com o passivo ambiental de pneus inservíveis, e que gerava diversas denúncias e reclamações, pelos municípios, tanto ao setor de fiscalização da Secretaria Municipal do Meio Ambiente como à Promotoria de Proteção ao Meio Ambiente-MP. No entanto, como na maioria dos casos não era possível identificar o infrator, a prefeitura realizava o recolhimento e destinação adequada dos pneus. Ressalte-se que, os casos de epidemia por dengue estavam aumentando no município devido à destinação incorreta deste material (Procedimento Administrativo MPPR-148.13.00095-0). Após assinatura de Termo de Ajuste de Conduta, os geradores deste resíduo passaram a destinar a um colaborador no município que os encaminhava para a Reciclanip em Votorantim-SP. Até 2017 mais de 270 toneladas de pneus inservíveis já haviam sido corretamente destinados e, não houve registro de denúncias ou reclamações de descarte irregular dos mesmos (Procedimento Administrativo MPPR-148.13.00095-0). Apesar de anos de intervenções pelo poder público, sociedade e geradores de resíduos de pneus até se chegar à uma solução, pode-se considerar o estudo de caso de Toledo como bem sucedido devido ao fato de superar as intercorrências relativas ao passivo ambiental grave pertinente aos pneus inservíveis.

## REFERÊNCIAS

ANIP, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS, 2017. **Produção e vendas 2016: dados de produção**. Disponível em: [http://www.anip.com.br/arquivos/producao\\_vendas.pdf](http://www.anip.com.br/arquivos/producao_vendas.pdf). Acesso em: 15 mar.2019.

BRASIL, 2009. **Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009.** CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 12 abr.2019.

BRASIL, 2010. Lei 12.305, de 2 de agosto 2010. **Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 12 jan.2016.

DOMINGUES, G. S.; GUARNIERI, P., STREIT, J. A. C. **Princípios e instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos: educação ambiental para implementação da logística reversa.** Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade 2: 191-216.

FERRI, G., 2011. **O princípio do desenvolvimento sustentável e a logística reversa na política nacional de resíduos sólidos (Lei 12.305/2010).** Revista dos Tribunais, 912: 1-21.

GONÇALVES, P. V. S.; TAVARES, P. A.; BELTRÃO, N. E. S.; FERREIRA FILHO, H. R., 2012. **Logística reversa de pneus inservíveis: diagnóstico situacional com aplicação de matriz de indicadores de sustentabilidade nos municípios de Belém e Ananindeua, Pará.** Navus Revista de Gestão e Tecnologia 9:165-181.

LEITE, P. R., 2010. **Logística reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).** Revista Tecnológica 178: 90-93.

RECICLANIP, 2014. **Reciclanip: o ciclo sustentável do pneu.** Disponível em: <http://www.reciclanip.org.br>. Acesso em: 12.abr.2019.

**RAFAEL PACHECO DOS SANTOS** - Possui graduação em Engenharia Mecânica e Engenharia Civil, especialização em Petróleo e Energias renováveis, MBA em Engenharia Rodoviária e doutorado em Engenharia Civil. Já atuou como pesquisador visitante e engenheiro consultor em diversos projetos nacionais e internacionais. Foi professor colaborador da Universidade Federal de Santa Catarina e atualmente é professor adjunto do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estado de Santa Catarina. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em engenharia de túneis e projetos de equipamentos de escavação. Atualmente o autor tem se dedicado à pesquisa dos seguintes temas: máquinas tuneladoras, corte com jato de água, corte de rochas com jato de água de alto conteúdo energético.

**C**

Compatibilização de projetos 82, 83, 86, 87, 88, 98, 99, 100

Construção civil 1, 2, 3, 4, 8, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 36, 38, 67, 69, 76, 80, 86, 98, 99, 100

Construção modular 37, 39, 65, 66, 67

Controle acústico 11, 12, 13

Controle térmico 7, 11, 12

**D**

Descarte ilegal 107, 108, 110

Descarte inadequado 109

Desconstrução 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68

Desmontagem do módulo em fábrica 46, 53, 54

Desvantagens 1, 2, 3, 11, 16

Diretrizes de projeto 36, 45, 46, 56, 63, 64, 65, 66, 68

Drenagem urbana 83, 84

**E**

Enchentes 19, 20, 21, 29, 32, 34, 84

Estética 1, 11, 13, 14, 15, 16

Estudo de caso 36, 39, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 55, 67, 82, 88, 89, 98, 99, 100, 107, 112

**G**

Geração e propagação do fogo 70

**I**

Incompatibilidade 82, 87, 88, 90, 91, 92, 95, 96, 97, 99

**K**

Krigagem 102, 105, 106

**L**

Logística reversa 107, 108, 109, 110, 112, 113

**M**

Método de amostragem sistemático 106

Metodologia Baxter 70

Montagem em fábrica do módulo 46

**O**

Obras públicas 88, 100

**P**

Passivo ambiental 108, 112

Planejamento de novos produtos 70, 71, 73, 76

Pneus inservíveis 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113

Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS 108, 113

Processo de produção 2, 33, 46

Projeto 10, 15, 24, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 50, 51, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

**R**

Reciclagem 28, 38, 108, 109, 110, 111

Resíduos 9, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 63, 66, 108, 109, 112, 113

Resíduos sólidos 63, 108, 109, 112, 113

Retenção de água 20, 24, 26, 28, 29, 32

**S**

Segurança 1, 4, 5, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 61, 63, 65, 70, 72, 77, 79, 80, 81, 84, 96

Sistemas construtivos industrializados 37

Situações de incêndio 70, 71, 72, 76, 77, 78, 79, 80

Sustentabilidade 20, 22, 26, 32, 39, 62, 63, 67, 99, 113

**T**

Telhados verdes 19, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35

Termo de ajustamento de conduta 108, 110

Toledo 107, 108, 109, 110, 111, 112

Transmissão luminosa 11

**V**

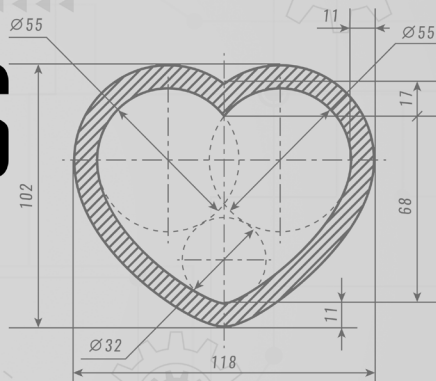
Vantagens 1, 2, 3, 11, 16, 21, 22, 26, 38, 39

Viabilidade 19, 27, 34, 82, 88, 94, 95, 96, 97, 98

Vidro 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 43, 52, 53, 54

COLEÇÃO

# “ENGENHARIAS EU TE AMO”



# ENGENHARIA CIVIL 2



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

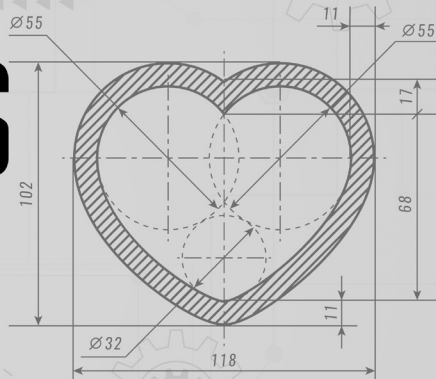


[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora  
Ano 2023

COLEÇÃO

# “ENGENHARIAS EU TE AMO”



# ENGENHARIA CIVIL 2

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)