

Amanda Fernandes Pereira da Silva  
(Organizadora)

# ENGENHARIAS:

Pesquisa, desenvolvimento  
e inovação 2



Amanda Fernandes Pereira da Silva  
(Organizadora)

# ENGENHARIAS:

Pesquisa, desenvolvimento  
e inovação 2



<b>Editora chefe</b>	
Prof <sup>a</sup> Dr <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira	
<b>Editora executiva</b>	
Natalia Oliveira	
<b>Assistente editorial</b>	
Flávia Roberta Barão	
<b>Bibliotecária</b>	
Janaina Ramos	
<b>Projeto gráfico</b>	2022 by Atena Editora
Bruno Oliveira	Copyright © Atena Editora
Camila Alves de Cremo	Copyright do texto © 2022 Os autores
Luiza Alves Batista	Copyright da edição © 2022 Atena
Natália Sandrini de Azevedo	Editora
<b>Imagens da capa</b>	Direitos para esta edição cedidos à
iStock	Atena Editora pelos autores.
<b>Edição de arte</b>	Open access publication by Atena
Luiza Alves Batista	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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

## Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Amanda Fernandes Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E57	Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação 2 / Organizadora Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0701-0 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.010222911">https://doi.org/10.22533/at.ed.010222911</a>  1. Engenharia. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizadora). II. Título. CDD 620
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

## 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.

# APRESENTAÇÃO

Os mais diversos ramos do conhecimento possuem grandes desafios a serem superados, é o do saber multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. A curiosidade científica é o pilar de motivação que estimula as investigações baseadas no conhecimento existente objetivando a geração de novos materiais, produtos e equipamentos.

Nesse sentido, esta coleção “Engenharias: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 2” traz capítulos ligados à teoria e prática em um caráter multidisciplinar, tendo um viés humano e técnico. Apresenta temas relacionados as áreas de engenharias, dando um viés onde se faz necessária a melhoria contínua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura!

Amanda Fernandes Pereira da Silva

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
A IMPORTÂNCIA DA BIOMASSA, COMO FONTE ENERGÉTICA NO DESENVOLVIMENTO RURAL EM ANGOLA	
Carlos Lopes	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229111">https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229111</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>9</b>
ANÁLISE DE UM MATERIAL ALTERNATIVO A PARTIR DE BIOMASSA VEGETAL PARA UTILIZAÇÃO COMO CHAPAS E AGLOMERADOS DE MADEIRA	
Jamile Teixeira Manoel	
Maicon Ramon Bueno	
Flávia Sayuri Arakawa	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229112">https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229112</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>21</b>
ANÁLISE POR MEIO DE LINGUAGEM R, E PREVISÃO DE LUCROS DE UMA TRANSPORTADORA NO PERÍODO PRÉ E PÓS-PANDEMIA COVID-19	
Márcio Mendonça	
Francisco de Assis Scannavino Junior	
Fabio Rodrigo Milanez	
Gabriela Helena Bauab Shiguemoto	
Ricardo Breganor	
Carlos Alberto Paschoalino	
Celso Alves Correa	
Kazuyoshi Ota Junior	
Rodrigo Rodrigues Sumar	
Michelle Eliza Casagrande Rocha	
Vera Adriana Azevedo Hypolito	
João Maurício Hypolito	
Luiz Eduardo Pivovar	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229113">https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229113</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>32</b>
ANÁLISIS TEÓRICO Y SIMULADO DEL ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE EN BARRAS RECTANGULARES Y EJES REDONDEADOS SOMETIDOS A ESFUERZOS DE TENSIÓN	
Eiel Eduardo Montijo Valenzuela	
Flor Ramírez Torres	
Aureliano Cerón Franco	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229114">https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229114</a>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>43</b>
EVALUATION OF PROPERTIES OF COMPOSITES MADE OF MINERAL BINDERS, WASTE WOOD PARTICLES AND KRAFT PULP FIBERS FROM <i>Eucalyptus</i> spp. AND <i>Pinus</i> spp.	
Thaís Mariana Santiago Rocha	

# SUMÁRIO

Silvana Nisgoski Graciela Inês Bolzón de Muniz Leonardo Fagundes Rosemback Miranda Carlos Frederico Alice Parchen	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229115">https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229115</a>	
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>64</b>
BUSINESS INTELLIGENCE APLICADO À BASE DE DADOS ABERTOS: UMA ANÁLISE SOBRE A PNAD CONTÍNUA	
Leonardo de Jesus Piechontcoski Nilson Ribeiro Modro Luiz Cláudio Dalmolin Nelcimar Ribeiro Modro Glauco Oliveira Rodrigues	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229116">https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229116</a>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>88</b>
EDGE COMPUTING: AS NOVAS ARQUITETURAS COMPUTACIONAIS E APLICAÇÕES NA ÁREA MÉDICA	
Leonardo de Almeida Cavadas Renato Cerceau Sergio Manuel Serra da Cruz	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229117">https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229117</a>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>108</b>
EVALUATION OF THE WETTABILITY OF EPOXY/GRANITE COMPOSITES THROUGH CONTACT ANGLE	
Jorge Luiz Siqueira da Costa Neto Antonio Renato Bigansolli Sinara Borborema Belmira Benedita de Lima-Kühn	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229118">https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229118</a>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>115</b>
INFLUENCIA DE LA MODALIDAD DE ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA EN EL NIVEL DE APROVECHAMIENTO DEL USO DE APLICACIONES MÓVILES	
Arizbé del Socorro Arana Kantún Noemi Guadalupe Castillo Sosa Cintia Isabel Arceo Fuentes	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229119">https://doi.org/10.22533/at.ed.0102229119</a>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>122</b>
MODELAGEM E PROJETO DE CONTROLADORES PARA UM SISTEMA DE LEVITAÇÃO DE UMA ESFERA POR UM FLUXO DE AR	
Heros Carvalho Soares Nathan Phillippe Almeida Mendes	

# SUMÁRIO

Eduardo Santos de Alemdia  
Cláudio Henrique Gomes dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291110>

## **CAPÍTULO 11 ..... 135**

NONLINEAR MODEL OF COD AND OBD/COD AT THE CAXIAS DO SUL LANDFILL USING NEURAL NETWORKS

Ana M. C. Grisa  
Edson Luiz Francisquetti  
Mara Zeni Andrade  
José A. Muñoz H.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291111>

## **CAPÍTULO 12 ..... 153**

NOVAS TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM BIBLIOTECONOMIA: UM ESTUDO COMPARATIVO DA MODALIDADE A DISTÂNCIA E PRESENCIAL

Lílian da Cruz Sousa  
Núbia Moura Ribeiro  
Marcelo Santana Silva  
Jerisnaldo Matos Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291112>

## **CAPÍTULO 13 ..... 167**

PROJETO E FABRICAÇÃO DE UMA CÂMARA DE EBULIÇÃO NUCLEADA PARA ELEVADAS PRESSÕES

Paulo Ricardo Godois  
Gustavo Alberto Ludwig

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291113>

## **CAPÍTULO 14 ..... 184**

VEÍCULOS ELÉTRICOS: O POTENCIAL BRASILEIRO PERANTE O MUNDO

Márcio Mendonça  
Caio Ferreira Nicolau  
Carlos Alberto Pachalino  
Rodrigo Rodrigues Sumar  
Kazuyoshi Ota Junior  
Francisco de Assis Scannavino Junior  
Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin  
Marcos Antonio de Matos Laia  
André Luis Shiguemoto  
Ricardo Breganor  
Rodrigo Henriques Lopes da Silva  
Michelle Eliza Casagrande Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291114>

## **CAPÍTULO 15 ..... 200**

VIABILIDADE DE UMA FERRAMENTA PARA ORIENTAÇÃO AOS

## **RESPONSÁVEIS POR PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Manuelle Osmarin Pinheiro de Almeida

Raquel de Brito

Gabriely Cristina Agostineto

Júlia Eduarda Hentz

Rafael Terras

Jorge Luiz Haack

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291115>

## **CAPÍTULO 16..... 210**

### **USO DOS RESÍDUOS DE PEDRA MORISCA DA CIDADE DE CASTELO DO PIAUÍ NA PRODUÇÃO DE CONCRETO**

Jamie Lívia da Costa Soares Farias

Letícia Queiroz Monteiro

Linardy Moura de Sousa

Laécio Guedes do Nascimento

Amanda Fernandes Pereira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.01022291116>

## **SOBRE A ORGANIZADORA ..... 228**

## **ÍNDICE REMISSIVO ..... 229**

# CAPÍTULO 1

## A IMPORTÂNCIA DA BIOMASSA, COMO FONTE ENERGÉTICA NO DESENVOLVIMENTO RURAL EM ANGOLA

---

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Carlos Lopes**

Docente na Faculdade de Engenharia da  
Universidade Agostinho Neto  
Luanda

**RESUMO:** O objectivo desta apresentação está relacionada com a análise do potencial de biomassa existente nas regiões rurais em Angola, no seu desperdício nas mais distintas vertentes, e na possibilidade para o seu aproveitamento para produção de energia nas mais diversas formas. As queimadas anárquicas que se têm observado a nível de todo território nacional, reflectindo-se numa grave agressão á biodiversidade e com um desaproveitamento energético evidente, que poderia eventualmente ser usado para o desenvolvimento do meio rural, mereceu também uma análise e reflexão no âmbito deste trabalho. Independentemente da biomassa ser uma das fontes de energia mais antigas no mundo e que surge com a descoberta do fogo, a realidade em Angola tem demonstrado num quase desaproveitamento desta importante fonte energética, devendo-se sobretudo ao desconhecimento desta potencialidade energética, junto das comunidades rurais.

A quase inexistência de acesso á energia eléctrica no meio rural em Angola, associada ao nível de pobreza do habitantes rurais, comparativamente ao que se verifica nos meios urbanos no geral, faz com que em alguns casos estes recorram a fontes de energia provenientes dos combustíveis fósseis, com o inconveniente do seu custo, e com as consequências negativas que estes provocam ao meio ambiente, com a emissão de gases causadores do efeito de estufa, contribuindo para alterações climáticas á escala global, e com consequências dramáticas que afectam a humanidade no geral. A falta de tratamento dos excrementos animais, que expostos ao ar livre provocam da mesma forma a libertação de gases nocivos ao meio ambiente, e proporcionando riscos á saúde pública, inconvenientes que poderiam ser minimizados com o uso adequado de biodigestores, com custos relativamente acessíveis e com o aproveitamento de gазes combustíveis e de biofertilizante, para enriquecimento dos solos agrícolas. O aproveitamento racional da biomassa, nas suas mais distintas formas, e neste caso em particular a partir dos excrementos dos animais, apresenta-se como uma importante alternativa energética, para a

sustentabilidade no meio rural, e numa perspectiva global. A ausência de energia eléctrica no meio rural, dificulta o crescimento da micro indústria, sobretudo no que concerne à moagem de grãos, para obtenção de farinhas que constituem a base alimentar da maior parte de dos habitantes rurais, assim como na conservação de produtos agrícolas e outros. Da mesma forma a iliteracia ali observada, poderia ser minimizada com o acesso à iluminação e a fontes de informação e de educação por via remota, e que a inexistência de acesso a energia eléctrica assim não possibilita. Nesta apresentação, pretende-se reflectir sobre a importância desta fonte de energia, com base em dados quantitativos aplicados a alguns exemplos particulares, no sentido de alertar e incentivar a busca de políticas que permitam a divulgação e implementação de geradores energéticos com base nos biodigestores, usando a biomassa como combustível, e na produção de biofertilizantes para empoderamento dos solos, funcionando como importante contributo sustentável para o desenvolvimento do meio rural.

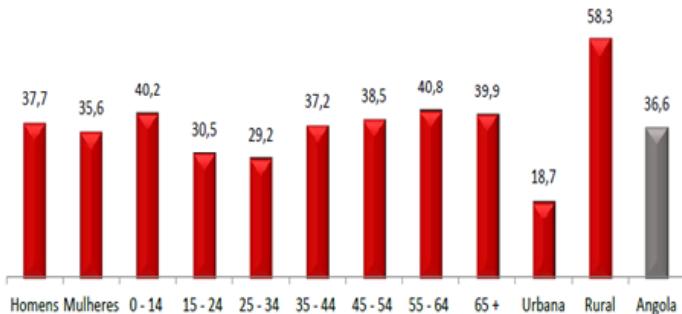
**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa, energia, renovável, biodigestor, desenvolvimento, rural.

## 1 | INTRODUÇÃO

A base de desenvolvimento do ser humano, assenta em distintas necessidades fundamentais sendo uma delas o acesso a fontes de energia, particularizando aqui a energia eléctrica como fonte indispensável para o contributo evolutivo do modo de vida de qualquer ser humano. A quase inexistência desta importante fonte de energia, no meio rural em Angola, não tem permitido proporcionar uma perspectiva de desenvolvimento aceitável e promissor nestas regiões. A evolução global, nos seus mais distintos segmentos, deveu-se sem sombra de dúvida à disponibilidade de energia nas mais diversas vertentes, e a sua disponibilidade é um recurso indispensável para a garantia do desenvolvimento social, económico, e estratégico de qualquer comunidade, particularizando o meio rural que de uma forma geral, tem sido a mais penalizada no acesso a fontes energéticas.

## 2 | A CONDIÇÃO DE POBREZA NO MEIO RURAL

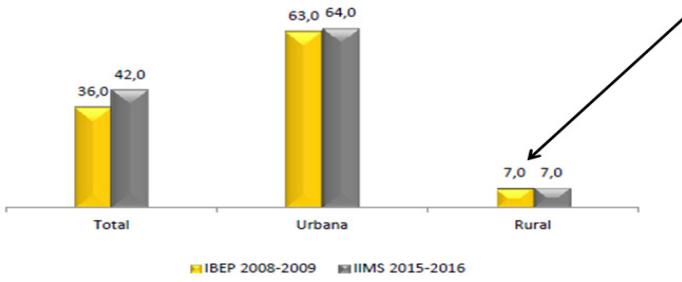
Embora as definições de pobreza sejam relativas em Angola, podemos considerar em resumo a pobreza como a insuficiência de recursos financeiros que garantam o asseguramento das condições básicas de subsistência e de bem estar de qualquer família. Os dados estatísticos disponíveis indicam que a maior parte deste grupo se encontra no meio rural conforme mostrado na Figura 1.Fonte INE (2008-2009).



Fonte de dados: INE, IBEP 2008-2009 Vol. III; IDR 2000-2001

Fig1 – Incidência de pobreza por sexo, grupo etário e área de residência- Fonte [1]

O acesso á energia eléctrica é determinante para a melhoria da qualidade de vida de qualquer comunidade. A existência desta fonte no meio rural, iria contribuir de forma marcante no desenvolvimento deste sector nos mais diversos segmentos, desde a conservação de produtos, o acesso á informação associados uma melhoria na qualidade da educação por via da possibilidade de acesso á fontes de educação remota, entre outros. O quadro da Figura 2 mostra o percentual de acesso á energia eléctrica por parte da comunidade rural, mostrando que somente 7% da população rural tem acesso a esta fonte de energia. Fonte do INE (2008-2009) e IMS (2015-2016).



Fonte de dados: INE, IBEP 2008-2009 e IIMS-2015-2016

Figura 2 Percentagem de agregados familiares com acesso a energia elétrica por área de residência - Fonte [2]

### 3 I O RECURSOS ENERGÉTICOS MAIS USADOS EM ANGOLA

Devido á escassez de outras fontes de energia e sobretudo a nível das zonas rurais, verifica-se que o maior consumo de energia por parte das populações, está relacionado com a confecção de alimentos, aonde a grande fonte energética provém da lenha e do carvão, conforme mostrado na Figura 3.

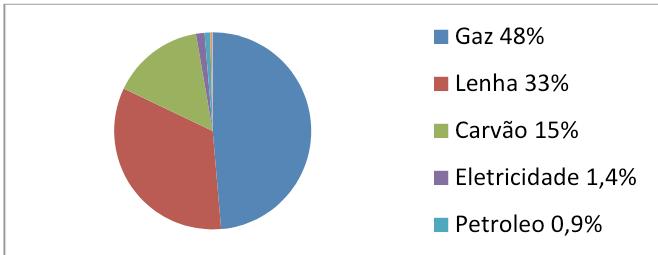


Figura 3 Fontes de energia para cozinhar em Angola - Fonte [3]

Esta situação tem provocado o desmatamento de imensas áreas florestais, com as consequências negativas ligadas ao impacto ambiental. Associa-se ainda o facto de todos os anos grandes áreas de savanas tropicais serem queimadas em Angola, provocando sérios distúrbios à natureza, e com sérios impactos, alguns deles ainda desconhecidos, mas com elevada influência no aquecimento global. As causas destas queimadas estão relacionadas principalmente com a preparação de campos agrícolas, produção de carvão, e caça. Realça-se aqui o facto das queimadas também reflectirem um desaproveitamento energético, pois existem actualmente técnicas que permitem um aproveitamento racional dos resíduos florestais para produção de energia.

#### **4 | A BIOMASSA COMO FONTE ENERGÉTICA**

A biomassa tem tido nos últimos anos, uma relativa relevância por permitir o aproveitamento de diversa matéria orgânica disponível na natureza, destacando aqui o uso dos dejectos animais como principal fonte, sobretudo no meio rural.

A massa biológica que por decomposição de resíduos orgânicos, resulte em energia é denominada por biomassa, assim sendo e numa perspectiva energética, a biomassa é o conjunto de toda a matéria orgânica que pode ter origem vegetal ou animal, e que pode ser aproveitada para produção de energia usando os mais diversos mecanismos. A diferenciação das fontes de biomassa é feita em função das suas características e origens, que podem ser obtidas desde a combustão directa, processos termoquímicos e processos biológicos como a digestão anaeróbia e fermentação. No âmbito desta apresentação, é destacado este último, os processos biológicos usando a digestão anaeróbia, com aproveitamento do biogás a partir dos dejectos animais, com recurso a biodigestores, a Figura 4 mostra um exemplo de biodigestor modelo indiano, embora existam outras tipologias mas que o objectivo final é o mesmo.

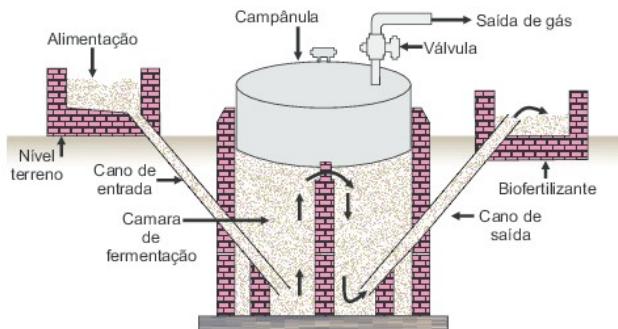


Figura 4 – Exemplo de um biodigestor indiano. (Fonte Fonseca 2009) Fonte - [4]

Trata-se de uma prática de aproveitamento energético em uso com sucesso em vários países, sobretudo no meio rural e cujo custo é relativamente baixo. As populações rurais vulgarmente recorrem à criação animal para auto-suficiência, e normalmente os dejectos destes animais são deixados ao ar livre, os constituintes destes dejectos animais afectam as águas superficiais por serem constituídos por matéria orgânica, nutrientes, bactérias fecais e sedimentos. A emissão de gases originados pelos dejectos podem produzir efeitos prejudiciais e alterar de forma indesejada, as características do ar e do ambiente e causar eventuais prejuízos à saúde pública, para além de poder propiciar o surgimento de chuvas ácidas devido à emissão de gases originados pelos dejectos e contribuírem de forma negativa no aquecimento global da terra.

## 5 | A BIOMASSA A PARTIR DO ESTERCO ANIMAL PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A decomposição dos dejectos pela acção de bactérias, num ambiente com ausência de ar, processo denominado como digestão anaeróbica que ocorre de forma natural com quase todos os compostos orgânicos, provoca a libertação de gazes alguns destes combustíveis conforme mostrado na Figura 5. Este processo é realizado pela digestão anaeróbica em biodigestores, onde o processo é favorecido pela humidade e pelo aquecimento que é provocado pela própria acção das bactérias, com a vantagem de se aproveitar o material resultante do processo como biofertilizante, que segundo experiências obtidas em vários sectores possui um bom potencial que em muitas circunstâncias pode substituir o adubo usual.

**Tabela 1: Possíveis percentuais dos constituintes do biogás**

Metano (CH <sub>4</sub> )	50% a 75%
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	25% a 40%
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	1% a 3%
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0,5% a 2,5%
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0,1% a 1%
Gás Sulfídrico (H <sub>2</sub> S)	0,1% a 0,5%
Amônio (NH <sub>3</sub> )	0,1% a 0,5%
Monóxido de Carbono (CO)	0% a 0,1%
Água (H <sub>2</sub> O)	Variável

Fonte: Cassini(2003)

Figura 5 – Percentuais aproximados dos constituintes do biogás - Fonte [5]

Com base no modelo adoptado pelo “*Intergovernmental Panel on Climate Change*” IPCC, podemos encontrar uma equação para calcular o Factor de Emissão do metano, FEM Fonte [8]

$$FEM = SV \times 365 \times \beta o \times 0,67 \times \frac{FCM}{100} \times SM$$

Onde

- FEM - Factor de emissão de metano (kgCH<sub>4</sub>/Cab.ano)  
 SV - Sólidos voláteis (kgsv/Cab.dia)  
 Bo - Capacidade de produção de metano pelo dejeto (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/kgsv)  
 0,67 - Conversão de m<sup>3</sup> de metano para kg (Adimensional)  
 FCM - fator de conversão de acordo com o manejo (%)  
 SM - Factor do sistema de gerenciamento dos dejectos (Adimensional)

**Tabela 1.** Valores tabelados da metodologia do IPCC para os parâmetros qualitativos.

Categoría	SV (kg cab <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	B <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> <sub>CH<sub>4</sub></sub> kg <sub>SV</sub> <sup>-1</sup> )	FCM (%)	SM
Suíños	0,3	0,29	0,79	1
Vacas de leite	2,9	0,13	0,79	1
Outros bovinos	2,5	0,1	0,79	1

Fonte: IPCC, 2006.

Tabela 1 – Parâmetros qualitativos - Fonte [6]

A Tabela 2 mostra-nos a relação comparativa de 1mm<sup>3</sup> de biogás com outros combustíveis usuais, no sentido de se aferir melhor o potencial energético aproximado do biogás.

Gasolina	Gasóleo	Biodiesel	GPL	Eletricidade	Lenha	Pellets madeira
0,61 litros	0,7 litros	0,55 litros	0,45 Kg	6,9 kWh	1,538 Kg	0,304 g

Fonte: Silva (2009)

Tabela 2 – Relação comparativa de 1mm<sup>3</sup> de biogás com outros combustíveis - Fonte [7]

A título de exemplo um suíno de porte médio, pode produzir aproximadamente 0,7 m<sup>3</sup> de biogás por dia, significando dizer que quatro suínos do mesmo poderiam produzir o equivalente a 21kWh de energia eléctrica, suficiente para alimentar uma habitação simples e típica do meio rural em Angola.

## 6 | CONCLUSÃO

O biogás configura-se uma energia renovável, contribui para a descentralização e é economicamente viável. As infraestruturas necessárias para construção do biodigestor estão disponíveis no mercado angolano. Garante a sustentabilidade do meio ambiente, devido à absorção de gases de efeito de estufa pelo ciclo natural de carbono neutro sobretudo na época agrícola. O biofertilizante, resultante do processo, funciona como factor de rentabilidade e economia para os camponeses. A produção de biogás a partir dos excrementos dos animais, é um procedimento que deve ser considerado, e que pode contribuir para o desenvolvimento rural em Angola.

Carlos Lopes

## REFERÊNCIAS

**Cardoso, Bruno Monteiro (2012) -Uso da Biomassa como Alternativa Energética** – Universidade Federal do Rio de Janeiro. (2012), Disponível em : <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005044.pdf>.

**INE –Angola (2017) – Objectivos de Desenvolvimento Sustentável** – Relatório sobre os indicadores de linha de base 2030. Disponível em: [file:///C:/Users/hp/Downloads/UNDP\\_AO\\_Relat%C3%B3rio%20ODS\\_IND\\_BASE\\_FINAL%202018%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/UNDP_AO_Relat%C3%B3rio%20ODS_IND_BASE_FINAL%202018%20(1).pdf)

**Lázaro, Gilson (2016)- Marginalização e Pobreza em Malanje Rural, Angola - Inge Tvedten,** (2016) Bergen: Chr. Michelsen Institute (CMI Brief vol. 15 no. 18) 4 p. Disponivel em: <https://www.cmi.no/publications/6123-marginalizacao-e-pobreza-em-malanje-rural-angola>

**Quitari, Garcia Neves (2010) - Agricultura familiar em Angola: as armadilhas conceituais da classificação dicotómica** Family farming in Angola: the conceptual traps of dichotomous classification Garcia Neves Quitari - p. 233-260 disponivel em: <https://journals.openedition.org/mulemba/2010>

**Scheufele, Fabiano Bisinella (2017) - Biomassa - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ SETOR PALOTINA.** Disponível em: [http://www.palotina.ufpr.br/portal/bioenergia/wp-content/uploads/sites/5/2017/05/Fabiano\\_Bisinella\\_Scheufele\\_2017-PPGB-Biomassa.pdf](http://www.palotina.ufpr.br/portal/bioenergia/wp-content/uploads/sites/5/2017/05/Fabiano_Bisinella_Scheufele_2017-PPGB-Biomassa.pdf)

**Walker, Eliana(2011) - ESTUDO DA VIABILIDADE ECONOMICA NA UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM PROPRIEDADES RURAIS.** Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/220/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Eliana%20Walker.pdf?sequence=1>

**Cassini** (2003, p124) Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Orgânicos e Aproveitamento do Biogás, Disponível em : <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/ProsabStudio.pdf>

[1] – Fonte: **INE –Angola (2017) – Objectivos de Desenvolvimento Sustentável** – Relatório sobre os indicadores de linha de base 2030. Disponível em: file:///C:/Users/hp/Downloads/UNDP\_AO\_Relat%C3%B3rio%20ODS\_IND\_BASE\_FINAL%202018%20(1).pdf

[2] – Fonte: **INE –Angola (2017) – Objectivos de Desenvolvimento Sustentável** – Relatório sobre os indicadores de linha de base 2030. Disponível em : file:///C:/Users/hp/Downloads/UNDP\_AO\_Relat%C3%B3rio%20ODS\_IND\_BASE\_FINAL%202018%20(1).pdf

[3] – Fonte: O Autor, Dados obtidos do **INE –Angola (2017) – Objectivos de Desenvolvimento Sustentável** – Relatório sobre os indicadores de linha de base 2030. Disponível em: file:///C:/Users/hp/Downloads/UNDP\_AO\_Relat%C3%B3rio%20ODS\_IND\_BASE\_FINAL%202018%20(1).pdf

[4] – Fonte : Araújo, Maria Isabel do Bú Dimensionamento de Biodigestores Indiano para a cidade de Campina Grande. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemistryproceedings/5erq4enq/eng19.pdf>

[5] – Fonte : **Cassini** (2003, pag 124) Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Organicos e Aproveitamento do Biogás. Disponível em : <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/ProsabStudio.pdf>

[6] – Fonte :**Mito,Jessica Yuki de Lima (2018, p22)** - Metodologia para estimar o potencial de biogás e biometano a partir de plantéis suínos e bovinos no Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Biog%C3%A1sFert+-+Metodologia+para+estimar+o+potencial+de+biog%C3%A1s+e+biometano+a+partir+de+plant%C3%A9is+su%C3%ADnos+e+bovinos+no+Brasil.pdf>

[7] – Fonte :**Lima, Ana Carolina Guedes (2012, p31)** – Avaliação do Potencial Energético do Biogás Produzido no Reator UASB da ETE-UFES. Disponível em : [https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/file/anexo/avaliacao\\_do\\_potencial\\_energetico\\_do\\_biogas\\_producido\\_no\\_reator\\_uasb\\_da\\_eta-ufes\\_reduzido.pdf](https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/file/anexo/avaliacao_do_potencial_energetico_do_biogas_producido_no_reator_uasb_da_eta-ufes_reduzido.pdf)

[8] – Fonte :**Mito,Jessica Yuki de Lima (2018, p19)** - Metodologia para estimar o potencial de biogás e biometano a partir de plantéis suínos e bovinos no Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Biog%C3%A1sFert+-+Metodologia+para+estimar+o+potencial+de+biog%C3%A1s+e+biometano+a+partir+de+plant%C3%A9is+su%C3%ADnos+e+bovinos+no+Brasil.pdf>

## CAPÍTULO 2

# ANÁLISE DE UM MATERIAL ALTERNATIVO A PARTIR DE BIOMASSA VEGETAL PARA UTILIZAÇÃO COMO CHAPAS E AGLOMERADOS DE MADEIRA

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Jamile Teixeira Manoel**

Acadêmica do Curso de Engenharia Civil,  
Universidade Cesumar – UNICESUMAR,  
Campus Ponta Grossa/PR, Bolsista PIBIC/  
ICETI-UniCesumar

### **Maicon Ramon Bueno**

Co-Orientador, Mestre, Departamento de  
Engenharias, UNICESUMAR

### **Flávia Sayuri Arakawa**

Orientadora, Doutora, Departamento de  
Engenharias, UNICESUMAR

**RESUMO:** Decorrente das novas tecnologias, a área da construção civil busca inovações em seus sistemas construtivos que haja possibilidade de serem aplicadas nas edificações. Materiais alternativos sustentáveis vem sendo o alvo destes estudos, pretendendo aprimorar as suas propriedades e seu desempenho. O presente estudo teve como objetivo desenvolver um material compósito para fabricação de aglomerados e placas isolante térmicas com aplicabilidade na construção civil. O material constitui-se com uma base de poliestireno expandido (EPS) pós-consumido, reforçado com

celulose de biomassa vegetal de bagaço de cana-de-açúcar (BCA) utilizando agentes compatibilizantes. Os agentes compatibilizantes são aditivos químicos ou poliméricos, que tem como funcionalidade proporcionar resistência a inflamabilidade no material. O BCA é um resíduo obtido do processo produtivo de álcool e açúcar e o EPS habitualmente é conhecido como isopor, sendo utilizado na construção de edificações e utilizado em diversas embalagens, geralmente descartado e com potencialidade de reprocessamento. O material compósito (BCA/EPS), (BCA/Agentes compatibilizantes), constituem-se em uma proporção (v/v) de 30% de BCA e 70% de solução composta do EPS e o agente compatibilizante. A caracterização do material compósito foi realizada por meio de análises térmicas, análise de resistência à compressão, absorção de água e flamabilidade de acordo com a norma ABNT/NBR 11752:2016. Portanto como resultados no ensaio de absorção de água os valores obtidos foram satisfatórios, pois não ultrapassaram 100%, já no ensaio de flamabilidade o material foi comprovado como não retardante à chama.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bagaço de cana de açúcar; Material Compósito; Poliestireno

Expandido.

**ABSTRACT:** Due to new technologies, a civil construction area seeks innovations in its construction systems that can be applied in buildings. Alternative materials, which have been the subject of studies, aiming to improve their properties and performance. The study aimed to develop a composite material for the manufacture of agglomerates and insulating boards with thermal applications with applicability in civil construction. The material consists of a post-consumer expanded polystyrene (EPS) base, reinforced with sugarcane bagasse plant biomass (BCA) cellulose through compatibilizers. Compatibilizing agents are chemical or polymeric additives whose functionality is to provide flammability resistance to any material. The BCA used in civil construction is known as sugar and is used in various packages, usually discarded and used in the construction of reprocessing. The compatibilizing material (BCA/EPS), (BCA/Compatibilizing Agents), is proposed in the proportion (v/v) of 30% BCA and 70% EPS and the compatibilizing agent. The characterization of the material in terms of thermal resistance was carried out through comparison with the thermal resistance, analysis of NT1 flame resistance, water absorption according to the AB/NBR1752:2 standard. Therefore, there was no water absorption test, as the results were not obtained with 1% flame resistance, as the results were not obtained waterproof.

**KEYWORDS:** Composite material; Sugar cane bagasse; Expanded polystyrene.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar, cujo processo resulta em um resíduo amplamente desperdiçado de bagaço de cana de açúcar (BCA). O BCA é um resíduo lignocelulósico gerado na cadeia produtiva sucroalcooleiras durante o processo de extração do caldo de cana para a produção de etanol e açúcar (EMBRAPA, 2013).

Estima-se que sobram cerca de 5 a 12 milhões de toneladas de BCA, que corresponde a 30% da cana moída (PEDRESCHI, R., 2009). Grande parte deste resíduo é reaproveitado pelas indústrias na geração de energia elétrica e no aquecimento, porém ainda há o sobressalente. Existem inúmeros estudos visando o seu potencial energético, visto que as características físicas e químicas desse material encontram grande aplicação na indústria química. Além disso, vem sendo utilizado na produção de biomassa microbiana e também, reutilizado para a fabricação de novos materiais para a construção civil (REMAP, 2007).

Outro material que também é descartado de forma indevida é poliestireno expandido, originário da sigla internacional *Expanded Polystyrene* (EPS). No Brasil, este material é comercializado como isopor. O EPS é um homopolímero pertencente ao grupo dos termoplásticos. Considerado um plástico rígido, é decorrente da polimerização do estireno em água, através da reação fotoquímica (VIRTUAL, 2018). O EPS pode ser facilmente reciclado, possui baixo custo, alta resistência a ácidos e álcalis, baixa resistência a solvente orgânico e intempéries (KAWA, 2014). No Brasil, o segmento que mais consome é o de embalagens, com 50% da ocupação total, seguido da construção civil com 35%

e utilidades domésticas com 15%. Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Isopor (ABRAPEX) a produção mundial é de 2.95 milhões de toneladas anuais, sendo 3% um material considerado eterno e ocupa muito espaço devido a sua baixa densidade, causando problemas nos aterros sanitários municipais ou industriais (ALVES, 2014).

Sendo assim, como esses resíduos de BCA e EPS são descartados em larga escala e na grande maioria das vezes não são totalmente reaproveitados, os mesmos podem ser utilizados na fabricação de novos materiais, como os materiais compósitos.

Os materiais compósitos são definidos como misturas (ao nível macroscópico) não solúveis de dois ou mais constituintes com distintas composições estruturais e propriedades que se combinam e em que um dos materiais garante a ligação (matriz) e outro a resistência (reforço). O principal objetivo de ser produzir compósito é de combinar diversos materiais com propriedades diferentes em um único material com propriedades superiores às dos componentes isolados. A preparação do compósito de madeira com polímero é uma prática antiga particularmente quanto ao uso de resinas termorrígidas com uréia, fenol ou melamina-formaldeído e isocianatos na produção de painéis *Medium-density fiberboard* (MDF) (JESUS, 2014).

Industrialmente, na fabricação de chapas e aglomerados em madeira, utilizam-se adesivos comerciais com resinas sintéticas (fenólicas e uréicas), pois possuem baixa resistência à umidade e propiciam redução do tempo de prensagem, melhor comportamento higroscópico dos painéis (CARNEIRO, 2004). Após a crise do petróleo na década de 1970, o interesse pelos adesivos precedentes de fontes naturais aumentou consideravelmente com o objetivo de substituir, parcialmente ou totalmente, os adesivos comerciais (CARNEIRO et al, 2009).

Nos últimos anos, tem crescido o interesse pelo desenvolvimento de tecnologias ambientalmente corretas. Ademais, os problemas subsequentes da elevada quantidade de resíduos produzidos a partir dos processos industriais e a disposição/destinação são alguns dos impasses há serem averiguados em âmbito tanto social quanto ambiental (JESUS, 2014).

Diante o exposto, o presente estudo tem como objetivo desenvolver um material compósito sustentável, utilizando resíduos de BCA, EPS e aglutinantes para possível aplicação como chapas e aglomerados na construção civil.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais produzidos foram avaliados conforme a norma ABNT NBR 11752 – Para materiais celulares de poliestireno expandido para isolamento térmico na construção civil (ABNT, 2016). De acordo com os resultados obtidos, foi realizada a classificação conforme as características descritas na norma (Tabela 1).

PROPRIEDADES	UNIDADE	CLASSE P			CLASSE F		
		I	II	III	I	II	III
Tipo de material	-						
Resistência a compressão com 10% de deformação	kPa	≥60	≥70	≥100	≥60	≥70	≥100
Absorção de água	g/cm <sup>3</sup> x 100	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
Coeficiente de condutividade térmica	W/(m.k)	≤0,042	≤0,039	≤0,037	≤0,042	≤0,039	≤0,037
Flamabilidade	-	Material não-retardante			Material retardante		

Tabela 01 – Características para a classificação do material compósito conforme a ABNT NBR 11752.

Fonte: (ABNT, 2016).

## 2.1 Coleta dos resíduos de BCA e EPS

O bagaço de cana-de-açúcar (BCA) foi coletado em uma empresa do setor sucroalcooleiro localizado no município de Ibaiti – PR, Destilaria de Álcool Ibaiti Ltda. O poliestireno expandido (EPS) foi coletado a partir do descarte de caixas de produtos eletrodomésticos.

## 2.2 Preparação dos materiais compósitos

### 2.2.1 Preparação dos compósitos com Acetato de etila

Incialmente, o resíduo de BCA foi triturado para obter um material mais granulado e homogêneo. Foram preparadas 10 amostras do material compósito em moldes de inox com dimensões de 9 cm; 8,6 cm; 7,7cm de diâmetro e 1 cm de espessura. A composição do material compósito, constitui-se em uma proporção (v/v) de 30% de BCA e 70% de solução composta do EPS e o ligante acetato de etila. Para o preparo da solução de EPS e acetato de etila foi solubilizado 130 g de EPS em 300 ml de acetato de etila. Para cada amostra, foi misturado 3,5 g de BCA, correspondente da solução e do BCA à 1,43 g/cm<sup>3</sup> e 0,303 g/cm<sup>3</sup>. As amostras foram moldadas e deixadas em repouso por aproximadamente 7 dias em temperatura ambiente para a sua secagem natural. Após esse período, os compósitos foram retirados dos moldes e lixados para melhor acabamento.

## 2.3 Avaliação dos materiais compósitos

Os ensaios foram realizados de acordo a norma ABNT NBR 11752/2016 – Para materiais celulares de poliestireno expandido para isolamento térmico na construção civil (ABNT, 2016) conforme as normativas específicas para análise de resistência à compressão, absorção da água, condutividade térmica e flamabilidade.

*Análise de resistência à compressão:* o ensaio com a norma ABNT-8082/2016 (ABNT, 2016), como resistência a compressão a 10% de deformação. Logo, as amostras serão comprimidas em uma prensa à 0,2 cm/min durante 60 segundos para atingir a

deformação de 10% da espessura total. Na análise para a resistência à compressão foi utilizada a Equação 1:

$$Rc = \frac{F_{max}}{A} \text{ Eq. (1)}$$

Onde:

- $F_{máx}$  = força a 10% de deslocamento (N);
- $A$  = Área da base do corpo de prova ( $m^2$ );
- $Rc$  = resistência à compressão a 10% de deformação (Mpa);

*Análise de absorção de água:* o ensaio foi realizado seguindo a norma da ABNT NBR 7973 (ABNT, 2007). Inicialmente, serão verificadas a massa das amostras secas, e posteriormente, serão imersas em um recipiente com um volume de água de aproximadamente 600 ml por um período de 24 h. Após esse período, as amostras saturadas de água serão pesadas e secas em estufa a temperatura de 100°C por um período de 3 horas. Após a secagem, serão verificadas a massa final e porcentagem de absorção de água. A Equação 2, foi utilizada para o cálculo da porcentagem de absorção de água.

$$Abs = \left( \frac{(Ms - Md)}{Md} \right) \cdot 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo:

- $Abs(\%)$  = Porcentagem de absorção de água;
- $Ms$  = Massa saturada (g);
- $Md$  = Massa após a secagem (g).

*Análise térmica:* para análise da condutividade térmica do material compósito serão utilizado o Método da Placa quente protegida - Projeto de Norma 02:135.07-001/4 (SIMIONI, 2005). Serão utilizados termômetros para registrar as temperaturas em três diferentes pontos do calorímetro (T.1; T.2; T.3) como mostrado na Figura 2<sup>a</sup>. Logo, T.1, T.2 e T.3 é onde os termômetros encontram-se posicionados. A temperatura foi registrada no início de cada ensaio em intervalos de 10 minutos em 10 minutos totalizando 120 minutos. O calorímetro possui uma divisão entre as duas câmaras e um furo central com o diâmetro do corpo de prova (Figura 1a). De acordo com o gradiente de temperatura em pontos específicos da câmara e a taxa de calor fornecido pela lâmpada, será analisado o coeficiente de condutividade térmica do material produzido.

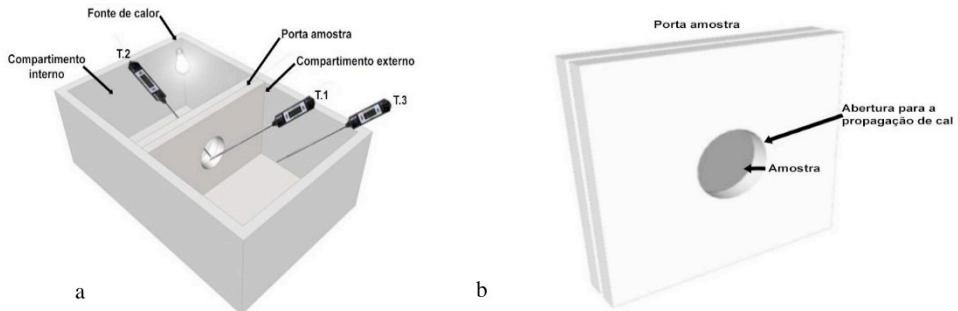


Figura 01 – (a) Calorímetro. (b) Porta amostra

Fonte: SOUZA (2017).

Logo, para a realização da construção do calorímetro, fez-se necessária a utilização de alguns materiais, sendo eles:

- Termômetro (TP101);
- Lâmpada (Empalux – 100W);
- Caixa de Isopor – sistema de calorímetro;
- Corpo de prova (7,7cm de diâmetro e 1 cm de espessura).

De acordo com Projeto de Norma 02:135.07-001/4 (SIMIONI, 2005), foram posicionados os termômetros (T.1, T.2 e T.3) em pontos estratégicos na caixa a fim da obtenção de um melhor resultado de temperatura e como o material se comporta durante o processo (Figura 02 e 03):

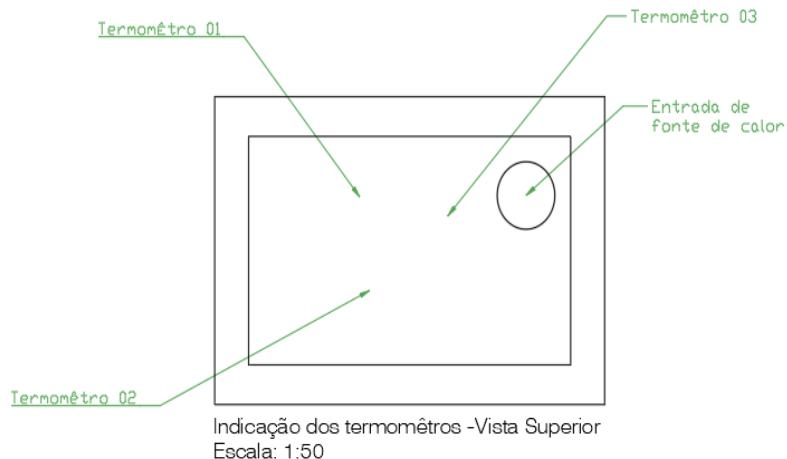
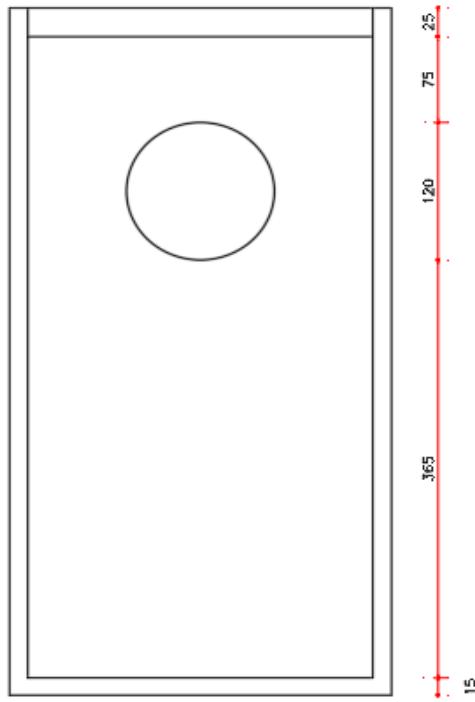


Figura 02 – Calorímetro com os termômetros posicionados e a fonte de calor (lâmpada).

Fonte: Autores: 2022.



Corte A  
Escala: 1:50

Figura 03 – Suporte para posicionar o corpo de prova.

Fonte: Autores: 2022.

Para definir o coeficiente de condutividade térmica  $k$ (W/m\*K) foi utilizado a Equação 03, para a análise da condução de calor dada pela Lei Fourier:

$$q = -k \cdot A \cdot \left( \frac{dT}{dx} \right) \text{ Eq. 03}$$

Onde:

- $k$  = Condutividade térmica do material (W/s);
- $A$  = Área normal à direção de fluxo na transferência de calor e massa ( $m^2$ );
- $q$  = Taxa de transferência de calor na condução de calor (cal);
- $dt$  = gradiente de temperatura ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ );
- $dx$  = espessura o material (m).

*Flamabilidade:* o teste foi realizado conforme a norma UL94V (Underwriters Laboratories, 2019). As amostras foram suspensas verticalmente em uma fonte de calor (Bico de Bunsen) a uma altura de 2 cm por 10 segundos. Após esse tempo, se a combustão se auto extinguir até 30 segundos, sem consumir mais de 12 cm do material, ele será

considerado um material retardante a chama, caso contrário, é considerado um material não retardante a chama.

### 3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados os ensaios sugeridos na ABNT NBR 11752 – Para materiais celulares de poliestireno expandido para isolamento térmico na construção civil (ABNT, 2016)

#### 3.1 Análise de absorção de água

Os resultados da análise de absorção de água estão mostrados na Tabela 2. Analisou-se em duplicata (Amostra 1 e Amostra 2) as massas dos materiais compósitos antes e após a imersão em água e massa após a secagem em estufa. Os resultados obtidos neste ensaio foram satisfatórios, pois nele pode-se ver que a porcentagem de absorção do material compósito é baixa. -

	RECIPIENTE COM ÁGUA		ESTUFA PARA SECAGEM		PORCENTAGEM DE ABSORÇÃO
	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	
AMOSTRA 1	26,98	26,57	26,57	25,91	4,13%
AMOSTRA 2	24,32	23,95	23,95	23,46	3,67%

Tabela 02 – Resultado do ensaio de absorção de água.

Fonte: Autores, 2022.

Na Figura 03 (a) é possível observar os corpos de prova antes da imersão em água e na Figura 03 (b) durante a imersão em água:

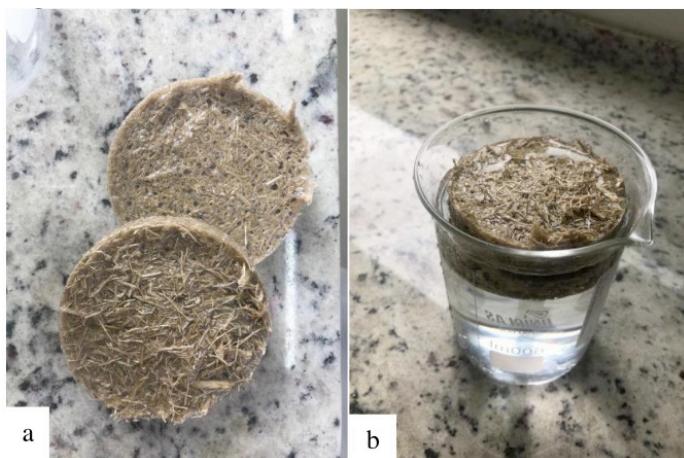


Figura 03 – (a) antes da imersão (b) durante o material imerso

Fonte: Autores, 2022

De acordo com as especificações da ABNT NBR 7973 (ABNT, 2007), pode-se constatar que o material compósito não absorveu muita água em relação ao seu tamanho de 7,7cm de diâmetro e 1cm de espessura. Em relação ao inchamento em espessura, antes da imersão em um recipiente com água a espessura dos corpos de prova eram de 1cm, após as 24 horas de imersão o material dilatou 0,4 cm, totalizando 1,4cm. Após a secagem em estufa houve uma pequena diferença na massa de 25,91g, sendo que a inicial era de 26,98g. Logo, pode-se observar que com os valores obtidos nos ensaios se enquadram dentro da ABNT NBR 11752 (ABNT, 2016), pois nela sugere que a absorção de água deve ser menor que 100% ou 1g/cm<sup>3</sup>. Por conseguinte, os resultados obtidos neste ensaio foram de 4,13% (Amostra 01) e 3,67% (Amostra 02). Logo, as porcentagens encontradas são próximas, pois a quantidade da mistura colocada em cada molde para confecção do material foi parecidas, por isso os valores aproximados.

### **3.2 Coeficiente de condutividade térmica**

É a análise de diferentes temperaturas no intervalo de 10 à 10 minutos, totalizando 120 minutos. Na tabela 04 é possível observar as temperaturas obtidas dentro do intervalo de tempo citado. Logo, com a Equação 03 é possível definir o coeficiente de condutividade térmica.

INTERVALO DE TEMPO( min)	TEMPERATURAS (°C)		
	T1	T2	T3
0	27	32, 1	26,7
10	45	73,1	45,3
20	52,9	82	52,5
30	56,6	86,1	55,2
40	59,1	88,9	56,9
50	60,9	89,9	58,9
60	60,9	90,6	59,9
70	61,4	90,7	59,9
80	61,3	90,6	59,9
90	61,6	92	59,9
100	60,1	91,9	60,2
110	60,1	91,9	62,2
120	62,2	92,1	59,8

Tabela 04 – Temperaturas obtidas.

Fonte: Autores, 2022.

Desta forma, T.1, T.2 e T.3 são os pontos nos quais o termômetro estava localizado no calorímetro, a fim de obter as temperaturas ambiente, material, mais afastada do corpo de prova.

### 3.3 Flamabilidade

O corpo de prova foi submetido ao ensaio de Flamabilidade como descrito na norma UL94V (Underwriters Laboratories, 2019). Após o início da combustão do material compósito não se auto extinguiu, pelo contrário a chama no material só aumentou, devido a sua composição e por ser inflamável. Na Figura 03, pode-se observar a combustão só cessou após a combustão total do material.



Figura 03 – Corpo de prova durante a realização do ensaio.

Fonte: Autores, 2022.

O material compósito havia sido retirado com apenas 10 segundos suspenso verticalmente em bico de Bunsen em cima de uma chama de 2 cm aproximadamente. A combustão do material foi muito rápida, durou em torno de 30/40 segundos e precisou ser cessada. Desta forma, o material compósito é classificado com um material não retardante à chama.

### 3.4 Resistência compressão

O ensaio de resistência à compressão dos materiais compósitos não foi possível ser realizado devido a problemas de calibração e manutenção do equipamento (Multiprensa). Observou-se que em algumas análises realizadas os resultados apresentados não eram confiáveis, portanto, não sendo possível concluir esta análise.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Presento, trabalho apresentado teve como objetivo, fazer a confecção de um material alternativo com EPS e reforçado com celulose de biomassa vegetal de BCA atendeu parcialmente as especificações da ABNT NBR 11752/2016. Já ensaio de absorção de água, os valores alcançados foram satisfatórios, pois a absorção foi inferior ao que a norma solicitava, no caso inferior a 100%. Já no ensaio de Flammabilidade, pode-se constatar que o corpo de prova não é retardante a chama. Sendo assim, o propósito deste relatório foi alcançado, o material compósito pode ser classificado na Classe P-I. Desta forma, o material alternativo sustentável tem potencial para ser utilizado na fabricação de chapas e aglomerados na construção civil.

## REFERÊNCIAS

ALVES, C. A. et al. **Reaproveitamento do poliestireno expandido: Comprovação da sustentabilidade do emprego de resíduos de EPS.** Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/21cbeccimat/CD/PDF/416-004.pdf>>. Acessado em: 21 de março de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 11752:2016: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial – Especificações.** Rio de Janeiro, p. 1-5. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 7973:2007: Poliestireno expandido para isolação térmica – Determinação da absorção de água.** Rio de Janeiro, p. 1-5. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 8082:2016: Espuma rígida de poliuretano para fins de isolação térmica – Determinação da resistência à compressão.** Rio de Janeiro, p. 1-5. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto: 02:135.07-001/4: Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida – Desempenho térmico de edificações.** Rio de Janeiro, p. 4-7. 2003.

CARNEIRO, A. C. O. et al. **Propriedades de chapas de flocos fabricadas com adesivo de uréia-formaldeído e de taninos da casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ou de *Eucalyptus pellita* F. Muell.** Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622004000500011](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622004000500011)>. Acessado em: 6 de fevereiro de 2021.

CARNEIRO, A. C. O. et al. **Propriedades de chapas de aglomerado fabricadas com adesivo tânico de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e uréia-formaldeído.** Visçosa: Universidade Federal de Visçosa, 2009.

JESUS, L. C. C. **Obtenção e Caracterização de Compósito de Poliestireno Expandido Pós-consumo Reforçados com Celulose de Bagaço de Cana-de-açúcar.** Brasília: Universidade de Brasília, 2014.

JESUS, L. C. C. et al. **Propriedades mecânicas de compósitos de poliestireno reforçado com celulose de bagaço de cana.** Brasília: Revista Interdisciplinar de pesquisa em engenharia, 2014.

KAWA, L. **Meio Ambiente: Poliestireno – (Isopor)**. Disponível em: <<http://professoralucianekawa.blogspot.com/2013/12/poliestireno-isopor.html>>. Acessado em: 31 de outubro de 2019.

PEDRESCHI, R. **Aproveitamento do bagaço de cana na indústria sucroalcooleira na produção de painéis aglomerados**. Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2009.

REMAP. **Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos**. Disponível em <<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/28/64>>. Acessado em: 29 de novembro de 2020.

SANTOS, W. R. G. et al. **Absorção de água em materiais compósitos usando o modelo de Langmuir: uma nova formulação matemática**. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/28121>>. Acessado em: 02 de agosto de 2021.

VIRTUAL, P. **O que é EPS?**. Disponível em <<https://plasticovirtual.com.br/o-que-e-eps/>>. Acessado em: 23 de novembro de 2019.

## CAPÍTULO 3

# ANÁLISE POR MEIO DE LINGUAGEM R, E PREVISÃO DE LUCROS DE UMA TRANSPORTADORA NO PERÍODO PRÉ E PÓS- PANDEMIA COVID-19

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Márcio Mendonça**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM-CP)  
UTFPR -CP  
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

### **Carlos Alberto Paschoalino**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica UTFPR - Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/0419549172660666>

### **Francisco de Assis Scannavino Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica UTFPR - Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/4513330681918118>

### **Fabio Rodrigo Milanez**

Faculdade da Indústria SENAI Londrina  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica- Londrina -PR  
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

### **Gabriela Helena Bauab Shiguemoto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica UTFPR - Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3301713295448316>

### **Ricardo Breganom**

Instituto Tecnológico Federal do Paraná  
Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica - IFPR – Jacarezinho - PR  
<http://lattes.cnpq.br/2441043775335349>

### **Kazuyochi Ota Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Mestrando- Programa de Programa de Mestrado de Engenharia Mecânica (PPGEM)  
Departamento de Engenharia Mecânica-  
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

### **Rodrigo Rodrigues Sumar**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Elétrica -UTFPR Cornélio Procópio -- PR  
<http://lattes.cnpq.br/1461760661483683>

### **Michelle Eliza Casagrande Rocha**

Engenheira projetista elétrica- Unopar Londrina-Pr  
<http://lattes.cnpq.br/4411484670091641>

**Vera Adriana Azevedo Hypolito**

Departamento Computação-ETEC E

stácio de Sá - Ourinhos-SP

<http://lattes.cnpq.br/6169590836932698>

**João Maurício Hypolito**

Departamento Computação-FATEC

Ourinhos-SP

<http://lattes.cnpq.br/5499911577564060>

**Luiz Eduardo Pivovar**

Departamento Acadêmico de

Engenharia Mecânica - IFPR

Jacarezinho - PR

<http://lattes.cnpq.br/6483784867234907>

**RESUMO:** Este artigo propõe uma análise de uma série temporal estacionária, a qual tem uma tendência, como será visto nos resultados estatísticos e nos resultados de uma análise financeira com dados históricos reais de uma empresa de transporte de cargas. A priori, a empresa apresentou um aumento nos lucros no período da Pandemia. Entretanto, utilizando Linguagem R foi empregada na análise e o Excel da Microsoft como ferramenta por meio de um histórico de dados da empresa, previamente fornecido pela emprega, como o Excel não tem ferramentas para uma análise mais criteriosa sobre o comportamento da série, uma prévia empregando linguagem R foi implementado. De um modo específico, os dados retratam faturamento da empresa antes do período da pandemia. E, pode-se observar que de acordo com a tendência apresentada pela série com valores máximos e mínimos com 95% de confiança, a empresa poderia ter obtido maior lucro caso não tivesse ocorrido a pandemia, como já era previsto. Dados reais do período de pandemia constatam essa análise. A empresa analisada foi supracitada, entretanto, esse artigo pretende fundamentar e sugerir a aplicação da técnica na análise financeira de outros tipos de negócios. O trabalho se encerra com uma conclusão e endereça futuros trabalhos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Séries Temporais, análise e previsão e análise de lucros, histórico de dados reais, lucros na pandemia covid-19

## TIME SERIES APPLICATED IN THE PROFIT FORECAST OF A TRANSPORT COMPANY IN THE PERIOD OF EARLY AND AFTER COVID-19 PANDEMIC

**ABSTRACT:** This article proposes an analysis of a stationary time series, which has a trend, as will be seen in the statistical results and financial analysis results with real historical data of a cargo transport company. A priori, the company showed an increase in profits during the Pandemic period. However, using R language was used in the analysis and Microsoft Excel as a tool through a history of company data previously provided by employees. As Excel does not have tools for a more careful analysis of the behaviour of the series, a preview employing R language has been implemented. Specifically, the data portray the company's revenue before the pandemic period. Moreover, it can be observed that according to the

trend presented by the series with maximum and minimum values with 95% confidence, the company could have obtained more significant profit if the pandemic had not occurred, as was already predicted. Real data from the pandemic period confirm this analysis. The analysed company was mentioned above. However, this article intends to substantiate and suggest applying the technique in the financial analysis of other types of businesses. The work ends with a conclusion and addresses future work.

**KEYWORDS:** Time series, forecasting, and analysis of gain, accurate historical data, and profits in the covid-19 pandemic.

## 1 | INTRODUÇÃO

A perspectiva de antever o futuro sempre encantou a humanidade. Saber o que vai acontecer antes mesmo que os primeiros sinais apareçam podem fornecer melhor uso dos efeitos benéficos ou até mesmo maléficos, os quais devemos tomar ações de controle para eventos futuros positivos, ou uma preparação prévia de possíveis efeitos adversos.

Possivelmente, mais importante que reconhecer os resultados é reconhecer o que pode interferir, favorável ou desfavoravelmente, nos processos contínuos, para permitir o planejamento (SOCIETY, 2016). Neste contexto, análise de séries temporais tem inúmeras aplicações em áreas financeiras (ZHANG; LI; YU, 2009).

De um modo geral, uma série temporal é uma sequência de realizações (observações) de uma variável ao longo do tempo. Dito de outra forma, é uma sequência de pontos (dados numéricos) em ordem sucessiva, geralmente ocorrendo em intervalos uniformes. Portanto, uma série temporal é uma sequência de números coletados em intervalos regulares durante um período de tempo (NUSRATULLAH et al., 2015).

De acordo com a literatura, o parágrafo anterior a uma série temporal tem componentes e padrões, dentre esses podemos destacar elementos que serão explorados em uma análise: Tendência, Sazonalidade, Ciclo e Erro (restante). Esses elementos ficarão clarificados na análise na seção de desenvolvimento dessa investigação científica. O ciclo é um caso a parte de uma série temporal, pois, por não ter um comportamento definido, não é trivial. Entretanto, a tendência, a sazonalidade e, finalmente, o erro, são os dados que sobram após a decomposição da sazonalidade e da tendência das séries temporais.

A tendência pode subir ou descer, linearmente ou como uma exponencial. Entretanto, a falta da tendência, ou muito curta durante a série a torna não estacionária. Já a sazonalidade são padrões que ocorrem de forma recorrente na série com formas muito similares. Quando esses não são recorrentes, os ciclos aumentam ou diminuem na frequência na série, mas não em padrões, como no caso da sazonalidade (WARREN LIAO, 2005).

Em estatística, econometria, matemática aplicada e processamento de sinais, uma série temporal é uma coleção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo. Em modelos de regressão linear com dados *cross-section* a ordem das observações é

irrelevante para a análise, em séries temporais a ordem dos dados é fundamental. Uma característica muito importante deste tipo de dados é que as observações vizinhas são dependentes e o interesse é analisar e modelar essa dependência (ANTUNES; CARDOSO, 2015). Um exemplo clássico da literatura, de modo específico uma biblioteca da linguagem R, é o lucro trimestral da *Johnson Jhonson* de 1960 até 1980 como mostra a Figura 1.

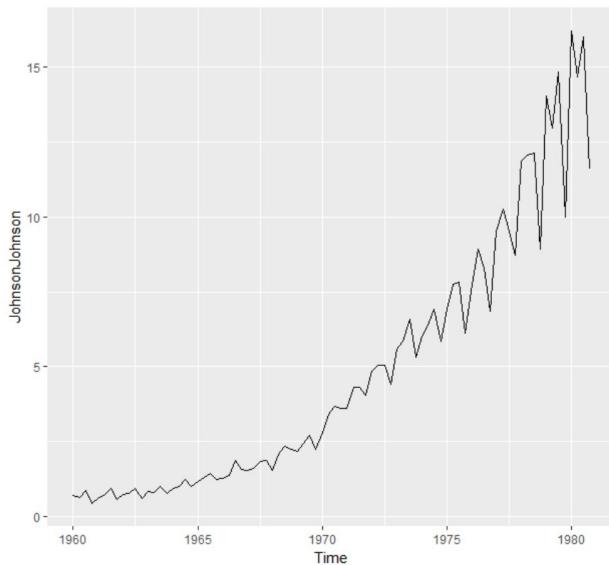


Figura 1: Lucro Trimestral da JhonsonJhonson de 1960 a 1980.

Fonte: adaptado de ZHANG; LI; YU, 2009.

As séries temporais existem nas mais variadas áreas de aplicação, como: finanças, marketing, economia, seguros, demografia, ciências sociais, meteorologia, energia, epidemiologia, entre outras (NUSRATULLAH et al., 2015). Outra característica importante é que, nesse exemplo e nos resultados dessa pesquisa, a série temporal é invariável, entretanto, existem séries temporais multivariáveis (SOCIETY, 2016)(PEDRYCZ; JASTRZEBSKA; HOMENDA, 2016).

O objetivo e a motivação desse trabalho estão na inferência dos lucros de uma empresa de transporte de carga com a interferência da Pandemia. A priori, foi constatado que o aumento dos lucros da empresa deu-se devido ao transporte de alguns insumos imprescindíveis, adubos e fertilizantes. Entretanto, decidiu-se fazer uma análise mais acurada por meio de séries temporais com histórico de dados antes da pandemia e comparar com os resultados no período, os quais pareceriam ser promissores. Por simplicidade, utilizou-se a planilha do Excel, que faz uso de métodos matemáticos como ARIMA.

Entretanto, Redes Neurais Artificiais (RNA) (DA SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010),

como também outras técnicas computacionais inteligentes como *Fuzzy Cognitive Maps* (FCM) ou Mapas Cognitivos Fuzzy (PEDRYCZ; JASTRZEBSKA; HOMENDA, 2016). Observa-se que é possível empregar Séries Temporais por meio de aplicação de Técnicas Computacionais Inteligentes, porém, esse não é o escopo desse trabalho. E, que os dados empregados são verídicos.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2, fundamentos de séries temporais são brevemente apresentados, por se tratar de uma técnica não trivial e com muitas variações e técnicas, como por exemplo os resultados dessa pesquisa, que sugerem que a série é não temporal por apresentar sazonalidade e crescimento.

Já a seção 3 apresenta o desenvolvimento, ou seja, a ferramenta empregada e os dados históricos reais como supracitado da empresa e, ainda, mostra os resultados e as suas respectivas inferências. A seção 4 conclui e endereça futuros trabalhos. E, finalmente, a seção 5, que se destina as referências utilizadas.

## 2 | FUNDAMENTOS DE SÉRIES TEMPORAIS

A análise de dados experimentais que foram observados em diferentes pontos com o tempo, leva a problemas novos e únicos na modelagem e inferência estatística. A correlação óbvia introduzida pela amostragem de pontos adjacentes com o tempo, pode restringir severamente a aplicabilidade de muitos métodos estatísticos convencionais tradicionalmente dependentes da suposição de que estas as observações são independentes e distribuídas de forma idêntica.

A abordagem sistemática pela qual alguém vai responder às questões matemáticas e estatísticas colocadas por essas correlações de tempo são comumente chamadas de análise de série temporal.

O impacto da análise de série temporal em aplicações científicas pode ser parcialmente documentado pela produção de uma lista abreviada dos diversos campos em que podem surgir problemas importantes de séries temporais. Por exemplo, muitas séries temporais ocorrem no campo da economia, onde estamos continuamente expostos a cotações do mercado de ações ou números mensais de desemprego. Cientistas sociais seguem séries de populações, como taxas de natalidade ou matrículas escolares. Um epidemiologista pode estar interessado no número de casos de gripe observados durante algum período. Na medicina, medições de pressão arterial rastreadas ao longo do tempo podem ser úteis para avaliar medicamentos usados no tratamento da hipertensão. Imagens de ressonância magnética de padrões de séries temporais de ondas cerebrais podem ser usadas para estudar como o cérebro reage a certos estímulos sob várias condições. Em um ambiente cada vez mais competitivo, em especial após o conceito das indústrias 4.0. produzir a quantidade necessária é um dos fatores fundamentais para manter a sustentabilidade da empresa. Ao se tratar de previsão de crescimento de vendas, consumo

de água, de faturamento ou de número de automóveis, os benefícios vão além da previsibilidade para o setor automobilístico, por exemplo, pois pode auxiliar também aos setores supracitados e os públicos em tomadas de decisão.

Em outras palavras, A perspectiva de antever o futuro sempre encantou a humanidade. Saber o que vai acontecer antes mesmo de os primeiros sinais se manifestarem pode propiciar melhor aproveitamento dos efeitos benéficos de eventos futuros ou até mesmo uma preparação antecipada de eventuais efeitos adversos (ANTUNES; CARDOSO, 2015).

### 3 | DESENVOLVIMENTO

A análise da série é apresentada na Figura 2, com métodos estatísticos ARIMA na linguagem R foi possível identificar parâmetros relevantes, como a sazonalidade, tendência, entre outros, sobre o comportamento dela.

Os resultados da análise da figura 2 demonstraram, mesmo que com pouco espaço temporal, sazonalidade, como se trata de uma transportadora que foca seus trabalhos em insumos agrícolas, esse resultado era esperado.

E, como mostrará no Excel, uma tendência de crescimento que será investigado com mais acurácia, na previsão feita pela planilha eletrônica. Outro fator significativo foi muito pouco ruído nos dados, ressaltando que os mesmos foram lançados diretamente do banco de dados da empresa. E, finalmente, um comportamento temporal na parte superior da figura.

Já as figuras subsequentes apresentam resultados originais por meio do uso da planilha do Excel, a qual os dados foram importados para análise supracitada.

Os dados apresentados na Figura 3, como já citados, são os lucros de uma empresa de transportes dos meses de janeiro de 2018 a fevereiro de 2020, aproximadamente o período em que a Pandemia causada pelo COVID-19 começou a se erradicar de maneira agressiva.

Como pode ser visto na Figura 3, o comportamento pré-pandêmico não tem uma sazonalidade e nem uma tendência bem definida, quando analisado como uma série temporal. Nesse caso, o comportamento se assemelha a um ciclo. Entretanto, a previsão encontrada mostra praticamente uma tendência considerando o pior caso: um limite de confiança inferior de 95%, representado pela linha laranja fina inferior. O melhor caso é caracterizado por meio de um limite de confiança superior (linha laranja fina superior) e a previsão é representada pela linha laranja mais grossa.

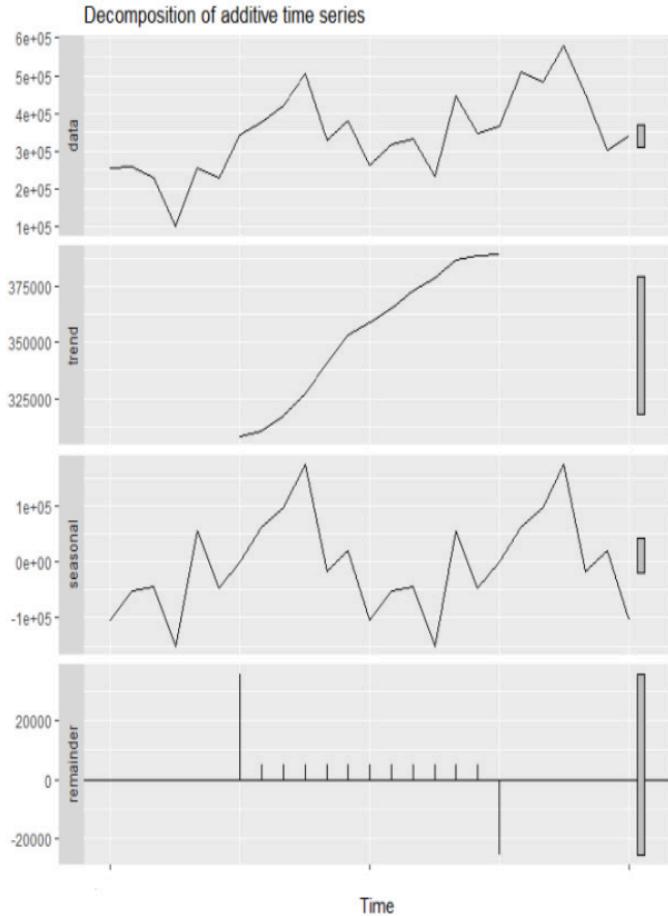


Figura 2: Elementos análise temporal.



Figura 3: Lucro da Empresa no Período Pré-Pandemia.

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 4 mostra a previsão desses dados feitas por meio do Excel, com a sua função de previsão por meio de séries temporais.

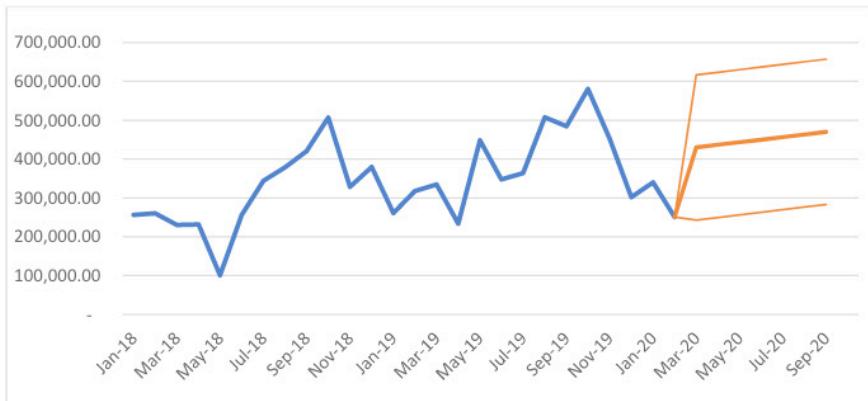


Figura 4: previsão do lucro da empresa.

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 5 mostra de forma mais acurada somente a previsão da tendência dos lucros que vão de R\$ 429.769,34 no mês de março de 2020 a setembro de 2020 de R\$ 469.994,33.

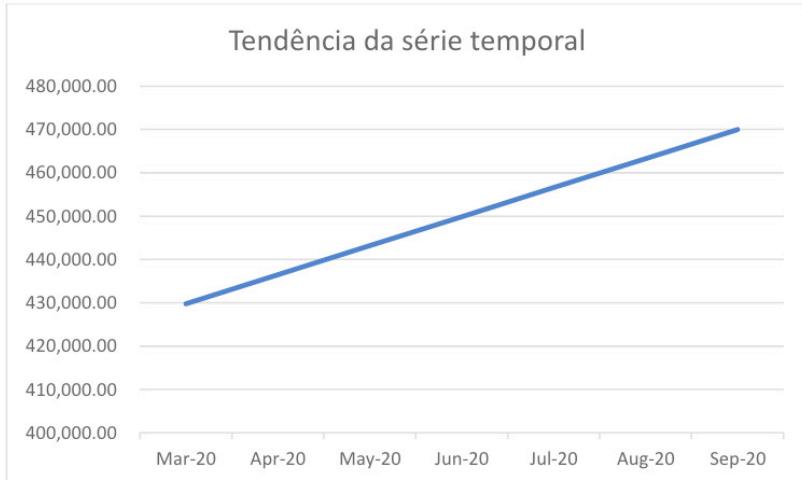


Figura 5: Tendência da Série Temporal.

Fonte: Autoria Própria.

Uma tendência de crescimento de R\$ 6.704,17 a cada mês, essa foi a previsão de

acordo com pouco mais de um ano de dados históricos no período pré-pandemia. Já os resultados reais no período de março de 2020 até setembro de 2020 mostram, de acordo com a Figura 6, os seguintes resultados.

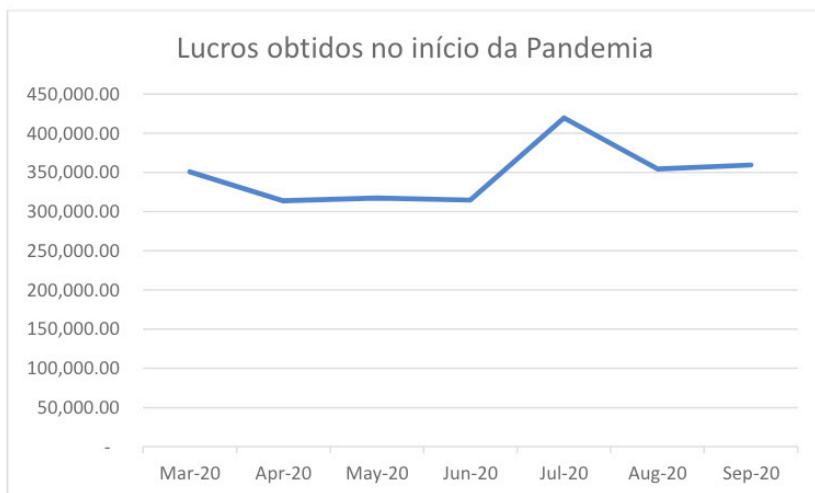


Figura 6: Lucros Obtidos Pela Empresa no Início da Pandemia.

Fonte: Autoria Própria.

O período em análise é um tanto quanto pequeno para se identificar padrões, e consequente sazonalidade, ou ainda uma tendência bem definida. Entretanto, com uma leve tendência de crescimento com uma oscilação e valores muito próximos nos períodos de abril a setembro de 2020, é possível observar um crescimento, comparado aos valores históricos, como mostra a Figura 3, R\$ 342.926,18, e R\$ 419.691,23 nos meses pós pandemia. Contudo, comparado ao mesmo mês da previsão, este valor seria R\$ 463.290,17. Uma provável diferença de R\$ 6.704,17. Uma comparação mais macro seria a média real dos lucros obtidos, que é de R\$ 384.655,27, enquanto a média da previsão é de 449.881,84.

Apesar de se analisar apenas uma tendência, com pouco tempo de dados históricos é possível inferir que os resultados sugerem uma diferença de crescimento apesar da empresa ter lucrado no período pandêmico, o que a priori apontavam bons resultados, por meio de uma análise com as series temporais a empresa poderia ter lucrado ainda mais nesse período.

## 4 | CONCLUSÃO

Apesar dos resultados e análise, ainda serem iniciais, foram satisfatórios, pois a empresa apresentou aumento de lucro no período pós-pandemia. Entretanto, se caso não

houvesse essa crise mundial que afetou a economia de praticamente todos os países, foi possível observar, que mesmo num período pequeno para uma análise mais acurada, a empresa poderia ter um ganho ainda maior, de acordo com seus dados históricos. Isso sugere que a empresa teve aumento nos seus rendimentos durante a crise causada pela pandemia em uma análise simplista observando somente os lucros. Contudo, estes rendimentos poderiam ser possivelmente ainda melhores de acordo com a tendência apontada pela ferramenta Microsoft Excel 365. Deste modo, pretende-se contribuir para este tipo de análise para outros tipos de negócios com a metodologia apresentada.

Futuros trabalhos endereçam aumento no intervalo de análise para tentar identificar com mais acurácia, as fases da do período antes e pós pandemia, para se atingir com maior acurácia os efeitos negativos da mesma. Ressaltando que esses resultados foram obtidos no início dela. Outra possível melhoria no trabalho seria utilizar uma técnica inteligente, como redes neurais artificiais clássicas e profundas, apesar de que em dados não massivos as duas técnicas costumas se igualar, entretanto, cabe uma nova investigação científica também com esse viés nessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, J. L. F.; CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 3, p. 565–576, set. 2015.
- DA SILVA, I. N.; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. **Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas: curso prático**. 1. ed. São Paulo: ARTLIBER, 2010.
- NUSRATULLAH, K. et al. **Detecting changes in context using time series analysis of social network**. 2015 SAI Intelligent Systems Conference (IntelliSys). **Anais...IEEE**, nov. 2015Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7361265/>>
- PEDRYCZ, W.; JASTRZEBSKA, A.; HOMENDA, W. Design of fuzzy cognitive maps for modeling time series. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 24, n. 1, p. 120–130, 2016.
- SOCIETY, R. S. Review Author ( s ): M . Farrow Review by : M . Farrow Source : Journal of the Royal Statistical Society . Series C ( Applied Statistics ), Vol . 30 , No . 2 Published by : Wiley for the Royal Statistical Society Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2>. v. 30, n. 2, p. 30–31, 2016.
- WARREN LIAO, T. Clustering of time series data - A survey. **Pattern Recognition**, v. 38, n. 11, p. 1857–1874, 2005.
- ZHANG, H.; LI, W.; YU, Q. Multifractality of financial time series. **FBIE 2009 - 2009 International Conference on Future BioMedical Information Engineering**, n. i, p. 237–239, 2009.
- ANTUNES, J. L. F.; CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 3, p. 565–576, set. 2015.

DA SILVA, I. N.; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. **Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas: curso prático**. 1. ed. São Paulo: ARTLIBER, 2010.

NUSRATULLAH, K. et al. **Detecting changes in context using time series analysis of social network**. 2015 SAI Intelligent Systems Conference (IntelliSys). **Anais...IEEE**, nov. 2015Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7361265/>>

PEDRYCZ, W.; JASTRZEBSKA, A.; HOMENDA, W. Design of fuzzy cognitive maps for modeling time series. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 24, n. 1, p. 120–130, 2016.

SOCIETY, R. S. Review Author ( s ): M . Farrow Review by : M . Farrow Source : Journal of the Royal Statistical Society . Series C ( Applied Statistics ), Vol . 30 , No . 2 Published by : Wiley for the Royal Statistical Society Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2>. v. 30, n. 2, p. 30–31, 2016.

WARREN LIAO, T. Clustering of time series data - A survey. **Pattern Recognition**, v. 38, n. 11, p. 1857–1874, 2005.

ZHANG, H.; LI, W.; YU, Q. Multifractality of financial time series. **FBIE 2009 - 2009 International Conference on Future BioMedical Information Engineering**, n. i, p. 237–239, 2009.

## CAPÍTULO 4

# ANÁLISIS TEÓRICO Y SIMULADO DEL ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE EN BARRAS RECTANGULARES Y EJES REDONDEADOS SOMETIDOS A ESFUERZOS DE TENSIÓN

Data de aceite: 01/11/2022

### **Eliel Eduardo Montijo Valenzuela**

Profesor de la Universidad de Sonora,  
México, adscrito al Departamento de  
Ingeniería Industrial

### **Flor Ramírez Torres**

Profesora de la Universidad de Sonora,  
México, adscrita al Departamento de  
Ingeniería Industrial

### **Aureliano Cerón Franco**

Profesora de la Universidad de Sonora,  
México, adscrita al Departamento de  
Ingeniería Industrial

compararlos y poder hacer una deducción del error entre ambos métodos, así como el potencial del software de simulación en el área de la ingeniería mecánica.

**PALABRAS CLAVE:** FEA (análisis de elemento finito), *Solidworks Simulation*, esfuerzo máximo permisible, factor teórico de concentración de esfuerzos, esfuerzos de tensión.

## 1 | INTRODUCCIÓN

En ingeniería mecánica, el cálculo de la concentración de esfuerzos está siempre presente en el diseño de estructuras o piezas que presentan cambios suaves o abruptos en su geometría, tales como barrenos, chaveteras, redondeos, cuñas, muescas o chaflanes, presentes en elementos de máquinas diversos, desde simples punzones utilizados en la matricaria industrial, hasta maquinaria más compleja, como los ejes y engranes utilizados en los generadores eólicos para la transmisión de potencia.

Las ventajas de realizar los cálculos para determinar los esfuerzos máximos permisibles en un elemento de máquina,

**RESUMEN:** En el presente trabajo se ilustra información teórica referente a los cálculos analíticos de concentración de esfuerzos en barras y ejes sometidos a esfuerzos de tensión, mediante la metodología de análisis de factores teóricos de concentración de esfuerzos ( $K_t$ ). La investigación se complementa con el análisis de elemento finito (FEA), con el uso del *Solidworks 2016* y su complemento para análisis estático *Solidworks Simulation*. El objetivo de esta investigación es analizar los resultados analíticos y de simulación del esfuerzo máximo permisible en barras rectangulares y ejes redondeados, para posteriormente

una estructura o incluso en un ensamblaje, durante la etapa de diseño, proporciona información necesaria para delimitar su funcionalidad (mantenimiento, operatividad, resistencia, montaje), y a su vez, utilizar estrategias adicionales de diseño para mantener las zonas críticas fuera de peligro. Un mal diseño de cualquier elemento, que este sometido a cargas, puede generar un aumento exponencial de esfuerzos en zonas críticas, aumentando la probabilidad de fallo prematuro en dicho elemento.

La concentración de esfuerzos es una interrupción del flujo uniforme de esfuerzos (Reconocimientos de casco y estructuras, 2004), y su cálculo analítico, está relacionado por lo regular con el factor  $K_t$  de concentración de esfuerzos, definido como la razón del esfuerzo máximo al esfuerzo promedio, que actúa en la sección transversal más pequeña (Hibbeler y Cera, 2006), sin embargo, en la práctica, es irrelevante determinar la distribución real del esfuerzo, solo el esfuerzo máximo ( $\sigma_{max}$ ).

En la actualidad, el diseño mecánico se está apoyando en herramientas computacionales como el análisis de elementos finitos (FEA), para el modelado de productos y sistemas en entornos virtuales con el propósito de encontrar y resolver potenciales (o actuales) problemas estructurales o de rendimiento (Siemens Software, 2018), el cual es aplicado en diversas industrias (aeronáutica, automotriz, biomecánica, etc.). La metodología de elementos finitos implica la solución de ecuaciones diferenciales parciales complejas como un método numérico aplicables a solución de problemáticas concernientes a la física y la ingeniería, sobre todo a geometrías complicadas (Muñoz, 2014). Una herramienta importante en el análisis mecánico es el software *Solidworks*, que utiliza el método de formulación de desplazamientos de elementos finitos, mediante el análisis individualizado de elementos tetraédricos (3D), triangulares (2D) y de vigas (*Solidworks*, 2018). En ingeniería mecánica, implementar los métodos computacionales de simulación, tiene una influencia directa en el desarrollo de nuevas tecnologías o productos, los cuales no son llevados a la práctica si no son contrastados computacionalmente (Torres y Grau, 2007).

El objetivo de esta investigación es analizar los resultados analíticos y de simulación del esfuerzo máximo permisible en barras rectangulares y ejes redondeados, para posteriormente compararlos y poder hacer una deducción del error entre ambos métodos, así como el potencial del software de simulación en el área de la ingeniería mecánica.

## 2 | DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron tres modelos de barras rectangulares y un modelo de eje redondo escalonado con filetes. El primer modelo es una barra rectangular con un orificio central (figura 1), las dimensiones de este modelo son: 0.10 m de longitud, 0.08 m de ancho, el orificio central tiene un diámetro de 0.04 m y el espesor de la barra es de 0.02 m.

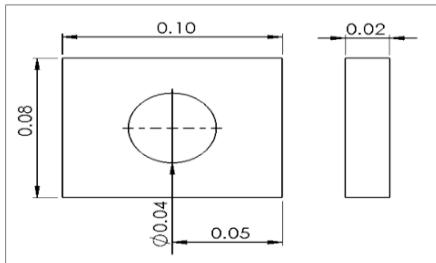


Figura 1. Dimensiones del modelo 1; barra rectangular con orificio central.

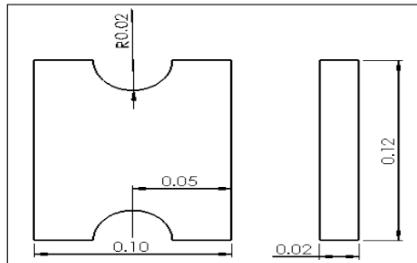


Figura 2. Dimensiones del modelo 2; barra rectangular con muescas.

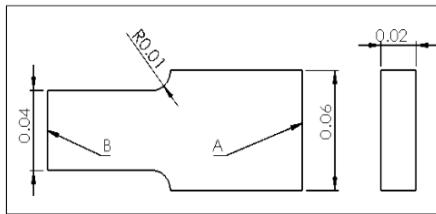


Figura 3. Dimensiones del modelo 3; barra rectangular con filetes.

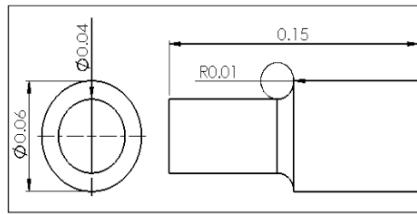


Figura 4. Dimensiones del modelo 4; eje redondo con filetes.

El segundo modelo corresponde a una barra rectangular con muescas (figura 2), las dimensiones del modelo dos son: 0.10 m de longitud, 0.12 m de ancho, las muescas presentan un radio de 0.02 m y el espesor de la placa es de 0.02 m. El tercer modelo corresponde a una barra rectangular con filetes (figura 3), las dimensiones del modelo dos son: longitud de 0.10 m, la sección A mide 0.06 m, la sección B es de 0.04 m y los radios de los filetes son de 0.01 m. El grosor de la pieza es de 0.02 m. El cuarto modelo corresponde a un eje redondo con filetes (figura 4), las dimensiones de este modelo son: diámetro menor de 0.02 m y diámetro mayor de 0.04 m, con redondeo escalonado de 0.01 m. Cada uno de los modelos será analizado con un esfuerzo de tensión aplicado de 850 N, y se utilizará acero ASTM A36 para el análisis de simulación.

## 2.1 Análisis teórico

Para el análisis teórico, se utiliza el método gráfico de concentración de esfuerzos (Muñoz, 2014), el cual no limita al diseñador a elegir un material o el tamaño del elemento, ya que los resultados dependerán de las razones de los parámetros geométricos involucrados. Para determinar el valor del esfuerzo máximo ( $\sigma_{\max}$ ), se analizarán de forma independiente cada uno de los modelos, ya que cada uno de ellos, presenta geometrías distintas.

### 2.1.1 Modelo uno

Los pasos para determinar el valor teórico del esfuerzo máximo en el modelo uno, son los siguientes:

- Analizar la figura 5, correspondiente al gráfico de factores teóricos de concentración de esfuerzos ( $K_t$ ) para barras a tensión con orificio transversal.
- Realizar la razón  $d/w$  aplicando las dimensiones análogas de la figura 1.
- El valor resultante de  $d/w$ , corresponde al valor de las abscisas según la figura 5, si prolongamos ese valor al eje de las ordenadas, hasta tocar un punto de la curva, tendremos el valor de  $K_t$ .
- Determinar el esfuerzo promedio, mediante la ecuación

$$\sigma_{\text{prom}} = \frac{P}{A} = \frac{P}{cT} \quad (1) \quad \text{Donde } P = \text{carga} \text{ y } A = \text{área}, c = d-w, T = \text{grosor.}$$

- Calcular el esfuerzo máximo mediante la ecuación

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_{\text{prom}} * K_t \quad (2)$$

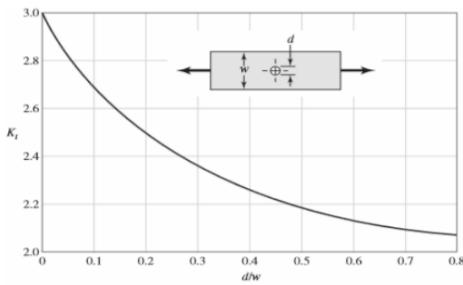


Figura 5. Gráfica de factores teóricos de concentración de esfuerzos ( $K_t$ ) para barras a tensión con orificio transversal. Buydinas y Nisbett, 2011.

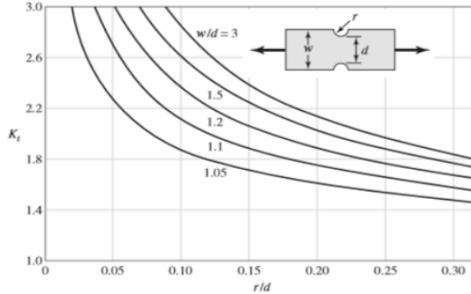


Figura 6. Gráfica de factores teóricos de concentración de esfuerzos ( $K_t$ ) para barras a tensión con muescas. Buydinas y Nisbett, 2011.

### 2.1.2 Modelo dos

Los pasos para determinar el valor teórico del esfuerzo máximo en el modelo dos, son los siguientes:

- Analizar la figura 6, correspondiente al gráfico de factores teóricos de concentración de esfuerzos ( $K_t$ ) para barras a tensión con muescas.
- Realizar la razón  $r/d$  aplicando las dimensiones análogas de la figura 2.
- Realizar la razón  $w/d$  aplicando las dimensiones análogas de la figura 2.
- El valor resultante de  $r/d$ , corresponde al valor de las abscisas según la figura 6.
- El valor de  $w/d$ , corresponde a una de las curvas de la figura 6.
- Si prolongamos ese valor al eje de las ordenadas, hasta tocar un punto de la curva, tendremos el valor de  $K_t$ .

- Determinar el esfuerzo promedio, mediante la ecuación

$$\sigma_{\text{prom}} = \frac{P}{A} = \frac{P}{Td} \quad (3)$$

Donde  $P$ = carga y  $A$ = área,  $d= w-2r$ ,  $T$ = grosor.

- Calcular el esfuerzo máximo mediante la ecuación (2).

### 2.1.3 Modelo tres

Los pasos para determinar el valor teórico del esfuerzo máximo en el modelo tres, son los siguientes:

- Analizar la figura 7, correspondiente al gráfico de factores teóricos de concentración de esfuerzos ( $K_t$ ) para barras rectangulares con filetes.
- Realizar la razón  $r/d$  aplicando las dimensiones análogas de la figura 3.
- Realizar la razón  $D/d$  aplicando las dimensiones análogas de la figura 3.
- El valor resultante de  $r/d$ , corresponde al valor de las abscisas según la figura 7.
- El valor de  $D/d$ , corresponde a una de las curvas de la figura 7.
- Si prolongamos ese valor al eje de las ordenadas, hasta tocar un punto de la curva, tendremos el valor de  $K_t$ .
- Determinar el esfuerzo promedio, mediante la ecuación (3).
- Calcular el esfuerzo máximo mediante la ecuación (2).

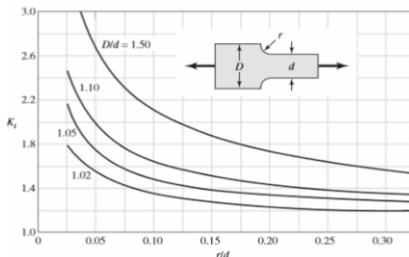


Figura 7. Gráfica de factores teóricos de concentración de esfuerzos ( $K_t$ ) para barras rectangulares con filetes. Buydinas y Nisbett, 2011.

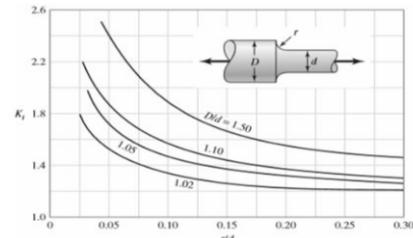


Figura 8. Gráfica de factores teóricos de concentración de esfuerzos ( $K_t$ ) para ejes redondos con filetes. Buydinas y Nisbett, 2011.

### 2.1.4 Modelo cuatro

Los pasos para determinar el valor teórico del esfuerzo máximo en el modelo cuatro, son los siguientes:

- Analizar la figura 8, correspondiente al gráfico de factores teóricos de concen-

tracción de esfuerzos ( $K_t$ ) para ejes redondos con filetes.

- Realizar la razón  $r/d$  aplicando las dimensiones análogas de la figura 4.
- Realizar la razón  $D/d$  aplicando las dimensiones análogas de la figura 4.
- El valor resultante de  $r/d$ , corresponde al valor de las abscisas según la figura 8.
- El valor de  $D/d$ , corresponde a una de las curvas de la figura 8.
- Si prolongamos ese valor al eje de las ordenadas, hasta tocar un punto de la curva, tendremos el valor de  $K_t$ .
- Determinar el esfuerzo promedio, mediante la ecuación

$$\sigma_{\text{prom}} = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi d^2} \quad (4)$$

- Calcular el esfuerzo máximo mediante la ecuación (2).

## 2.2 Cálculo teórico

Para determinar el esfuerzo máximo permisible de cada uno de los modelos, nos apegaremos a la metodología planteada en cada uno de ellos.

### 2.2.1 Modelo uno

- Análisis de la razón  $d/w = 0.04/0.08 = 0.5$ .
- El coeficiente  $K_t = 2.17$  (obtenido de figura 5).
- Aplicando ecuación 1, tenemos

$$\sigma_{\text{prom}} = \frac{P}{cT} = \frac{850N}{(0.04m)(0.02m)} = 1062.5 \text{ KPa} \quad \text{donde } 1 \frac{N}{m^2} = 1 Pa$$

- Sustituyendo el valor de  $\sigma_{\text{prom}}$  y  $K_t$  en ecuación 2, podemos obtener el valor de  $\sigma_{\text{max}}$  teórico para el modelo uno.  $\sigma_{\text{max}} = 1062.5 \text{ KPa} * 2.17 = 2305.625 \text{ KPa}$

### 2.2.2 Modelo dos

- Análisis de la razón  $r/d = 0.02/0.08 = 0.25$ .
- Análisis de la razón  $w/d = 0.12/0.08 = 1.5$ .
- El coeficiente  $K_t = 1.9$  (obtenido de figura 6).
- Aplicando ecuación 3, tenemos

$$\sigma_{\text{prom}} = \frac{P}{Td} = \frac{850N}{(0.02m)(0.08m)} = 531.25 \text{ KPa}$$

- Sustituyendo el valor de  $\sigma_{\text{prom}}$  y  $K_t$  en ecuación 2, podemos obtener el valor de

$\sigma_{max}$  teórico para el modelo dos.  $\sigma_{max}=531.25\text{KPa} \times 1.9=1009.375\text{ KPa}$

### 2.2.3 Modelo tres

- Análisis de la razón  $r/d = 0.02/0.08 = 0.25$ .
- Análisis de la razón  $w/d = 0.12/0.08 = 1.5$ .
- El coeficiente  $K_t = 1.6$  (obtenido de figura 6).
- Aplicando ecuación 3, tenemos

$$\sigma_{prom} = \frac{P}{Td} = \frac{850N}{(0.02m)(0.04m)} = 1062.5 \text{ KPa}$$

- Sustituyendo el valor de  $\sigma_{prom}$  y  $K_t$  en ecuación 2, podemos obtener el valor de  $\sigma_{max}$  teórico para el modelo tres.  $\sigma_{max}=1062.5\text{Kpa} \times 1.6=1700.0\text{ KPa}$

### 2.2.4 Modelo cuatro

- Análisis de la razón  $r/d = 0.01/0.04 = 0.25$ .
- Análisis de la razón  $w/d = 0.06/0.04 = 1.5$ .
- El coeficiente  $K_t = 1.45$  (obtenido de figura 6).
- Aplicando ecuación 4, tenemos

$$\sigma_{prom} = \frac{4P}{\pi d^2} = \frac{4 * 850N}{\pi * (0.04m)^2} = 676.409 \text{ KPa}$$

- Sustituyendo el valor de  $\sigma_{prom}$  y  $K_t$  en ecuación 2, podemos obtener el valor de  $\sigma_{max}$  teórico para el modelo cuatro.  $\sigma_{max}=676.409\text{Kpa} \times 1.45=980.8\text{ Kpa}$

## 2.3 Cálculos de simulación

Para determinar el esfuerzo máximo permisible de cada uno de los modelos, se utilizó el software *Solidworks* versión 2016 y el complemento *Solidworks Simulation* para el análisis estático.

La metodología empleada para los cálculos de simulación en todas las piezas, se enumera en los siguientes puntos:

- Dibujo de los sólidos rectangulares en 3 dimensiones.
- Habilitación del complemento *Simulation*.
- Selección del tipo de análisis; análisis estático.
- Selección y agregado de material a la pieza; acero ASTM A36.

- Sujeción de la pieza.
- Adición de esfuerzo estático (850 N).
- Adición de malla.
- Ejecución y cálculo del estudio.
- Visualización de resultados.

### 2.3.1 Modelo uno

Para el modelo 1, el esfuerzo máximo según simulación fue de 2284.800 KPa (ver figura 9).

### 2.3.2 Modelo dos

Para el modelo 2, el esfuerzo máximo según simulación fue de 1048.4 KPa (ver figura 10).

### 2.3.3 Modelo tres

Para el modelo 3, el esfuerzo máximo según simulación fue de 11652.9 KPa (ver figura 11).

### 2.3.4 Modelo cuatro

Para el modelo 4, el esfuerzo máximo según simulación fue de 11652.9 KPa (ver figura 12)

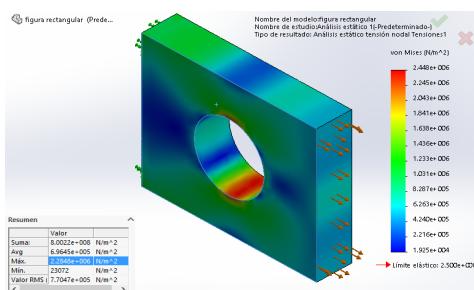


Figura 9. Resultado de simulación de modelo 1.

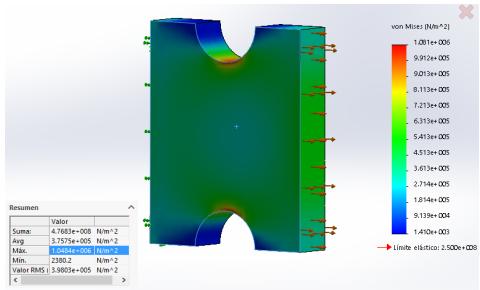


Figura 10. Resultado de simulación de modelo 2.

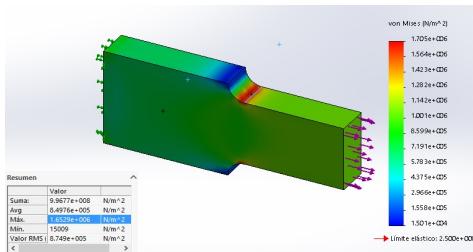


Figura 11. Resultado de simulación de modelo 3.

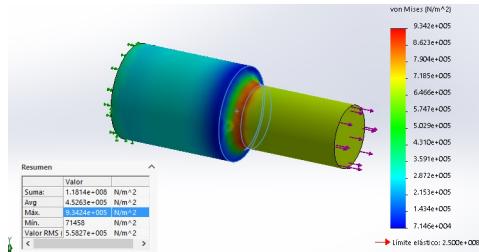


Figura 12. Resultado de simulación de modelo 4.

### 3 I RESULTADOS

Los esfuerzos de tensión axial en las barras rectangulares y en el eje redondeado, probocaron concentraciones de esfuerzos en las zonas irregulares (ver figuras 9, 10, 11 y 12), esto corresponde a los criterios que define [1] sobre los concentradores de esfuerzos, referente a la interrupcion del flujo uniforme de los esfuerzos. En la simulación del model 1 (ver figura 9), se puede apreciar que la concentración de esfuerzos se encuentra en la zona del orificio. Para esta modelo, el cálculo analíticos del esfuerzo máximo fue de 2305.625 KPa, y el resultado de simulación arrojó 2284.8 KPa, teniendo una diferencia de error menor a 1% (ver tabla 1 y figura 17). En la simulación del model 2 (ver figura 10), se puede apreciar que la concentración de esfuerzos se encuentra en la zona de las muescas. Para esta modelo, el cálculo analíticos del esfuerzo máximo fue de 1009.375 KPa, y el resultado de simulación arrojó 1048.4 KPa, teniendo una diferencia de error menor a 4% (ver cuadro 1 y figura 13). En la simulación del model 3 (ver figura 11), se puede apreciar que la concentración de esfuerzos se encuentra en la zona de los redondeos. Para esta modelo, el cálculo analíticos del esfuerzo máximo fue de 1700 KPa, y el resultado de simulación arrojó 1652.9 KPa, teniendo una diferencia de error menor a 3% (ver cuadro 1 y figura 13). En la simulación del model 4 (ver figura 12), se puede apreciar que la concentración de esfuerzos se encuentra en la zona escalonada (redondeo). Para esta modelo, el cálculo analíticos del esfuerzo máximo fue de 980.8 KPa, y el resultado de simulación arrojó 934.24 KPa, teniendo una diferencia de error menor a 5% (ver cuadro 1 y figura 13). El porcentaje de error oscila entre el <1 y <5% en los resultados obtenidos por medio del método analítico utilizando el factor  $K_t$ , y mediante la simulación por elemento finito utilizando *Solidworks Simulation*, sin embargo, en la mayoría de las aplicaciones de análisis de diseño, es aceptable un error que no exceda el 5% [8], mismo, que para estos casos, puede ser reducido, al implementar algoritmos de refinado de la malla computacional.

Modelo	$\sigma_{\max}$ Cálculo analítico (KPa)	$\sigma_{\max}$ Cálculo simulado (KPa)	% Error entre cálculo analítico y simulado
1	2305.625	2284.800	>1
2	1009.375	1048.400	>4
3	1700.000	1652.900	>3
4	980.800	934.240	>5

Cuadro 1. Comparación de resultados de esfuerzos máximos por método analítico y de elemento finito, en los modelos propuestos.

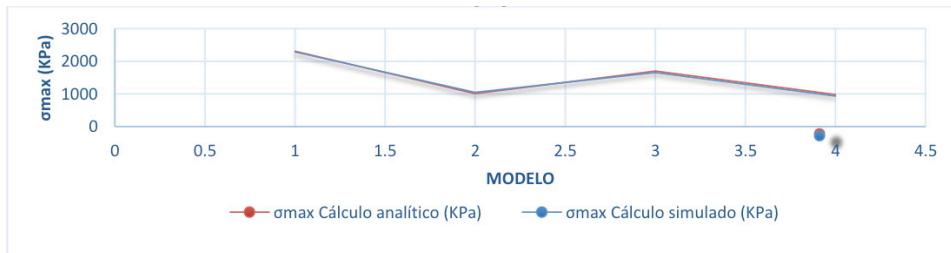


Figura 13. Gráfico comparativo entre los resultados de los esfuerzos máximos de los modelos propuestos, mediante método analítico y por elemento finito.

## 4 | CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, utilizando el método grafico de factor  $Kt$ , en la concentración de los esfuerzos en placas rectangulares y ejes con redondeos, sometidos a esfuerzos de tensión, en comparación con los resultados encontrados en los análisis de elemento finito, por medio de simulación en el software *Solidworks Simulation*, presentan un margen de error aceptable dentro de las aplicaciones de análisis de diseños (Autodesk, 2018), los que están por debajo del 5%. Por medio de esta investigación, podemos deducir que *Solidworks Simulation*, empleado para el análisis de formulación de desplazamientos de elemento finito, simula con suficiente exactitud los esfuerzos máximos producidos por la carga axial. Estos resultados de simulación, permiten obtener soluciones de análisis en un menor tiempo, con la ventaja de que no es necesaria la elaboración de prototipos para análisis estructural, proporcionando a los estudiantes de ingeniería, ingenieros y diseñadores, una herramienta poderosa para la solución de problemáticas referentes a la ingeniería mecánica.

## REFERENCIAS

Autodesk, (2018). "Introducción a las aplicaciones de análisis de tensión con SolidWorks Simulation", [http://www.solidworks.com/sw/docs/simulation\\_instructor\\_wb\\_2011\\_esp.pdf](http://www.solidworks.com/sw/docs/simulation_instructor_wb_2011_esp.pdf), (visitado el 08 de enero de 2018).

Buydinas R. y Nisbett J. (2011). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 8th ed. México: McGraw-Hill, pp. 1006-1009.

Hibbeler R. y Cera A (2006). Mecánica de materiales. México: Pearson Educación.

Muñoz J. (2014). Introducción al método de los elementos finitos. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Reconocimientos de casco y estructuras (2004) London: International Maritime organization.

Siemens Software, “FEA / Análisis de elementos Finitos: Siemens PLM Software”, [https://www.plm.automation.siemens.com/es\\_es/plm/fea.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/es_es/plm/fea.shtml), (visitado el 02 de enero de 2018).

Solidworks (2018). “Análisis por elementos finitos”. Disponible en: <https://www.solidworks.es/sw/products/simulation/finite-element-analysis.htm>, (visitado el 04 de enero de 2018).

Torres R. y Grau J. (2007). Introducción a la mecánica de fluidos y transferencia de calor con COMSOL Multiphysics. Barcelona: Addlink Media.

## CAPÍTULO 5

# EVALUATION OF PROPERTIES OF COMPOSITES MADE OF MINERAL BINDERS, WASTE WOOD PARTICLES AND KRAFT PULP FIBERS FROM *Eucalyptus* spp. AND *Pinus* spp.

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Thaís Mariana Santiago Rocha**

Professora no Instituto Federal do Paraná  
(IFPR)

Doutoranda no Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Civil (PPGEC)  
da Universidade Federal do Paraná  
(UFPR)

Curitiba – PR

ORCID 0000-0002-8586-6449

### **Silvana Nisgoshi**

Professora no Departamento de  
Engenharia e Tecnologia Florestal da  
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Curitiba – PR

ORCID: 0000-0001-9595-9131

### **Graciela Inês Bolzón de Muniz**

Professora no Departamento de  
Engenharia e Tecnologia Florestal da  
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Curitiba – PR

ORCID: 0000-0003-4417-0178

### **Leonardo Fagundes Rosembach Miranda**

Professor no Departamento de  
Construção Civil (DCC) da Universidade  
Federal do Paraná (UFPR)

Curitiba – PR

ORCID 0000-0003-2729-7695

### **Carlos Frederico Alice Parchen**

Professor no Departamento de  
Construção Civil (DCC) da Universidade  
Federal do Paraná (UFPR)

Curitiba – PR

ORCID 0000-0002-2503-4704

**ABSTRACT:** The use of wood particles obtained from construction and demolition waste (CDW) can increase the value of material that would otherwise be discarded. The objective of this study was to evaluate physical and mechanical properties, in the hardened state, of composites produced with two mineral binders (Portland cement and gypsum), two different compositions of wood particles from CDW with dimensions P1 and P2, kraft pulp fibers from *Eucalyptus* spp. and *Pinus* spp., and water. All composite properties evaluated varied in function of binder applied (Portland cement or gypsum) and particle size (P1, P2 or kraft fibers). In relation to particle size, P2 presented lower results for dry bulk density, flexural strength and compressive strength of composites. Flexural and compressive strength of composites with P1 had an increase in values of 115% and 44%, respectively, in

comparison to P2 composites. Based on species applied in composite production (eucalyptus and pinus), the dry bulk density of composites was similar, but for flexural and compressive strength, the values of eucalyptus composites were 24% and 21% higher, respectively, than pinus composites. Construction wastes can be applied for composite production, with adequate results, but the composition must be evaluated previously to indicate the best final use.

**KEYWORDS:** Cellulose, waste wood, Portland cement, gypsum, composite.

## AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS DE LIGANTES MINERAIS, PARTÍCULAS DE RESÍDUOS DE MADEIRA E FIBRAS DE POLPA KRAFT DE *Eucalyptus* spp. E *Pinus* spp.

**RESUMO:** A utilização de partículas de madeira obtidas a partir de resíduos de construção e demolição (RCD) pode aumentar o valor do material que seria descartado. O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas e mecânicas, no estado endurecido, de compósitos produzidos com dois aglomerantes minerais (cimento Portland e gesso), duas composições diferentes de partículas de madeira de RCD com dimensões P1 e P2, fibras de celulose *kraft* de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., e água. Todas as propriedades dos compósitos avaliados variaram em função do aglomerante utilizado (cimento Portland ou gesso) e granulometria (P1, P2 ou fibras *kraft*). Em relação ao tamanho de partícula, a partícula P2 apresentou resultados inferiores para densidade de massa seca, resistência à flexão e resistência à compressão dos compósitos. As resistências à flexão e compressão dos compósitos com partículas P1 tiveram um aumento nos valores de 115% e 44%, respectivamente, em comparação aos compósitos produzidos com partículas P2. Com base nas espécies aplicadas na produção de compósitos (eucalipto e pinus), a densidade de massa seca dos compósitos foi semelhante, mas para resistência à flexão e compressão, os valores dos compósitos de eucalipto foram 24% e 21% maiores, respectivamente, do que os compósitos de pinus. Os resíduos de construção podem ser aplicados para produção de compósitos, com resultados adequados, mas a composição deve ser avaliada previamente para indicar o melhor uso final.

**PALAVRAS-CHAVE:** Celulose, resíduos de madeira, cimento Portland, gesso, compósito.

## 1 | INTRODUCTION

Civil construction is the most important sector in the Brazilian economy, with revenues near 10% of GDP (DECONCIC, 2018) and consumption of nearly 50% of natural resources in the country (CBCS, 2014). However, this activity produces a large amount of residues, contributing to exhaustion of landfill capacity (Rodríguez-Orejón et al. 2014).

Studies have been conducted to minimize carbon dioxide emissions from civil construction, which is responsible for approximately 40% of them (Kilbert, 2016). In recent years, researchers have concentrated efforts to find alternatives to attenuate the environmental impact caused by economic growth, to develop so-called green technologies (Kisku et al. 2017). Buildings and other structures with wood components use constructive processes with low energy consumption, and consequently discharge a low percentage of

carbon in the form of CO<sub>2</sub>. This characteristic is important, since the rising concentration of carbon dioxide in atmosphere is contributing to global warming (Feng et al. 2020; Qiao et al. 2020). Incorporation of wood as construction material results in reduction of CO<sub>2</sub> emissions, and uses sustainable materials (Corinaldesi et al. 2016; Akkaoui et al. 2017).

Wood residues represent nearly 31% of all waste volume from the construction of residential structures (Miranda et al. 2009; Rodríguez-Orejón et al. 2014), and are considered a recyclable or reusable resources (Höglmeier et al. 2013). Thus, it is necessary develop and refine innovative and ecologically friendly technologies to transform wood residues into material with higher value (Hossain et al. 2018). The use of wood particles is interesting to produce composites in function of their low cost compared to synthetic fibers. Besides this, they are renewable, not abrasive, have high biodegradability, low density and high porosity, among other positive characteristics (Ashori et al. 2011; Tabarsa et al. 2011; Onuaguluchi et al. 2014). From an environmental perspective, wooden products have advantages compared to mineral products for the building sector, like lower global warming protection (GWP) over life cycle and additional temporary carbon storage. An approach that promotes timber buildings can therefore contribute to reaching climate protection targets (Hafner and Schäfer, 2018).

One solution is the development of wood composites with inorganic binders such as Portland cement, magnesium cement and gypsum (Herreral and Cloutier 2008; FPL 2010). Portland cement is one of the industrial products used most in the world, but since it is produced by burning limestone and clay at high temperature, its manufacture is responsible for 2% of primary energy consumption and 5% of all industrial energy consumption in the world (Hendriks et al. 1998). On the other hand, with increasing concern for environmental quality and sustainability, some properties of gypsum are attractive, such as lower energy use and lower emission of CO<sub>2</sub> due to the lower temperature (between 135°C and 180°C) applied in calcination, and lower thermal conductivity (Dai and Fan 2015; Lushnikova and Dvorkin 2016).

Wood composites are an alternative to incorporate residues to produce new materials (Jorge et al. 2004). They are made of mixture of binder and wood particles (FPL, 2010) where the first step is binding, to transmit strength between fibers, keeping them protected from external influence, allowing their proper orientation. Since they are produced by heterogeneous materials, their properties depend on the proportion and characteristics of the components, so their physical and mechanical properties must be studied to evaluate the performance of the material or final product. The development of composites for civil construction by applying fibers is an interesting alternative, able to minimize environmental harm (Khorami and Ganjian 2013; Ramis et al. 2014). Considering their sustainability, particleboard panels are made from residual, natural and biodegradable raw materials, they are environment friendly and can be properly seen as an alternative to synthetic-based commercial products, especially for thermo-acoustic applications in green (mainly based

on renewable resources) constructions (Hazrati-Behnagh et al. 2016). The wood-cement composites manufactured with a new method vibro-dynamic compression processing, demonstrated the possibility to produce and introduce wood-cement elements molded in a desired geometrical shape, whilst guaranteeing a stable behavior during handling, storage, transport and their use in construction works for buildings (Parchen et al. 2016).

Research related to cement composites containing natural fibers has been increasing to develop sustainable products with low cost, low density, adequate performance and raw material availability (Onuaguluchi and Banthia, 2016). Cellulose fibers can be applied in cement composites, and generally are obtained by a mechanical or chemical process, such as the kraft process.

The use of short fibers from angiosperms instead of long fibers from gymnosperms to reinforce cement composites, as described by Tonoli et al. (2010), can improve the mechanical performance of composites. In cement composites, fiber granulometry can influence compatibility and production viability. For example, Na et al. (2014), studying cork particles, found that smaller particles, due to their higher specific surface area, enable obtaining higher amounts of free extractives in the blend. Also, each wood species has different types and numbers of extractives, resulting in diverse effects in cement hydration.

The objective of this study was to evaluate the physical and mechanical properties, in the hardened state, of wood composites produced with two mineral binders (Portland cement and gypsum), two different compositions of wood particles from construction and demolition waste (CDW), with dimensions P1 and P2, and kraft pulp fibers from *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp.

## 2 | MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Materials

The composites were made with two binders (Portland cement and gypsum), an accelerator setting time admixture, two types of wood particles (eucalyptus and pinus), two types of kraft pulp fibers (eucalyptus and pinus), and water.

The Portland cement was the CP V ARI type, comparable with cement type III in accordance with ASTM C150 (ASTM, 2019). It has Blaine modulus of 4955 cm<sup>2</sup>/g and density of 2.98 g/cm<sup>3</sup>. Gypsum (slow hardening) has Blaine modulus of 1.02 cm<sup>2</sup>/g and density of 2.63 g/cm<sup>3</sup>. The materials were characterized also for granulometry (Figure 1) and chemical composition (Table 1).

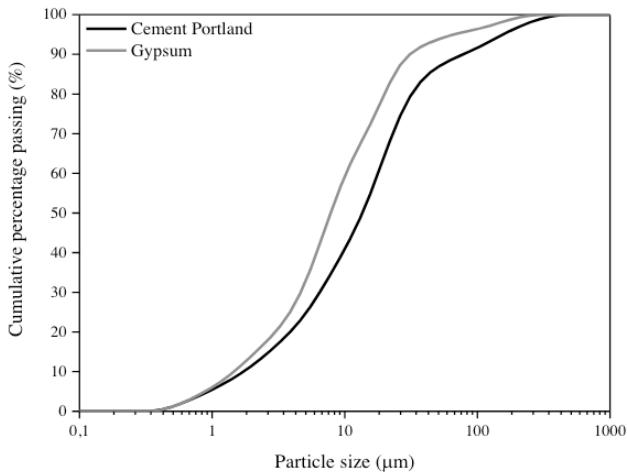


Fig 1 Particle size composition of Portland cement and gypsum

Source: The authors.

Parameters	CaO (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SrO (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CO <sub>2</sub> (%)	I. R. (%)	F. L. (%)
Cement	-	5.5	3.1	-	-	-	-	-	-	11.8	3.5
Gypsum	42.7	0.1	51	0.3	0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	-	-	5.63

Legend: I. R. – insoluble residue; F. L. – firing loss.

Tab 1 Chemical composition of mineral binders

Source: The authors.

The accelerator setting time admixture – used in wood-cement composites – is comparable to Type C in accordance with ASTM C494 (ASTM, 2019) (5% in relation to cement mass), with density of 1.27 g/cm<sup>3</sup> and based on Na silicate.

The construction and demolition wastes (CDW) were from eucalyptus and pinus wood. The material was ground in a portable hammer mill with 5 HP operating at 1160 rpm. Particles that passed through the mill were classified as P1, and particles that passed through the mill and also through a 1.2 mm sieve were classified as P2. Particles were also classified in function of density ASTM D2395 (ASTM, 2017), unit weight ASTM C29 (ASTM, 2017), moisture content ASTM D4442 (ASTM, 2016), pH TAPPI 252 (TAPPI, 2002), solubility in cold water ASTM D1110 (ASTM, 1984), solubility in 1% NaOH ASTM D1109 (ASTM, 1984) and chemical composition ASTM C136 (ASTM, 2014) (Table 2; Figure 2).

Particle	Basic density (g/cm <sup>3</sup> )	Unit weight (g/cm <sup>3</sup> )		Voids index (%)		Moisture content (%)	pH	Solubility in cold water (%)	Solubility in 1% NaOH (%)
		P1	P2	P1	P2				
Eucalyptus	0.348	0.145	0.115	58.29%	66.92%	13.81	7.71	0.67%	17.30%
Pinus	0.315	0.138	0.113	56.18%	64.12%	12.3	7.69	0.96%	20.94%

Tab 2 Characterization of wood particles

Source: The authors.

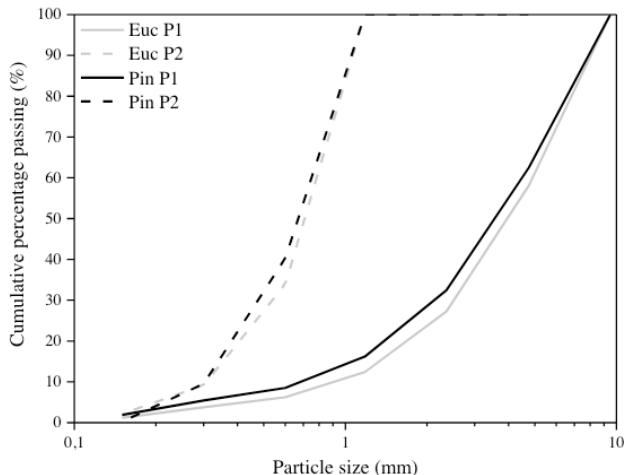


Fig 2 Particle size composition of the wood particle

Source: The authors.

Unbleached kraft cellulose from eucalyptus and pinus wood (Figure 3) were characterized in function of fiber dimension, based on mean of 30 fibers per species. Fiber length, fiber diameter and lumen diameter (Table 3) were measured with an Olympus microscope, and fiber cell wall thickness was calculated based on Equation 1.

$$e = [(LF - LL)/2] \quad \text{Eq. 1}$$

Where:  $e$ = cell wall thickness ( $\mu\text{m}$ );  $LF$ = fiber diameter ( $\mu\text{m}$ );  $LL$ = lumen diameter ( $\mu\text{m}$ ).

Parameter		Fiber length (μm)	Fiber diameter (μm)	Lumen diameter (μm)	Cell wall thickness (μm)
Eucalyptus	Minimum	910.0	11.0	0.5	2.5
	Mean	1,256.0	18.0	5.0	6.7
	Maximum	1,850.0	25.0	10.0	11.5
	Standard deviation	213.2	3.6	2.0	1.9
Pinus	Minimum	2,120.0	35.0	5.0	2.5
	Mean	3,220.0	51.0	30.0	10.6
	Maximum	5,000.0	75.0	69.0	20.0
	Standard deviation	710.9	11.6	17.5	5.6

Tab 3 Eucalyptus and pinus kraft cellulose fiber dimensions

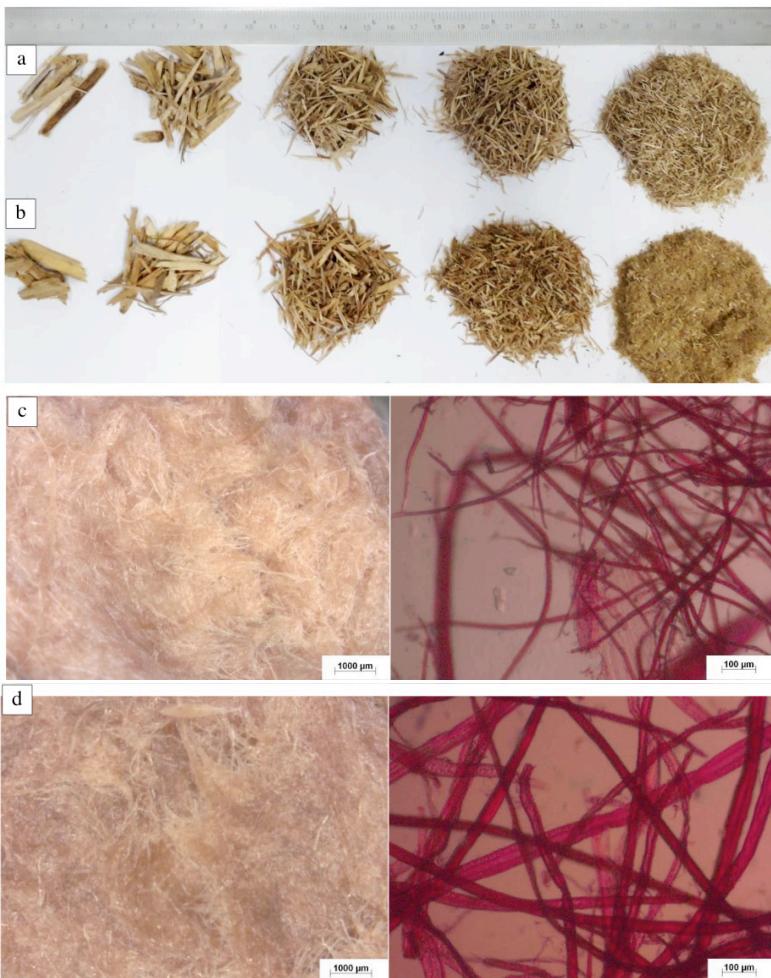


Fig 3 Eucalyptus (a) and Pinus (b) wood particles, fraction from sieve from left to right: 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm and 0.30 mm. Kraft pulp and individual fibers from eucalyptus (c) and pinus (d)

Source: The authors.

## 2.2 Methods

### 2.2.1 Pretreatment of wood particles

Wood particles were pretreated in cold water for 48 h in a proportion of 1:10 (wood:water). Then they were air-dried for 72 h, and kiln-dried for 24 h. As particles were dried, water compensation as proposed by Simatupang (1979) was applied (Equation 2).

$$Ca = R_{a/a} \times C + (FSP - U) \times M \quad \text{Eq. 2}$$

Where: Ca = water consumed (g); R (a/a) = water/binder ratio; C = binder consumed (g); FSP = fiber saturation point (adopted as 30%); U = wood moisture content (%); M = wood mass (g).

### 2.2.2 Composite production

Composites were produced with a fixed water/cement ratio of 0.50 and water/gypsum of 0.70. The binder/particle ratio was 1:0.15 by mass. For production of composites with cement and gypsum, some adaptations were applied. In both, particles were added in the final 60 seconds of mixing. At the end, the mixture was homogenized manually for 30 s and prismatic samples ( $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ ) were molded to perform the tests of dry bulk density, flexural strength ASTM C348 (ASTM, 2019) and compression strength ASTM C349 (ASTM, 2018) after 28 days.

Factorial analysis was applied in a  $2 \times 3 \times 2$  scheme, with 2 binders (Portland cement and gypsum), 3 particle types (P1, P2 and cellulose) and 2 wood species (eucalyptus and pinus). For comparison of means, ANOVA and the Tukey test at 99% probability were applied.

## 3 | RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 Characterization of materials applied for composite production

#### 3.1.1 Binders

Based on granulometry (Figure 1), gypsum had more particles with small dimensions than Portland cement CPV ARI, so it was thinner. In relation to chemical composition (Table 1), cement CPV ARI had the stipulated limits for MgO, SO<sub>3</sub> and firing loss (F. L.), but exceed the limit of 1.50% for insoluble residue (I. R.), in accordance with ASTM C150 (ASTM, 2019). The excess of insoluble residue (I. R.) may be related to failures in the burning and cooling steps in the Portland cement manufacturing process used (Battagin, 2011). On the other hand, gypsum satisfied the values stipulated by ASTM C28 (ASTM, 2010).

### *3.1.2 Wood particles*

Eucalyptus and pinus particles had similar basic density (Table 2). It is known (FPL, 2010) that wood is composed of pores and cavities, and variation in these apertures and cell wall thickness cause some species to have more substances by volume unit than others, and hence higher basic density.

For the unit weight, the particles presented different values according to the species (eucalyptus and pinus) and the particle type (P1 and P2) evaluated. Considering the particle species, the eucalyptus P1 particle had a unit weight of 5% higher than that of the pinus P1 particle. While the eucalyptus P2 particle had a unit weight of 2% higher than that of the pinus P2 particle. The similarity between the unit weight values for the different species may be related to the proximity between the basic density values of the CDW wood particle species. However, when considering the particle type, for the eucalyptus species, the P1 particle had a unit weight of 26% higher than the P2 particle. While, for the pinus species, the P1 unit weight particle had of 22% higher than the particle P2. This behavior may be related to the shape of the particles. Similarly, in sands used for the production of mortar, the variation in unit weight can sometimes be explained by the sphericity of the sand grains (Carasek et al. 2016). For the void index, it is possible to observe that the values for the P2 particle are higher than the values of the P1 particle.

Moisture content and pH for both species were similar. For water and NaOH solubility, pinus particles had values 48% and 21% higher than eucalyptus. Solubility in NaOH is considered a measure of wood deterioration, because greater wood degradation is associated with higher solubility in alkaline solutions (Kawase 1962; Pettersen 1984). So, in this study, pinus particles were more degraded than eucalyptus in function of their higher NaOH solubility.

Particle size composition of the wood particle (Figure 2) was similar, as expected in function of the classification.

### *3.1.3 Unbleached kraft fibers*

Pinus and eucalyptus are from different botanical groups, so fiber dimensions are expected to be different. Pinus fibers were 156% longer, 183% larger in fiber diameter, 500% larger in lumen diameter and 58% greater in cell wall thickness. Also, pinus kraft fiber had more heterogeneity in relation to length. Mechanical behavior of composites produced from fibers is influenced by type, length, diameter, texture and fiber distribution (Karade 2010; Khorami and Ganjian 2011), so the dimensions of kraft cellulose will influence composite properties in different ways.

## **3.2 Physical and mechanical properties of composites**

Table 4 shows the mean values of the evaluated properties indicated the variations

between materials applied in composite production.

SOURCE	PROPERTIES					
	Dry bulk density (kg/m <sup>3</sup> )	Flexural strength (MPa)		Compressive strength (MPa)		
<b>A - Binder</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>			
1 – Portland cement	1,388.80	a	3.36	a	8.76	a
	8.75%		30.53%		50.89%	
2 – Gypsum	1,137.59	b	2.58	b	7.08	b
	16.40%		51.99%		20.75%	
<b>B - Type</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>			
1 - Particle 1	1,424.43	a	3.81	a	9.34	a
	7.88%		12.27%		29.81%	
2 - Particle 2	1,212.51	b	1.77	b	6.47	c
	8.93%		78.71%		67.21%	
3 - Cellulose	1,152.64	b	3.33	a	7.95	b
	21.15%		12.20%		17.50%	
<b>C - Specie</b>	<b>NS</b>	<b>S</b>	<b>S</b>			
1 - Eucalyptus	1,263.83	a	3.29	a	8.67	a
	14.61%		31.93%		18.70%	
2 – Pinus	1,262.55	a	2.65	b	7.17	b
	17.52%		51.56%		61.99%	

S = Calculated F significant at probability of 99%; NS = Calculated F not significative at probability of 99%. Mean values with the same letter do not differ statistically. Red values indicate the coefficient of variation (%).

Tab 4 Mean values and coefficient of variation (%) obtained by factor analysis of properties in the hardened state for each factor and their interactions

Figure 4 shows the mean values of dry bulk density at 28 days indicate the variations between cement and gypsum.

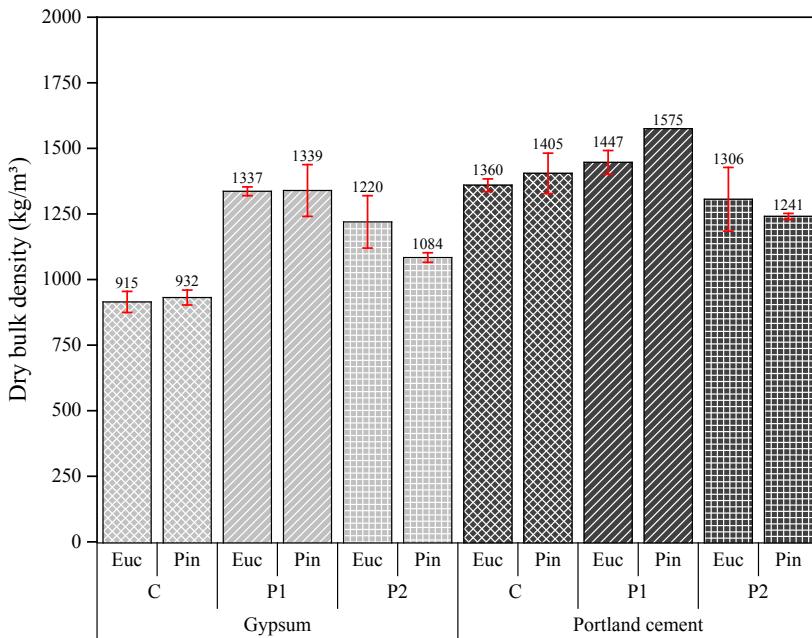


Fig 4 Dry bulk density of composites

In relation to kind of binder (Table 4), there were statistical differences. Composites were produced with the same binder/water ratio, so the variance was the result of density, which is higher in cement than gypsum, so the final dry bulk density composites with Portland cement ( $1,388.80 \text{ kg/m}^3$ ) was higher than the composite produced with gypsum ( $1,137.59 \text{ kg/m}^3$ ).

Comparison of the type of particle – P1 ( $1,424.43 \text{ kg/m}^3$ ), P2 ( $1,212.51 \text{ kg/m}^3$ ) and Kraft fiber ( $1,152.64 \text{ kg/m}^3$ ) – there was only statistical equivalence between P2 particle and the Kraft fiber. The P2 particle comprises the particles passing through the 1.2 mm sieve, that is, particles with dimensions smaller than the P1 particle. The statistical difference observed between the composites produced with the P1 and P2 particles can be explained by the unit weight values obtained for these particles. For weight dosages, there is a decrease in the volume of wood present in the traces produced with the P1 particle when compared to the P2 particle. This is because, the unit weight of the P1 particles is higher than the P2 particles, regardless of the wood species. When dosing the materials in weight, the particles with the lowest unit weight start to present greater volume in the composition, which contributes to the decrease of density and increase of the voids index (Turgut 2007; Morales-Conde et al. 2016; Rocha et al. 2019a; Rocha et al. 2019b).

Considering species in the composition, *Eucalyptus* spp. ( $1,263.83 \text{ kg/m}^3$ ) and *Pinus* spp. ( $1,262.55 \text{ kg/m}^3$ ), both were similar statistically, which can be the effect of the proximity of basic density values of the two particle types. The statistical equivalence indicated that,

independent of species, dry bulk density tended to be equal for the different composites.

Figure 5 shows the flexural strength of the composites after 28 days revealed the influence of the type of particle on the results.

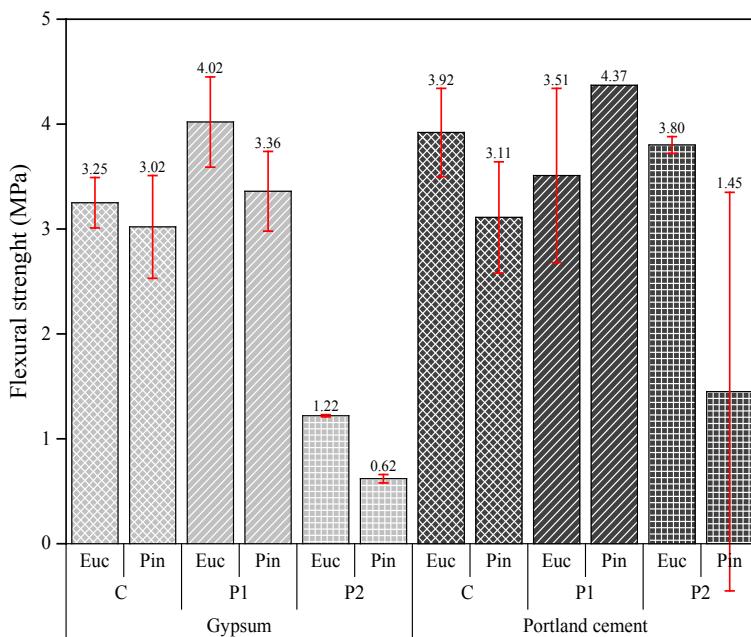


Fig 5 Flexural strength of the composites

Table 4 shows there was a significant statistical difference in the flexural strength of the composites between those produced with Portland cement (3.36 MPa) and gypsum (2.58 MPa). This can be attributed to the different physical and chemical characteristics of the binders, such as density and chemical composition. In addition to Portland cement, it has greater binding capacity.

Comparison of the type of particle – P1 (3.81 MPa), P2 (1.77 MPa) and kraft fiber (3.33 MPa) – there was only statistical equivalence between P1 and kraft fiber. The composite produced with P2 had lower values, a result that can be explained in function of binder applied.

Composites produced with Portland cement and the P2 particle, as shown in Table 02, the content of solubility in cold water to the pinus particles was 48% higher than that of eucalyptus particles. Therefore, the extracts of pinus particles may have had a greater influence on the decrease in performance of composites. Researchers observed that the smaller the particle, the larger the surface area and, consequently, the greater the amount of extracts released into the mixture (Na et al. 2014). In addition, each wood species has

different types and amounts of extracts, causing different effects on cement hydration (Karade et al. 2006; Na et al. 2014). This result also indicates that the content of the accelerator setting time admixture used for the production of the composite, as recommended by Rocha et al. (2016), and the pre-treatment carried out on the particles, as indicated by Lima (2009), may not have shown efficiency or not be sufficient, since the samples containing the pinus particles, were influenced by the extracts of the wood particles during healing.

In composites produced with gypsum and P2 particle, it is believed that, as the extractives do not negatively influence the mechanical properties of the gypsum (Dai and Fan 2015; Rocha 2017), there is a physical effect influenced by the decrease in particle size. In this way, the increase in the surface area of the wood particles may have contributed to the increase in the absorption of the water used for the production of the composite. Knowing that the stoichiometric demand for gypsum hydration is 18.6%, the excess amount of water used for the production of the composite is necessary to provide workability (Khalil et al. 2014; Kirchheim et al. 2018). During the production of the specimens of this study, the composites produced with gypsum and the P2 particle showed high consistency, so that the molding was hampered due to the lack of workability. Therefore, it is believed that the amount of water absorbed by the P2 particle may have exceeded the fiber saturation point value estimated by 30%. This behavior may have contributed to the heterogeneity of the composites and, consequently, to the low results obtained.

On the other hand, the highest values were obtained for composites produced with the P1 particle and Kraft fiber. The behavior of composites produced with the P1 particle indicates that the larger size of the particles tends to contribute to the performance of the composite when subjected to the flexural strength. It is worth noting that the flexural strength of composites produced with the P1 particle (3.81 MPa) increased by 115% compared to the flexural strength of the composites with the P2 particle (1.77 MPa). It is also important to highlight that when mass dosing materials, particles with lower unit weight (represented by the P2 particle) start to present a greater volume in the composition (Rocha et al. 2019a; Rocha et al. 2019b). Researchers explain that the amount of wood particles present in composites is able to influence their mechanical performance (Turgut 2007; Morales-Conde et al. 2016).

For composites produced with Kraft fiber, researchers (Ardanuy et al. 2011; Fernández-Carrasco et al. 2014) explain that the fibers tend to act as agents that contribute to the formation of crystals of hydrated compounds, in such a way so that, in regions close to the fibers, a higher concentration of hydrated particles is formed, in addition to a denser microstructure, that is, a porous network with increasingly smaller pores.

Other researchers (Carvalho et al. 2008) reported that, as in this study, composites produced with gypsum and Kraft fiber showed satisfactory mechanical results. This can be explained by the water retention made by the Kraft fiber that allows the formation of larger crystals around it, contributing to better adherence in the plaster matrix. In general,

composites produced with the particle P1 or with cellulose tend to present better performance of flexural strength when compared with the particles evaluated in this study.

Comparison of the species - Eucalyptus spp. (3.29 MPa) and Pinus spp. (2.65 MPa) - there was a statistical difference between the two species used. This effect can be explained by the fact that eucalyptus fibers are short when compared to pinus fibers that are long. Researchers (Savastano Jr. et al. 2000; Chung 2005; Li et al. 2006; Tonoli et al. 2010; Xie et al. 2015) claim that the shorter particles - represented by the eucalyptus specie - tend to present better dispersion in composites, contributing to better flexural strength, that is, greater load capacity. It is important to highlight that the flexural strength of composites produced with eucalyptus increased by 24% when compared to the strength of composites produced with pinus. Thin, but also long particles have to be preferred when mechanical properties (Frybort et al. 2010).

Figure 6 shows the mean values of compressive strength at 28 days were variable in function of binder and particle species.

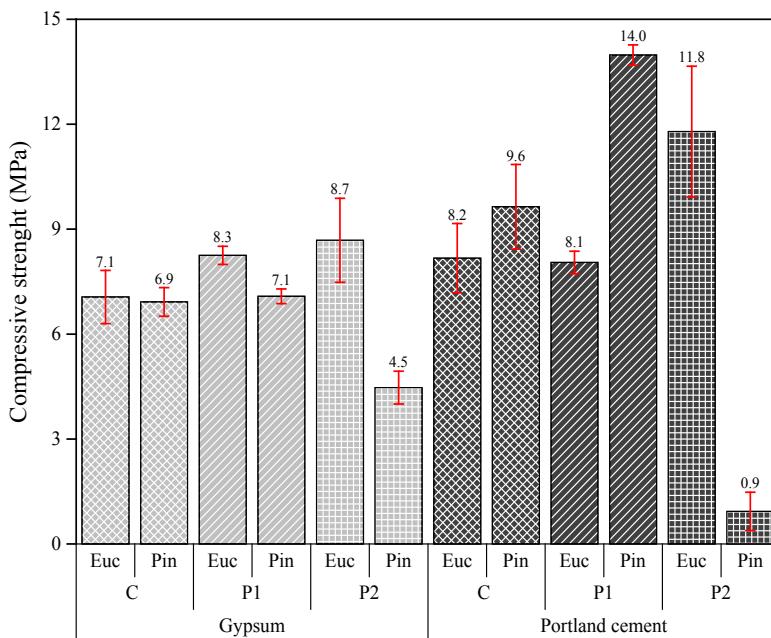


Fig 6 Results of compressive strength of the composites

Table 4 shows there was a significant statistical difference in the flexural strength of the composites between those produced with Portland cement (8.76 MPa) and gypsum (7.08 MPa). This effect, like for flexural strength, is influenced by physical and chemical characteristics of binders. Despite developing better mechanical behavior, composites

produced with Portland cement tend to have a higher dry bulk density than composites produced with gypsum.

Statistical differences were observed when comparing of the type of particles, considering P1 (9.34 MPa), P2 (6.47 MPa) and kraft fiber (7.95 MPa). Lower values of compressive strength were verified for composites with P2 particle, as occurred in the flexural strength test. These particles, as described previously, released more extractives in function of their dimensions, for composites produced with Portland cement, and had higher absorption, and consequently lower percentage of available water for binder hydration, for composites with gypsum.

On the other hand, higher values were observed for composites with P1 and kraft fiber. The behavior of composites with P1 indicated that the larger particle dimension tends to increase compressive strength, as observed in flexural strength. The composites produced with P1 particles (9.34 MPa) higher compressive strength than those produced with P2 (6.47 MPa). The composites produced with the P1 particle indicates that the particles with the lowest dry bulk density – represented by the P2 particle – start to present a greater volume in the composition (Rocha et al. 2019a; Rocha et al. 2019b). Researchers explain that the amount of wood particles present in composites is able to influence their mechanical performance (Turgut 2007; Morales-Conde et al. 2016).

On the other hand, for composites with kraft fibers, the material contributed to the formation of crystals of hydrated composites, resulting in a denser microstructure (Ardanuy et al. 2011; Fernández-Carrasco et al. 2014).

In general, composites produced with the P1 particle tend to have better compressive strength performance when compared to the particles evaluated in this study.

Considering species in the composition, *Eucalyptus* spp. (8.67 MPa) and *Pinus* spp. (7.17 MPa), significant differences were verified. Like the results for flexural strength, this effect can be explained by better dispersion of eucalyptus fibers in the composite. Also, as reported in Table 2 and described in flexural strength results, the content of solubility in cold water to the pinus fibers was 48% higher than in eucalyptus. So, extractives from pinus fibers might have negatively influenced the hydration of Portland cement. The composites with eucalyptus fibers had 21% greater compressive strength than the composite with pinus fibers.

## 4 | CONCLUSION

Particles from civil construction and demolition waste had different percentages of extractives soluble in cold water and 1% NaOH, and also different fiber dimensions, which influenced the characteristics of the composites.

All composite properties evaluated varied in function of binder applied (Portland cement or gypsum) and particle size (P1, P2 or kraft cellulose fiber). In relation to particle

size, P2 presented lower results in dry bulk density, flexural strength and compressive strength of composites.

Based on species applied in composite production (eucalyptus and pinus), dry bulk density of composites was similar, but for flexural and compressive strength, eucalyptus had better results than pinus.

Civil construction wastes can be applied for composite production, with adequate results, but the composition must be evaluated previously to indicate the better final uses of the material.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Structures and Materials Laboratory (LAME/DCC) and Wood Anatomy and Quality Laboratory (LANAQM) of Federal University of Paraná; the pulp and paper company Klabin (Monte Alegre plant); the Post-graduation Program in Civil Construction Engineering at the Federal University of Paraná (PPGECC/UFPR); the National Bank for Economic and Social Development (BNDES), Araucaria Foundation and the Office to Coordinate Improvement of University Personnel (CAPES).

## REFERENCES

AKKAOUI, A.; CARÉ, S.; VANDAMME, M. Experimental and micromechanical analysis of the elastic properties of wood-aggregate concrete. **Construction and Building Materials**, v. 134, p. 346–357, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C28**: Standard Specification for Gypsum Plasters, 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C29**: Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C136**: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C150**: Standard specification for Portland Cement, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C348**: Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C349**: Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure), 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C494**: Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM D1109:** Standard Test Method for 1% Sodium Hydroxide Solubility of Wood, 1984.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM D1110:** Standard Test Methods for Water Solubility of Wood, 1984.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM D2395:** Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Wood and Wood-Based Materials, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM D4442:** Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Based Materials, 2016.

ARDANUY, M.; CLARAMUNT, J.; GARCÍA-HORTAL, J. A.; BARRA, M. Fiber–matrix interactions in cement mortar composites reinforced with cellulosic fibers. **Cellulose**, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10570-011-9493-3>

ASHORI, A.; TABARSA, T.; AZIZI, K.; MIRZABEYGI, R. Wood–wool cement board using mixture of eucalypt and poplar. **Industrial Crops and Products**, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.03.033>

BATTAGIN, A. F. Cimento Portland. In: Isaia GC **Concreto: ciência e tecnologia**. v. 1 e 2. IBRACON, São Paulo, 2011.

CARASEK, H.; ARAÚJO, R. C.; CASCUDO, O.; ANGELIM, R. Sand parameters influencing the consistency and bulk density of renderings mortars. **Materia**, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620160003.0068>

CARVALHO, M. A.; CALIL JÚNIOR, C.; SAVASTANO JUNIOR, H.; TUBINO, R.; CARVALHO, M. T. Microstructure and mechanical properties of gypsum composites reinforced with recycled cellulose pulp. **Materials Research**, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392008000400002>

CHUNG, D. D. L. Dispersion of short fibers in cement. **Journal of Materials in Civil Engineering**, 2005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2005\)17:4\(379\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2005)17:4(379))

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS) **Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas**. São Paulo. [http://www.cbcsp.org.br/\\_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Politicas%20Publicas.pdf](http://www.cbcsp.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Politicas%20Publicas.pdf). Accessed 01 June 2020

CORINALDESI, V.; MAZZOLI, A.; SIDDIQUE, R. Characterization of lightweight mortars containing wood processing by-products waste. **Construction and Building Materials**, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.011>

DAI, D.; FAN, M. Preparation of bio-composite from wood sawdust and gypsum. **Industrial Crops and Products**, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.036>

DEPARTAMENTO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (DECONCIC) **Cadeia produtiva da construção: estimativas do investimento em obras, do PIB e do emprego**. FIESP, São Paulo, 2018. <https://www.fiesp.com.br/observatoriodaconstrucao/noticias/estimativas-do-investimento-em-obrae-do-pib-e-do-emprego-na-cadeia-produtiva-da-construcao-em-2017/>. Accessed 01 June 2020

FENG, C.; ZHENG, C-J.; SHAN, M-L. The clarification for the features, temporal variations, and potential factors of global carbon dioxide emissions. **Journal of Cleaner Production**, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120250>

FERNÁNDEZ-CARRASCO, L.; CLARAMUNT, J.; ARDANUY, M. Autoclaved cellulose fibre reinforced cement: Effects of silica fume. **Construction and Building Materials**, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.05.050>

FRYBORT, S.; MAURITZ, R.; TEISCHINGER, A.; MÜLLER, U. Determination of the bond strength of treated wood strands embedded in a cement matrix by means of a pull-out test. **European Journal of Wood and Wood Products**, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00107-009-0383-4>

FOREST PRODUCTS LABORATORY (FPL). **Wood handbook – Wood as an engineering material**. Madison, Forest Products Laboratory, 2010.

HAFNER, A.; SCHÄFER, S. Environmental aspects of material efficiency versus carbon storage in timber buildings. **European Journal of Wood and Wood Products**, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00107-017-1273-9>

HAZRATI-BEHNAGH, M.; ZAREA-HOSSEINABADI, H.; DALIRI-SOSEFI, M.; ABGINEHCHI, Z.; HEMMATI, A. Mechanical and insulating performances of ultralight thick particleboard from sugarcane residues and woods planer shaving. **European Journal of Wood and Wood Products**, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00107-015-0989-7>

HENDRIKS, C. A.; WORRELL, E.; DE JAGER, D.; BLOK, K.; RIEMER, P. **Emission reduction of greenhouse gases from the cement industry**. In: Proceedings of the fourth international conference on greenhouse gas control Technologies, pp 939-944, 1998.

HERRERAL, R. E.; CLOUTIER, A. Compatibility of four eastern canadian woods with gypsum and gypsum-cement binders by isothermal calorimetry. **Maderas: Ciencia y Tecnología**, 2008. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2008000300009>

HÖGLMEIER, K.; WEBER-BLASCHKE, G.; RICHTER, K. Potentials for cascading of recovered wood from building deconstruction – A case study for south-east Germany. **Resources, Conservation & Recycling**, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.07.004>

HOSSAIN, M. U.; WANG, L.; YU, I. K. M.; TSANG, D. C. W.; POON, C-S. Environmental and technical feasibility study of upcycling wood waste into cement-bonded particleboard. **Construction and Building Materials**, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.066>

JORGE, F. C.; PEREIRA, C.; FERREIRA, J. M. F. Wood-cement composites: a review. **Holz als Roh- und Werkstoff**, 2004. <https://doi.org/10.1007/s00107-004-0501-2>

KARADE, S. R.; IRLE, M.; MAHER, K. Influence of granule properties and concentration on cork-cement compatibility. **Holz als Roh- und Werkstoff**, 2006. <https://doi.org/10.1007/s00107-006-0103-2>

KARADE, S. R. Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. **Construction and Building Materials**, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.02.003>

KAWASE, K. Chemical Components of Wood Decayed Under Natural Condition and Their Properties. **Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University**, v. 52, p. 186-245, 1962.

KHALIL, A. A.; TAWFIK, A.; HEGAZY, A. A.; EL-SHAHAT, M. F. Effect of some waste additives on the physical and mechanical properties of gypsum plaster composites. **Construction and Building Materials**, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.081>

KHORAMI, M.; GANIJAN, E. Comparing flexural behaviour of fibre–cement composites reinforced bagasse: wheat and eucalyptus. **Construction and Building Materials**, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.03.052>

KHORAMI, M.; GANIJAN, E. The effect of limestone powder, silica fume and fibre content on flexural behaviour of cement composite reinforced by waste Kraft pulp. **Construction and Building Materials**, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.099>

KILBERT, C. **Sustainable construction: green building design and delivery**. Wiley, New Jersey, 2016.

KIRCHHEIM, A. P.; RODRÍGUEZ, E. D.; MYERS, R. J.; GOBBO, L. A.; MONTEIRO, P. J. M.; DAL MOLIN, D. C. C.; DE SOUZA, R. B.; CINCOTTO, M. A. Effect of gypsum on the early hydration of cubic and na-doped orthorhombic tricalcium aluminate. **Materials**, 2018. <https://doi.org/10.3390/ma11040568>

KISKU, N.; JOSHI, H.; ANSARI, M.; PANDA, S. K.; NAYAK, S.; DUTTA, S. C. A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material. **Construction and Building Materials**, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.029>

LI, Z. J.; WANG, L. J.; WANG, X. G. Flexural characteristics of coir fiber reinforced cementitious composites. **Fibers and Polymers**, 2006. <https://doi.org/10.1007/BF02875686>

LIMA, A. J. M. **Utilização de resíduo de Pinus spp e materiais cimentícios alternativos na produção de blocos para alvenaria estrutural**. Thesis, Federal University of Paraná, 2009.

LUSHNIKOVA, N.; DVORKIN, L. **Sustainability of gypsum products as a construction material**. In: Khatib JM Sustainability of Construction Materials, 2nd edn. Woodhead Publishing, Cambridge, p. 643-681, 2016.

MIRANDA, L. F. R.; ÂNGULO, S. C.; CARELI, É. D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986–2008. **Ambiente Construído**, v. 9, p. 57–71, 2009.

MORALES-CONDE, M.J.; RODRÍGUEZ-LIÑÁN, C.; PEDREÑO-ROJAS, M. A. Physical and Mechanical Properties of Wood-Gypsum Composites from Demolition Material in Rehabilitation Works. **Construction and Building Materials**, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.137>

NA, B.; WANG, Z. Q.; WANG, H. Q.; LU, X. N. Wood–cement compatibility review. **Wood Research – Slovak Forest Products Research Institute**, v. 59, p. 813-825, 2014.

ONUAGULUCHI, O.; PANESAR, D. K.; SAIN, M. Properties of nanofibre reinforced cement composites. **Construction and Building Materials**, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.072>

ONUAGULUCHI, O.; BANTHIA, N. Plant-based natural fibre reinforced cement composites: A review. **Cement and Concrete Composites**, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.02.014>

PARCHEN, C. F. A.; IWAKIRI, S.; ZELLER, F.; PRATA, J. G. Vibro-dynamic compression processing of low-density wood-cement composites. **European Journal of Wood and Wood Products**, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00107-015-0982-1>

PETTERSEN, R. C. **The Chemical Composition of Wood**. In: Rowell R Advances in Chemistry. ACS Publications, Washington, p. 57-126, 1984.

QIAO, W.; LU, H.; ZHOU, G.; AZIMI, M.; YANG, Q.; TIAN, W. A hybrid algorithm for carbon dioxide emissions forecasting based on improved lion swarm optimizer. **Journal of Cleaner Production**, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118612>

RAMIS, J.; DEL REY, R.; ALBA, J.; GODINHO, L.; CARBAJO, J. A model for acoustic absorbent materials derived from coconut fiber. **Materiales de Construcción**, 2014. <https://doi.org/10.3989/mc.2014.00513>

ROCHA, T. M. S. **Contribuição ao desenvolvimento de placas para vedação vertical produzidas com resíduo de madeira de construção, utilizando gesso e cimento como aglomerante**. Dissertation, Federal University of Paraná, 2017.

ROCHA, T. M. S.; LIMA, P. P.; MIRANDA, L. F. R.; PARCHEN, C. F. A.; RUHNKE, L. B. **Influência de aditivos aceleradores de pega nas propriedades no estado fresco de compósitos de cimento e resíduos de madeira de construção**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais... ANTAC, Porto Alegre, 2016.

ROCHA, T. M. S.; MIRANDA, L. F. R.; PARCHEN, C. F. A. Influência da composição granulométrica das partículas de resíduos de madeira nas propriedades de compósitos minerais: parte 1 - cimento-madeira. **Ambiente Construído**, 2019a. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212019000300328>

ROCHA, T. M. S.; MIRANDA, L. F. R.; PARCHEN, C. F. A. Influência da composição granulométrica das partículas de resíduos de madeira nas propriedades de compósitos minerais: parte 2: gesso-madeira. **Ambiente Construído**, 2019b. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212019000400351>

RODRÍGUEZ-OREJÓN, A.; DEL RÍO-MERINO, M.; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, F. Characterization mixtures of thick gypsum with addition of treated waste from laminated plasterboards. **Materiales de Construcción**, 2014. <https://doi.org/10.3989/mc.2014.03413>

SAVASTANO JR, H.; WARDEN, P. G.; COUTTS, R. S. P. Brazilian waste fibres as reinforcement for cement-based composites. **Cement and Concrete Composites**, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(00\)00034-2](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(00)00034-2)

SIMATUPANG, M. H. Der Wasserbedarf bei der Herstellung zementgebunder Holzspanplatten. **Holz als Roh- und Werkstoff**, 1979. <https://doi.org/10.1007/BF02610947>

TABARSA, T.; JAHANSHAH, S.; ASHORI, A. Mechanical and physical properties of wheat straw boards bonded with a tannin modified phenol-formaldehyde adhesive. **Composites Part B: Engineering**, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2010.09.012>

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP & PAPER INDUSTRY (TAPPI). **TAPPI 252: pH and electrical conductivity of hot water extracts of pulp, paper, and paperboard**, 2002.

TONOLI, G. H. D.; SAVASTANO JR, H.; FUENTE, E.; NEGRO, C.; BLANCO, A.; LAHR, F. R. Eucalyptus pulp fibres as alternative reinforcement to engineered cement-based composites. **Industrial Crops and Products**, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.10.009>

TURGUT, P. Cement Composites with Limestone Dust and Different Grades of Wood Sawdust. **Building and Environment**, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.008>

XIE, X.; ZHOU, Z.; JIANG, M.; XU, X.; WANG, Z.; HUI, D. Cellulosic fibers from rice straw and bamboo used as reinforcement of cement-based composites for remarkably improving mechanical properties. **Composites Part B: Engineering**, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.03.086>

## CAPÍTULO 6

# BUSINESS INTELLIGENCE APLICADO À BASE DE DADOS ABERTOS: UMA ANÁLISE SOBRE A PNAD CONTÍNUA

---

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Leonardo de Jesus Piechontcoski**

**Nilson Ribeiro Modro**

**Luiz Cláudio Dalmolin**

**Nelcimar Ribeiro Modro**

**Glauco Oliveira Rodrigues**

pessoas com baixo nível de instrução possuem no mercado de trabalho e os impactos de uma pandemia em alguns indicadores do mercado de trabalho. Por fim, destaca-se a importância da utilização dos dados abertos para o informativo da população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Business Intelligence, Dados Abertos, Pnad Continua, Análise de dados.

**RESUMO:** Este trabalho utilizou um banco de dados abertos, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística-IBGE, através de uma ferramenta denominada (SIDRA), com enfoque nos dados referentes a trabalho e rendimento, a fim de realizar uma análise aprofundada em relação a estas informações e observar as flutuações que estes indicadores sofreram em anos anteriores e posteriores à Pandemia do COVID-19. O período analisado compreendeu os anos de 2016 a 2022, mais precisamente entre o primeiro trimestre de 2016 até o primeiro trimestre de 2022. Após realizar a extração e o tratamento dos dados, foi utilizada a ferramenta Power B.I, para a criação de dashboards intuitivos apresentando as informações de modo dinâmico e comprehensível. Como principais conclusões citam-se as dificuldades que

**ABSTRACT:** This work used an open database, made available by the Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE, through a tool called (SIDRA), with a focus on data referring to work and income, in order to carry out an in-depth analysis in relation to this information. and observe the fluctuations that these indicators suffered in years before and after the COVID-19 Pandemic. The period analyzed was the years 2016 to 2022, more precisely between the first quarter of 2016 to the first quarter of 2022. After extracting and processing the data, the Power B.I tool was used to create intuitive dashboards showing information in a dynamic and understandable way. As main knowledge acquired are mentioned: The possibilities that the Business Intelligence tool has, difference of data, information and

knowledge, the importance of using open data to inform the population, the impacts of a pandemic on some indicators of the labor market and the difficulties that people with a low level of education have in the job market.

**KEYWORDS:** Business Intelligence, Open Data, Pnad Continua, Data analysis.

## 1 | INTRODUÇÃO

A tecnologia atual nos dá acesso a diversas informações, estas que muitas vezes temos dificuldades para interpretar, avaliar e usarmos a nosso favor. De acordo com Bolt, de Leoni e van der Aalst (2016), surge a necessidade de explorar esses dados, juntamente com a realização de análises que permitam a obtenção dos resultados desejados.

Em uma instituição seja ela pública ou privada, estes dados podem ser provenientes de fontes distintas, como por exemplo de um sistema *ERP* (*Enterprise Resource Planning*).

Quando nos referimos a um país, os dados são diversos. No Brasil existem alguns provedores de dados, que são disponibilizados por órgãos governamentais, estes que podem ser utilizados por qualquer cidadão para encontrar informações de diferentes segmentos referentes ao Brasil.

O presente trabalho utilizou os dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), que se constitui no maior provedor de dados e informações do país. O IBGE, possui uma ferramenta que fornece várias informações, estudos e pesquisas realizadas pelo instituto, instrumento na qual se denomina, Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Esta ferramenta pode ser utilizada por qualquer indivíduo, em qualquer plataforma digital que possua acesso à internet, o acesso ao web site SIDRA é feito através do endereço (<http://sidra.ibge.gov.br>).

Sendo assim, até 2012 a principal pesquisa demográfica do Brasil era a pesquisa nacional de amostra por domicílios - PNAD que anualmente investigava os principais indicadores demográficos do Brasil. A PNAD teve início em 1967 e seus resultados apresentados com periodicidade trimestral até o primeiro trimestre de 1970, a partir de 1971, os levantamentos passaram a ser anuais, com realização no último trimestre. (IBGE, 2015). Desde então a PNAD passou por diversas atualizações, sendo elas de amostragem e outras relacionadas a conceituação dos aspectos pesquisados.

No ano de 2012 o IBGE lança a PNAD Contínua visando a atualização da ferramenta e substituindo as estatísticas sobre mercado de trabalho obtidas através da antiga PNAD e da Pesquisa Mensal de Emprego - PME. Em 2016 a ferramenta foi extinta, divulgando pela última vez os dados referentes ao ano de 2015 e foi substituída em definitivo pela PNAD Contínua, um projeto pelo qual aumentou o número de amostragem em municípios e setores, possibilitando a separação de resultados e permitindo recortes em menor escala. (IBGE , 2014).

A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua

é realizada através de uma amostra de domicílios e destina-se a produzir informações sucessivas sobre a inserção da população na força de trabalho, associada a características demográficas, de educação, e, também, para o estudo do desenvolvimento socioeconômico do País. (IBGE, 2015).

O principal objetivo deste estudo é apresentar as flutuações dos índices de trabalho e rendimento, e demonstrar a importância de utilizar os dados abertos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Geografia Estatística - IBGE. Após, será aplicado a ferramenta de *Business Intelligence* transformando dados em informações, com intuito de apresentar um informativo a respeito do tema abordado e demonstrar a versatilidade da ferramenta.

Os dados da pesquisa serão aplicados e analisados em um software, cujo denomina-se *Power B.I.*, desenvolvendo *dashboards* intuitivos a fim de melhor avaliação e disseminação da informação. Os dados coletados terão enfoque nos anos em que o país foi afetado pela pandemia da COVID-19.

Para o atingimento do objetivo geral, os seguintes objetivos específicos se fazem necessários:

- Coletar informações no site do IBGE com a ferramenta SIDRA.
- Mensurar as informações apresentadas a partir da ferramenta *Power B.I.*.
- Análise e organização dos dados.
- Transformar os dados em informações.

O artigo está estruturado da seguinte maneira: o capítulo 2 apresenta os principais conceitos e estudos do tema abordado; o tópico 3 discorre sobre a metodologia, analisando a forma como será solucionado o problema; a quarta seção apresenta os resultados e discussões sobre o tema; e por fim as conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

## 2 | REVISÃO DA LITERATURA

Com os avanços tecnológicos constantes, muitas áreas da sociedade passaram por mudanças na forma de realizar determinadas atividades. De forma a compreender melhor o Brasil, é crucial utilizar essa evolução tecnológica a nosso favor. Esses avanços proporcionam melhores formas de captar informações e permite entender cada vez melhor o comportamento do nosso país.

Para Agune, Gregorio Filho e Bolliger (2010), a tecnologia serve para que governos e sociedades utilizem os dados governamentais da forma que necessitarem e desejarem para que proponham novos indicadores ou novas formas de se pensar a Administração Pública, desta forma, a população pode contribuir com inovação através do acesso de dados abertos. Para Rodrigues, (2014, p. 94) o acesso à informação coloca o cidadão de forma igualitária a administração pública, desta maneira revela parte da força democratizadora da

transparéncia e da publicidade.

Ao realizar algumas pesquisas, são recebidos diversos direcionamentos para o principal provedor de dados e informações do Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística o IBGE. Historicamente o IBGE divulga dados e informações com periodicidade a alguns anos.

Segundo artigo IBGE, (2017) sobre a linha do tempo referente a história do IBGE. Em 1933 a Comissão Interministerial se reuniu para avaliar e sugerir formas de reorganização dos serviços estatísticos do Brasil e apresenta o anteprojeto de um instituto Nacional de estatística. Em 1934, mais precisamente em 6 de julho, foi criado o Instituto Nacional de Estatística — INE, entidade de natureza federativa com a finalidade de promover, fazer executar ou orientar tecnicamente o levantamento sistemático de todas as estatísticas nacionais, porém somente em 1936 o Presidente Getúlio Vargas nomeia José Carlos de Macedo Soares como primeiro presidente da entidade, esta deveria coordenar o sistema estatístico nacional, seguindo os moldes apresentados no anteprojeto de 1934.

Em 1937 foi criado o Conselho Brasileiro de Geografia — CBG, incorporado ao Instituto Nacional de Estatística (INE) e autorizado a aderir à União Geográfica Internacional. No ano seguinte, a partir do Instituto Nacional de Estatística- INE, é criado o instituto pelo qual conhecemos atualmente o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE, com ele iriam atuar mais dois órgãos o Conselho Nacional de Geografia — CNG, novo nome do CBG; e o Conselho Nacional de Estatística — CNE, (IBGE, 2017). A partir das datas apresentadas o IBGE afirma cumprir com sua missão de identificar, analisar o território, contar a população, apresentar flutuações da economia através do trabalho e da produção das pessoas, revelando o seu comportamento e como vivem. (IBGE, 2022)

Juntamente com o acesso de dados disponibilizados pelo IBGE, possui o acesso ao PNAD cujo respectivo tema possui ênfase neste trabalho. Sendo assim, a PNAD visa suprir a falta de informações básicas sobre a população, dados estes que não são incluídos em censos demográficos, (IBGE 2015).

Portanto, a PNAD Continua tem como principal desígnio fornecer informações sobre a inserção da população no mercado de trabalho e características como, idade, gênero, níveis de instrução, e permitir o estudo do desenvolvimento socioeconômico do país. (IBGE , 2022).

Aplicada em todo território nacional, a PNAD Continua analisa cada região com exceção das áreas especiais, bem como, caracterizam-se áreas de características especiais; aldeias indígenas, quartéis, bases militares, alojamentos, acampamentos, embarcações, barcos, navios, penitenciárias, colônias penais, presídios, cadeias, asilos, orfanatos, conventos, hospitais e agrovilas de projetos de assentamentos rurais, e os setores censitários localizados em terras indígenas. (IBGE ,2022)

A pesquisa teve início em definitivo no ano de 1967, nos antigos estados da Guanabara e Rio de Janeiro, tendo sua abrangência gradativamente expandida. Até o fim

do ano seguinte, a pesquisa já abrangia todos os estados das Regiões Nordeste, Sudeste e Sul, além do Distrito Federal, alcançando cerca de 92% da população brasileira. Em 1968 ocorre a primeira divulgação destes dados, com a publicação dos dados do 4º trimestre de 1967 para as regiões correspondentes aos estados da Guanabara e Rio de Janeiro. (IBGE, 2015, p. 11).

Ao longo dos anos a PNAD passou por diversas reestruturações até chegar ao que é fornecido nos dias de hoje, a inserção da PNAD Continua teve início em 2012 e substituiu em definitivo a PNAD no ano de 2016, onde o IBGE, divulgou as informações referentes ao último trimestre de 2015.

Um estudo realizado por Ottoni e Barreira (2016) onde mostra as divergências da PNAD e da PNAD Continua, na qual, apresenta os principais pontos em que foram feitas as mudanças. O primeiro ponto seria a alteração da pesquisa com relação a idade, na antiga PNAD a idade mínima considerada como ativa era de 10 anos e já na nova PNAD Contínua a idade é de 14 anos. Além disso outros pontos foram elencados, houve a alteração referente aos trabalhadores que realizavam tarefas para consumo próprio visto que, na PNAD eram considerados como parte da população ocupada, atualmente, foram separados e possuem uma classificação única. Outro ponto que os autores destacam, é a exclusão de pessoas que declararam estar trabalhando, mas que tem 0 horas trabalhadas por semana, uma vez que a PNAD Contínua não contabiliza como população ocupada os trabalhadores com menos de 1 hora trabalhada por semana. A última e não menos importante destaca os trabalhadores que estavam temporariamente afastados onde na antiga pesquisa eram consideradas como ocupadas.

## 2.1 Plano Amostral

Segundo artigo divulgado pelo IBGE (2017), a PNAD Contínua trabalha com um plano amostral, por meio de uma amostra probabilística de domicílios, extraída de uma amostra mestra de setores censitários.

Em 2010 o IBGE, divulgou a separação dos censos censitários do Brasil, a qual o país foi dividido em 314 mil setores censitários. Para a realização da PNAD Contínua cada censo deve ter pelo menos 60 domicílios permanentes. No caso de um setor possuir 60 ou mais domicílios particulares permanentes ele constituiu sozinho uma unidade primária de amostragem, no caso de um setor não atender ao requisito mínimo definido, este é agrupado dentro do mesmo subdistrito, respeitando a proximidade, o tipo e a situação dos setores, até que o grupo formado tivesse ao menos 60 domicílios. (IBGE , 2017).

A PNAD Contínua tem periodicidade trimestral, a amostra total é coletada ao longo destes três meses para a criação das estimativas. Ao considerar o período de divulgação escolhido para a pesquisa da PNAD Contínua, é fundamental que haja um esquema de rotação, visando observar a mudança no comportamento dos dados. O esquema de rotação funciona da seguinte maneira, um domicílio é entrevistado um mês e posterior a isso, sai

da amostra por um período de dois meses, e os domicílios são entrevistados durante 5 trimestres consecutivos. (IBGE , 2017).

São visitadas 15.096 unidades primárias de amostragem, estas que estão espalhadas em todo o território nacional, e em cada unidade 14 domicílios são entrevistados, assim, totalizando 211.344 domicílios. (IBGE , 2017).

## 2.2 Dados Abertos

Dados abertos são qualquer informação, conteúdo ou dados que as pessoas podem reutilizar e redistribuir sem qualquer restrição legal tecnológica ou social (OPEN KNOWLEDGE FOUNDATION,2022)

A disponibilização de dados a sociedade, em países considerados como desenvolvidos tiveram um início recente, de acordo com Santarém Segundo, (2013), somente em 2009 países como Estados Unidos e Inglaterra iniciaram um modelo de gestão que tinha como premissa ampliar a visibilidade de informações governamentais, com intuito de que a população pudesse então contribuir com ações para fortalecer a sociedade.

Apesar de historicamente algumas instituições disponibilizarem informações a algum tempo, a divulgação de dados abertos para a sociedade brasileira também teve um início recente, no dia 18/11/2011, foi sancionada a Lei nº 12,527 na qual garantia o acesso à informação para a população brasileira, conhecida popularmente como Lei de Acesso à Informação - LAI, esta entra em vigor na data de 16/05/2012. A partir das datas mencionadas, o governo brasileiro dá início à liberação dos dados para a população.

Muitas iniciativas de programas de dados abertos foram implementadas. O mais conhecido atualmente é o Portal Brasileiro de Dados Abertos, visto que, centraliza várias informações de dados públicos do Brasil, sendo seu principal objetivo;

A promoção da transparência, o engajamento na participação social, o desenvolvimento de novos e melhores serviços governamentais e o aumento da integridade pública. (GOVERNO DIGITAL, 2019).

Os dados abertos ligados aos avanços tecnológicos e a alta acessibilidade das pessoas, certamente proporcionam uma maior facilidade da sociedade civil em acompanhar as publicações de dados disponibilizados por seus governos, cabe aos cidadãos usufruírem da ferramenta disponibilizada, para ser usada e não somente para cumprir uma obrigatoriedade prevista por lei.

O uso de dados abertos permite que todos os elementos estejam atualizados de forma acelerada sendo possível cruzar diversas informações que dão o direcionamento do nosso país. É possível encontrar o portal com uma busca rápida na internet, no entanto, o portal possui uma enorme quantidade de dados que acabam dificultando as buscas por algum seguimento em específico.

## 2.3 Business Intelligence (B.I)

O *Business Intelligence* vem sendo utilizado há muito tempo, Primak (2008), relata que o *Business Intelligence* surgiu na década de 80 no Gartner Group (Instituto de Pesquisa e Análise do setor de Tecnologia da Informação), instituto reconhecido mundialmente pelas publicações referentes a tecnologia da informação.

Já para Antonelli (2009) a forma em que os povos antigos gerenciavam e utilizavam estas informações pode ser classificado como B.I.

De forma prática, o B.I era usado pelos povos antigos, os Fenícios, Persas, Egípcios e outros Orientais, que ao seu modo utilizavam *Business Intelligence*, cruzando informações como; o comportamento das marés, posição dos astros, períodos de chuva e seca, tudo de maneira a facilitar na tomada de decisões. (ANTONELLI 2009, p. 80)

Sendo assim, para Fisher, Drucker e Czerwinski (2014) o B.I é a prática de interpretar e visualizar dados para tomar decisões úteis orientadas para os negócios. Já para Agiu, Mateescu e Muntean (2014) o B.I é um conjunto de ferramentas, como softwares, aplicativos, ou outras formas que auxiliam a organização no processo de tomada de decisão.

O uso do B.I. oferece acesso interativo aos dados e proporciona a manipulação dos mesmos, contribuindo na capacidade de realizar análises mais adequadas (TURBAN et al., 2009).

Segundo publicação Know Solutions, (2022), para que uma organização possa usufruir de todos os dados em que possui, é fundamental utilizar o *Business Intelligence* a seu favor. Afirmado que, mesmo os dados vindos de diferentes fontes, como sistemas ERP, CRM, planilhas ou até mesmo arquivos de texto, podem ser visualizadas em grupo, ajudando na criação de indicadores.

O *Business Intelligence* pode ser facilmente aplicado em qualquer ambiente com plataformas específicas, visto que, a coleta de dados pode ser feita de diversas maneiras, a ferramenta auxilia na ligação entre os dados, transformando em informações mais claras e compatíveis.

## 2.4 Power B.I

Segundo publicação divulgada pela própria Microsoft, (2022) o *Power B.I* é uma coleção de serviços de software, aplicativos e conectores que trabalham juntos para transformar suas fontes de dados não relacionadas em informações coerentes, visualmente envolventes e interativas.

Os *dashboards* ajudam a controlar as informações de forma simples, os *dashboards* e relatórios se conectam a conjuntos de dados que reúnem todos os dados relevantes em um único lugar. (MICROSOFT, 2022).

O *Power B.I* trabalha com três elementos básicos;

- Power B.I desktop;

- *Power B.I* serviço SaaS (software como serviço), serviço este oferecido para trabalhar de forma online; - *Power B.I Mobile*, que atende nas plataformas Windows, iOS e Android.

Além disso, ele oferece mais dois elementos:

- *Power B.I Report Builder*, para criar relatórios paginados para compartilhar no serviço do *Power B.I*;
- Servidor de Relatórios do *Power B.I*, um servidor de relatório local em que você pode publicar os seus relatórios do *Power B.I*, após criá-los no *Power B.I Desktop*.

É possível ter acesso a todas as informações referentes ao *Power B.I* no próprio site da Microsoft. O software é gratuito, porém há a possibilidade de utilizar funções pagas, funções estas que são mais avançadas e direcionadas.

## 2.5 Dados, informação e conhecimento

De forma geral o B.I ajuda aos usuários a tirar conclusões, através da análise de dados, transformando estes dados em informações e conhecimento.

Classifica-se como dados qualquer registro aleatório sendo elas palavras, letras, números, estes que quando encontram-se sozinhos não tem sentido algum para quem os recebe. De acordo com Moreira, Beira e Oliveira (2020) os dados são matéria-prima para a informação. Assim, observa-se duas lojas que vendem carros, elas estão expostas da seguinte maneira em uma tabela.

Loja 1	100.000
Loja 2	450.000

Tabela 1: Tabela de definição de dado.

Fonte: Próprio autor (2022).

A tabela 1 apresenta alguns dados aleatórios, visto que o número que está exposto em sequência ao nome das lojas, podem ser qualquer coisa, desde o preço de um dos carros ou até mesmo o valor total da loja. Sendo assim, pode se dizer, que quando os fatos são expostos sem nenhuma relação, no seu estado bruto, desvinculados da realidade, temos os chamados dados. (ROCHA, 2021).

Agora observa-se os dados, após receberem um tratamento.

Nome da Loja	Valor em R\$ de impostos ao mês
Loja 1	20.000
Loja 2	45.000

Tabela 2: Tabela de definição de informação.

Fonte: Próprio autor (2022).

A tabela 2 mostra os dados após o tratamento, estes podem ser classificados como informação, pois cada coluna da tabela recebeu um tratamento e conseguimos identificar o que cada coluna significa. Sendo assim quando os dados são estruturados, organizados, processados, contextualizados ou interpretados, há a geração de informação. (ROCHA, 2021)

Logo conclui-se que, dados, informações e conhecimentos estão inteiramente ligados. Ao gerar os dados, é adquirido informação e consequentemente possibilita o acesso ao conhecimento. (MOREIRA, BEIRA e OLIVEIRA ,2020)

### 3 I METODOLOGIA

O modelo de pesquisa deste artigo é descritiva, pois tem como finalidade apresentar características e relações entre as variáveis. Para que tal estudo fosse possível, fez-se necessário a utilização do método de pesquisa experimental. Os dados utilizados, foram extraídos de um banco de dados abertos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE. Após realizado o tratamento destes dados, estes foram transformados em informações e utilizados para a disseminação do conhecimento.

Os dados foram extraídos do Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, em formato Csv (Valores Separados por Virgulas), que permite salvar os dados em um formato estruturado de tabela, após, estes dados foram importados para a ferramenta Power B.I, onde foi feito a criação dos *dashboards*, a aplicação foi desenvolvida com dados a partir do primeiro trimestre de 2016 até o primeiro trimestre de 2022. Para que fosse possível extrair os dados, fez-se necessário adotar os seguintes passos.

- Acessar o Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, este que se encontra no endereço, (<https://sidra.ibge.gov.br>).

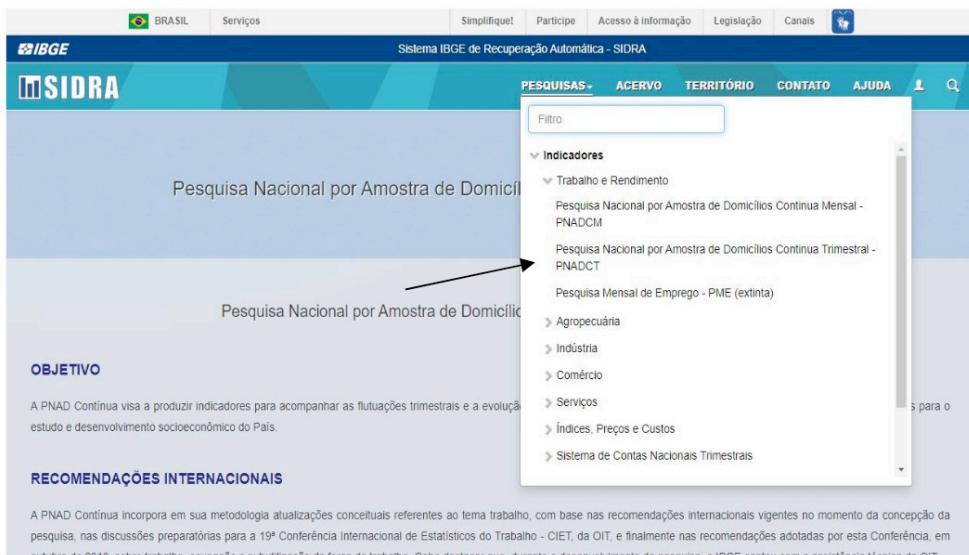


Figura 1: Tela do Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA

Fonte: SIDRA (2022).

A figura 1 apresenta a Tela do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, após acessar o endereço (<https://sidra.ibge.gov.br>), ele direciona para a página representada pela figura 1. O usuário pode selecionar qualquer informação que esteja disponível na página, porém para extrair os dados utilizados neste estudo, houve a necessidade de acessar a página da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Trimestral, esta que está destacada pela seta na figura 1. A página possui caminhos bem detalhados, possibilitando um melhor entendimento e consequentemente uma melhor captação dos dados.

Após acessar a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Trimestral se faz necessário escolher os dados que serão trabalhados.

População em idade de trabalhar			
Número	Nome	Período	Território
4052	Pessoas de 14 anos ou mais de idade, por condição em relação à força de trabalho e condição de ocupação	1º trimestre 2012 a 1º trimestre 2022	BR, GR, UF, RM, RD, MU
4093	Pessoas de 14 anos ou mais de idade, total, na força de trabalho, ocupadas, desocupadas, fora da força de trabalho, e respectivas taxas e níveis, por sexo	1º trimestre 2012 a 1º trimestre 2022	BR, GR, UF, RM, RD, MU
4094	Pessoas de 14 anos ou mais de idade, total, na força de trabalho, ocupadas, desocupadas, fora da força de trabalho, e respectivas taxas e níveis, por grupo de idade	1º trimestre 2012 a 1º trimestre 2022	BR, GR, UF, RM, RD, MU
4095	Pessoas de 14 anos ou mais de idade, total, na força de trabalho, ocupadas, desocupadas, fora da força de trabalho, e respectivas taxas e níveis, por nível de instrução	1º trimestre 2012 a 1º trimestre 2022	BR, GR, UF, RM, RD, MU
6402	Pessoas de 14 anos ou mais de idade, total, na força de trabalho, ocupadas, desocupadas, fora da força de trabalho, e respectivas taxas e níveis, por cor ou raça	1º trimestre 2012 a 1º trimestre 2022	BR, GR, UF, RM, RD, MU
4099	Taxas de desocupação e de subutilização da força de trabalho, na semana de referência, das pessoas de 14 anos ou mais de idade	1º trimestre 2012 a 1º trimestre 2022	BR, GR, UF, RM, RD, MU
4100	Pessoas de 14 anos ou mais de idade, por tipo de medida de subutilização da força de trabalho na semana de referência	1º trimestre 2012 a 1º trimestre 2022	BR, GR, UF, RM, RD, MU

Figura 2: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Trimestral

Fonte: SIDRA (2022).

A figura 2 apresenta a página para extrair os dados, cada *link* da acesso para determinado tipo de dados, como por exemplo:

A seta na figura 2 aponta para o link de pessoas de 14 anos ou mais de idade, por condição em relação a força de trabalho e condição de ocupação. A página possui inumeros dados, basta selecionar o desejado e realizar o download. A seguir a figura 3 respresenta o passo a passo do trabalho, desde o ínicio até a criação dos dashboards.

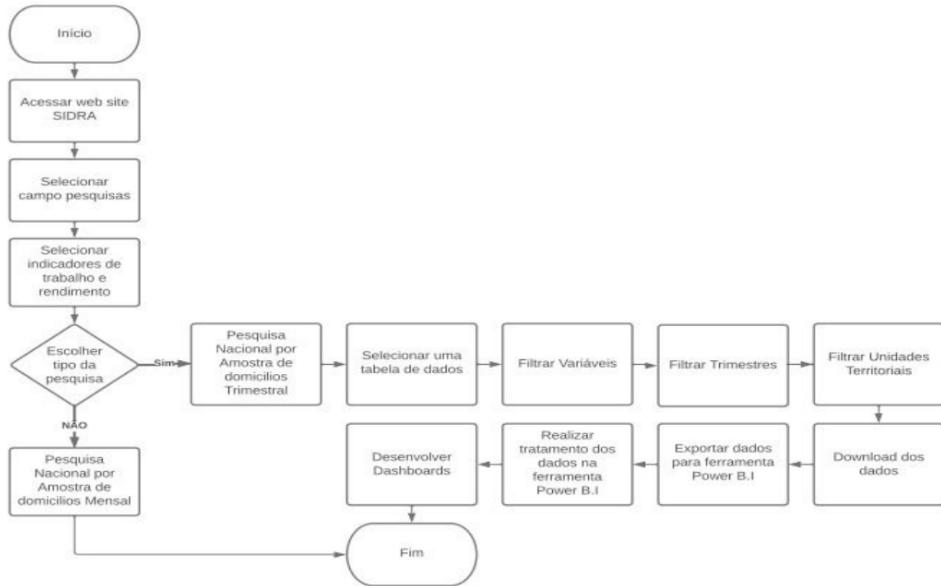


Figura 3: Fluxograma com os passos para execução do trabalho

Fonte: Próprio autor(2022).

Após a aplicação na ferramenta *Power B.I.*, para compreender e analisar estas informações, se fez necessário utilizar os métodos de pesquisa bibliográfica e documental. Durante o estudo foi demonstrado como utilizar a ferramenta *Business Intelligence* a dados abertos, e a análise das informações se deu através de dados gerados pelo IBGE.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o IBGE divulgar os dados referente ao último trimestre de 2022, os mesmos foram organizados e exportados para a ferramenta *Power B.I.*. Os itens informados, foram elencados, e realizado uma seleção das colunas que serão analisadas. Foram escolhidas algumas formas de visualização para a apresentação dos dados em formato de *dashboard*. Fazem parte dos *dashboards*: títulos, tipos de gráficos, cores, legendas, rótulos de detalhes e filtros.

Para o melhor entendimento das informações, é importante o conhecimento das seguintes termologias.

- **Ocupados:** pessoas que possuem um trabalho durante todo o mês da pesquisa, é considerado como ocupado pessoas que estão em período de férias, licenças, greve entre outros;
- **Desocupados:** pessoas sem trabalho que saíram em busca de emprego no período da pesquisa;

**Fora da força de trabalho:** pessoas que não querem trabalhar, ou que querem

trabalhar mais que não procuram emprego;

Nível de instrução: classifica a população pelo grau de escolaridade.

Abaixo pode-se ver a primeira tela apresentada neste estudo. Na *Power BI* é possível navegar nas páginas, através do próprio menu de páginas do software, porém ele também permite o desenvolvimento de menus mais interativos podendo acrescentar botões com funções específicas. Sendo assim a tela inicial da ferramenta ficou disposta da seguinte maneira

Desemprego	<b><i>Seja bem vindo aos informativos da Pnad Contínua.</i></b>
Ocupados, desocupados e fora da força de trabalho	Através desta pagina você terá acesso a Dashboards referente a disposição da população brasileira no mercado de trabalho, é possível realizar análises do ano de 2016 até o de 2022. Além de resultados anuais é possível filtrar as informações por trimestres. Para que tais indicadores fossem criados, foram utilizados dados disponibilizados pelo Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA.
Fora da força de trabalho, idade	Cada botão disponibilizado no lado esquerdo da tela direciona para 1 dos Dashboards, são eles: <ul style="list-style-type: none"><li><i>Desemprego:</i> Apresenta a porcentagem de desemprego, anual e trimestral;</li><li><i>Ocupados, desocupados e fora da força de trabalho:</i> Apresenta a porcentagem da população ocupada, desocupada e fora da força de trabalho;</li><li><i>Ocupados por idade:</i> Apresenta a porcentagem de pessoas ocupadas, separando-as por idade;</li><li><i>Desocupados por idade:</i> Apresenta a porcentagem de pessoas desocupadas, separando-as por idade;</li><li><i>Fora da força de trabalho idade:</i> Apresenta a porcentagem de pessoas fora da força de trabalho, separando-as por idade;</li><li><i>Ocupados nível de instrução:</i> Apresenta a porcentagem de pessoas ocupadas, separando-as por nível de instrução;</li><li><i>Desocupados nível de instrução:</i> Apresenta a porcentagem de pessoas desocupadas, separando-as por nível de instrução;</li><li><i>Fora da força de trabalho nível de instrução:</i> Apresenta a porcentagem de pessoas fora da força de trabalho, separando-as por nível de instrução.</li></ul>
Ocupados por idade	
Desocupados por idade	
Ocupados nível de instrução	
Desocupados, nível de instrução	
Fora da força de trabalho, nível de instrução	<b><i>Qual informativo deseja acessar?</i></b>

Figura 4: Menu para acesso as informações

Fonte: Próprio autor (2022).

No menu apresentado através da figura 4, pode se notar que após o tratamento a tela recebeu alguns botões, estes responsáveis por direcionar o usuário aos indicadores. Quando o usuário selecionar um dos botões, este irá direcionar para a página desejada, se o mesmo desejar retornar a página de menu, basta selecionar o botão no canto inferior esquerdo que há em cada uma das páginas criadas.

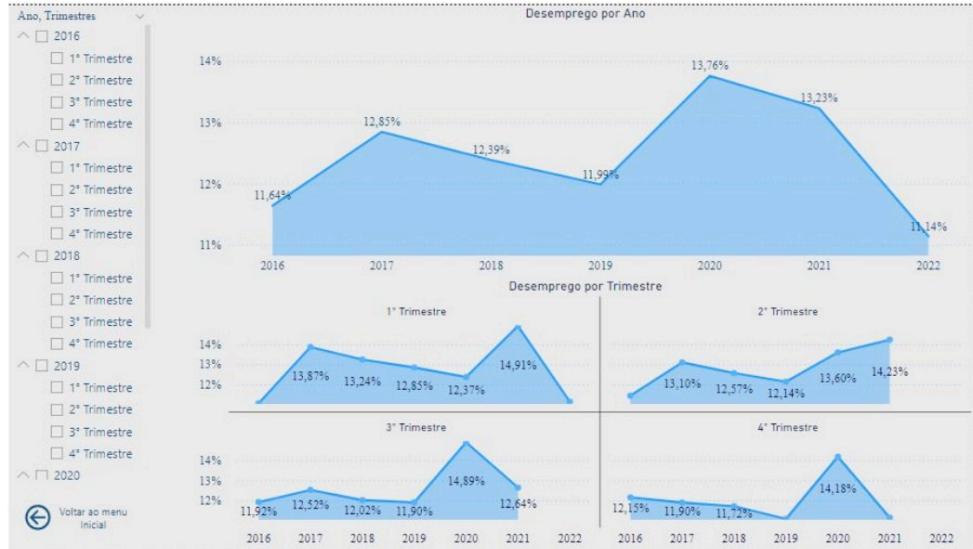


Figura 5: Percentual de desemprego

Fonte: Próprio autor (2022).

A pandemia da COVID-19 trouxe severas consequências para a população brasileira, um dos indicadores que mais sofreram alterações por conta pandemia, foram os indicadores de trabalho e rendimento, o *dashboard* representado pela figura 5, visa demonstrar as variações com relação ao número de desempregados do país, a classificação pode ser feita tanto por ano, quanto por trimestre, o *dashboard* de desemprego por ano, classifica a porcentagem de desemprego no Brasil nos anos selecionados, já os *dashboards* de desemprego por trimestre, classificam a taxa de desemprego por trimestre, com eles é possível observar as variações ano a ano e trimestre a trimestre.

No caso da figura 5, foram selecionados seis anos diferentes para se obter uma melhor avaliação dos resultados. Pode se notar que no ano de 2017 o Brasil vinha sofrendo com o alto número de desempregados no país, o gráfico demonstra que em 2018 e 2019 estes números estavam em queda, notícias animadoras até a pandemia, deixar o seu marco no indicador. Na data de 31 de dezembro de 2019 a Organização Mundial da Saúde (OMS) inicia os alertas sobre uma possível pandemia, dando início a série de notícias que nos acompanham até o presente momento.

No 1º trimestre de 2021, a taxa de desemprego atinge seu pico máximo, chegando a incríveis 14,9% de desempregados no país. Segundo matéria publicada por Alvarenga (2021), o Brasil ocupa a posição de 4º lugar em ranking de países com maior taxa de desemprego do mundo no ano de 2021, ficando abaixo somente de Costa Rica, Espanha e Grécia. Fato curioso, que após o COVID-19 ter uma diminuição em seus casos, no primeiro trimestre de 2022, o Brasil registra o menor nível com relação aos desempregados desde

o ano de 2016. Se compararmos o primeiro trimestre de 2021 com o primeiro trimestre de 2022, obtivemos uma redução de 3,8% do indicador.



Figura 6: Distribuição da População em idade de trabalhar

Fonte: Próprio autor (2022).

A figura 6 apresenta um informativo referente a distribuição da população que possui idade acima de 14 anos, isto é, faixa etária considerada pela PNAD Contínua apta a trabalhar. Destaca-se neste indicador, a quantidade de pessoas fora da força de trabalho, curiosamente este indicador não sofre fortes impactos a alguns anos. Novamente as maiores alterações podem ser vistas nos anos de 2020 e 2021, com o aumento de desocupados e consequentemente a redução dos ocupados.

Os fora da força de trabalho também possuem destaque, ou seja, são indivíduos que não querem trabalhar ou acreditam que não conseguem emprego por algum motivo em específico, e por isso nem saem a procura de trabalho. Em 2020 percebe-se que essas pessoas corresponderam cerca de 40% da população em idade apta a trabalhar.



Figura 7: Fora da força de trabalho, classificação por idade

Fonte: Próprio autor (2022).

O gráfico conforme figura 7 apresenta as informações referentes a distribuição por idade das pessoas fora da força de trabalho. A figura 7 demonstra que este indicador não sofre muitas alterações, onde apresenta números muito parecidos e estáveis. Sendo que, o maior número dos fora da força de trabalho, fica por conta das pessoas de 60 anos ou mais. As dificuldades para estes encontrarem emprego acabam fazendo com que estes não queiram trabalhar, e ou desistam de procurar.

Segundo estudo realizado pelo grupo Cynthia Charone (2021), onde destacam as dificuldades dos idosos no mercado de trabalho, é possível afirmar que as dificuldades se dão por conta dos seguintes aspectos:

- Preconceito: este fator se dá em conta do preconceito que os idosos sofrem, por pessoas acreditarem que estes não conseguem ou não podem desempenhar certas funções, além do mais, são considerados um risco, pois possuem maior tendência em se ausentarem do trabalho por motivos de saúde;
- Capacidade física: Muitos dos jovens acreditam que os idosos, não possuem capacidade física e cognitiva para entrar em determinadas funções, e julgam como motivos suficientes para estes deixarem o mercado para pessoas mais jovens;
- Tecnologia: Um fator que faz com este público sofra, é referente a tecnologia, novamente se faz alusão ao preconceito, baseiam-se que estes não estão aptos a exercer certas funções, estas que muitas das vezes exigem conhecimentos básicos Cynthia Charone, (2021).

Pode-se notar que nos anos afetados pela pandemia, os números referentes

a pessoas consideradas idosas, sofreram uma alteração considerável, deixando em evidência esperada, mesmo sem pandemia, que cada vez mais estes profissionais deixarão o mercado em definitivo.

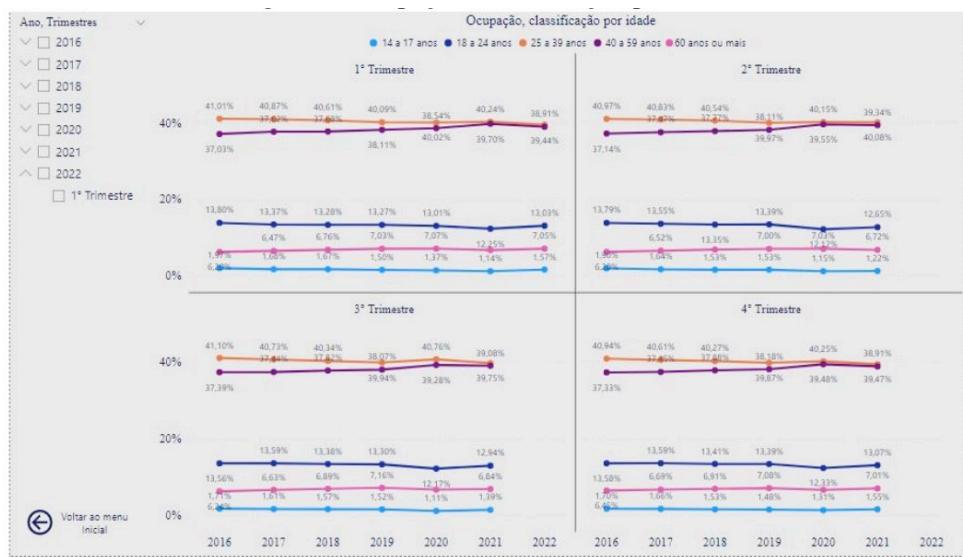


Figura 8: Ocupação, classificação por idade

Fonte: Próprio autor (2022).

O *dashboard* representado pela figura 8, demonstra a distribuição de pessoas ocupadas classificando-as por idade, pode-se notar que este indicador, não sofre muitas variações, demonstrando que o mercado de trabalho possui algumas preferências referente a faixas etárias.



Figura 9: Desocupação, classificação por idade

Fonte: Próprio autor (2022).

A figura 9 corresponde a distribuição de pessoas desocupados, classificando-as por idade. Destacam-se na figura 9, as pessoas de 18 a 24 anos e as pessoas de 25 a 39 anos, estes que possuem o maior número de desocupados do país.

As idades mencionadas acima, entende-se como a população que está se inserindo no mercado de trabalho, estes possuem dificuldades, pois muitas vezes não apresentam nenhum tipo de experiência, dificultando ainda mais a aceitação no mercado de trabalho. Vale ressaltar que o 4º trimestre de todos os anos, onde teríamos tendência de uma aceitação maior destas fatias da população, por conta dos contratos temporários, o número se manteve estável.

Segundo artigo publicado por Lage (2015), o mercado de trabalho busca profissionais mais experientes e mais qualificados. A grande indagação, é de como estes estarão aptas as vagas se não receberem a oportunidade de demonstrar o seu valor. Consequentemente, nestas idades o maior foco são questões estritamente acadêmicas dificultando mais ainda a sua inserção no mercado, o grande problema é que os jovens acreditam que garantindo um ensino médio ou superior, suas vagas estão garantidas. Segundo artigo publicado por Oliveira et al, (2020) eles destacam que somente o ensino não é suficiente para garantir sua colocação no mercado, pois por serem recém-formados possuem menos experiência profissional e por este motivo encaram as maiores dificuldades de inclusão no âmbito trabalhista.

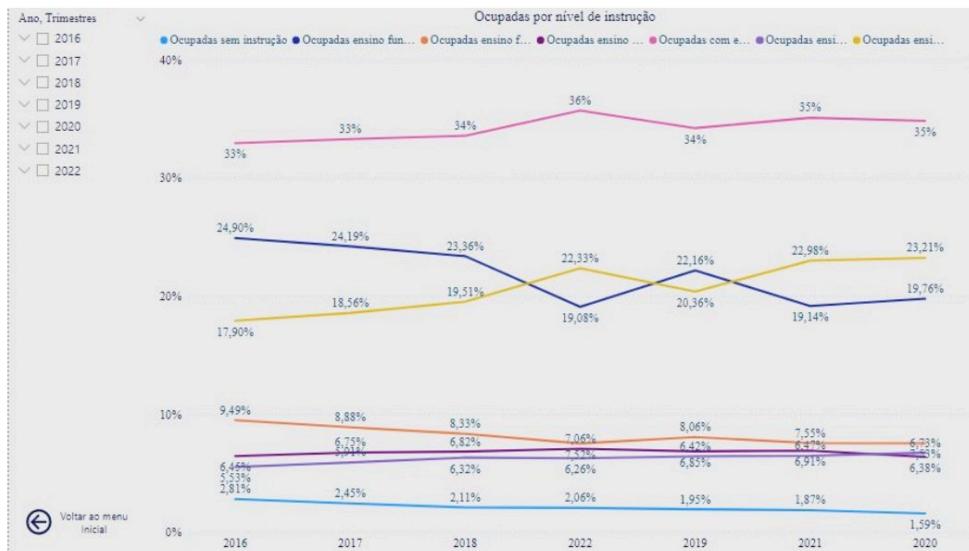


Figura 10: Ocupadas, classificação por nível de instrução

Fonte: Próprio autor (2022).

A figura 10, apresenta os ocupados por nível de instrução, vale destacar que nos anos afetados pela pandemia o aumento no número de trabalhadores ocupados com superior ou equivalente, tiveram um aumento significativo. Sabemos que a pandemia revolucionou alguns conceitos de trabalho e para muitos acelerou alguns processos que antes eram vistos como oportunidades futuras, o ponto onde sofreu maiores impactos foi o do trabalho em *Home Office*. A alta demanda de profissionais para trabalhar de forma remota, exige que estes profissionais tenham um nível maior de qualificação.

A chegada da COVID-19 impulsionou as organizações para adotarem o *Home Office* para seus colaboradores. Se antes da pandemia da COVID-19, o *Home Office* era adotado de forma tímida por apenas algumas organizações, com a pandemia passou a ser adotado por grande parte das empresas, visando diminuir a proliferação do vírus.

Segundo Santos et al. (2020), a COVID-19 ajudou as empresas a impulsionar a implantação do *Home Office*, destaca que para o colaborador conseguir desempenhar tal função é necessário possuir um determinado nível de comprometimento e instrução, visto que, precisam cumprir com metas e objetivos propostos pela instituição. Tal informação vai de encontro com a dificuldade de jovens que acabaram de concluir suas qualificações em ingressar no mercado de trabalho, demonstrando que vale a pena se qualificar apesar das dificuldades em ingressar no mercado.

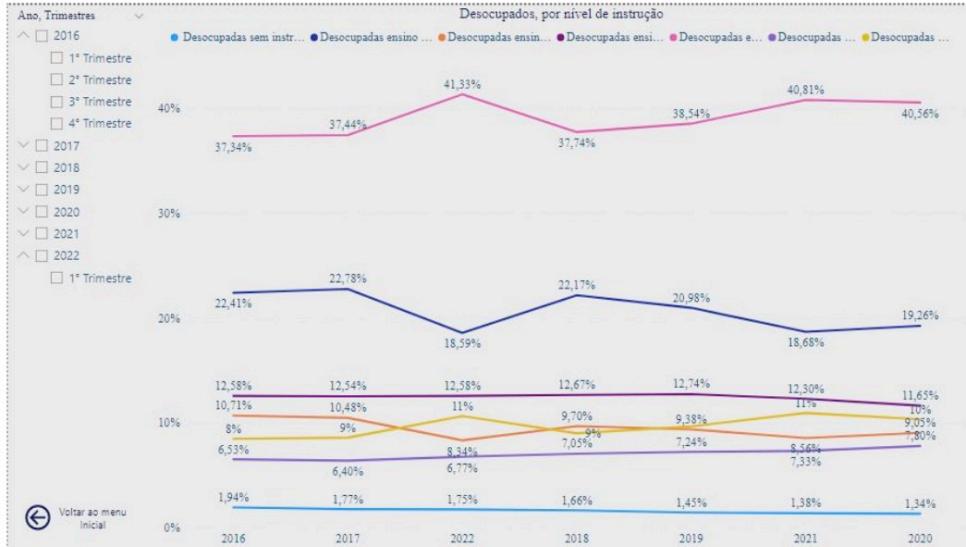


Figura 11: Desocupados, nível de instrução

Fonte: Próprio autor (2022).

O *dashboard* representado pela figura 11 apresenta o percentual de pessoas desocupadas por nível de instrução. Na pandemia da mesma forma que muitas portas se abriram, muitas também se fecharam. Profissionais com um nível de instrução mais baixo tendem a desempenhar funções específicas que demandam estar em um local específico, sendo assim é impossível estes desempenhar funções em *Home Office* por exemplo.

Curiosamente o maior número com relação aos desocupados, ficou por conta dos que possuem ensino médio completo e dos que possuem fundamental incompleto. Evidenciando que não vale a pena ficar em cima do muro quando o assunto é mercado de trabalho, importante é se especializar e se preparar para as oportunidades.

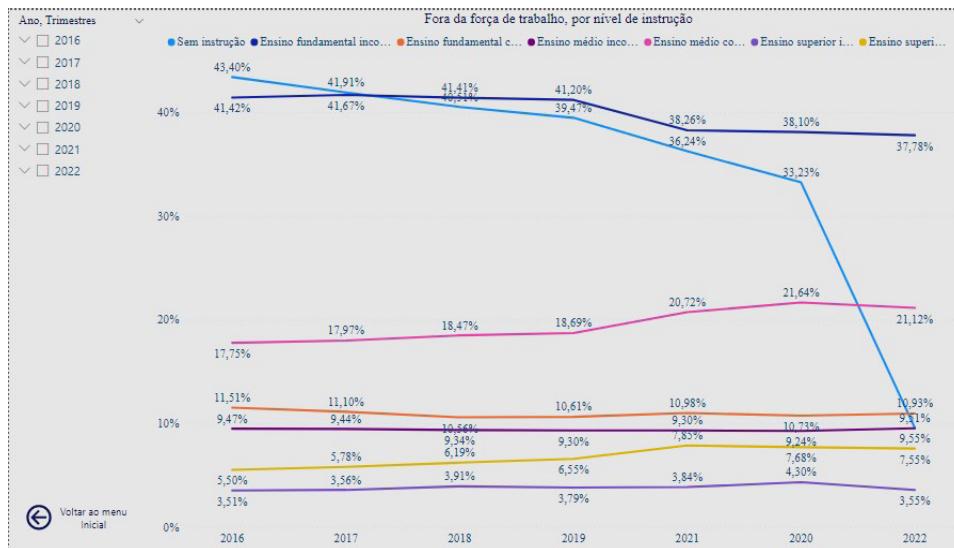


Figura 12: Fora da força de trabalho, nível de instrução

Fonte: Próprio autor (2022).

Logo acima pode-se notar a figura 12, esta representa o *dashboard* das pessoas fora da força de trabalho, por nível de instrução. Pode-se observar que as variações deste indicador não sofrem alterações muito bruscas, demonstrando muito bem uma das características das pessoas que não querem trabalhar ou que desistiram de procurar emprego. Destaque para os anos de 2020 e 2021, anos estes afetados pela pandemia, onde houve uma considerável redução no número dos que possuem ensino fundamental incompleto. Se fizermos uma analogia da figura 6 juntamente com a figura 12, já conseguimos identificar um possível fator que faz com que esta fatia da população esteja fora da força de trabalho, os que possuem baixa instrução tendem a maiores participações neste indicador, o que evidencia o quanto o nível de instrução pode afetar nos indicadores de trabalho.

## 5 | CONCLUSÕES

Conclui-se que o estudo demonstrou a versatilidade da ferramenta. O *Business Intelligence* facilita o acesso às informações, proporcionando uma melhor visualização e interpretação destas. Quando combinado com a ferramenta *Power B.I* estes apresentaram os *dashboards*, trazendo a informação e consequentemente o conhecimento. Após a tabulação dos dados e representações, foi possível analisar de forma mais clara o comportamento de uma fatia do mercado de trabalho do Brasil.

Além do mais, fica claro o quanto importante é o acesso aos dados abertos, apesar da divulgação destes ainda serem recentes e pouco aproveitados, pode-se assim fazer com que a população conheça diversos setores e seguimentos do nosso país, para que

então possam contribuir para o desenvolvimento socioeconômico. Após demonstrar as informações foi possível observar as flutuações e os impactos que uma pandemia pode gerar aos indicadores.

O *Business Intelligence* se mostrou útil e eficaz, pois através dele foi possível apresentar um informativo e análises aprofundadas. Vale ressaltar também as possibilidades que os profissionais de T.I possuem na área, podendo assim trabalhar como cientista de dados, um mercado que vem crescendo e possibilitando novos modelos de trabalho. Sendo assim o trabalho obteve o resultado desejado apresentando como aplicar o *Business Intelligence* á dados abertos.

Como sugestão para trabalhos futuros, substituir o arquivo CSV, por uma API de dados *Application Programming Interface*, que é uma forma de integrar sistemas, esta que possibilita maior segurança dos dados, e tambem a integração entre sistemas que possuem linguagem de programação diferentes, sendo assim pode-se utilizar alguma linguagem, para que assim o power BI possa ser configurado e os *dashboards* recebam atualizações em anos e trimestres que serão acrescentados pela pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AGIU, Dragos Et Al. "Visão Geral De Inteligência De Negócios." Database Systems Journal 5 (2014): 23-36.

AGUNE, Roberto Meizi; Gregório Filho, Alvaro Santos; Bolliger, Sergio Pinto. Governo Aberto Sp: Disponibilização De Bases De Dados E Informações Em Formato Aberto. 2010.

ALVARENGA, Darlan Brasil tem 4<sup>a</sup> maior taxa de desemprego do mundo em ranking da Austin Rating. G1, 22 de nov. 2021 Disponível em: <<https://www.poder360.com.br/economia/brasiltem-4a-maior-taxa-de-desemprego-do-mundo-em-ranking-da-austin-rating/>>. Acesso em: 25 Jun. 2022.

ANTONELLI, Ricardo Adriano. Conhecendo O Business Intelligence (Bi). Revista Tecap, V. 3, N. 3, P. 79-85, 2009.

BOLT, A.; De Leoni, M. E Van Der Aalst, W. M. P. Scientific Workflows For Process Mining: Building Blocks, Scenarios, And Implementation. International Journal On Software Tools For Technology Transfer, V. 18, 2016.

CHARONE, Cynthia. Quais Os Desafios Enfrentados Pelos Idosos No Mercado De Trabalho? [S. L.]: Grupo Cynthia Charone, 18 Maio 2021. Disponível Em: <https://blog.cynthiacharone.com/idosos-nomercado-de-trabalho/>. Acesso Em: 25 Jun. 2022.

FISHER D., S. Drucker E M. Czerwinski, "Business Intelligence Analytics [Introdução Dos Editores Convidados]", Em Ieee Computer Graphics And Applications , Vol. 34, Nº. 5, Pp. 22-24, Set. Out. 2014, Doi: 10.1109/Mcg.2014.86.

FOUNDATION, Open Knowledge (org.). What is open?. [S. I.]: Open Knowledge Foundation, 2022. Disponível em: <https://okfn.org/opendata/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

GOVERNO DIGITAL. Portal Brasileiro de Dados Abertos. Portal Gov.br Ministério da Economia: Governo Digital, 27 nov. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/dadosabertos/portal-brasileiro-de-dados-abertos>. Acesso em: 20 jun. 2022.

DE BRASIL, Governo Federal. Cartilha Técnica Para Publicação De Dados Abertos No Brasil. Brasília: Governo Federal, 2011; 1.0. Acceso, V. 20, P. 12, 2018.

DE OLIVEIRA, Keila Pires, Et Al. "Inserção Dos Jovens No Mercado De Trabalho: O Primeiro Emprego Após A Graduação, SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílios Contínua. Notas Metodológicas Volume 1 . Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (Ibge). Rio De Janeiro. 2014. Disponível Em: <https://www.ibge.gov.br/acesso/informacao/institucional/o-ibge.html>. Acesso Em: 20 Jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Esclarecimentos Sobre Os Resultados Da Pnad Contínua Produzidos Mensalmente. 101824. Ed. Rio De Janeiro: Ibge, 2015. 6 P. Disponível Em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101824.pdf>. Acesso Em: 28 Jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estatística. Coordenação De Trabalho; Rendimento. Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílios: Síntese De Indicadores, 2007. IBGE, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Linha Do Tempo – Síntese Da História Do Ibge (1936-2016). Disponível Em:

<https://memoria.ibge.gov.br/images/memoria/linha-do-tempo/linhadotemposemimagem.pdf>. 2017. Acesso Em: 27 Jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílio Contínua. IBGE, 2022 Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/condicoes-de-vida-desigualdade-epobreza/17270-pnad-continua.html?=&t=o-que-e>>. Acesso Em: 10 Jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílio Contínua. Notas Técnicas – Versão 1.4. Rio De Janeiro: Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (Ibge), 2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Síntese De Indicadores Sociais: Uma Análise Das Condições De Vida Da População Brasileira: 2020 / Ibge, Coordenação De População E Indicadores Sociais. N. 43. Ed. Rio De Janeiro: Ibge, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pnad Contínua - Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílios Contínua - Conceitos E Métodos. [S. L.], 2020. Disponível Em:<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/17270-pnadcontinua.html?edicao=32275&t=conceitos-e-metodos>. Acesso Em: 20 Jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pnad: Um Registro Histórico Da Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílios: 1967-2015. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Principais Diferenças Metodológicas Entre As Pesquisas Pme, Pnad E Pnad Contínua. 101823. Ed. Rio De Janeiro: Ibge, 2015. 10 P. Disponível Em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101823.pdf>. Acesso Em: 30 Jun. 2022.

KNOW SOLUTIONS. O Que É Business Intelligence (Bi)? Rio De Janeiro. Disponível Em: <https://www.knowsolution.com.br/o-que-e-business-intelligence-bi/>, 2022. Acesso: 15 Jun. 2022.

LAGE, Janaina. Jovem Enfrenta Maior Dificuldade Para Conseguir Emprego, Diz Ibge. 2015. Disponível Em: <https://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u104630.shtml>. Acesso Em 01 De Jul De 2022.

MICROSOFT. POWER BI. Disponível Em: <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/>. 2022 Acesso Em: 30 De Jun. 2022.

MOREIRA, Cristiano; Beira, Joana Carlos; Oliveira, Marlene. Um Olhar Dos Estudantes Do Curso De Biblioteconomia Acerca Do Que São Dados, Informações E Conhecimentos. Informação & Informação, [S.L.], V. 25, N.2, P. 484-508, Jul. 2020. ISSN 1981-8920. Disponível Em: <<https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/35949>>. Acesso Em: 26 Jun. 2022.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). Histórico Da Pandemia De Covid-19. [S. L.]: Opas, 2021. Disponível Em: <https://www.paho.org/pa/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>. Acesso Em: 20 Jun. 2022.

OTTONI, B; Barreira, T. Metodologia De Retropulação Da Pesquisa Nacional Por Amostra De Domicílios Contínua De 1992 A 2012. Nota Técnica Do Ibre, 2016.

PRIMAK, Fábio Vinícius Da Silva. Decisões Com B.I. (Business Intelligence). Rio De Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.

ROCHA, Kassio Henrique Sobral. Aprenda sobre Dado, Informação, Conhecimento e Inteligência em TI. 25 de maio de 2021. Disponível em: <https://www.estategaconcursos.com.br/blog/dado-informacaoconhecimento/inteligencia/>. Acesso: 15 Jun. 2022

RODRIGUES, J. G. (2014). Publicidade, Transparência E Abertura Na Administração Pública. Revista De Direito Administrativo, 266, 89–123. <https://doi.org/10.12660/Rda.V266.2014.32142>

SANTOS, Ester Amaral Cunha Et Al. Pós-Graduação Em Gestão De Pessoas E Coaching. Home Office: Ferramenta Para Continuidade Do Trabalho Em Meio A Pandemia Covid-19. 2020.

SEGUNDO, Jose Eduardo Santarem. Web Semântica, Dados Ligados E Dados Abertos: Uma Visão Dos Desafios Do Brasil Frente Às Iniciativas Internacionais. In: Xvi Encontro Nacional De Pesquisa Em Pós-Graduação Em Ciência Da Informação. 2015.

SIDRA, Sistema IBGE de Recuperação Automática -. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Trimestral - PNADC/T. [S. I.]: Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnadct/tabelas>. Acesso em: 25 jun. 2022.

TURBAN, Efraim; Sharda, Ramesh; Aronson, Jay E.; King, David. Business Intelligence: Um Enfoque Gerencial Para A Inteligência Do Negócio. Porto Alegre: Bookman, 2009. E-Book.

## CAPÍTULO 7

# EDGE COMPUTING: AS NOVAS ARQUITETURAS COMPUTACIONAIS E APLICAÇÕES NA ÁREA MÉDICA

---

Data de aceite: 01/11/2022

### **Leonardo de Almeida Cavadas**

Instituto Nacional de Cardiologia (INC) -  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

### **Renato Cerceau**

Instituto Nacional de Cardiologia (INC) -  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
Tervis Saúde (TERVIS) - Rio de Janeiro -  
RJ - Brasil

### **Sergio Manuel Serra da Cruz**

Instituto Nacional de Cardiologia (INC) -  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro (UFRRJ) - Rio de Janeiro - RJ -  
Brasil

**RESUMO:** Nos últimos anos, a Edge Computing ganhou atenção, dos meios acadêmico e empresarial, por ajudar a desenvolver internet 5G e sistemas com o uso da Internet das Coisas, por exemplo. Esse paradigma de computação surgiu para resolver alguns problemas de latência levando o processamento e armazenamento para mais próximo do usuário, na borda da rede. Também há necessidade de preocupação de segurança das informações, principalmente, na área médica.

**ABSTRACT:** In recent years, Edge Computing has gained attention, in academia and business, for helping to develop 5G internet and systems with Internet of Things technologies, for example. This computing paradigm emerged to solve some latency problems by taking computing and storage closer to the user, at the edge of network. There is also a need for information security concerns, especially, in the medical field.

## 1 | INTRODUÇÃO

De acordo com relatório da Gartner de 2018 [Hassija et al. 2019], haveriam 8.4 bilhões de dispositivos ligados, em todo mundo, em 2020 e que esse número crescerá para 20.4 bilhões até 2022.

Estima-se que a quantidade de conexões máquina-a-máquina (M2M - *Machine to Machine*) cresça de 5.6 bilhões, em 2016, para 27 bilhões, em 2024 e que a indústria de Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*, em inglês) cresça em termos de receita de US\$ 892 bilhões, em 2018, para US\$ 4 trilhões, em 2025 [Hassija et al. 2019].

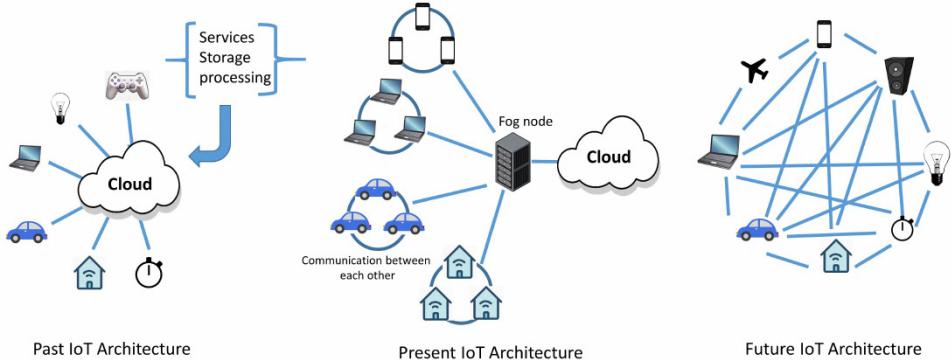


Figura 1: Evolução da arquitetura *IoT*. [Hassija et al. 2019]

A Figura 1 mostra a evolução da arquitetura da *IoT*. Onde na arquitetura passada, os dispositivos eram conectados direto à *Cloud Computing* [Hassija et al. 2019]. Na arquitetura atual são conectados a *Edge Computing* que estão mais perto do usuário obtendo diversas qualidades por essa proximidade. Já na arquitetura futura, é esperado que além dos dispositivos estarem conectados a internet e outros dispositivos locais também se comunicarão com outros dispositivos através da internet.

Hassija e colaboradores [Hassija et al. 2019] apontam que a *IoT* enfrenta as mesmas questões de segurança que a internet e redes celulares, por exemplo, como problemas de privacidade, autenticação, gerenciamento e armazenamento de informações.

De acordo com Khan e colaboradores [Khan et al. 2019], a *Edge Computing* é um novo conceito que permite a utilização de uma computação mais perto, na borda da rede, do usuário final, sendo caracterizado pelo processamento e pelo tempo de resposta mais rápidos com menos latência na rede. Algumas das características importantes da Computação de Borda estão o suporte de mobilidade, consciência de localização, latência ultra-baixa e proximidade com o usuário. Estas características fazem com que a tecnologia seja ideal para alguns tipos de aplicações como realidade virtual e monitoramento de tráfego em tempo real.

Nos dias atuais, de acordo com [Yu et al. 2017], a *IoT* está mais ativa no cotidiano das pessoas fornecendo dados através de aplicativos de *SmartWatches* para tomadas de decisão, por exemplo. Dispositivos *IoT* possuem sensores diferentes que coletam dados de forma contínua e que são enviados através de algum meio de comunicação (internet, bluetooth, etc) para outros dispositivos, essa comunicação é chamada de Comunicação Máquina-a-Máquina (M2M).

Este trabalho mostra as características da *Edge Computing* e seus benefícios, comparada com a *Cloud Computing*, mostrando também os aspectos de segurança dos dados no uso desse modelo de computação e a preocupação na área médica e como pode ser útil na área.

## 2 | COMPUTAÇÃO DE BORDA

A Computação de Borda surgiu com objetivo de diminuir o tráfego de informações na rede, evitando alguns problemas como perda de dados, e resolver necessidades da internet sem fio e da computação local [Yu et al. 2017].

### 2.1 Características

A Computação de Borda [Khan et al. 2019], possui muitas características próximas com as características da Computação em Nuvem. No entanto, a Computação de Borda possui características específicas que a torna única, sendo representadas por:

- **Distribuição Geográfica Densa:** Aproximação dos serviços da nuvem ao usuário com a implementação de plataformas de computação na borda da rede. Essa distribuição geográfica auxilia nas seguintes situações: (I) Facilidade na mobilidade dos serviços baseados em localização;(II) Possibilidade de realização de análise de dados com maior velocidade e maior precisão;(III) Análise em tempo real em grande escala como sensores em um ambiente.
- **Supporte à mobilidade:** Com o crescimento rápido da quantidade de dispositivos móveis, a Computação de Borda também tem suporte a esses dispositivos através do protocolo *Locator ID Separation Protocol* (LISP) para realizar a comunicação direta com o dispositivo móvel. O LISP separa a identificação do local da identificação do servidor implementando um sistema de diretórios distribuído. Essa separação permite o apoio à mobilidade na Computação de Borda.
- **Preocupação com a locação:** A localização permite aos usuários acessarem os serviços a partir desse servidor de borda mais próximo da sua localização física. Os usuários podem empregar várias tecnologias, tais como GPS ou pontos de acesso sem fios para encontrar a localização de dispositivos eletrônicos. Esta preocupação com a localização pode ser utilizada por várias aplicações de computação de borda, tais como aplicações de segurança veicular baseadas em *Fog Computing*.
- **Proximidade:** Recursos computacionais na proximidade dos usuários podem melhorar a experiência, aproveitando a informação de contexto da rede para tomar decisões de e de utilização do serviço. Da mesma forma, o fornecedor dos serviços pode aproveitar a informação do usuário extrair informaçao do dispositivo e analisando o comportamento dele de modo a melhorar os seus serviços e alocação de recursos.
- **Baixa latência:** Os recursos e serviços de computação mais próximos dos usuários reduzem a latência no momento do acesso ao serviço permitindo a execução das aplicações sensíveis a atrasos.
- **Preocupação com o contexto:** É a característica dos dispositivos móveis e pode ser definida de forma interdependente para a Preocupação com a localização. A informação de contexto do dispositivo móvel na Computação de Borda

pode ser utilizada para tomar decisões de descarga e acessar os serviços de borda. A informação da rede em tempo real, como a carga da rede e a localização do usuário, pode ser utilizada para oferecer serviços sensíveis ao contexto aos usuários. Além disso, o prestador dos serviços pode utilizar a informação de contexto para melhorar a satisfação do utilizador e a qualidade da experiência.

- **Heterogeneidade:** Refere-se à existência de plataformas, arquiteturas, infraestrutura, computação e tecnologias de comunicação variadas utilizadas pelos componentes da Computação de Borda. Nos servidores de borda, a heterogeneidade constitui, principalmente, as *APIs*, políticas e plataformas construídas sob medida, já nos dispositivos finais, constitui as variações de *software*, *hardware* e tecnologia e na infraestrutura, são as tecnologias de comunicação como roteadores. Essas diferenças nas tecnologias usadas podem causar problemas de interoperabilidade e tornam um desafio principal para a criação da Computação de Borda.

## 2.2 Requisitos

Alguns requisitos que precisarão ser cumpridos no momento da implementação da *Edge Computing* [Khan et al. 2019], o requisito de *Gerenciamento de Recursos* tem duas divisões [Yu et al. 2017], *baseada em Leilão* e *Otimização*, e serão explicados melhor na Seção 4. Esses requisitos são representados por:

- **Mecanismo de faturamento dinâmico:** É necessário entre os diversos provedores de serviços/operadores de sistemas de *Edge Computing* quando o usuário de dispositivos *mobile* tem facilidade através do *roaming* de Borda. A principal motivação desse mecanismo é a quantidade de usuários que podem solicitar acesso a esse serviço com recursos específicos (por exemplo, processamento e memória), parâmetros de rede (por exemplo, requisitos de largura de banda) a partir da nuvem através dos sistemas baseados na *Edge Computing*. Existem três fatores que devem ser considerados no desenvolvimento desse mecanismo: Disponibilidade de recursos do servidor, Frequência de uso de recursos do servidor e duração do uso de recursos do servidor.
- **Suporte à aplicações em tempo real:** O *e-learning* é uma aplicação em tempo real onde a *Edge Computing* pode possuir um papel fundamental na melhoria do processo de aprendizagem. Portanto, uma rede baseada em *Edge Computing* deve ser confiável para lidar com as aplicações em tempo real. A redução de custos e os recursos computacionais são fornecidos pela Computação de Borda de forma viável, mas, a manutenção desse tipo de aplicação, necessita de uma flexibilidade dos nós de borda que podem ser ajustados de acordo com a demanda.
- **Gerenciamento de Recursos:** Os recursos do servidor de *Edge Computing* em um momento podem estar sendo, totalmente, utilizados e em outro momento podem estar ociosos. Para evitar essa ociosidade, o gerenciamento dos recursos para atender muitos usuários entre os sistemas de computação de borda

heterogênea são muito importantes por serem recursos variáveis (os usuários podem precisar de uma quantidade diferente de memória em momentos diferentes, por exemplo). Dessa forma, esquemas de gerenciamento simples e eficientes são necessários para manter a eficiência do sistema.

- **Baseado em Leilão:** Esse conceito pressupõe um cenário em que os provedores de computação de borda e nuvem são organizações diferentes e, onde vários nós de borda, também são hospedados por organizações diferentes. No gerenciamento de recursos, os esquemas de leilão fornecem licitações seguras e que preservam a privacidade dos serviços por necessidade e valor do lance, e devem satisfazer as necessidades dos usuários. No contexto da Computação de Borda e da *IoT* os esquemas de leilão devem ser concebidos para ocultar os usuários dos provedores de serviços e alojar o serviço de maneira justa e imparcial.
- **Otimização:** Assim como os *Esquemas de leilão*, a *Otimização*, além de complementar os esquemas de leilão, pode apresentar propriedades benéficas aos participantes do sistema, otimizando o bem-estar ou o lucro. Apesar das organizações pretendarem que os sistemas de borda locais dependam de serviços de assinatura ou cliente, pode não ser viável.
- **Arquitetura Escalável:** Uma arquitetura *Edge Computing* escalável é considerada tão vital quanto pode reduzir o custo. Uma arquitetura escalável para a plataforma de *Edge Computing* pode ser projetada incorporando várias características incluindo virtualização de recursos, estabelecimento de confiança baseado em cadeias de bloqueio e orquestração automatizada *Edge-IoT*. Dado o aumento do uso de dispositivos *IoT*, a virtualização de recursos desses dispositivos é o compartilhamento desses recursos para diversas aplicações que podem ser compartilhados através de *APIs* (*Application Programming Interface*). Esse compartilhamento permite o funcionamento de diversas aplicações que usem os mesmos recursos. *Blockchain* e Contratos Inteligentes permitem que os dispositivos *IoT* diminuam o custo na criação da confiança, do mesmo jeito que a automatização dos sistemas *Edge-IoT* elimina a necessidade de configuração manual para seleção, implantação, monitoramento e controle dos recursos durante a execução da aplicação, satisfazendo as demandas de alto nível.
- **Capacidade de redundância e de tolerância a falhas:** Constituem dois requisitos importantes para a confiança no funcionamento dos sistemas de *Edge Computing* por suportarem aplicações comerciais críticas com baixa latência e serviços de entregas de conteúdo. A redundância e as capacidades de tolerância a falhas devem ser consideradas na fase de desenvolvimento do sistema.
- **Segurança:** A natureza heterogênea dos sistemas de *Edge Computing* faz a segurança um requisito importante para a rede e as aplicações e esse requisito faz com que facilite a aceitação da Computação de Borda pelos usuários. Em aplicações que necessitam de grande capacidade de processamento, o uso de redes *wireless* e seu uso por diferentes usuários que usam *Edge Computing* aumenta o risco de invasão, acesso não autorizado e ataques *hackers*. Meca-

nismos de segurança fortes e robustos com criptografias eficientes permitem assegurar o sucesso desses sistemas e para habilitar controles de acesso confiável é necessário o uso de protocolos seguros que autentiquem as aplicações e dispositivos móveis. Dessa forma, os requisitos comuns de segurança de disponibilidade, autenticidade, confidencialidade e integridade dos dados são alcançados antes da implantação, no entanto, sem comprometer o desempenho das aplicações.

## 2.3 Vantagens

A Computação de Borda possui algumas vantagens sobre a Computação na Nuvem que serão apresentados nos próximos tópicos.

### 2.3.1 A transmissão

O desempenho da rede, que pode ser avaliado pela latência, largura de banda e perda de pacotes, entre outros, afeta o tempo de transmissão [Yu et al. 2017]. O tempo de transmissão rápido é uma das características importantes da Computação de Borda, que pode satisfazer a Qualidade de Serviço (*QoS - Quality of Service*) de aplicações sensíveis ao tempo. A hierárquica da Computação de Bordas garante um tempo de transmissão menor do que o tempo de outra rede com arquitetura diferente.

A Computação de Borda [Yu et al. 2017] também foi desenvolvida como uma solução para o problema de gargalo dos recursos de rede na Internet sem fio. Ao colocar o processamento e o armazenamento de dados nos usuários finais, ou mais próximo deles, o tempo de resposta e o fluxo de tráfego serão significativamente reduzidos.

### 2.3.2 O armazenamento

Alguns nós de borda são responsáveis pelas demandas de armazenamento, mas esse armazenamento é distribuído na borda da estrutura da rede [Yu et al. 2017], combinando *clusters* de unidades de disco e equilibrando as demandas por armazenamento em diferentes nós de borda. Diferente da Computação em Nuvem que é centralizado e implementado como sistemas complexos e com multicamadas, compostos de grupos de servidores e unidades de disco, sendo um ponto de convergência da topologia da rede.

A Computação de Borda atende aos requisitos de Qualidade de Serviço para balanceamento de carga e recuperação de falhas para melhorar o desempenho e a disponibilidade necessária para o serviço [Yu et al. 2017]. O balanceamento de carga é capaz de dividir as demandas de armazenamento para diferentes nós de borda, diminuindo o tráfego nas conexões de rede, já a recuperação de falhas é de grande importância para reconhecer as falhas de dados no fluxo de dados intenso de diferentes fontes de dados.

### 2.3.3 O processamento

Como cada nó da Computação de Borda tem poder de processamento pequeno, menor que os servidores em nuvem, por exemplo, as tarefas de processamento precisam ser distribuídas em diversos nós de borda para que executem a mesma tarefa de um servidor na nuvem [Yu et al. 2017]. Já que o processamento e o armazenamento de dados é transferido para o usuário, ou para mais perto dele na borda da rede, a programação das tarefas de cada nó torna-se uma das atividades principais.

O processamento dos dados pode ser feito localmente, na rede de borda ou na computação em nuvem [Yu et al. 2017]. Na rede de borda, ou na computação na nuvem, esse processamento pode ser feito em processamento único ou em múltiplos processamentos, com ou sem prioridade sobre outras tarefas. Porém, os servidores na nuvem podem fornecer poder de processamento maior e maior armazenamento de dados. Com a capacidade maior de processamento, por exemplo, os servidores na nuvem podem fornecer processamento paralelo massivo dos dados, grande mineração de dados, grande gestão de dados, aprendizagem de máquinas, etc.

## 2.4 Arquitetura

A Figura 2 mostra a arquitetura básica da *Edge Computing* [Yu et al. 2017], onde os servidores da Computação de Borda (*MEC Servers* na Figura 2) estão mais próximos do usuário final do que os servidores da *Cloud Computing*. Dessa forma, mesmo que os da Computação de Borda tenham poder de processamento menor, fornecem melhor Qualidade de Serviço (*QoS - Quality of Service*) e menor latência aos usuários finais. Ao contrário da computação em nuvem, a computação de borda incorpora os nós de borda na rede e são chamados servidores de borda *cloudlet*.

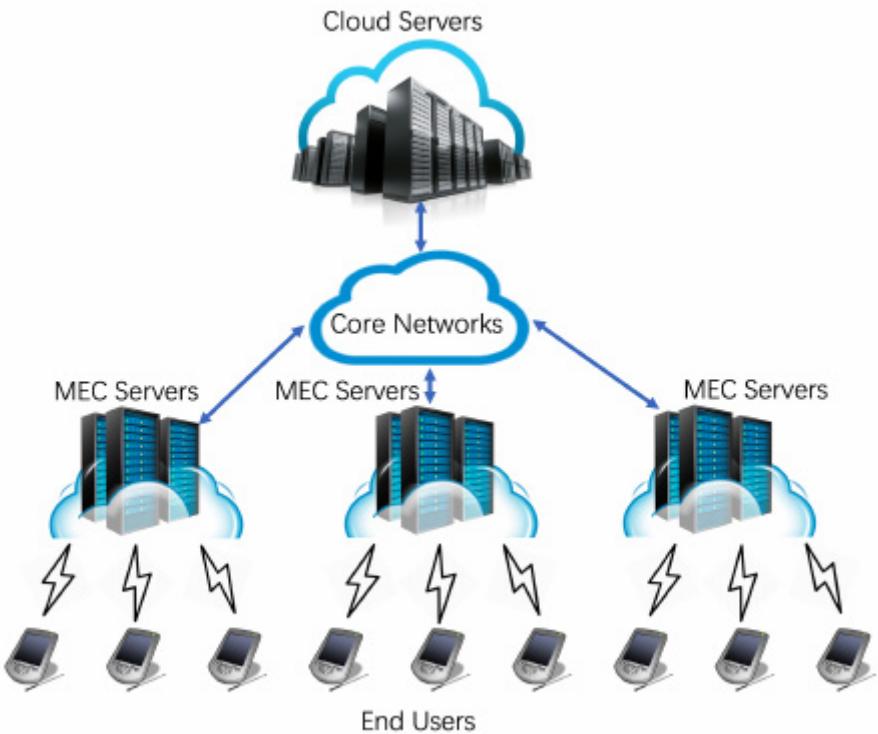


Figura 2 Arquitetura básica da *Edge Computing*. [Yu et al. 2017]

De forma geral, a arquitetura de *Edge Computing* pode ser dividida em três camadas [Yu et al. 2017]: o *Front-end*, o *Near-end* e o *Far-end*, de acordo com a Figura 2.

Os dispositivos finais, ou nós de borda, (por exemplo, sensores, atuadores) fazem parte do ambiente *Front-end* mostrado na Figura 2 [Yu et al. 2017] e, por esse motivo, podem proporcionar um número maior de interações e melhorar a resposta para os usuários finais. Com a capacidade de processamento fornecida pela quantidade de dispositivos finais próximos, algumas aplicações podem ser desenvolvidas em Computação de Borda para funcionarem em tempo real.

Os *gateways* implantados no ambiente *Near-end* [Yu et al. 2017] suportarão a maior parte dos fluxos de tráfego nas redes. Os servidores de borda podem ter uma grande quantidade de requisitos de recursos, como processamento em tempo real e cache de dados, pois o processamento e armazenamento dos dados será feito neles. Dessa forma, os usuários finais alcançarão um desempenho muito melhor no processamento e armazenamento de dados, com um pequeno aumento na latência.

Os servidores na nuvem são implementados na camada *Far-end* da arquitetura, com isso a latência da rede é maior [Yu et al. 2017]. A Figura 4 mostra a arquitetura em três camadas de Internet das Coisas baseada em Computação de Borda. Essa arquitetura tem

as mesmas camadas da *Edge Computing* e os dispositivos *IoT* são usuários finais dessa computação. A *IoT* pode se beneficiar da computação de borda como da computação em nuvem pelas características dessas arquiteturas, alta capacidade computacional e grande armazenamento.

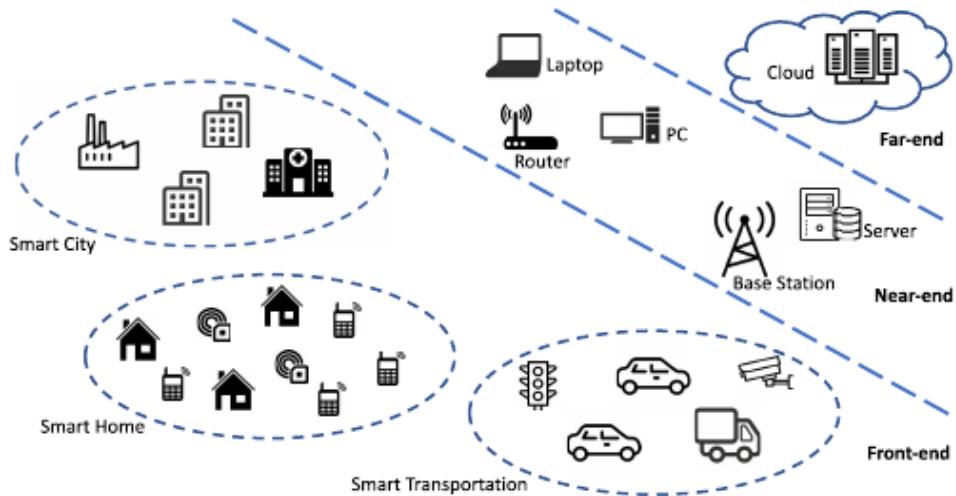


Figura 3 Arquitetura típica da *Edge Computing*. [Yu et al. 2017]

A Computação de Borda possui outras vantagens sobre a Computação em Nuvem que a *IoT* pode aproveitar, apesar da capacidade de processamento e de armazenamento mais limitada. Como a Internet das Coisas necessita mais de respostas rápidas do que capacidade de armazenamento, a Computação de Borda, além da capacidade de respostas rápidas, possui essa capacidade de processamento, apesar de ser menor do que a Computação em Nuvem, capacidade de armazenamento suficiente para o funcionamento de aplicações *IoT*.

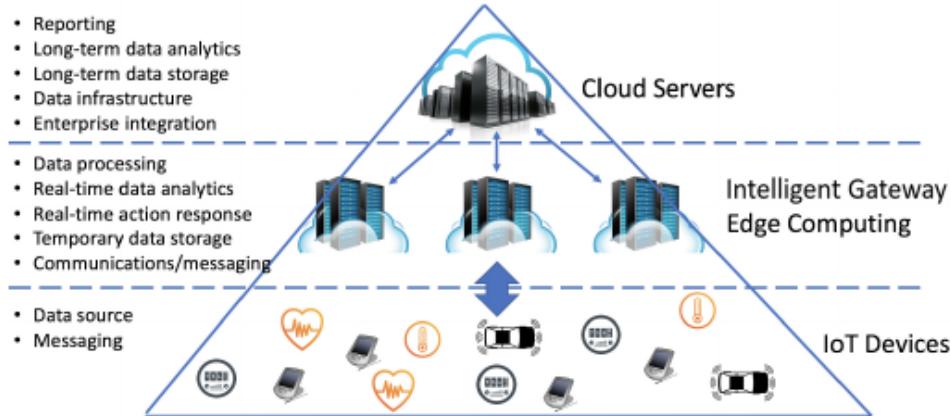


Figura 4 Arquitetura em camadas da *Edge Computing*. [Yu et al. 2017]

### 3 | EDGE COMPUTING E CLOUD COMPUTING

Nesta seção serão apresentados os conceitos da *Cloud Computing* e as diferenças com *Edge Computing* de acordo com [Khan et al. 2019, Hassija et al. 2019].

#### 3.1 Cloud Computing

A Computação em Nuvem [Khan et al. 2019, Celestrini et al. 2019] é um paradigma de computação que oferece serviços sob demanda de baixo custo aos usuários finais, com disponibilidade e escalabilidade entregando um grande poder computacional, através de um *pool* de recursos computacionais que inclui serviços de armazenamento, recursos computacionais etc. Os principais serviços que a computação em nuvem oferece incluem Infraestrutura como Serviço (*IaaS - Infrastructure as a Service*), Plataforma como Serviço (*PaaS - Platform as a Service*) e Software como Serviço (*SaaS - Software as a Service*). Todos estes serviços oferecem serviços de computação sob demanda, tais como armazenamento e processamento de dados, viabilizando serviços de baixo custo com fácil acesso com disponibilidade e escalabilidade entregando um grande poder computacional e capacidade de armazenamento.

Além dos serviços mencionados, a Computação em Nuvem também se concentra na otimização dinâmica de recursos compartilhados entre muitos usuários. Por exemplo, um recurso de Computação em Nuvem (como o e-mail) é atribuído a dois usuários simultaneamente na Europa como na Ásia com base no fuso horário do usuário.

Como mostrado por Wei Yu e colaboradores [Yu et al. 2017], um dos benefícios da Computação em Nuvem é a alocação de aplicações, programas e dados em *hardware* adequado sem o conhecimento dos usuários de como é feito.

### 3.2 Edge Computing

De acordo com Wei Yu e colaboradores [Yu et al. 2017], diferente da Computação em Nuvem, a Computação de Borda possui os nós de borda que são plataformas heterogêneas, gerando dificuldades para os desenvolvedores no momento da criação de uma aplicação.

Já Hassija e colaboradores [Hassija et al. 2019] dizem que a Computação de Borda direciona dados, aplicações e serviços computacionais para longe dos servidores de *Cloud Computing*, para a borda de uma rede (Figura 5). Os provedores de conteúdo e desenvolvedores de aplicativos podem utilizar sistemas de borda, oferecendo aos usuários serviços mais próximos a eles. A computação de borda é caracterizada em termos de alta largura de banda, latência ultra-baixa e acesso em tempo real às informações da rede que podem ser utilizadas por diversas aplicações. O provedor de serviços pode disponibilizar a rede de acesso via rádio (*RAN - Radio Access Network*) para os usuários da *Edge*, abrindo o acesso a novas aplicações e serviços.

A Computação de Borda permite vários novos serviços para empresas e consumidores [Hassija et al. 2019]. Os casos de uso da *Edge Computing* são serviços de localização, realidade aumentada, análise de vídeo e cache de dados. Assim, estes novos padrões de *Edge Computing*, e a implantação de plataformas com essa arquitetura, tornam-se os principais facilitadores de novos fluxos de receita para fornecedores, terceiros e operadores.

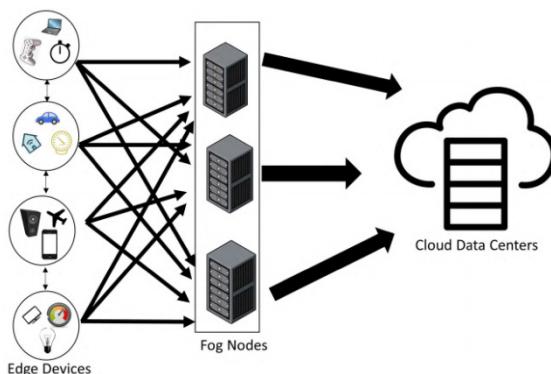


Figura 5 Arquitetura de Edge Computing. [Hassija et al. 2019]

#### 3.2.1 Fog Computing

A principal função da *Fog Computing* [Hassija et al. 2019] é trabalhar, de forma local, o dado gerado pelos sensores de *IoT* para melhorar o gerenciamento e, com isso, requer uma arquitetura formada por diferentes camadas (Figura 6).

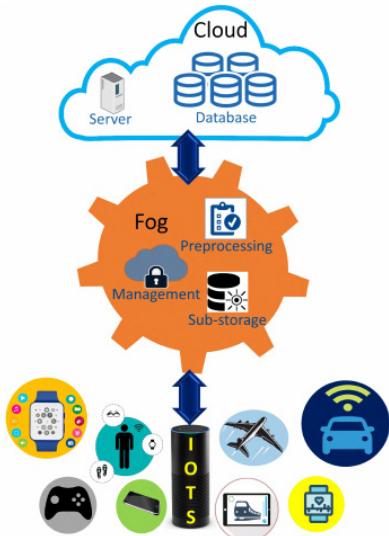


Figura 6 Arquitetura de *Fog Computing*. [Hassija et al. 2019]

Khan e colaboradores [Khan et al. 2019] definiram a *Fog Computing* da seguinte maneira:

*"Fog Computing é uma arquitetura descentralizada para análise e processamento de dados e pode ser usada para armazenar e processar dados urgentes de forma eficiente e rápida. Comparada com a Computação em Nuvem, teve uma redução no tráfego entre a rede local e a nuvem em 90% por minimizar os requisitos de banda da rede e também reduz a frequência da comunicação bidirecional entre os dispositivos IoT e a nuvem, e o tempo de resposta médio pelo usuário em 20%, quando comparado com um modelo 100% na Computação em Nuvem."*

### 3.3 Diferenças entre *Edge Computing* e *Cloud Computing*

A *Edge Computing* é uma extensão da Computação em Nuvem (*Cloud Computing*), que é muito usada por diversas organizações [Hassija et al. 2019]. Apesar de parecerem similares, essas duas formas de arquitetura de computação possuem diferentes camadas de aplicações de *IoT*.

A Computação de Borda é uma versão avançada da Computação em Nuvem [Khan et al. 2019] que reduz a latência, aproximando os serviços dos usuários finais. A *Edge Computing* minimiza a carga de uma nuvem, fornecendo recursos e serviços na rede da *Edge*. Entretanto, a *Edge Computing* complementa a Computação em Nuvem, melhorando o serviço ao usuário final para aplicações sensíveis a atrasos. Similar ao *Cloud*, os provedores de serviços na *Edge Computing* fornecem aplicações, computação de dados e serviços de armazenamento aos usuários finais.

## 4 | SEGURANÇA EM AMBIENTES QUE USAM INTERNET DAS COISAS

Davis Alves e colaboradores [Alves et al. 2021] propõe diversos domínios que quem vai administrar o sistema precisa ter para aumentar a segurança, mesmo não sendo específico para *Edge Computing* e/ou *IoT* pode ser usado para a criação e manutenção dessas arquiteturas com uso desses dispositivos.

- Governança de segurança e de sistemas de gerenciamento de risco.
- Gerenciamento de Ecossistema.
- Administração de Segurança de TI.
- Gerenciamento de acesso e identidade.
- Arquitetura de Segurança de TI.
- Manutenção de segurança de TI.
- Detecção.
- Gerenciamento de incidentes.
- Continuidade das operações.
- Gerenciamento de crise.

Alexandre de Moraes e Victor Takashi Hayashi [de Moraes and Hayashi 2021] mostram os principais riscos relacionados a *IoT* que estão listados abaixo, além de falarem sobre conceitos básicos de segurança: Confidencialidade (garantia que só pessoas autorizadas tem acesso à informação), Integridade (garantir a não alteração da informação durante a transmissão) e Autenticação (verificação de que o usuário é quem diz ser).

- Dispositivos de vida curta. (Não são alimentados por uma fonte de energia externa)
- Dispositivos com *tags* RFID.
- Não existe perímetro. (uso de dispositivos móveis)
- Ataques distribuídos de negação de serviço.
- Dispositivos não acessíveis e conectados durante pouco tempo.
- Dispositivos sem atualização.
- Dispositivos roubados ou perdidos.
- Dispositivos desconectados não é possível manter a segurança.
- Dispositivos não são motores criptográficos.
- Credenciais externas.
- Ataques em portas de comunicação.

Segundo Wei Yu e colaboradores [Yu et al. 2017], a necessidade de adoção de um

sistema que integre e gerencie, de forma segura e com privacidade das informações, cada tecnologia que está envolvida com Computação de Borda (sistemas *peer-to-peer*, redes sem fio, virtualização etc.), principalmente no uso de *IoT*.

Apesar disso, a Computação de Borda mostrou algumas questões novas sobre segurança como a interação entre os nós de borda heterogêneos e a migração de serviços, em escalas globais e locais, que criam um potencial para comportamentos maliciosos [Yu et al. 2017]. A Computação de Borda possui propriedades que podem ajudar a escolher quais medidas de segurança são viáveis, ou não. A segurança e a privacidade das estruturas distribuídas é um desafio, apesar de ter vários benefícios para a Internet das Coisas.

Como a responsabilidade no processamento de dados é da Computação de Borda [Yu et al. 2017], dados sensíveis dos usuários (como os documentos dos usuários e conta bancária) podem ser explorados. Como os dados de detecção dos sistemas *IoT* são armazenados em nós de borda, a proteção da privacidade precisa ser considerada e mecanismos de preservação da privacidade, tais como privacidade diferencial local e privacidade diferencial com alta utilidade, precisam ser desenvolvidos para manter a privacidade dos usuários.

Baseado nas informações de Armazenamento, Processamento e Transmissão, Wei Yu e colaboradores [Yu et al. 2017] identificaram os problemas que são mostrados a seguir, na Figura 7, e as dependências com estruturas de Internet das Coisas mostradas na Figura 4.

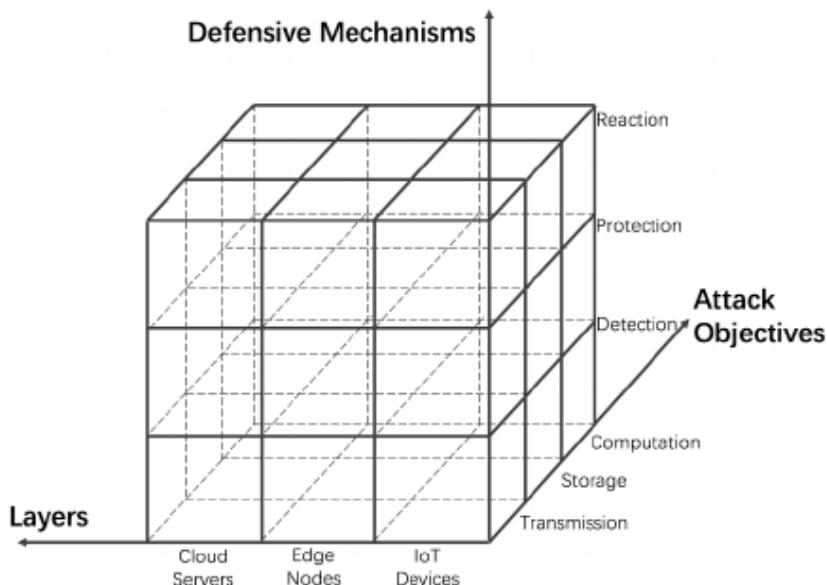


Figura 7 Os problemas para a IoT baseada em Edge Computing [Yu et al. 2017]

Os desafios de transmissão, armazenamento e processamento são explicados, de forma não exaustiva, por:

- **Transmissão:** Durante a transmissão entre usuários finais e os servidores, alguns ataques (ataques de interferência, ataques de *sniffer*, propagação de *worm*, negação de serviço por esgotamento de recursos, e outros) podem acontecer para desativar as conexões, congestionando a rede.
- **Detecção:** A implantação de um Sistema de Monitoramento e Detecção de Intrusão de Rede (*IDS - Intrusion Detection System*) fornece a capacidade de monitorar o tráfego de dados e escanear pacotes de dados para aplicações de detecção do código malicioso.
- **Proteção:** O isolamento, e a priorização, do tráfego é o método mais eficiente para proteger os dados na transmissão.
- **Reações:** Seguindo as contramedidas convencionais contra ameaças de redes, há trabalhos contínuos para avaliar, e prevenir, ataques cibernéticos em ambientes de Computação de Borda.
- **Armazenamento:** Os dispositivos de armazenamento são instalados na borda da rede e localizados em muitos endereços físicos diferentes.
  - **Riscos:** aumento do risco de ataques e dificuldade na garantia da integridade dos dados, modificação dos dados por usuários não autorizados levando ao vazamento desses dados.
  - **Desafios:** assegurar a confiabilidade dos dados.
  - **Solução:** Criptografia homomórfica para que a integridade, a confidencialidade e a possibilidade de verificação dos sistemas de armazenamento de bordas possam ser realizadas. Auditoria pública de preservação da privacidade para proteger os dados através de um auditor terceirizado. Protocolos efetivos para verificar os resultados da pesquisa de arquivos e código de transformada Luby em programas, reduzindo o espaço de armazenamento e o tempo de comunicação e aumentando a velocidade de busca de dados. Controle de Acesso aos Recursos da Rede, método importante para proteger os dados no armazenamento de borda, e é a abordagem mais eficiente para a segurança dos dados, utilizando terminais para acessar os recursos de rede localizados atrás dos *firewalls*
- **Processamento:** Foram desenvolvidos alguns sistemas que ajudam a Computação de Borda a manter a segurança no processamento dos dados.
  - **Computação Verificável:** foi introduzida na Computação de Borda Baseada em *IoT* permitindo que o nó não confiável receba sua parte das tarefas de processamento. Com isso, a resposta gerada por ele é comparada com a resposta dos outros nós confiáveis. Um sistema foi criado (chamado de Pinocchio) que verifica os resultados dos nós baseados em suposições criptográficas, usando uma chave e o resultado do processamento para provar sua exatidão.

- **Securebox:** Sistema projetado para permitir serviços de segurança, detectando e reagindo a atividades maliciosas no sistema.
- **Identidade confiável em ambientes desconectados:** Criptografia baseada em identidade e troca segura de chaves no campo. Com controles adequados de aplicação, sistema operacional, rede e local, esta solução pode ser resistente à maioria das ameaças presentes em ambientes desconectados.

De acordo com Khan e Salah [Khan and Salah 2018], uma implantação segura de *IoT*, vários mecanismos e parâmetros precisam ser considerados. Esses parâmetros são descritos a seguir.

- **Privacidade dos dados, confidencialidade e integridade:** Como os dados de *IoT* trafegam por várias etapas em uma rede, é necessário o uso de um mecanismo de criptografia para garantir a confidencialidade dos dados. Devido a diversos serviços, dispositivos e redes integrados, os dados armazenados no dispositivo são vulneráveis, ao comprometer os nós existentes em uma rede *IoT*, à violações de privacidade. Os dispositivos *IoT* que estão desprotegidos podem fazer com que a integridade dos dados seja afetada.
- **Autenticação, autorização e contabilidade:** A autenticação é necessária entre duas partes que se comunicam e, para isso, os dispositivos precisam ser autenticados. Existem diversos mecanismos de autenticação para *IoT*, o principal motivo é a quantidade de arquiteturas existentes e ambientes heterogêneos, porém isso traz um desafio para definir o protocolo padrão de autenticação. Da mesma forma, os mecanismos de autorização garantem que o acesso aos sistemas, ou informações, seja permitido somente aos autorizados, garantindo segurança, e confiança, ao sistema e suas comunicações. A contabilização do uso de recursos, combinada com a auditoria e os relatórios, fornecem um mecanismo confiável para proteger o gerenciamento da rede.
- **Disponibilidade de serviços:** Ataques de negação de serviço (*Denial of Service - DoS*, em inglês) podem dificultar a prestação de serviços. Várias estratégias, como ataques de repetição, são usadas para afetar a qualidade do serviço usado pelos usuários.
- **Eficiência de energia:** Os dispositivos *IoT* normalmente têm baixo consumo de energia. Os ataques às arquiteturas de *IoT* podem aumentar o consumo de energia com solicitações de serviço redundantes ou falsificadas.

Abdellatif e colaboradores [Abdellatif et al. 2019] afirmam que só é possível alcançar o potencial dos sistemas de *e-health* se os pacientes sentem confiança na privacidade das suas informações, como documentos e informações médicas, e os provedores estão confiantes com segurança dos dados coletados.

Porém, não é simples garantir essa segurança. Dispositivos com internet sem fio usados pelos médicos são suscetíveis a ameaças, como rastreamento e retransmissão de pacientes, bem como ataques de negação de serviço, que violam a confidencialidade e

integridade dos dispositivos. O processamento e armazenamento desses dados também podem sofrer ataques.

Dois desafios são: a propriedade dos dados coletados dos pacientes e o *trade-off* entre aumentar o nível de segurança e a Qualidade do Serviço (*QoS*). No primeiro, armazenar os dados próximo ao paciente, onde são coletados, e permitir que os pacientes possuam seus próprios dados é uma solução melhor para proteção da privacidade, além do paciente poder controlar se os dados devem ser armazenados na borda ou transmitido para a nuvem depois de remover, ou ocultar, algumas informações privadas que há nesses dados.

No segundo desafio, aumentar a segurança adicionando uma criptografia forte ou esquemas de gerenciamento de chaves eficientes acrescentam mais processamento e sobrecarga adicional na borda, o que pode adicionar um impacto significativo na *QoS*, especialmente para aplicativos em tempo real com atraso rigoroso e requisitos de rendimento. Isso cria uma necessidade importante de projetar mecanismos de *QoS* e de segurança para aplicativos *e-health* em conjunto, maximizando a qualidade do serviço e atendendo os requisitos de segurança.

Jordano e colaboradores [Celestrini et al. 2019] propuseram uma arquitetura com grandes qualidades para contribuir com a segurança e a privacidade das informações dos usuários, os pacientes na área médica, pela possibilidade de determinar em qual nível da aplicação cada tipo de informação será processado. No caso de informações sensíveis, por exemplo, podem ser processadas localmente e enviadas para a Computação em Nuvem somente eventos que se deseja monitorar.

Como as aplicações de *IoT* para a computação aplicada à saúde podem ser impactadas pelas limitações da Computação em nuvem, uma solução é o uso da *Fog Computing* [Celestrini et al. 2019], onde existirão dispositivos entre o usuário e a Nuvem, porém mais próximos do usuário.

Diversos serviços de saúde, principalmente aqueles críticos e sensíveis a latência, necessitam de menos tempo de resposta e de processamento, não necessitando de comunicação com a Nuvem, transferindo essa função para a *Fog Computing* diminuindo a latência da rede.

Um exemplo [Celestrini et al. 2019] da necessidade do processamento perto do usuário, é a detecção de arritmia cardíaca, que necessita de uma ação rápida, não podendo esperar o processamento dessa informação na Nuvem. Outro exemplo, onde só é enviado à Nuvem os dados mais relevantes, é a detecção de queda dos pacientes baseados em sensores inerciais, que só será enviado para a Nuvem a informação de que o paciente caiu.

Outra vantagem da *Fog Computing* [Celestrini et al. 2019] é a garantia de privacidade dos dados. Os dados coletados dos pacientes estarão disponíveis para o gestor da *Cloud Computing* em algum momento, na *Fog* estará nas camadas controladas pelo usuário, aumentando a segurança desses dados. A camada de *Fog* também atende

a interoperabilidade de dispositivos diferentes, com sistemas diferentes, de fabricantes diferentes etc.

A *IoT* pode ajudar os hospitais a otimizarem a gerência. Também é interessante o uso dessa tecnologia no tratamento com algum medicamento quando o paciente não estiver no hospital, seguindo o tratamento de casa, pois os médicos poderão saber se o paciente está tomando a medicação corretamente ou não. As soluções de *IoT* na área médica possuem benefícios e riscos [Fagroud et al. 2021].

Benefícios	Riscos
- Melhoria na qualidade de vida e segurança dos pacientes graças a vigilância e avaliação contínuas de modo remoto.	- Quando as informações coletadas pelos dispositivos <i>IoT</i> são expostas a ataques cibernéticos.
- Permite que os indivíduos gerenciem sua própria saúde com mais independência no seu bem-estar e de acordo com sua doença.	- Dispositivos inseguros e vulneráveis a todo tipo de <i>malware</i> ou ataques, sendo explorados com risco de dano físico.
- Aumento da prevenção graças a grande quantidade de dados e possibilitando o sistema de saúde se tornar mais eficiente e reduzindo seus custos.	- Quando possuem tantas falhas no sistema de assistência ao qual estão integrados, aumentando o risco de segurança dos dispositivos médicos.
- Otimização do custo do tratamento do paciente nos hospitais e redução da chance de faltar equipamentos e medicamentos no estoque graças ao monitoramento remoto junto com a gestão automática do mesmo.	- A disseminação de dispositivos <i>IoT</i> na área médica que violam os regulamentos de proteção e segurança das funcionalidades básicas das quais a vida dos usuários depende.

Tabela 1 Benefícios e Riscos da *IoT* na área médica. [Fagroud et al. 2021]

## 5 | CONCLUSÃO

Existe muita possibilidade de desenvolvimento de projetos com uso dessas tecnologias para todas as áreas e a *Edge Computing* se tornou uma arquitetura muito boa para o gerenciamento de diversos dispositivos *IoT* pelas suas características (suporte a mobilidade, consciência de localização, latência ultrabaixa e proximidade com o usuário), apesar dessa arquitetura requerer muito cuidado com a segurança de informação e equipamentos.

A arquitetura de *Edge Computing*, na área médica pode ser uma solução muito boa para tratar os pacientes que estão dentro dos hospitais e clínicas como os que estão em casa usando algum dispositivo *IoT* conectado a internet, por isso é extremamente necessário a preocupação com segurança das informações e dos dispositivos por afetar o tratamento dos pacientes ou, no pior caso, levá-los a óbito.

Então é necessário sempre pensar sobre esse assunto no momento do desenvolvimento de sistemas médicos com dispositivos *IoT*, pois existe a possibilidade do paciente estar usando um dispositivo, conectado a internet, ou qualquer outra área onde o sistema será usado.

Tecnologias de segurança como *Blockchain*, *Fog computing* e *Edge Computing* têm

sido propostas como soluções viáveis. O compartilhamento e o tratamento de dados de saúde, nas redes pública e privada, se fundamentam na Lei de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), Marco Civil da Internet e resoluções éticas. No sistema regulatório constam diversas iniciativas de padronização e normatização, como a família ISO 27000. Há uma preocupação global sobre a segurança cibernética e a área de Saúde deve promover a ampliação da incorporação deste requisito em seus dispositivos e dados.

No desenvolvimento de equipamentos na área de Saúde, os dispositivos móveis e integrados são promissores e podem auxiliar na captura/tratamento automático de dados, em especial nos casos de pacientes com COVID ou em momento pós-COVID, com segurança e atendendo aos pressupostos da LGPD.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) no âmbito do “Bolsa E26/2021 - Terceira Chamada Emergencial de projetos para combater os efeitos da COVID-2021, processo 200.267/2021”.

## REFERÊNCIAS

- Abdellatif, A. A., Mohamed, A., Chiasserini, C. F., Tlili, M., and Erbad, A. (2019). Edgecomputing for smart health: Context-aware approaches, opportunities, andchallenges. *IEEE Network*, 33(3):196–203.
- Alves, D., Peixoto, M., and Rosa, T. (2021). Internet das Coisas (IoT): Segurança eprivacidade dos dados pessoais. Alta Books Editora.
- Celestrini, J. R., Rocha, R. N., Santos, C. A., Mota, V. F., Pereira Filho, J. G., andAndreao, R. V. (2019). Healthdash: Monitoramento remoto de pacientes utilizando programação baseada em fluxo de dados. In *Anais do XIX Simpósio Brasileiro deComputação Aplicada à Saúde*, pages 222–233. SBC.
- de Moraes, A. and Hayashi, V. T. (2021). Segurança em IoT: Entendendo os riscos eameaças em Internet das Coisas. Alta Books Editora.
- Fagroud, F. Z., Toumi, H., Talhaoui, M. A., Achtaich, K., El Filali, S., et al. (2021).Impact of iot devices in e-health: A review on iot in the context of covid-19 and itsvariants. *Procedia Computer Science*, 191:343–348.
- Hassija, V., Chamola, V., Saxena, V., Jain, D., Goyal, P., and Sikdar, B. (2019). A surveyon iot security: application areas, security threats, and solution architectures. *IEEEAccess*, 7:82721–82743.
- Khan, M. A. and Salah, K. (2018). Iot security: Review, blockchain solutions, and openchallenges. *Future generation computer systems*, 82:395–411.
- Khan, W. Z., Ahmed, E., Hakak, S., Yaqoob, I., and Ahmed, A. (2019). Edge computing: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 97:219–235.

Yu, W., Liang, F., He, X., Hatcher, W. G., Lu, C., Lin, J., and Yang, X. (2017). A survey on the edge computing for the internet of things. *IEEE access*, 6:6900–6919.

## CAPÍTULO 8

# EVALUATION OF THE WETTABILITY OF EPOXY/ GRANITE COMPOSITES THROUGH CONTACT ANGLE

---

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Jorge Luiz Siqueira da Costa Neto**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – RJ

**Antonio Renato Bigansolli**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – RJ

**Sinara Borborema**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - RJ

**Belmira Benedita de Lima-Kühn**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – RJ

**ABSTRACT:** In order to reduce the environmental impact caused by waste from the cutting of ornamental rocks and to provide adequate disposal thereof, has been proposed to use granite waste as the filler for epoxy composites. Considering the properties of composites change, the wettability stands out due to its importance in applications such as textile production, self-cleaning surfaces, adhesives, paints, contamination-free surfaces, environmental protection, and dentistry, in addition to other alternatives. In view of all the applications as mentioned earlier, wettability is an important

characteristic of composite materials, and one way to measure it is through the contact angle. Therefore, its alteration modifies the surface interactions and consequently the wettability. The objective of the present study is to characterize the granite by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and its influence as a filler on the wettability of the epoxy resin. Thus, composites with different compositions of granite were molded. Then, the contact angle between the water and the composites was determined using the sessile drop technique. The infrared spectrum indicates the presence of quartz, feldspars, albite, and biotite in the granite. The measured contact angles indicate that the presence of granite in the composites provides a reduction in wettability compared to pure epoxy resin.

**KEYWORDS:** Epoxy/granite, contact angle, wettability, FTIR.

## 1 | INTRODUCTION

Brazil is one of the countries with great global influence in the sector of ornamental stones. In 2019, Brazil exported this raw material to more than 120 countries, with the United States,

China and Italy being the largest consumers. The economic gains add up to more than US \$ 500 million and the exported quantities exceed 1.380 million tons, the states with the largest contributions are Espírito Santo, Minas Gerais, Ceará and Bahia [1]. However, at the present time Brazilian exports and imports of ornamental stones seem to have suffered the impacts of Covid-19 as early as the first quarter of 2020. Economic forecasts, both in Brazil and worldwide, point to difficult times for the sector. The recovery of pre-pandemic performance levels is still uncertain [1].

In order to reduce the environmental impact caused by waste from the cutting of ornamental rocks [2, 3, 4, 5], due generation of particles during processing, and to provide adequate disposal thereof, has been proposed the use of granite waste as the filler for epoxy composites for modifying their properties [6, 7]. Considering the properties of composites change, a surface property, the wettability stands out due to its importance in applications such as textile production, self-cleaning surfaces, adhesives, paints, contamination-free surfaces, environmental protection, and dentistry, in addition to other alternatives [8, 9, 10, 11].

In view of all the applications mentioned earlier, wettability is an important characteristic of composites materials, and one way to measure it is through the contact angle, being possible to determine the surface energy, this energy directly affects adhesion, adsorption, and wettability of the composites. Therefore, its alteration promotes modify the surface interactions and consequently the wettability [8, 9, 10, 11].

The objective of the present study is to characterize granite and its influence as a filler on the wettability characteristics of epoxy resin.

## 2 | EXPERIMENTAL

Initially, granite fragmentation and grinding were carried out, as well as the segregation of particles by sieving. Then granite-epoxy composites were developed with varying granite powder content by weight percentage. The particles used in the preparation of the composites were characterized by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and the contact angle between the water and the composites was determined using sessile drop technique.

### 2.1 Materials

The granite stone used in this work is from the Alegre / Espírito Santo / Brazil obtained from the locally available granite industries. The polymer Bisphenol A diglycidyl ether epoxy resin (DGEBA) and the hardener, Aradur 2963 (Huntsman), system was used as a matrix for composite preparation.

### *2.1.1 Granite*

Initially, a granite sample was ground by a Tecnal TE-330 hammer mill and the particles retained in a 20 mesh sieve (890 µm opening) were segregated to be comminuted in a high energy mill. The fragments were then high-energy milled using a Retsch PM100 planetary ball mill. The milling was performed at the speed of 400 rpm for 8 minutes.

### *2.1.2 Composites*

For the manufacture of the composite, silicone molds were made using polyethylene samples, which dimensions are standardized by ASTM D 256 [12]. The polymer Bisphenol A diglycidyl ether epoxy resin (DGEBA) and the hardener, Aradur 2963, were used in the proportions indicated by the manufacturer in order to provide the best mechanical performance. The powders were weighed and manually mixed with Aradur 2963 and Araldite GY 279 BR in a beaker for 30 minutes using a glass stirring rod. Finally, the mixture (with 0 wt. %, 30 wt. %, 50 wt. % and 60 wt. % granite) was deposited into molds. The prepared composites were cured at room temperature.

### *2.1.3 FTIR*

The granite powder was analyzed by Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. FTIR spectra were recorded with a BRUKER VERTEX 70 spectrometer by applying the ATR PLATINUM. The sample was recorded for the  $4000\text{ cm}^{-1}$  to  $400\text{ cm}^{-1}$  regions. The testing was used to identify the chemical bonds present in the different granite samples based on the absorption bands that are shown in the infrared spectra.

## **2.2 Contact angles images**

The contact angle between the water and the composites was measured by the drop method, where a drop of liquid is deposited on the surface of the composite to be evaluated [8, 9, 10, 11, 13].

For this, the height of the syringe was adjusted keeping it at an ideal distance to prevent the drop from spreading with mechanical impact due to the distance between the syringe and the sample.

In this work, 3 drops of water were deposited along the surface of each composite in 3 samples with the same composition. The images of the water drop were pictured with a resolution of 1024x767 pixels when a static condition of the drop shape was achieved. The angle formed between the surfaces of the liquid was measured using the IMAGE J software.

## 3 | RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 FTIR measurements

Figure 2 shows the FTIR spectra of granite.

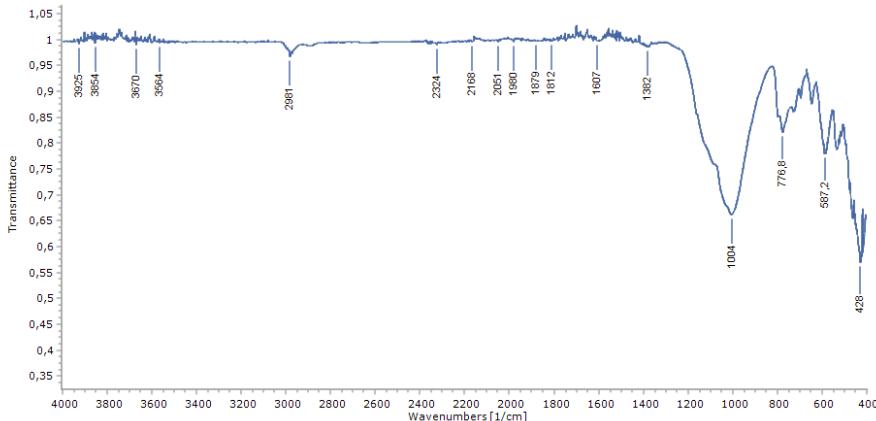


Figure 2. FTIR spectrum of granite

The spectra of granite was carried out in the wave number region in between 4000 and 400 cm⁻¹, which covers the whole range of IR vibrations. The granite spectrum analysis was performed by comparing the experimental results with the published.

In the range between 1200 and 950 cm⁻¹ bands corresponding to the stretching vibrations of the both Si-O-Si and Si-O-Al, 778 cm⁻¹ band is associated with quartz (characteristic doubled 799 and 778 cm⁻¹) [14, 15] and the Si–O group of silicates which manifests itself in variable positions around 456, 510, 795 and between 1020 and 1168 cm⁻¹. According to Plevova *et al.* [14], fine sharp bands in the spectral region (800 – 500 cm⁻¹) indicate the presence of feldspars as  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  and  $\text{KAISi}_3\text{O}_8$  (albite and microcline, respectively). The molecular vibrations corresponding to the 648 and 540 cm⁻¹ wavenumbers are characteristic of granitic rocks with the presence of albite [15]. The spectral band 1005 cm⁻¹ indicates the presence of biotite  $(\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F},\text{OH})_2)$  in the granite sample [14].

### Wettability

Figure 3 exemplifies photographs of one drop of water on the top of a composite surface.

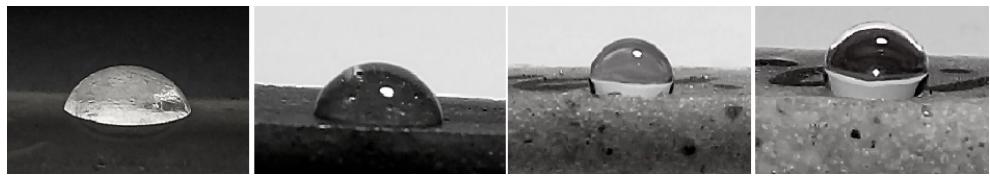


Figure 3 – Photographs of the drop of a) pure epoxy, b) epoxy–30 % wt. granite, c) epoxy–50 % wt. granite and d) epoxy–60 % wt. granite.

Figure 2 shows the shape of the drop of water on the surface of the composites, the drop is increasingly spherical with the increase in the percentage of granite in the composite.

Table 1 shows the measured contact angles, there is a relative increase in the contact angle as the granite content in the composites increases, indicating that the components present in the granite are hydrophobic. Therefore, the presence of granite in the composites provides a reduction in wettability compared to pure epoxy resin.

Granite (% wt)	Sample	Measure 1 (°)	Measure 2 (°)	Measure 3 (°)	Average (°)
30	1	51,028	47,773	46,564	
	2	45,984	48,601	46,648	47,590
	3	50,297	45,678	45,733	
50	1	59,571	59,764		
	2	57,279	57,511	56,049	58,108
	3	55,364	58,727	59,036	
60	1	60,751	59,597	57,724	
	2	62,008	59,105	59,010	60,086
	3	59,096	63,736	59,744	
	1	77,136	75,695	75,399	
	2	72,003	75,834	77,577	75,607
	3	74,132	75,654	77,328	

Table 1 – Contact angle values measured for drops of water.

Based on the tests performed, it was possible to identify a greater amount of silicates present in the granite. It was observed an increase in the contact angle of the water with the increase in the percentage of granite in the composites, shows the hydrophobicity of the granite particles due to the great presence of covalent bonds in the substances that compose it.

## 4 | CONCLUSÕES

This work shows that the increase in the incorporation of granite in the epoxy resin occurs an increase in the hydrophobic characteristics of the composite. Although wettability can be affected by surface roughness, temperature, and other parameters, granite can be used in applications where the material has hydrophobic characteristics.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the financial support of CNPQ by PIBIC from UFRRJ.

## REFERENCES

- [1] Base de Dados Comex Stat do MDIC. Available in: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Accessed on May 18th, 2020.
- [2] Silva J.B.; Hotza D.; Segadães A. M.; Acchar W., Cerâmica. Vol. 51, 325, 2005.
- [3] Mofati, L.M.; Vidal, F.W.H.; Silva, R.E.C.; Correia, J.C.G.; Ribeiro, R.C.C. Revista Brasileira de Mineração e Meio Ambiente. Rio de Janeiro, Vol. 5(1), 2015 – ISSN 2179-6203.
- [4] Rocha, C. H.; Sousa, J. Análise ambiental do processo de extração e beneficiamento de rochas ornamentais com vistas a uma produção mais limpa: aplicação Cachoeiro de Itapemirim-Es. Enciclopédia Biosfera, Vol. 6(9), 2010.
- [5] Spínola, Vera; Guerreiro, Luis Fernando; Bazan, Rafaela. A indústria de rochas ornamentais. Salvador: Desenbahia, 2004.
- [6] Piratelli-Filho, A.; Shimabukuro, F., Characterization of compression strength of granite-epoxy composites using design of experiments. Materials Research, Vol. 11(4), pp399-404, 2008.
- [7] Piratelli-Filho, A.; Levy-Neto, F., Behavior of Granite-Epoxy Composite Beams Subjected to Mechanical Vibrations. Materials Research, Vol. 13(4), pp497-503, 2010.
- [8] Carvalho, Romário Alves. Estudo da molhabilidade de vidrado composto de resíduo de rochas ornamentais em cerâmica vermelha. Dissertação. Pós-graduação em Engenharia Química do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre. 2017.
- [9] Martins, José Lucas Pessoa. Avaliação da molhabilidade e resistência ao desgaste abrasivo de compósitos do tipo epóxi/quasicristais (AlCuFe). Dissertação. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2015.
- [10] Luz, A. P.; Ribeiro, S.; Pandolfelli, V. C. Artigo revisão: Uso da molhabilidade na investigação do comportamento de corrosão de materiais refratários. Cerâmica, Vol. 54(330), pp174-183, 2008.
- [11] Duque, Gustavo Rocha Faria. Funcionalização de vidro por deposição de agente silano. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.

- [12] D 256 – 02 - Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics.
- [13] Vicente, C. M. S.; André, P. S.; Ferreira, R. A. S. Simple measurement of surface free energy using a web cam. Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol. 34, 2012.
- [14] Plevova E.; Vaculikova L.; Kozusnikova A.; Ritz M.; Simha Martynkova G.; Thermal expansion behaviour of granites. J Therm Anal Calorim, Vol. 123, pp1555–1561, 2016.
- [15] Maia, M. C. Caracterização geológica dos processos de alteração hidrotermal do granito de Freixiosa-Mesquitela (Mangualde). Dissertação. Universidade do Porto. Porto. 2016.

## CAPÍTULO 9

# INFLUENCIA DE LA MODALIDAD DE ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA EN EL NIVEL DE APROVECHAMIENTO DEL USO DE APLICACIONES MÓVILES

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Arizbé del Socorro Arana Kantún**

Profesora de Ingeniería en Sistemas

Computacionales en el Instituto  
Tecnológico Superior de Felipe Carrillo  
Puerto, Felipe Carrillo Puerto, Quintana  
Roo

### **Noemi Guadalupe Castillo Sosa**

Profesora de Ingeniería en Sistemas

Computacionales en el Instituto  
Tecnológico Superior de Felipe Carrillo  
Puerto, Felipe Carrillo Puerto, Quintana  
Roo

### **Cintia Isabel Arceo Fuentes**

Profesora de Ingeniería en Sistemas

Computacionales en el Instituto  
Tecnológico Superior de Felipe Carrillo  
Puerto, Felipe Carrillo Puerto, Quintana  
Roo

aprendizaje, entre las que se encuentra el promover las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas para el estudio y el aprendizaje. Por ello el objetivo de la presente investigación es evaluar la influencia de la modalidad de las escuelas de educación básica (tiempo completo y regulares) en el nivel de aprovechamiento al hacer uso de las aplicaciones móviles. Particularmente se trabajó con estudiantes de tercer grado de Educación primaria en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto.

**PALABRAS CLAVE:** Educación básica, escuelas de tiempo completo (ETC), escuelas de tiempo regular, aplicaciones móviles.

## INTRODUCCIÓN

La educación primaria siendo el segundo nivel de la educación básica, es la que asegura el correcto aprendizaje de los temas primordiales en la niñez, por lo que el programa Escuelas de Tiempo Completo (ETC) es una iniciativa de la Secretaría de Educación Pública que se orienta al fortalecimiento de la educación básica; su población objetivo son las Escuelas

**RESUMEN:** El reto principal al que se enfrentan las escuelas de tiempo completo (ETC), es mejorar la calidad de los aprendizajes de los estudiantes, particularmente de aquellos que viven en condiciones vulnerables. La jornada escolar en esta modalidad ofrece la posibilidad de promover una serie de actividades que brinden mayores oportunidades de

públicas de educación básica de un solo turno que preferentemente atiendan a población en situación vulnerable o en contextos de riesgo social (SEP, 2013a).

Esta modalidad educativa tiene la misión de garantizar el derecho a una educación de calidad para todos sus alumnos, a través de una jornada escolar más amplia y eficaz; una característica importante de las Escuelas de Tiempo Completo es fortalecer: “Actividades Didácticas con apoyo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC): Su intención es proponer situaciones de aprendizaje en las que los alumnos desarrollen habilidades de pensamiento utilizando herramientas digitales y multimedia al estudiar los contenidos de los programas de las asignaturas, de acuerdo con la disponibilidad de recursos y la infraestructura del plantel” (SEP, 2013b).

Tomando como punto de partida las características de la modalidad de Escuelas de Tiempo Completo, se hizo uso de una aplicación para dispositivos móviles con el objeto de evaluar la influencia de la modalidad de las escuelas de educación básica (tiempo completo y regulares) en el nivel de aprovechamiento al hacer uso de tecnología educativa. El presente proyecto fue desarrollado en Escuelas Primarias de tiempo completo y tiempo regular en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto en el Estado de Quintana Roo.

## DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Para el desarrollo de la presente investigación, fue necesario contar con alguna herramienta digital que propicie el aprendizaje significativo, para ello se seleccionó una aplicación que impacta directamente en los temas que se desarrollan en la asignatura “La entidad donde vivo” misma que es impartida a educandos de tercer grado de educación primaria, del estado de Quintana Roo.

Para poder llevar a cabo este estudio, se eligió como población objetivo, a los estudiantes de tercer grado de educación primaria de las modalidades de tiempos completos y regulares, pertenecientes al municipio de Felipe Carrillo Puerto.

La selección de los grupos de control se realizó a través de muestreo aleatorio simple, dando como resultado dos escuelas primarias de tiempo completo y dos escuelas primarias regulares.

## Procedimiento

En la etapa inicial del proyecto se llevó a cabo una reunión con los profesores participantes, esto con el objetivo de elaborar el plan de trabajo; tomando en cuenta la experiencia de los profesores se estableció el número de sesiones pertinentes para el uso de la aplicación móvil así como el tiempo de cada sesión, de tal forma que sea acorde a la planeación particular de cada uno de los docentes.

Se ofreció capacitación en el uso de la herramienta a los profesores participantes, para que ésta sea incluida como instrumento de apoyo a la actividad del aula, como se observa en la Figura 1 y Figura 2.

Se diseñó y aplicó a la muestra un instrumento (encuesta) de evaluación diagnóstica con el objetivo de obtener información sobre los conocimientos actuales de los estudiantes en los temas relacionados a flora y fauna que se abordan en el libro “La entidad donde vivo”, tal como se muestra en la Figura 3; dicho instrumento se diseñó para también ser aplicado posteriormente a la implementación de la aplicación.

Para tener una visión general de la situación de los grupos de control, se analizaron los datos obtenidos en la evaluación diagnóstica, a través de estadística descriptiva.

Después de un período de seis semanas en la que se hizo uso de la aplicación en sesiones de dos horas semanales, así como el monitoreo correspondiente, se aplicó de nuevo el instrumento de evaluación, esto con el objeto de poder contrastar los resultados de la evaluación diagnóstica con la evaluación final.



Figura 1. Capacitación de los profesores de educación básica (ETC y Escuelas de tiempo regular)



Figura 2. Capacitación a los profesores de la herramienta educativa.



Figura 3. Aplicación a los estudiantes de la evaluación diagnóstica.

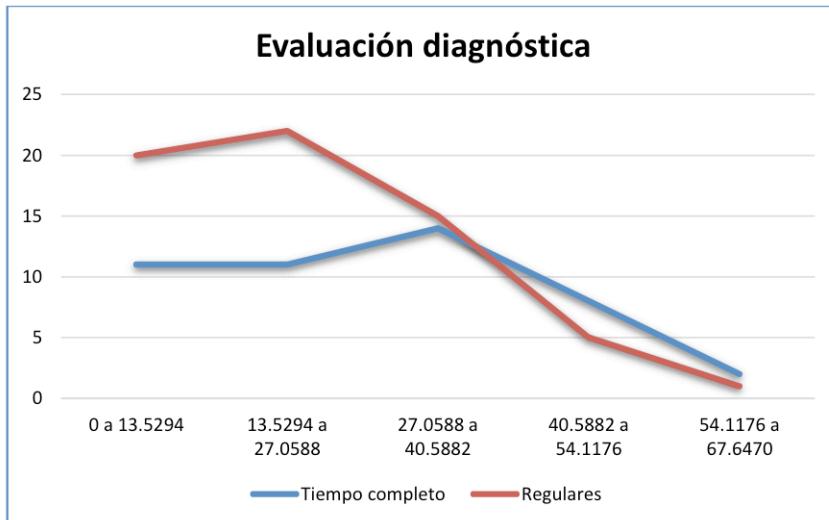
## RESULTADOS

Una vez recopilados y organizados los datos de la aplicación del instrumento de evaluación diagnóstica y la evaluación final, se realizó el planteamiento de las siguientes hipótesis:

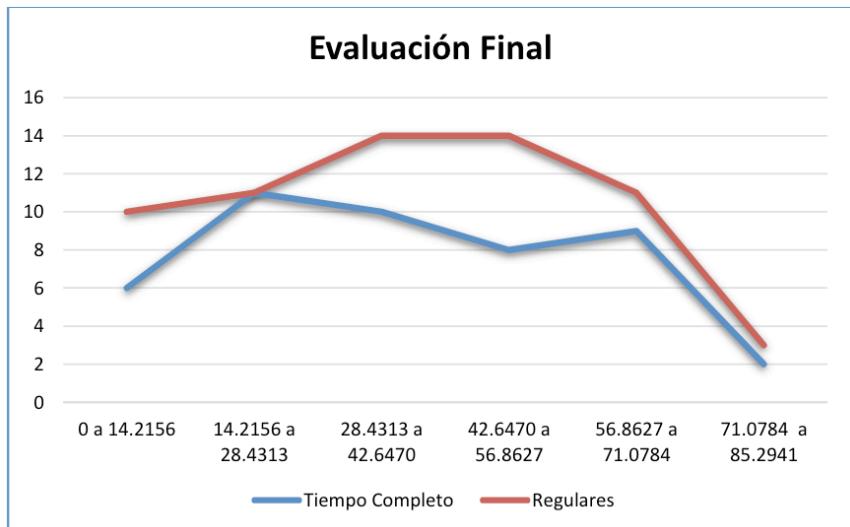
H0: No existe diferencia en los promedios obtenidos entre los estudiantes de escuelas de tiempo completo y los estudiantes de escuelas de tiempo regular, al hacer uso de aplicaciones móviles.

H1: Los promedios obtenidos por estudiantes de escuelas de tiempo regular son mayores a los obtenidos por aquellos que estudian en escuelas de tiempo completo, al hacer uso de aplicaciones móviles

Se concentraron los datos que se obtuvieron durante las evaluaciones aplicadas en ambas modalidades, en la Gráfica 1 se observa los resultados de la evaluación diagnóstica y en la Gráfica 2 los resultados de la evaluación final.



Gráfica 1. Resultados de la evaluación diagnóstica.



Gráfica 2. Resultados de la evaluación final.

Para contrastar la diferencia de medias existente entre ambas modalidades, se realizó la prueba z para diferencia de medias (una cola) con un nivel de confianza del 95%. Los resultados se ilustran en el Cuadro 1.

Modalidad	Valor de la media antes del uso de la herramienta	Valor de la media después del uso de herramienta	Valor crítico de z	Conclusión
Tiempo Regular	21.4285714	37.254902		El valor z para el 95% de confianza es 1.6448536. Como -0.2497496 < 1.6448536, se concluye que los estudiantes de educación primaria de escuelas regulares no obtienen mejores resultados que aquellos que estudian en la modalidad de tiempo completo, cuando hacen uso de tecnología educativa.
Tiempo Completo	26.342711	38.2992327	0.2497496	

Cuadro 1. Resultado de la prueba z para la diferencia de medias.

## COMENTARIOS FINALES

### Resumen de resultados

En este trabajo de investigación se comparó la influencia de la modalidad de las escuelas de educación básica (tiempo completo y regulares); como resultado del uso de la herramienta educativa, se observa en el Cuadro 1 un incremento en el valor de las medias, tanto en las escuelas primarias de tiempo regular como en las escuelas primarias de tiempo

completo. La prueba z revela con un 95% de confianza que no existe evidencia estadística suficiente para aseverar que la modalidad de enseñanza influye en el aprovechamiento cuando se hace uso de las tecnologías educativas.

## Conclusiones

Los grandes cambios que se suscitan día a día en el ámbito de tecnología se hacen presentes en todas partes y la escuela no debe ser la excepción. El sector educativo no debe permanecer estático ante las demandas del actual entorno globalizado, es por esto que es de gran importancia propiciar la inclusión de tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje en los diferentes niveles educativos.

Durante el desarrollo de la investigación, fue evidente que a pesar de las limitantes de infraestructura a las que se enfrentaron los docentes participantes, cada uno de ellos implementó estrategias diferentes que les permitieron incluir y poner en práctica la herramienta digital en su actividad docente.

Con el presente trabajo de investigación se demuestra que el uso de tecnologías educativas fortalece el aprendizaje y mejora los conocimientos de los estudiantes, independientemente de la modalidad de las escuelas de educación primaria.

No se debe perder de vista la importancia de la tecnología en el quehacer educativo, puesto que ésta representa un agente de cambio en el proceso de enseñanza - aprendizaje.

## Recomendaciones

Para la obtención de mejores resultados en el aula es importante un entorno de aprendizaje adecuado, disponer de infraestructura apropiada y brindar capacitación a los profesores de educación primaria que permitan el aprovechamiento máximo de las herramientas tecnológicas.

## REFERENCIAS

Secretaría de Educación Pública (2013a). "Sexta Sección. Secretaría de Educación Pública Acuerdo número 704 por el que se emiten las Reglas de Operación del Programa Escuelas de Tiempo Completo", consultada por Internet el 14 de agosto del 2016. Dirección de internet: [http://www.dof.gob.mx/reglas\\_2015/SEP\\_27122014\\_08.pdf](http://www.dof.gob.mx/reglas_2015/SEP_27122014_08.pdf)

Secretaría de Educación Pública (2013b) PETC. "Lineamientos para la Organización y el funcionamiento de las Escuelas de Tiempo Completo. Educación Primaria", consultada por internet el 12 de septiembre del 2016. Dirección de internet: [http://petc.qroo.gob.mx/portal/Descargas/GuiasTiempoCompleto/Lineamientos\\_Organizacion\\_Funcionamiento\\_de\\_las\\_ETC.pdf](http://petc.qroo.gob.mx/portal/Descargas/GuiasTiempoCompleto/Lineamientos_Organizacion_Funcionamiento_de_las_ETC.pdf)

## CAPÍTULO 10

# MODELAGEM E PROJETO DE CONTROLADORES PARA UM SISTEMA DE LEVITAÇÃO DE UMA ESFERA POR UM FLUXO DE AR

---

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Heros Carvalho Soares**

Graduando no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Divinópolis, Brasil

### **Nathan Phillippe Almeida Mendes**

Graduando no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Divinópolis, Brasil

### **Eduardo Santos de Alemdia**

Graduando no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Divinópolis, Brasil

### **Cláudio Henrique Gomes dos Santos**

Docente no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Divinópolis, Brasil

controlador por SS teve melhor resultado ao seguir a referência, embora o outro teve melhor desempenho em rejeitar o distúrbio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle Digital, Espaço de Estados, PI Ziegler-Nichols, Observador

## INTRODUÇÃO

Diversas vezes existe a dificuldade, ou até mesmo a impossibilidade, de trabalhar com plantas de controle físicas, problema este que se intensificou com a Pandemia do Corona Vírus em 2020. Desse modo, as simulações se tornam grandes aliadas das universidades para melhor entendimento de determinada disciplina, como as diferentes metodologias de síntese de controladores no domínio discreto.

Pensando nisso, no presente trabalho, analisa um sistema de levitação de uma esfera através de um fluxo de ar gerado por uma ventoinha. Desse modo, far-se-á modelagem do sistema via caixa branca, assim como do atuador e do sensor escolhido para o processo. Ao simulá-los

**RESUMO:** Este trabalho trata da modelagem e controle de um sistema de levitação de uma esfera por um fluxo de ar. Assim, projetou-se dois controladores, um por Ziegler-Nichols, outro por espaço de estados (SS), ambos discretizados, e avaliou-se o comportamento da malha fechada ao ser submetida a uma entrada em degrau e a um distúrbio no sinal de entrada. Ao fim, percebeu-se que o

simultaneamente via *Python* em malha aberta, espera-se compreender melhor a dinâmica de todo o sistema, suas limitações, tempo de acomodação, *overshoot* e outros fatores que poderiam auxiliar no projeto de um controlador para o melhor desempenho do sistema como um todo.

Posteriormente, usar-se-á um controlador proporcional em malha fechada para se obter uma oscilação sustentada e, por fim, o período de oscilação e de amostragem ideal para o sistema. Finalmente, projetar-se-á dois controladores para o sistema, sendo o primeiro um controlador PI pelo método de *Ziegler-Nichols* através do ganho crítico e do período de oscilação; e o segundo controlador é pelo espaço de estados, contando com os recursos de um observador e de um integrador.

Assim, objetiva-se, além do melhor entendimento acerca de controle digital, comparar qualitativa e quantitativamente o desempenho destes dois controladores. Para tal, ter-se-á como parâmetros estudados o *overshoot* e tempo de acomodação das duas malhas fechadas, capacidade de seguir a referência e de rejeitar uma perturbação no sinal de entrada, análise em frequência do sistema em relação ao ruído, à referência e ao distúrbio e análise quantitativa do sinal de saída por meio da integral do erro absoluto (IAE) e da variabilidade do sinal de controle (IVU).

## MATERIAL E MÉTODOS

Todo o projeto pode ser dividido em três partes. A primeira consiste na modelagem caixa branca do atuador, da planta e do sensor. Já a segunda se trata da simulação da planta em malha aberta e coleta de dados pertinentes. Por fim, tem-se a terceira parte, que se refere à síntese dos controladores desejados, seguido das suas análises de desempenho. Desse modo, utilizou-se como recurso diferentes bibliografias para fazer-se a primeira etapa, partindo para a ferramenta em *Python* a fim de se realizar a segunda e terceira etapas.

Dessa forma, para a dar início a primeira etapa, faz-se necessário ter conhecimento da planta que se deseja trabalhar. Assim, o modelo tridimensional do sistema pode ser visto na Figura 1. Nessa figura há um tubo cônico truncado com altura de 600mm, diâmetro inferior de 50mm e superior de 91.9mm, o qual está acoplado a um tubo redutor, que por sua vez está acoplado a uma ventoinha, e esta a um micromotor de corrente contínua 82 830 009 da empresa *Crouzet* (Crouzet, 2004). Outrossim, dentro do tubo há uma esfera de 50mm de diâmetro e massa de 3g. Acima do tubo há um suporte para o posicionamento do sensor *Sharp GP2Y0A21YK*, o qual está em uma altura 100mm acima do topo do tubo devido ao seu princípio de funcionamento. Desse modo, ao acionar o motor, uma ventoinha produz um fluxo de ar que elevará a esfera até o ponto de operação de 35cm.

Assim, o equacionamento do modelo pode ser descrito por algumas relações físicas e geométricas, sendo o ponto de partida a equação do equilíbrio dinâmico na esfera

(Halliday et al., 2009a), a qual possui apenas a força de arrasto  $F_A$  vertical para cima e o peso  $P$  vertical para baixo. Logo,

$$F_A - P = ma, \quad (1)$$

em que  $m$  a massa da esfera e  $a$  sua aceleração.

Ademais,  $F_A$  é dada por

$$F_A = \frac{1}{2} C_D \rho A (v - \dot{z})^2, \quad (2)$$

na qual,  $C_D$  é o coeficiente de arrasto do ar,  $\rho$  a densidade do ar,  $A$  a área da seção média da esfera,  $v$  a velocidade do ar no tubo ao encontrar com a esfera e  $\dot{z}$  a velocidade da esfera no tubo (Halliday et al., 2009a). Substituindo (2) em (1) e considerando  $a = d\dot{z}/dt$  tem-se

$$ma = \frac{1}{2} C_D \rho A (v - \dot{z})^2 - mg. \quad (3)$$



Figura 1. Esquema tridimensional da planta

Além disso, através da Equação de Bernoulli (Halliday et al., 2009a), pode-se encontrar a velocidade do ar em qualquer ponto do tubo, a qual é dada por

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (4)$$

em que  $A_1$  corresponde à área do diâmetro inferior do tubo,  $v_1$  a velocidade do ar que sai do motor,  $A_2$  a área em qualquer parte do tubo e  $v_2$  a velocidade do ar neste mesmo ponto. Sendo assim, é importante calcular o valor de  $A_2$ , o que pode ser feito a partir do esquema geométrico apresentado na Figura 2, pois, ao analisá-la é possível perceber que

$$A_2 = \frac{\pi d_i^2}{4} \quad (5)$$

em que  $d_i$  é o diâmetro em qualquer altura,  $h = z$  e  $\alpha = \delta$ . Assim,

$$d_i = d + 2z \tan(\alpha). \quad (6)$$

Desse modo, substituindo a Equação (6) na (5) é possível concluir que

$$A_2 = \frac{\pi(d + 2z \tan(\alpha))^2}{4}. \quad (7)$$

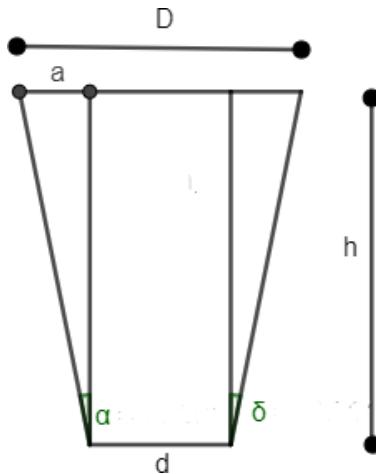


Figura 2. Esquema em corte do tronco de cone

Posteriormente, substituindo a Equação (7) em (4) e seu resultado em (3), a modelagem é findada na equação

$$\dot{a} = \frac{C_D \rho}{2m} \left[ \left( \frac{d}{d + 2z \tan \alpha} \right)^2 v_1 - \dot{z} \right]^2 - g \quad (8)$$

Agora, em posse da modelagem do sistema, parte-se para a modelagem do motor, cujo esquema mostrado na Figura 3.

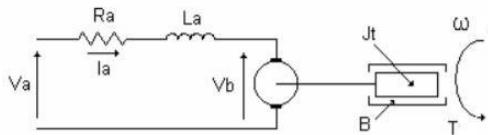


Figura 3. Esquema do motor CC (Santana et al., 2008)

Desse modo, ao aplicar uma tensão  $V_a$  na entrada, há uma perda de energia

decorrente da resistência de armadura  $R_a$  e da indutância de armadura  $L_a$ , resultando na tensão aplicada  $V_b$ . Logo, aplicando a Lei das Malhas (Halliday et al., 2009b), tem-se que

$$V_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + V_b. \quad (9)$$

A tensão  $V_b$  acionará o motor, resultando em uma velocidade angular  $\omega$ , sendo  $V_b = K_b \omega$ . Logo,

$$\begin{aligned} V_a &= R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + K_b \omega \Rightarrow \\ \frac{di_a}{dt} &= \frac{V_a - R_a i_a - K_b \omega}{L_a} \end{aligned} \quad (10)$$

Seguindo para a modelagem mecânica, considere o torque  $T$  proporcional à corrente aplicada, tem-se que

$$T = K_i i_a. \quad (11)$$

Além disso, pelo equilíbrio dinâmico em rotação (Halliday et al., 2009a), tendo o momento de inércia do motor e da carga  $J_t$ , considerando o atrito viscoso com coeficiente de viscosidade  $B$ , tem-se que

$$\begin{aligned} J_t \frac{d\omega}{dt} &= T - B\omega \Rightarrow \\ \frac{d\omega}{dt} &= \frac{K_i i_a - B\omega}{J_t}. \end{aligned} \quad (12)$$

Entretanto, devido ao atrito das hélices da ventoinha com o ar, considerando que a força que atua sobre elas seja (2), então (12) torna-se

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{K_i i_a - B\omega - (C_D \rho R^4 a_1 \omega^2)/12}{J_t}, \quad (13)$$

em que  $R$  é o raio da ventoinha e  $a_1$  a área aproximada das hélices em contato com o ar de modo perpendicular. Desse modo, as Equações (10) e (13) descrevem a dinâmica  $M(t)$  do motor.

Agora basta modelar o sensor, sendo escolhido o sharp GP2Y0A21YK. Esse sensor é capaz de retornar uma tensão a partir da distância de um objeto utilizando emissão e recepção de luz infravermelha (IR). A partir do datasheet é possível verificar o funcionamento do sensor, no qual inicialmente a tensão é regulada, então um LED emite uma luz IR, a qual será refletida pelo objeto em sua frente. Então um receptor irá perceber a luz refletida, a qual será processada e em seguida passará para por um circuito de saída, o qual retornará um valor de tensão (Sharp, 2010).

Outrossim, o gráfico de Tensão por Distância ( $VxL$ ) do sensor foi obtido

experimentalmente pelo fabricante, de modo que a curva obtida pode ser vista na Figura 4, da qual é possível perceber que existem dois valores de tensão para cada altura captada pelo sensor. Devido a isso, esse sensor é indicado para fazer medição apenas entre 10cm e 80cm. Ademais, a curva da resposta não é fornecida pelo fabricante, portanto, foi feita uma interpolação do tipo

$$V = ka^{(L+b)} + c \quad (14)$$

em que os parâmetros encontrados foram  $k = 1.284$ ,  $\alpha = 0.001$ ,  $b = -0.114$  e  $c = 0.444$ . A curva de resposta também pode ser vista na Figura 4. Ademais, a resposta temporal do sistema não foi fornecida pelo Fabricante, então considerou-se que o sensor era muito mais rápido que a planta e sua dinâmica poderia ser desconsiderada. Desse modo, finda-se a primeira parte do trabalho.

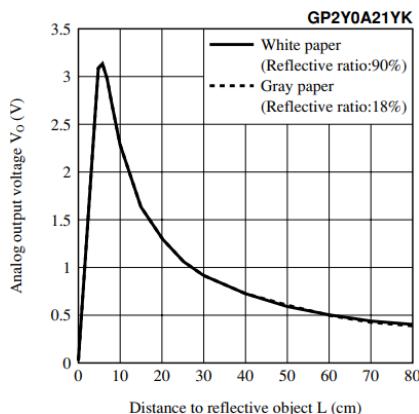


Figura 4. Gráfico tensão por distância do sensor

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dando início à segunda parte do trabalho, necessita-se determinar os dados do fabricante. Pelos equipamentos escolhidos, tem-se que os parâmetros físicos do projeto estão expostos na Tabela (1)

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
$C_D$	2,05	-
$\rho$	1,23	$kg/m^3$
$m$	3	$kg$
$d$	50	$mm$
$\alpha$	2	Graus
$g$	9,81	$m/s^2$
$R_a$	1	$\Omega$
$K_b$	49,1	$mV/(rad/s)$
$L_a$	1,4	$mH$
$K$	51,7	$mN \cdot m/A$
$B$	2,4	$g \cdot m^2/s$
$J_t$	104,519	$mg \cdot m^2$
$R$	50	$mm$
$a_1$	3	$mm^2$

Tabela 1. Parâmetros do sistema e do atuador

Ademais, faz-se necessário conhecer a velocidade linear do fluido na base do cone decorrente da velocidade angular das hélices. Pelos equipamentos escolhidos, considerando a relação linear, tem-se que

$$v_1 = 0.1964\omega. \quad (15)$$

Por fim, sabe-se que o motor possui uma zona morta, um valor mínimo de tensão necessário para começar seu funcionamento, o qual é dado por 2.5V, além de uma saturação superior em 12V. Abaixo de 2.5V é considerado que  $V_a = 0V$ .

Como trabalhar-se-á no domínio discreto, é necessário determinar o tempo de amostragem requerido para este sistema. Para tal, considerou que exista um controlador proporcional que instabiliza o sistema, assim como também existe um controlador proporcional que garante a estabilidade assintótica. Logo, também existe um controlador intermediário, ou seja, não deixa o sistema instável, mas também não estabiliza em torno de um ponto de operação, resultando em uma oscilação sustentada (Lathi, 2007). Portanto, fechou-se a malha, como mostrado na Figura 5, e usando controlador proporcional de valor  $C = 60$ , obteve-se a resposta que pode ser vista na Figura 6. Desse modo, pode-se considerar que próximo dos 30s é o início do regime permanente, pois, a partir dali, não houve mais variação na dinâmica da curva.

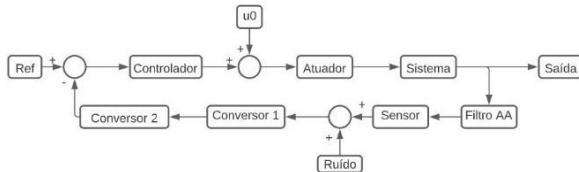


Figura 5. Diagrama da malha fechada do sistema, na qual, Ref é a referência a ser seguida,  $u_0 = 4.1\text{V}$  é o sinal necessário para levar o sistema para o ponto de operação, Filtro AA é o filtro anti-aliasing, Conversor 1 representa o conversor AD e, por fim, Conversor 2 representa o conversor de tensão digital para altura na saída.

Assim, o intervalo de tempo entre os dois últimos picos é de aproximadamente 0.4673s. Portanto, considerando que seria bom ao menos dez amostras nesse intervalo para conseguir bem descrever este sistema, conclui-se que o período de amostragem deverá ser de 47mS.

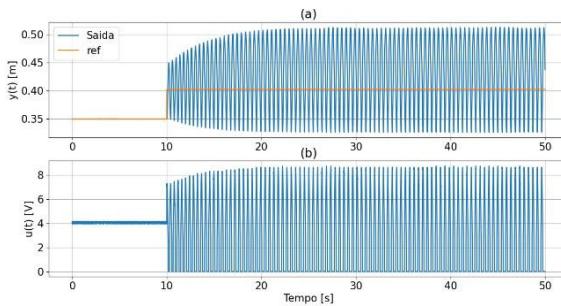


Figura 6. Resposta do sistema em ganho crítico

Assim, far-se-á três simulações, uma a partir das equações diferenciais do sistema, outra da função de transferência no contínuo e, finalmente, a função de transferência no domínio discreto. Assim, aplicando a Série de *Taylor* nas Equações (8), (10) e (13), truncando na primeira derivada e aplicando a Transformada de *Laplace* (Ogata, 2010), o sistema pode ser representado em torno do ponto de operação por

$$G(s) = \frac{1.77 \cdot 10^5(s^4 + 693s^3 + 4.04 \cdot 10^4s^2 + 2.33 \cdot 10^5s + 1.34 \cdot 10^6)}{(s + 1.77 \cdot 10^5)^4} \quad (15)$$

Ademais, discretizando (15) para um período de  $T = 47\text{mS}$  pelo método de zoh (Nise, 2009), tem-se que

$$\begin{aligned}
G(z) = & (0.002361 z^3 + 0.005668 z^2 \\
& + 0.000688 z + 6.287 \cdot 10^{-8}) \cdot (z^4 - \\
& - 1.76 z^3 + 0.8765 z^2 - 0.05021 z \\
& + 7.149 \cdot 10^{-15})^{-1}
\end{aligned} \quad (16)$$

A partir da simulação em malha aberta das EDOs descritas em (8), (10) e (13), da Função de transferência descrita em (15) e do modelo discreto (16), foi obtida a resposta apresentada na Figura 7, da qual, é possível perceber que a saída do sensor, subplot (a), apresenta resposta semelhante para os três modelos e a curva de resposta se aproxima muito da encontrada na saída do sistema, subplot (b), diferenciando-se um pouco apenas do modelo digital, o qual sofre bastante interferência do ruído devido à quantização. Por fim, o subplot (c) mostra o sinal de controle aplicado nos três modelos.

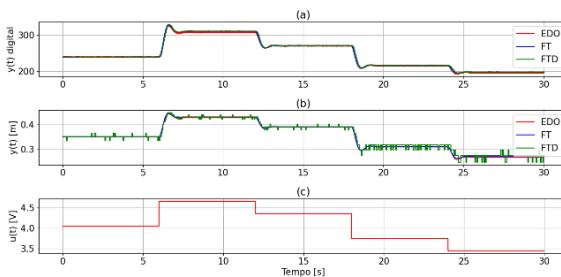


Figura 7. Saída do sistema em malha aberta, no qual (a) é a saída digitalizada do sensor, (b) as saídas em altura desses modelos e (c) o sinal de controle.

Já em posse do modelo linear discretizado, dá-se início à terceira parte. O modelo linear SS para sistemas discretos pode ser encontrado aplicando o comando `c2d (control.ss(G(s)), T, method='zoh')` no *Python*, em que  $G(s)$  corresponde à Equação (16). Desse modo, as matrizes que descrevem a dinâmica do sistema A, B e C são dadas respectivamente por

$$\begin{bmatrix} 7.2 \cdot 10^{-3} & -4.59 & -20.90 & 40.71 \\ -3.0 \cdot 10^{-3} & -2.8 \cdot 10^{-3} & -5.82 & -27.96 \\ -2.08 \cdot 10^{-5} & 1.44 \cdot 10^{-2} & 0.81 & -0.97 \\ 7.23 \cdot 10^{-7} & 5.22 \cdot 10^{-4} & 4.36 \cdot 10^{-2} & 0.98 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$\begin{bmatrix} -3.03 \cdot 10^{-5} \\ -2.08 \cdot 10^{-5} \\ 7.23 \cdot 10^{-7} \\ 1.33 \cdot 10^{-8} \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$[0 \ 0 \ 0 \ 176769.04] \quad (19)$$

O controlador SS foi projetado para que o sistema atendesse às especificações

de sobressinal de 10% e tempo de acomodação de 2 segundos. Desse modo, os polos desejados estão posicionados em  $P_{\{1,2\}} = 0.91 \pm 0.10j$  (Ogata, 2010). Então, foram obtidos os vetores de ganho  $K_p, K_A, K_E$ , o quais resultaram respectivamente em

$$[-12.65 \ 8742.33 \ 570074.49 \ 1549266.68] \quad (20)$$

$$[-1.6] \quad (21)$$

$$[0.32 \ -1.2 \cdot 10^{-3} \ 6.9 \cdot 10^{-5} \ 8.9 \cdot 10^{-6}] \quad (22)$$

Ao finalizar o projeto do primeiro controlador, inicia-se a síntese do segundo. O próximo controlador foi projetado pelo método da curva de reação de Ziegler- Nichols através do ganho crítico (Barbosa, 2010), resultando em um controlador PI, sendo  $K_p = 27$  e  $T_i = 0.389$ . Por consequência,  $K_i = 32.622$ . Entretanto, foi verificada uma resposta insatisfatória. Devido a isso, os parâmetros foram reajustados por tentativa e erro e o melhor resultado encontrado evidenciou  $K_p = 9$ , assim,  $K_i = 23.11$ , conservando o  $T_i$ . Desse modo, o controlador obtido é dado por

$$C(z) = 9 + \frac{21.11z}{z - 1}, \quad (23)$$

Esse tipo de controlador não considera as especificações de desempenho desejadas para o seu projeto, todavia, seus parâmetros foram projetados por “tentativa e erro” para tentar alcançar as mesmas especificações do controlador obtido pelo método SS.

Feita a síntese de controladores, partiu-se para a simulação destes a fim de analisar seu desempenho. O controlador PI foi simulado aplicando os parâmetros  $K_p$  e  $K_i$  da Equação (23) na Equação (16) com um período de amostragem  $T = 0.047s$  e aplicado em malha fechada à variação da referência dada por  $r = [PO \ 1.1PO \ 0.9PO \ PO]$ . Outrossim, o controlador obtido por meio do SS foi simulado com o mesmo tempo de amostragem, com a malha fechada com observador e integrador e com os ganhos projetados (20), (21) e (22) para a mesma variação da referência do controlador PI. Desse modo, a saída do sensor, a resposta dos controladores em malha fechada e o sinal de controle podem ser vistos na Figura 7.

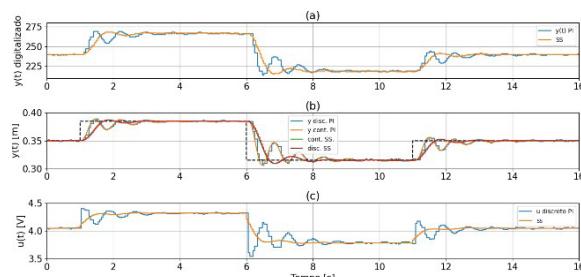


Figura 7. O subplot (a) corresponde à saída digitalizada do sensor; o subplot (b) apresenta as saídas digitais das malhas fechadas; por fim, o subplot (c) apresenta o sinal de controle; com controladores pelo método SS e PI

Então, ao avaliar a Figura 7, é possível perceber que, no subplot (a), a saída do sensor digitalizada para o controlador PI e SS se assemelham muito à saída do sistema digital, presente no subplot (b), com uma diferença principalmente em módulo. Além disso, é possível perceber pequenas diferenças entre as curvas, as quais se devem à quantização do sistema e ao efeito do ruído.

Outrossim, no subplot (b) também é possível verificar a saída das Malhas Fechadas projetadas com os controladores SS e PI, de modo que o controlador obtido pelo método SS obteve um sobressinal de 6% e um tempo de acomodação de 2.175s. Assim, esse controlador não atendeu às especificações desejadas para o tempo de acomodação, todavia, se aproximou muito do especificado. Possíveis motivos para a que os critérios não tenham sido atendidos podem ser a presença do ruído no sistema e a escolha dos polos do observador do sistema.

Ainda, ao avaliar a saída do sistema com o controlador PI, foi obtido um sobressinal de 9.2% e um tempo de acomodação de 4.85s. Portanto, esse controlador também não atendeu às especificações desejadas e obteve um resultado pior quando comparado com o controlador SS, porém, esse resultado já era esperado, visto que o controlador SS utiliza uma abordagem muito mais consistente, a realimentação de todos os estados, se comparado ao controlador PI obtido pelo método de Ziegler-Nichols.

Por fim, o subplot (c) apresenta o sinal de controle de ambos os controladores, do qual é possível perceber que o controlador PI é mais oscilatório e mais suscetível ao ruído do que o controlador SS.

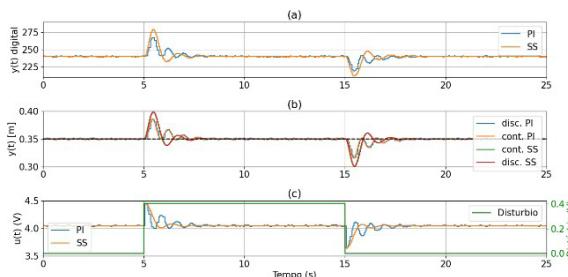


Figura 8. O subplot (a) apresenta a saída do sensor em resposta à perturbação, o subplot (b) apresenta a saída do sistema, por fim, o subplot (c) apresenta o sinal de controle usado, bem como o distúrbio aplicado.

Ademais, afim de testar a robustez à perturbações dos controladores projetados, foi programado um distúrbio no sinal de controle com intensidade de 10% de  $u_0$  de 5 a 15 segundos como pode ser observado na Figura 8. Então, ao analisar a Figura 8 (a) é possível verificar como a saída do sensor digitalizado percebe a perturbação. Em seguida, ao avaliar o subplot (b) é possível notar que ambos os controladores rejeitam a perturbação em aproximadamente 3.5 segundos, todavia, o controlador PI o faz de modo mais intenso,

visto que os sobressinais gerados pela perturbação são menores para esse controlador. Enfim, ao observar o subplot (c) é verificado o sinal de controle com a escala da esquerda e o distúrbio aplicado na escala da direita. Nessa Figura é notável que o controlador PI apresenta sinal de controle mais intenso do que o controlador SS para rejeição à perturbação.

Para mais, ao analisar a resposta em frequência das malhas fechadas (Garcia, 2017), presente na Figura 9, é possível ver o diagrama em frequência do efeito na saída da entrada na referência, no distúrbio e no ruído. Em 9(a), percebe-se que os dois controladores seguem a referência sem erro em regime estacionário, entretanto, próximo dos 8rad/s o controlador PI possui uma ressonância. Já em (b), todos os sinais são atenuados e até mesmo a ressonância do PI se encontra abaixo dos 0dB. Por fim, em (c), percebe-se que o ruído, para o PI, é amplificado próximo dos 8rad/s, diferente do SS quem sempre o reduz. Desse modo, apenas pela análise em frequência, considerou-se o controlador em SS como melhor opção.

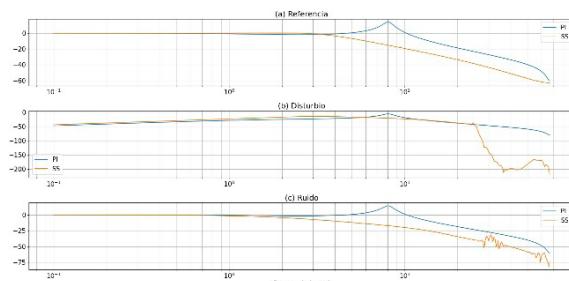


Figura 9. Resposta em frequência do efeito da (a) Referência, (b) Distúrbio e (c) Ruído na saída do sistema

Ainda, a fim de quantizar as análises qualitativas, tanto para o seguimento de referência, quanto para a perturbação, foi calculado o IAE para o sinal de saída e IVU (Aguirre, 2007) para o sinal de entrada. Os dados foram inseridos na Tabela 2. Para o seguimento de referência, o controlador por SS possuiu melhor performance, já para a rejeição à perturbação, o controlador PI apresentou melhor desempenho.

	Referência		Perturbação	
	IAE	IVU	IAE	IVU
PI	3.94	0.047	2.53	0.013
SS	3.22	0.045	3.15	0.014

Tabela 2. Tabela com índices de desempenho.

## **CONCLUSÃO**

Ao finalizar, foi possível simular a aplicação de controladores obtidos por sistemas lineares discretos num modelo próximo ao real para controladores do tipo PI e SS. Conclui-se que o controlador PI, da maneira que foi projetado, apresentou resposta ao ruído, seguimento de referência pior do que o controlador SS, tanto na análise temporal como em frequência, todavia, apresenta melhor resposta à perturbação. Outrossim, foi possível verificar, da maneira mais aproximada possível, a influência que o ruído e a digitalização possuem num sistema real, bem como a importância de bons sensores, atuadores e um bom projeto de controladores são cruciais para um sistema de controle.

## **AGRADECIMENTOS**

Somos gratos à nossa família, aos amigos mais próximos, a todos os nossos professores e pessoas que contribuíram de qualquer forma em nossa vida e acima de tudo a Deus.

## **REFERÊNCIAS**

AGUIRRE, L. A. Introdução à identificação de sistemas: Técnicas Lineares e não lineares aplicadas a sistemas reais. Editora UFMG, 3<sup>a</sup> edição, 2007

COUZET. Micromor Catalogue. 2004.

GARCIA, C. Controle de processos industriais: estratégias convencionais. Bulcher, 1<sup>a</sup> edição, 2017.

HALLIDAY, D., Resnik, R., e Walker, J. Fundamentos da Física, volume 1 – Mecânica. John Wiley and Sons, Inc., 8<sup>a</sup> edição, 2009a.

HALLIDAY, D., Resnik, R., e Walker, J. Fundamentos da Física, volume 3 – Eletromagnetismo. John Wiley and Sons, Inc., 8<sup>a</sup> edição, 2009b

LAITHI, B. P. Sinais e Sistemas Lineares. Bookman, 2<sup>a</sup> edição, 2007.

NISE N. S. Engenharia de Sistemas de Controle. Editora LTC, Volume 5, 2009.

OGATA, K. Engenharia de Controle Moderno. Pearson Education, 5<sup>a</sup> edição, 2010.

SANTANA, D. D. S., Silva, P. A., e Oliveira, A. L. Sistema de controle de velocidade e posição para mesa coordenada cartesiana utilizadas em máquinas ferramenta. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, III, 2008.

SHARP. General Purpose distance measuring sensors. 1-4, 2010.

BARBOSA, L. P., Santos, Q. G., Lima, R. P., Júnior, V. P. B. Sintonia de Controlador PID. Juazeiro- BA, 2010.

# CAPÍTULO 11

## NONLINEAR MODEL OF COD AND OBD/ COD AT THE CAXIAS DO SUL LANDFILL USING NEURAL NETWORKS

---

*Data de aceite: 01/11/2022*

### Ana M. C. Grisa

UCS. Caxias do Sul, (Brazil)

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia  
<https://orcid.org/0000-0002-4815-1807>

### Edson Luiz Francisquetti

IFRS. Farroupilha, (Brazil)

Programa Pós-Graduação em Materiais  
<https://orcid.org/0000-0002-1055-3317>

### Mara Zeni Andrade

UCS. Caxias do Sul, (Brazil)

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia  
<https://orcid.org/0000-0002-6562-3706>

### José A. Muñoz H.

University of Tolima. Ibagué, (Colombia)

Faculty of Agricultural Engineering  
<https://orcid.org/0000-0002-1825-0097>

A non-linear model is presented to analyse the biodegradability of organic matter in order to demonstrate anaerobic microbial activity and biological activity as a function of time. A neural network capable of predicting COD and BOD/DQO values was proposed. The optimised network structure consisted of a 5-3-1 multilayer perceptron, and 5-6-1 with logistic sigmoidal transfer function in the hidden layer and linear activation in the output layer, trained with the Levenberg-Marquardt algorithm.

**KEYWORDS:** Landfill, Non-linear model, Neural network, anaerobic digestión, biodegradability indexes

## INTRODUCTION

Population growth and rampant consumption have contributed to the increased production of urban solid waste, hence the importance of managing this waste to control environmental pollution. Heterogeneous solid waste can cause environmental impacts, especially if its disposal is not environmentally sound [1].

According to the Brazilian National Policy on Solid Waste (PNRS)[2],

**ABSTRACT:** Monitoring was carried out in order to collect data representing the physical, chemical and biological processes that take place in a landfill, in this case the landfill of Caxias Do Sul in Brazil, which are responsible for the degradation of the organic components of the solid waste mass in the landfill. The measurements indicate the state of decomposition of the landfilled mass and the transformations occurring in it.

Environmentally appropriate final destination is the destination of waste that includes reuse, recycling, composting, recovery and energy use or other destinations permitted by the competent bodies of the Sisnama, the SNVS and Suasa, including final disposal, observing specific operating standards in order to avoid damage or risks to public health and safety and minimize adverse environmental impacts. Environmentally adequate final disposal is the orderly distribution of waste in landfills, observing specific operating standards in order to avoid damage or risk to public health and safety and minimize adverse environmental impacts [3].

The area called “Vazadouro de São Giácomo”, Figure 1, owned by the City Hall of Caxias do Sul, RS, Brazil, located in the outskirts of the city on the banks of the Tega River, received in a disorderly way, for a period of two years from 1988 to 1990, the solid urban waste generated in the municipality causing environmental degradation of an area of approximately 1.4 hectares [4].

Caxias do Sul has a population of approximately 360 thousand inhabitants, produces approximately 300 tons of domestic waste daily collected by 230 Urban Cleaning workers and selective and organic waste is collected through the door-to-door system [5]. This area was impacted by the uncontrolled disposal of solid waste: domestic (50%); industrial (25%); commercial (20%) and health services (15%) totalling 64,000m<sup>3</sup> in the period between 1988 and 1990.

The disposal of waste in landfill cells was implemented according to Brazilian standards for sanitary landfills, NBR 8418/1984 [6] and ABNT 8419/1992 [7], and the remediation system at São Giácomo is operating with an operating license from the state environmental agency undação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) and is monitored monthly (Table 1 and Figure 1 and Figure 2).

<b>Cells</b>	<b>General Date</b>
C1/C2	From 1989 to 1992 (cells without waterproofing, resulting from the remediation of the existing dump).
C3	Started in 1992 (cells without waterproofing).
C4	Start 1992 to 1994. 1 <sup>st</sup> enlargement – 1995. 2 <sup>nd</sup> enlargement – 1996
C5	Started in 1995 and finish 1997.
C6(on C4 and C5)	Started in 1997 and 1 <sup>st</sup> enlargement – 1998.
C7(on C6 and C5)	Started in may 1999.
C8	Started in may 2000.
C9	Started in march 2001.
C10	Started in july 2002.

Table 1. General information on the cells of the São Giácomo landfill site.

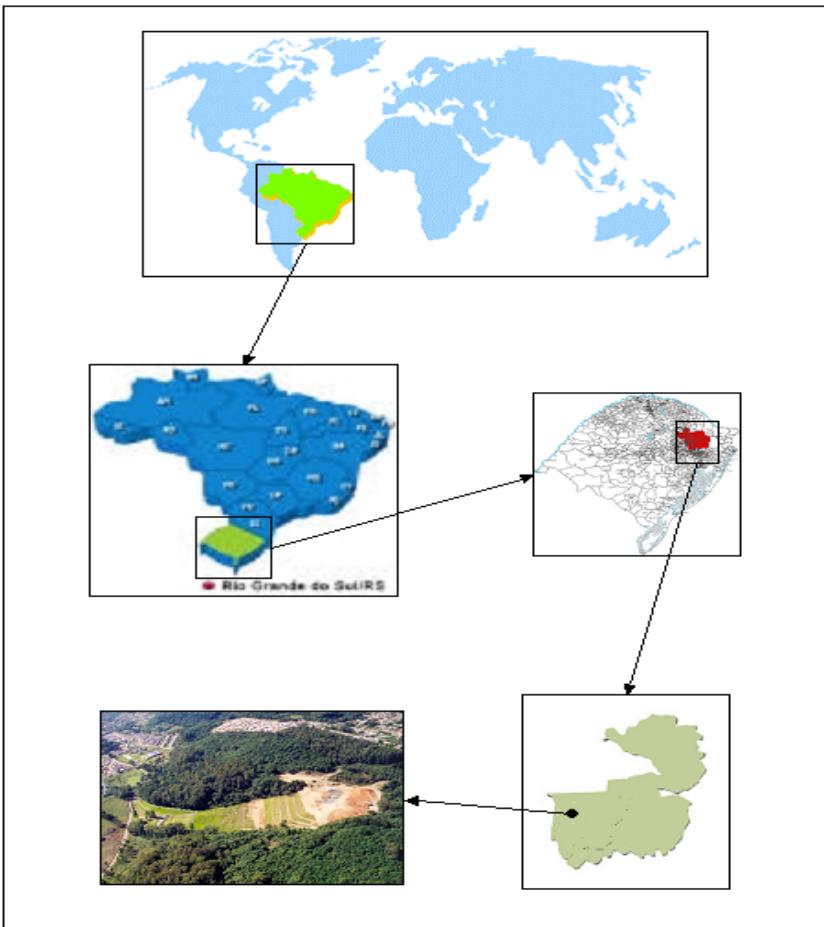


Figure 1. Location of the São Giacomo landfill in the municipality of Caxias do Sul



Figure 2. Partial view of the São Giacomo - Caxias do Sul landfill.

The amount of waste disposed of at the landfill is estimated by sampling that began in September 1999, with an average of the discharges for each type of waste (Table 2). From 2004 to 2006, about 128 thousand tons of waste were disposed of in December, the disposal at the landfill ended in March 2006 [8].

Year	Daily average (ton/day)	Monthly average (ton/month)	Annual average (ton/year)
1998	243.73	6336.98	76043.76
1999	280.73	7289.62	87475.44
2000	273.24	7104.24	85250.88
2001	291.81	7587.06	91044.72
2002*	294.74	7663.24	91958.88

\* Values as at September 2002

Table 2. Loads of waste deposited in São Giácomo's landfill

The disposal of solid waste in San Giacomo in a controlled manner allowed suitable conditions for the development of the process of anaerobic digestion of the organic fraction present in the waste and the development of microbial activity within the cells of the landfill, associated with environmental factors, promote the percolation of quantities of leachate and its subsequent treatment, according to Standard Methods [9] (*Standard Methods*, d.). Slurry is a dark liquid generated by the degradation of waste organic matter and is the result of the enzymatic action of microorganisms in the system and the resulting products of biodegradation [10].

The chemical composition of leachate varies depending on the age of the landfill and the events that occurred prior to sampling. The parameters used to classify leachate from different landfills are usually 5-day chemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), chemical oxygen demand (COD), the BOD<sub>5</sub>/COD ratio, alkalinity and pH [11,12].

The parameters that measure the biodegradability of organic matter are: COD and BOD while pH adjusts the microbial growth rate Emcon Associates [13] composition of slurry indicates whether anaerobic digestion is occurring, when there is a high degree of stabilization, mineralization of waste, unfolding of matter consecutively.

The biodegradability of leachate varies with time and can be determined by the variation of the BOD<sub>5</sub> /COD ratio. In young landfills, the BOD5/COD ratio is around 0.5 or higher, indexes between 0.4 and 0.6 are indicators of good biodegradability. In older landfills, this ratio usually varies between 0.05 and 0.2 [14]. The leachates with biodegradability indexes (BOD5 /DQO) higher than 0.4 are effectively treated by biological processes; however, for leachates from old dumpsites these treatments are not sufficient [15].

- Hydrogenic potential (pH): according to Emcon Associates [13], pH is a critical

environmental parameter that affects the balance between the various populations of microorganisms, as well as the level of microbial activity. According to Alves [16], the pH has an effect on the biological activity of methanogenic bacteria, during the initial acid phase, its value may drop below 6.0 when CO<sub>2</sub> is released and with the formation of ammonia (NH<sub>3</sub>), with increased production of CH<sub>4</sub> and pH near 7.0 occurring its stabilization between 7.2 and 8.5.

- Chemical oxygen demand (COD): it is a measure of the equivalent, in O<sub>2</sub>, of the portion of organic matter in the sample susceptible to oxidation by a strong chemical oxidant and is used to measure the content of organic matter in the landfill. According to Gandolla, Acaia & Fischer (1995) [17] the content of organic matter, expressed in terms of COD and BOD, is initially very high and then decreases due to biological degradation and leaching processes.

A considerable fraction of initial BOD is made up of volatile fatty acids, the concentration of which is a good indicator of the stage of anaerobic degradation. The BOD/COD ratio indicates the percentage of organic matter that is biodegradable, which decreases as the landfill progresses. Initially, this ratio is 0.5 to 0.8, dropping to 0.07 to 0.08 after several years. According to Robinson & Maris (1979) [18], the BOD/ COD ratio assumes values higher than 0.4 during the acid phase and lower and equal to 0.4 during the methanogenic phase. Document Display [19] shows that the BOD/COD ratio decreases from 0.47-0.07 in a period of 23 years. Compared with the results of sanitary Landfill Leachates and Their Treatment decrease is 0.8-0.05 in 17 years. According to Hamada (1997) [21], the biodegradability of slurry varies with time and can be determined by the BOD/D COD ratio. Initially, it is around 0.5 or higher, and between 0.4 and 0.6 are the best biodegradability indicators. It describes that for old landfills, the same BOD/ COD ratio would be between 0.05 and 0.2.

Alkalinity becomes very important in the preservation of aquatic environments because it is directly related to the degree of decomposition of organic matter and the consequent release of CO<sub>2</sub>. When these values are above those indicated, it characterizes a high decomposition process that directly interferes with the dissolved oxygen in the environment, thus causing an imbalance in the environment and the various forms of life present therein [22]

## METODOLOGIA

The slurry samples used in the present work come from the São Giacomo landfill and were characterized as to pH, alkalinity, COD and BOD; the analyses followed the standards contained in Standard Methods [23].

The landfill leachate used for the coagulation, flocculation and decantation tests had been previously treated by three facultative lagoons. After leaving the facultative lagoons, the leachate passes through a continuous flocculator at a flow rate of 3 m<sup>3</sup>/h of leachate and 15 L/h of Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. The operation takes place in three independent lines (each operating

with 3 m<sup>3</sup>/h of leachate). The coagulant Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.18H<sub>2</sub>O with a concentration of 50% m/m and specific mass of 1.329 kg/m<sup>3</sup> obtaining a concentration of 270 mg Al<sup>+3</sup>/L, dosage that is added directly to the flocculator. The mixer responsible for the agitation of the flocculator operates at a rotation of 4 rpm and is composed of two blades with dimensions 50 cm wide by 30 cm high. The flocculators operate with 1000 L of useful volume. After treatment in the flocculator the effluent passes to a 35 m<sup>3</sup> decanter. After the process, the pH of the leachate was adjusted with NaOH and the effluent was characterised. After the process, the pH of the leachate was adjusted with NaOH and the effluent was characterized. The analyses and methods performed were DBO<sub>5</sub> (mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>) Standard Methods 22nd- Method 5210 B [24] and Standard Methods 22nd- Method 5220 B [25].

The determination of COD was performed according to standard methodology described in [25]. The procedure basically consists of digesting the sample in a closed tube followed by colorimetric determination at 600 nm. Calibration curves were prepared between 50 and 900 mg L<sup>-1</sup>, using potassium biftalate standards. The methodology was validated using potassium biftalate 300 mg L<sup>-1</sup>[26].

The BOD corresponds to the amount of oxygen required for the metabolism of biodegradable matter by living organisms or their enzymes, under the test conditions. The determinations were carried out according to the procedures described in Standard Methods for Biochemical Oxygen Demand (BOD) [24]. The simplified procedure can be understood through the following steps: a) determination of the COD of the slurry. The pH of the sample was corrected to 7.1-7.3 with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> or NaOH 0.1 mol L<sup>-1</sup> solution; b) the initial BOD present in the samples was determined; d) similar samples were incubated (conditioned in BOD bottles for 5 days at 20 ± 1°C and protected from light and c) the final BOD contained in the samples was determined. The difference in oxygen consumption over this period, discounting the control, is the measurement of BOD over 5 days (BOD<sub>5</sub>) expressed as the mass of oxygen consumed per litre of sample.

The pH of the samples was determined by direct reading in Quimis potentiometers, both calibrated with pH 4.0 and 7.0 buffers (Figure 3).



Figure 3. pH meter image

The determination of the total alkalinity (mg of CaCO<sub>3</sub>) was performed from the titration with sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.093 mol/L) of 50.0 mL of the water sample with the use of methyl red indicator, which guarantees that the colour turn over occurs in a slightly acid solution. From the volume of titrant used, the total alkalinity of the sample was calculated, considering it to be the number of moles of H<sup>+</sup> required to titrate the volume of sample. The hydroxyl (OH<sup>-</sup>), carbonate (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) and bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ions are mainly responsible for alkalinity.

Artificial neural networks can be used to estimate or predict biological oxygen demand (BOD) or COD [27]. In a landfill it is necessary to have COD monitoring systems or to have a way to estimate them through the application of algorithms by using software tools. In Azadi et al., 2016 [28] two expert systems were developed through the application of neural networks and principal component analysis to predict chemical oxygen demand (COD) in leachate produced in a laboratory-scale landfill. A discussion of principal component analysis (PCA) is presented in (Grisa et al., (2010) [29], describing the variables that are most correlated with COD (a parameter that measures biodegradability) and those that are most correlated with ammonia nitrogen, which is indicative of biological activity.

An artificial neural network model is used to predict BOD and COD removal in horizontal subsurface flow constructed wetlands [30], using principal component analysis for the selection of input parameters to the neural network.

Matlab R2019B was used to perform the programming of the multilayer perceptron neural network in the modelling and simulation stages. The number of neurons in the input and output layers was matched to the number of predictor and response variables, respectively [31]. The ANN was optimised for a 5-3-1 structure, employing the logistic sigmoidal transfer function (logsig) in the hidden layer and linear activation (purelin) in the output layer. Figure 4 shows the neural network architecture used for the COD modelling process.

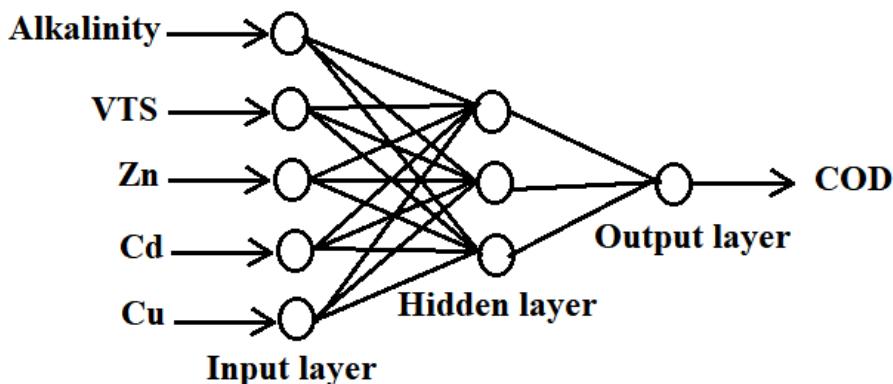


Figure 4. Neural network architecture

The data splitting (training-validation) was performed randomly, the training algorithm used was the Levenberg Marquardt algorithm and the performance used was the least squared error - MSE. In the training process of the ANN, the input vectors were normalised within the range 0 and 1, using the Equation 1, with the purpose of improving the efficiency of the algorithm and decreasing the convergence time.

$$x2(:,i) = (x(:,i) - \min(x(:,i))) / (\max(x(:,i)) - \min(x(:,i))) \quad [1]$$

Equation 1 was programmed in a for loop with i being each of the inputs from the PCA algorithm in the data matrix.

For the output, the relation  $y2 = \log(1+y)$  was used; in order to improve the distribution of the data for this variable. 1 is added to avoid  $\log(0)$ , when  $y=0$ . Here the variable y corresponds to the COD value. The mean square error was used as the control function, according to Equation 2, associated with the Levenberg-Marquardt learning algorithm.

$$\text{sqrt}(\text{mean}((yval-yvalTrue).^2)) \quad [2]$$

0% of the data was used for training, 30% for validation.

The input data were normalised, initially selecting for the neural network training the input data reported in an Excel file corresponding to: pH, alkalinity, total solids (TS), total volatile solids (TVS), total nitrogen (N), ammonia nitrogen ( $N-NH_3$ ), Fe, Mn, Zn, Cd, Cu and as output of the network the COD value. Subsequently, taking into account the principal component analysis (PCA) discussed in Grisa et al., (2010) [29], a neural network was designed using as inputs the variables most correlated with the COD value: alkalinity, total volatile solids (TVS), Zn, Cd, Cu.

Finally, a neural network is designed using as inputs the variables obtained in the PCA analysis, but using as output signal the BOD/DQO ratio, which indicates the percentage of organic matter that is biodegradable, and tries to decrease as the landfill ages.

## RESULTS

The parameters that measure the biodegradability of landfill slurry are: COD and BOD while pH adjusts the microbial growth rate [32].

The variables of the cells of the sanitary landfill São Gácomo were analyzed by the exploratory method of multivariate analysis of a set of data using principal components method (PCA) [33]. The results of the PCA analysis describe the structure and interrelationships of the original variables in the phenomenon of biodegradation of organic matter from the principal components (PCs) obtained by grouping the variables that provide similar information, which are highly correlated.

The parameters considered important for the degradation of organic matter are: pH;

alkalinity; COD and; BOD. The parameters that measure biodegradability are: COD and BOD while pH adjusts the microbial growth rate [34].

Cell C1, a 1989 implementation project, is characterized by the beginning of the remediation process of the area, where there was the co-disposition of degraded waste with new waste. It has no base waterproofing system, thus allowing the infiltration of water from springs in the area and consequent dilution of percolated liquid.

The disposal of solid waste in cell C1 was completed at the end of 1992, which allows us to state that the disposed waste is in an advanced phase of the anaerobic digestion process, which is characterised by the generation of a percolated liquid with a lower organic load.

The BOD/ COD ratio, which indicates the percentage of organic matter that is biodegradable, assumes values higher than 0.4 during the acid phase and lower than or equal to 0.4 during the methanogenic phase. Applying this relationship to the data of the present study, eliminating the influence of the dilution factor, the percolated liquids in cell C1 present predominantly methanogenic characteristics (76% of the cases the BOD/ COD relationship remained below 0.4).

C3and C4 cells, initiated in 1992, in relation to BOD/ COD, present methanogenic characteristics (70% of the cases remained below 0.4) and as for the pH parameter, there are signs of stabilization, since the phase is between neutral and alkaline. The C1, C3 and C4 cells are in phase 4, range of 8 to 40 years.

Cells C6 initiated in 1997 (disposal over cells C4 and C5), C7 initiated in 1999 (disposal over C6 and C5) and C9 initiated in 2001 are in the unstable methane phase, presenting BOD/ COD values above 0.4, indicating the presence of material to be degraded. The average pH value is 6.8, which is ideal for the development of microorganisms and characterized according to Millot, (1986)[35] as a young landfill. According to (Gandolla,; Acaia & Fischer,(1995) [36], the C6, C7 and C9 cells are in the unstable methane phase (less than 10 years).

Cells C1, C3, C4, C5, C7, C8, C9 and C10 have in common the alkalinity variable that is related to the control of the acidity of the medium for the development of the biological activity of bacteria.

Using the 5-3-1 perceptron to determine the COD values and the BOD/CBD ratio, predicted values close to the expected response were obtained.

The calculated values of the correlation coefficient R, within the range 0.91 - 0.93, confirm that the degree of association between the prediction and the experimental observations of the data taken at the De Caxias Do Sul-RS landfill is reliable.

Initially, the simulation was carried out taking into account as input to the neural network all the data presented in the original Excel table for the landfill cells and as output the COD value.

Figure 5 corresponds to a representation of the validation error (RMSE: Root mean

squared error) as a function of the number of neurons in the hidden layer. It can be seen that a minimum validation error of approximately 0.7 is achieved with a neural network architecture with approximately 14 neurons in the hidden layer (blue curve).

Figures 6 and 7 represent the evolution of COD as a function of the sample (each sample corresponds to a time instant), corresponding to the validation data (neural network model) and to the real data (model obtained with the measurement data).

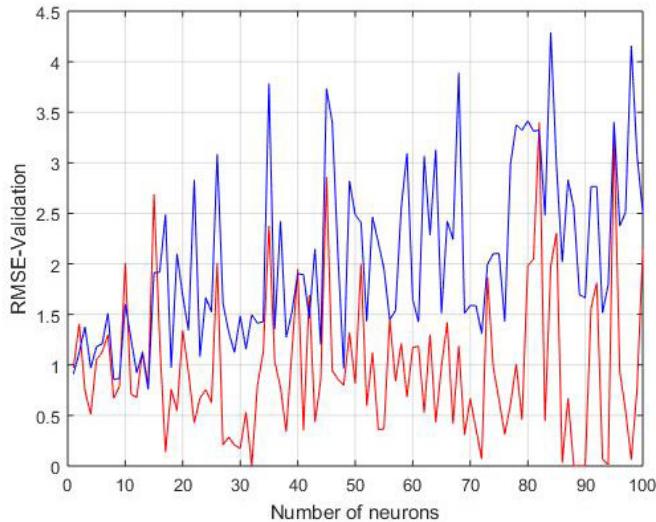


Figure 5. Training errors (red) and validation errors (blue)

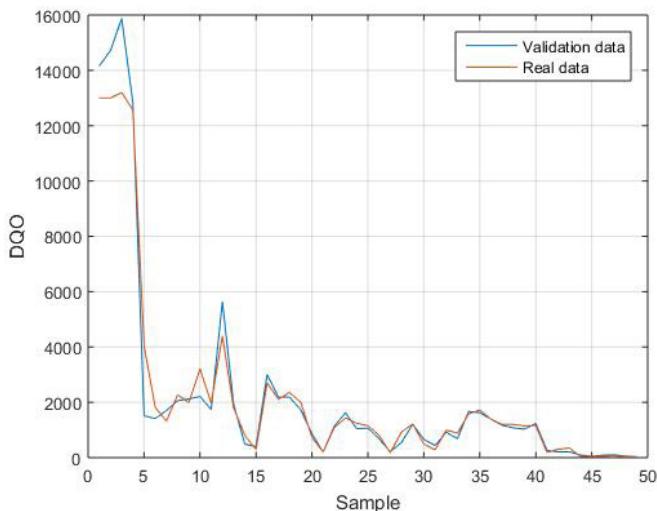


Figure 6. COD evolution as a function of samples. Neural network model (blue) - measurement data (red). 13 neurons in the hidden layer.

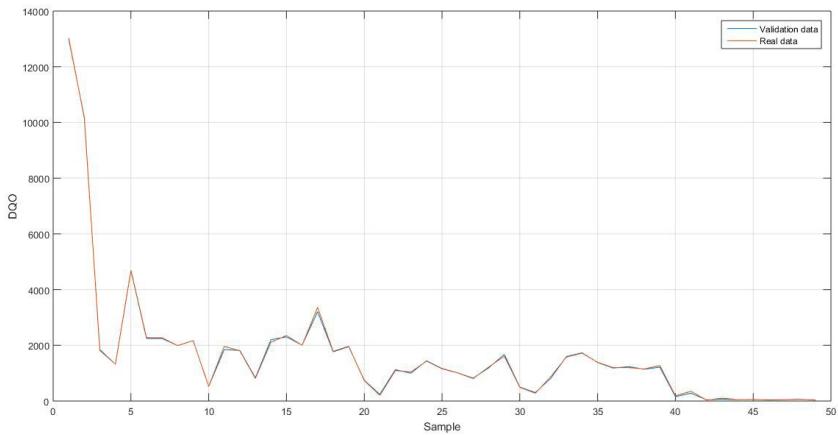


Figure 7. COD evolution as a function of samples. Neural network model (blue) - measurement data (red). 14 neurons in the hidden layer.

A better prediction of the COD signal is observed when using 14 neurons in the hidden layer (Figure 8), with a better R value (0.95). Subsequently, taking into account the inputs obtained from the analysis of the PCA algorithm, networks were designed taking into account these inputs and as outputs initially the COD value and then the BOD/CBD ratio. Figure 9 corresponds to a representation of the validation error (RMSE: Root mean squared error) as a function of the number of neurons in the hidden layer obtained for the prediction of the COD values. It can be seen that a minimum validation error of approximately 0.8 is achieved with a neural network architecture with approximately 3 neurons in the hidden layer.

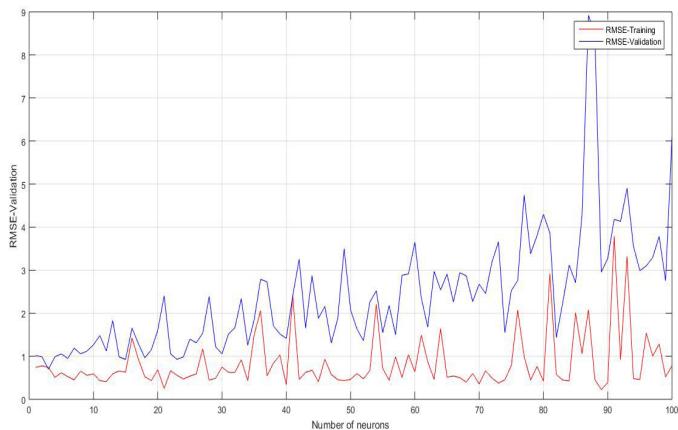


Figure 8. Training and validation errors using input data obtained from the PCA analysis

Figures 9 and 10 present the COD modelling for 3 and 6 neurons in the hidden layer respectively.

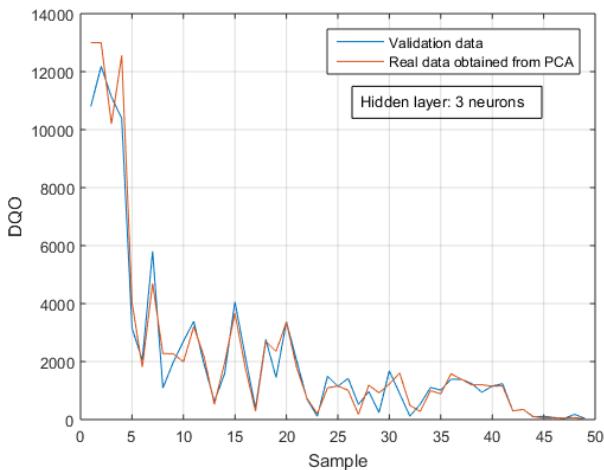


Figure 9. Evolution of COD as a function of samples. Neural network model (blue) - measurement data obtained from the PCA (red). 3 neurons in the hidden layer.

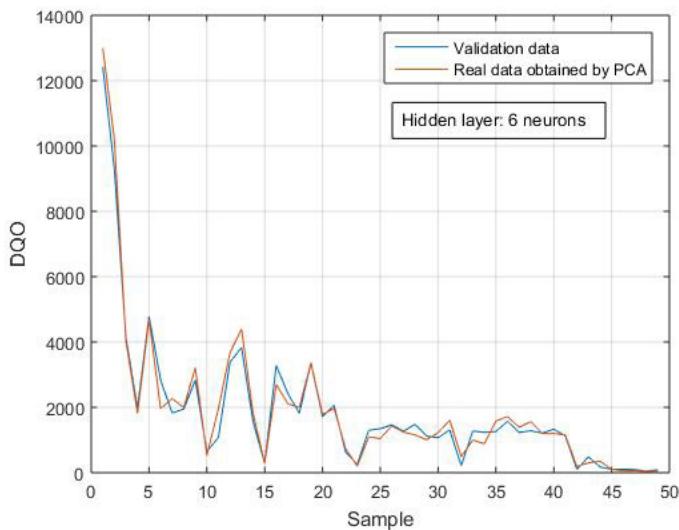


Figure 10. Evolution of COD as a function of samples. Neural network model (blue) - measurement data obtained from PCA (red). 6 neurons in the hidden layer.

A better fit of the COD signal is observed when using 6 neurons in the hidden layer (Figure 11), with a better R value (0.93).

Finally, results are presented for the prediction of the BOD/COD value, a variable that shows the biodegradability and that at some point can indicate the amount of microorganisms

available for degradation. Figure 12 corresponds to a representation of the validation error (RMSE: Root mean squared error) as a function of the number of neurons in the hidden layer obtained for the prediction of the BOD/CBD values. It can be seen that a minimum validation error of approximately 0.16 is achieved with a neural network architecture with approximately 2 neurons in the hidden layer.

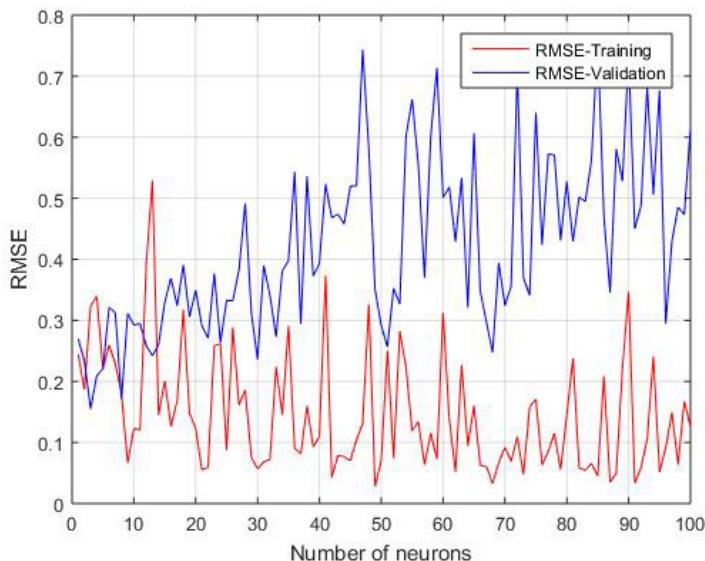


Figure 11. Training and validation errors for the BOD/COD ratio using input data obtained from the PCA analysis.

Figures 12 and 13 show the modelling of the BOD/COD ratio for 6 and 10 neurons in the hidden layer respectively and using measurement data obtained from principal component analysis (PCA). A better approximation (prediction) of the model is observed when using 10 neurons in the hidden layer, reaching an R-value of 0.96.

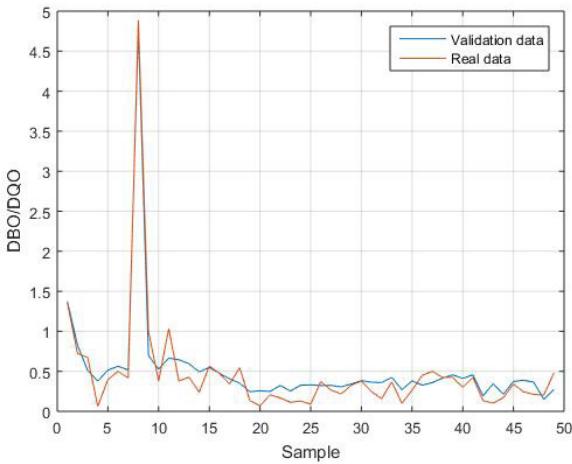


Figure 12. Evolution of the BOD/COD ratio as a function of the samples. Neural network model (blue) - measurement data obtained from the PCA (red). 6 neurons in the hidden layer.

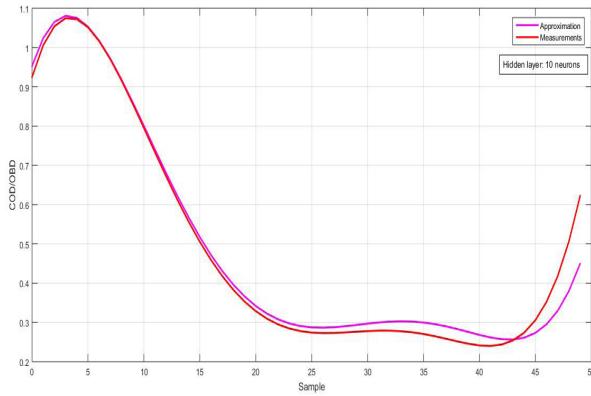


Figure 13. Polynomial approximation of the model obtained from the neural network designed with 10 neurons in the hidden layer, for the BOD/COD ratio as a function of the samples.

The polynomial model predicting the evolution of the BOD/COD ratio values is given by:

$$\text{Polinomio: COD/OBD} = 0.0010x - 0.0195x^2 + 0.0997x^3 + 0.9249 \quad [3]$$

## CONCLUSION

The entire physical, chemical and biological process that takes place inside a sanitary landfill and that results in the degradation of the organic components of the landfilled solid waste mass can be monitored through the collection of data, which serve as an indication of the decomposition state of the landfilled mass and the transformations that take place there.

The landfill can be considered a biological reactor, where suitable conditions are offered for the growth of bacteria responsible for the biodegradation of matter.

The analysis of the biodegradability of organic matter is of fundamental importance in studies on the abiotic factors that act in the ecosystem of the landfill. This analysis has the potential to demonstrate the anaerobic microbial activity, and the slurry from cells C1, C3 and C4 present predominantly methanogenic characteristics (in 70% of the cases the BOD/D COD remained below 0.4).

Cells C5, C6, C7, C9 and C10, cells with a shorter life span, are in the unstable methane phase (BOD/ COD >0.4), and the overlapping of the stabilization phases can be observed over time in the degradation process due to the heterogeneity of the material disposed of in the landfill.

The alkalinity, is related to the biological activity in relation to time.

An ANN was proposed for the simulation of the Caxias Do Sul-RS landfill system, capable of predicting COD and BOD/DQO values, minimising the error rates in the response. The optimised network structure consisted of a 5-3-1 multilayer perceptron, and 5-6-1 with logistic sigmoidal transfer function in the hidden layer and linear activation in the output layer, trained with the Levenberg-Marquardt algorithm.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the Brazilian Ministry of Education/Coordination for Higher Education Staff (MEC/CAPES) , the UCS, IFRS, UT Universit and to the National Scientific and Technological Research Council (CNPq) for financial support.

## REFERENCES

1. Fadini, S. e.Fadini A .B. (2001). **Lixo:desafios e compromisos**. Acesso em: 2020.. Disponível em <http://qnesc.sbn.org.br/online/cadernos/01/lixo.pdf>.
2. National Policy on Solid Waste, Law No. 12.305/2010, Chapter 1, Article 3, 2010. Retrieved :november 2021.
3. Base Legislação da Presidência da República - Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. (n.d.). Retrieved October 8, 2021, from <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12305&ano=2010&ato=e3dgXUq1keVpWT0f>
4. Longo, C., Savaris, M., Zeni, M., Brandalise, R. N., & Grisa, A. M. C. (2011). Degradation study of polypropylene (PP) and bioriented polypropylene (BOPP) in the environment. *Materials Research*, 14(4), 442–448. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392011005000080>
5. Codeca - Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul . Retrieved October 9, 2021, from [https://www.youtube.com/channel/UCyNhldnN3\\_GqWwOOSaH9FOA](https://www.youtube.com/channel/UCyNhldnN3_GqWwOOSaH9FOA)

6. Associação de Normas Técnicas ABNT 8418.1984 Apresentação de projetos de aterros e resíduos industriais e perigosos. Retrieved october, 2021 from <https://www.target.com.br>

7. \_\_\_\_\_ NBR 8419-92 Apresentação de Projetos de Aterros sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. Retrieved october, 2021 from: <http://www.ipaam.am.gov.br>

8. Teixeira, C. E., Torves, J. C., Finotti, A. R., Fedrizzi, F., Marinho, F. A. M., & Teixeira, P. F. (2009). Estudos sobre a oxidação aeróbica do metano na cobertura de três aterros sanitários no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 14(1), 99–108. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522009000100011>

9. Standard Methods. (n.d.). Retrieved October 9, 2021, from <https://www.standardmethods.org/doi/book/10.2105/SMWW.2882>

10. Camillo Serafim A., Cazeris G., K., Dragoni Sobrinho, G., Pelegrini T. R. S.. Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamento..III Fórum de Estudos Contábeis 2003 Faculdades Integradas Claretianas-Rio Claro-SP-Brasil .

11. Renou, S., Givaudan, J. G., Poulaïn, S., Dirassouyan, F., & Moulin, P. (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of Hazardous Materials*, 150(3), 468–493. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2007.09.077>

12. Öman, C. B., & Junestedt, C. (2008). Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compounds. *Waste Management*, 28(10), 1876–1891. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2007.06.018>

13. Emcon Associates: State of the art of methane gas. Retrieved October 9, 2021, from [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?hl=en&publication\\_year=1980&pages=77&author=%EMCON+Associates&title=State+of+The+Art+of+Methane+Gas+Enhancement+in+Landfills+Report+ANL-CNSV-23](https://scholar.google.com/scholar_lookup?hl=en&publication_year=1980&pages=77&author=%EMCON+Associates&title=State+of+The+Art+of+Methane+Gas+Enhancement+in+Landfills+Report+ANL-CNSV-23)

14. Tchobanoglous G.; Theisen T.; Vigil S.A. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management. McGraw –Hill, 1993.

15. Warith, M. A., & Sharma, R. (1998). Technical Review of Methods to Enhance Biological Degradation in Sanitary Landfills. *Water Quality Research Journal*, 33(3), 417–438. <https://doi.org/10.2166/WQRJ.1998.024>

16. Alves, E. E. N.. Biogestores: construção, operação e usos do biogás e do biofertilizante visando a sustentabilidade das propriedades rurais. Retrieved October 9, 2021, from [https://www.academia.edu/17649506/Biogestores\\_construcao\\_operacao\\_e\\_usos\\_do\\_biogas\\_e\\_do\\_biofertilizante\\_visando\\_a\\_sustentabilidade\\_das\\_propriedades\\_rurais](https://www.academia.edu/17649506/Biogestores_construcao_operacao_e_usos_do_biogas_e_do_biofertilizante_visando_a_sustentabilidade_das_propriedades_rurais)

17. Gandolla, M.; Acaia, C.; Fischer, C. (1995) Tratamento biológico de resíduos sólidos urbanos, Belo Horizonte - BR .. Retrieved October 9, 2021, from [https://www.bing.com/search?q=Gandolla%2C+M.%3B+Acaia%2C+C.%3B+Fischer%2C+C.+\(1995\)+Tratamento+biológico+de+resíduos+sólidos+urbanos%2C+Belo+Horizonte+++BR+.&cvid=df8233f7af3f43798f648d467 0b7b085&aqs=edge.0.69i59.7759j0j4&FORM=ANAB01&PC=U531](https://www.bing.com/search?q=Gandolla%2C+M.%3B+Acaia%2C+C.%3B+Fischer%2C+C.+(1995)+Tratamento+biológico+de+resíduos+sólidos+urbanos%2C+Belo+Horizonte+++BR+.&cvid=df8233f7af3f43798f648d467 0b7b085&aqs=edge.0.69i59.7759j0j4&FORM=ANAB01&PC=U531)

18.. Robinson H. C ; Maris P. J. Leachate from Domestic Waste Generation, Composition and Treatment A Review," Water Research Centre, Technical Report TR 108, 1979, p. 170. - References - Scientific Research Publishing. (n.d.). Retrieved October 9, 2021, from [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=406065](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=406065)

19. Document Display / NEPIS / US EPA. (n.d.). Retrieved October 9, 2021, from [https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000TL7S.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986+Thru+1990&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod](https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000TL7S.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986+Thru+1990&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=d=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&Q Field=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieIdOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndexData%5C86thru90%5CTxt%5C00000009%5C2000TL7S.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Bock=ZyActionS&BackDesc=Results page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL)
20. Sanitary Landfill Leachates and Their Treatment. (n.d.). Retrieved October 9, 2021, from <https://cedb.asce.org/CEDBsearch/record.jsp?dockey=0006590>
21. Hamada, J. Estimativas de geração e caracterização do chorume em aterros sanitário. 1997, 1801–1810
22. Manahan S.E.Química ambiental. - 9. ed. 2012. Retrieved October 7, 2021, from [http://bibcentral.ufpa.br/arquivos/160000/163000/19\\_163005.htm](http://bibcentral.ufpa.br/arquivos/160000/163000/19_163005.htm)
23. Eaton, A. D. , Franson H., M. A, & American Public Health Association (Eds.). (2005).
24. Standard Methods for Biochemical Oxygen Demand (BOD). 1200. [https://books.google.com/books/about/Standard\\_Methods\\_for\\_the\\_Examination\\_of.html?hl=es&id=buTn1rmfSI4C](https://books.google.com/books/about/Standard_Methods_for_the_Examination_of.html?hl=es&id=buTn1rmfSI4C)
25. Standard Methods for the Chemical Oxygen Demand (COD). 1200. [https://books.google.com/books/about/Standard\\_Methods\\_for\\_the\\_Examination\\_of.html?hl=es&id=buTn1rmfSI4C](https://books.google.com/books/about/Standard_Methods_for_the_Examination_of.html?hl=es&id=buTn1rmfSI4C)
26. Smith, R. K. (1993). Handbook of environmental analysis. Standard Methods. Retrieved October 9, 2021, from <https://www.standardmethods.org/doi/book/10.2105/SMWW.2882>
27. Ahmed, A. A. M. Prediction of dissolved oxygen in Surma River by biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand using the artificial neural networks (ANNs). *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 2017, 29(2), 151–158. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jksues.2014.05.001>
28. Azadi, S., Amiri, H., Rakhshandehroo, G. R. Evaluating the ability of artificial neural network and PCA-M5P models in predicting leachate COD load in landfills. *Waste Management*, 2016, 55, 220–230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.025>.
29. Grisa, A. M. C., Zeni, M., & Muñoz, A.. Análisis multivariado de parámetros fisicoquímicos del relleno sanitario de São Giacomo de Caxias do Sul, RS en la de degradaciòn de polipropilene. *Polímeros*, 2010, 20(2), 159–164. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282010005000020>
30. Akratos, C. S., Papaspypros, J. N. E., & Tsihrintzis, V. A. An artificial neural network model and design equations for BOD and COD removal prediction in horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Chemical Engineering Journal*, 2008, 143(1), 96–110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.12.029>
31. Mohanraj, M., Jayaraj, S., & Muraleedharan, C. (2015). Applications of artificial neural networks for thermal analysis of heat exchangers - A review. In *International Journal of Thermal Sciences*, 2015 ,90, 150–172. Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2014.11.030>

32. *Critical review and summary of leachate and gas production from landfills - Indiana State Library*. (n.d.). Retrieved October 9, 2021, from <http://link.library.in.gov/portal/Critical-review-and-summary-of-leachate-and-gas/mM2m7dVaJOk/>
33. Pérez, C. Técnicas Estadísticas con SPSS – Biblioteca Estadística del Panduro. (n.d.) . 200). Retrieved October 9, 2021, from <https://bibliotecadeestadisticaelpan duro.wordpress.com/2017/05/22/c-perez-2001-tecnicas-estadisticas-con-spss/>
34. Pohland, F. G., Harper, S. R., Chang, K.-C., Dertien, J. T., & Chian, E. S. K. . Leachate Generation and Control at Landfill Disposal Sites. *Water Quality Research Journal*, 1985., 20(3), 10–24. <https://doi.org/10.2166/WQRJ.1985.025>
35. Millot, N. (1986). Les lixiviats de décharge contrôlée : - caractérisation analytique, : - étude des filières de traitement.
36. *Gandolla, M.; Acaia, C.; Fischer, C. (1995) Tratamento biológico de resíduos sólidos urbanos, Belo Horizonte - BR . - Bing*. (n.d.). Retrieved October 9, 2021, from <https://www.bing.com/search?Tratamento+biológico+de+resíduos+sólidos+urbanos%2CBeloHorizonte&cvid=df8233f7af3f43798f648d4670b7b085&a=qs=edge.0.69i59.7759j0j4&FORM=ANAB01&PC=U531>

## CAPÍTULO 12

# NOVAS TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM BIBLIOTECONOMIA: UM ESTUDO COMPARATIVO DA MODALIDADE A DISTÂNCIA E PRESENCIAL

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Lílian da Cruz Sousa**

Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual para Transferência de Tecnologia e Inovação- PROFNIT  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia-IFBA  
Salvador/BA-Brasil

### **Núbia Moura Ribeiro**

Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual para Transferência de Tecnologia e Inovação- PROFNIT  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia-IFBA  
Salvador/BA-Brasil

### **Marcelo Santana Silva**

Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual para Transferência de Tecnologia e Inovação-PROFNIT  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia-IFBA  
Salvador/BA-Brasil

### **Jerisnaldo Matos Lopes**

Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual para Transferência de Tecnologia e Inovação-PROFNIT  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia-IFBA  
Salvador/BA-Brasil

**RESUMO:** O objetivo é investigar se a modalidade presencial e a distância do curso de biblioteconomia estão de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais no que diz respeito às habilidades e competências quanto ao desenvolvimento e utilização de novas tecnologias. Paralelamente ao objetivo do trabalho pretende-se apresentar uma relação das novas tecnologias que podem ser aplicadas na área de atuação do profissional bibliotecário e trazer exemplos de inovações em biblioteca. Trata-se de uma pesquisa com abordagem qualitativa, com a técnica de pesquisa documental, tendo como método de pesquisa a análise de conteúdo. Para o atendimento do objetivo, foram utilizados como corpus de análise o Parecer do Conselho Nacional de Educação /Câmara de Ensino Superior nº 492/2001, aprovado em 3 de abril de 2001, os planos do curso de Biblioteconomia da Universidade Federal de Pernambuco e o plano do sistema Universidade Aberta do Brasil. Os parâmetros da pesquisa são as habilidades e competências desenvolvidas no graduando. Após a análise dos documentos, foi verificado que nenhum dos projetos pedagógicos atendem à diretriz habilidades e competências de desenvolver e utilizar novas tecnologias. As propostas

dos projetos pedagógicos, aqui estudadas, estão em sua maioria condizentes com o que está evidente nas Diretrizes Curriculares Nacionais. O objetivo do trabalho foi alcançado, em relação às habilidades e competências no desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias, verificou-se que os projetos não atendem a este quesito. De modo geral observa-se o atendimento das demandas informacionais contemporâneas do mundo de trabalho, desta forma representando uma aproximação nas relações entre a universidade e o meio em que ocorrem as atividades laborais do egresso do curso de biblioteconomia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diretrizes curriculares nacionais; formação de bibliotecário; tecnologias; inovações em bibliotecas.

## 1 | INTRODUÇÃO

As Diretrizes Curriculares Nacionais, para o curso de Biblioteconomia, no parecer CNE/CES nº 492/2001, trazem definições sobre competências, habilidades e o perfil profissional do bibliotecário. Dentre as diretrizes analisadas neste estudo, a que se faz mais relevante para o foco do trabalho é a que orienta para o desenvolvimento de habilidades e competências no desenvolvimento e utilização de novas tecnologias. Diante disso, o problema de pesquisa é o desenvolvimento das competências e habilidades do graduando para desenvolver e utilizar novas tecnologias

Este trabalho tem como objetivo investigar se o curso de biblioteconomia ofertado na modalidade presencial e a distância está de acordo com as diretrizes do Ministério da Educação no que diz respeito às competências e habilidades para o desenvolvimento e utilização de novas tecnologias.

Além disso, apresentar as novas tecnologias que podem ser aplicadas na área de atuação do bibliotecário e trazer exemplos de inovações implementadas em bibliotecas.

As Diretrizes Curriculares para o curso de Biblioteconomia, no parecer CNE/CES nº 492/2001, trazem definições sobre competências e habilidades, as quais orientam para a formação do bibliotecário quanto ao desenvolvimento e utilização de novas tecnologias e assim atender as demandas sociais de informação resultantes das transformações tecnológicas. (BRITO e VASCONCELOS, 2017, p.06)

Os desafios tecnológicos trazem a necessidade de melhoria nos procedimentos de captação, análise, visualização, e preservação das informações científicas. Sendo assim, se faz necessário uma reflexão acerca da necessidade de um tratamento adequado que permita os processos de armazenamento, organização, busca, recuperação dos dados e informações geradas. Caso contrário os dados coletados podem se perder em um grande volume de dados por falta de tratamento técnico adequado (COSTA; CUNHA, 2014, p.60).

Para o alcance do objetivo, foram analisados o projeto da Universidade Federal de Pernambuco e o do Sistema Universidade do Brasil, através do qual a Universidade Federal da Bahia oferece o curso de biblioteconomia na modalidade a distância. Considerando como parâmetros as habilidades e competências desenvolvidas ao longo do curso.

A escolha pelo projeto pedagógico da UFPE é justificada por ter sido a primeira universidade da região nordeste a implantar o curso de biblioteconomia e a escolha do projeto pedagógico da UAB, criado pelo Ministério da Educação (MEC), visando expandir e interiorizar a oferta de cursos e programas de educação superior por meio da modalidade a distância.

Este trabalho está estruturado em introdução, onde é feita uma breve contextualização do tema e apresentação do objetivo. O referencial teórico que deu embasamento ao trabalho. Em seguida, encontra-se a seção de metodologia, onde é descrito como foi feito o trabalho. Logo após, os resultados e as discussões que mostram como foi feita a análise. Na seção novas tecnologias e inovação trata sobre as novas tecnologias que podem ter aplicações nos serviços de bibliotecas e são apresentadas informações sobre as inovações implementadas no serviço do bibliotecário. Posteriormente vem as considerações finais seguidas das referências.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

A partir da década de 1960 os cursos de biblioteconomia passaram a ser organizados por currículos mínimos (MATA e GERLIN, 2018, p.35), sendo estes currículos alterados na década de 1980 alcançando resultados na década de 1990 (SOUZA, 2002), quando as primeiras turmas foram formadas por esse novo currículo com o lançamento dos egressos no mercado profissional.

Em relação ao curso de biblioteconomia, as Diretrizes Curriculares Nacionais estão presentes no Parecer nº 492/2001 do Conselho Nacional de Educação/Câmara Educação Superior, no Parecer CNE/CES nº 1.361/2001 e na Resolução CNE/CES nº 19/2002, no entanto, será analisado neste texto apenas o parecer 492/2001. (BRASIL, 2001, [s.p.])

Assim, nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de biblioteconomia são encontradas orientações que enfatizam as competências e habilidades que são fundamentais para o desempenho das atividades profissionais dos egressos.

O curso de biblioteconomia da UAB tem por finalidades fomentar e expandir a formação de profissionais bibliotecários, garantir um padrão nacional de qualidade a sua formação, assegurando sua excelência quanto ao domínio dos fundamentos e conhecimentos da área e à articulação destes aos de outros domínios do conhecimento para o desenvolvimento do trabalho com a informação (BRASIL, 2006, [s.p.])

As novas tecnologias e as mudanças proporcionadas por elas influenciam a vida de todos os profissionais, portanto, o bibliotecário precisa buscar desenvolver habilidades para aplicar as tecnologias no seu trabalho. Bueno; Messias (2013, p. 5) afirmam que “O novo perfil do profissional da informação requer sua reinvenção a cada tendência ou avanço tecnológico que se apresente em sua área de atuação. Além de dominar habilidades, técnicas e atitudes de acordo com o momento apropriado” [...]. Portanto, a formação

continuada do bibliotecário assume relevância para o acompanhamento e atualização das tecnologias com possibilidade de aplicação na biblioteconomia.

### **3 I METODOLOGIA**

Esta pesquisa tem abordagem qualitativa, trata-se de uma pesquisa documental, que utiliza análise de conteúdo aplicada às Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de biblioteconomia e aos projetos de curso de biblioteconomia.

“O método de análise de conteúdo teve seu desenvolvimento determinado pelo grande volume de material produzido pelos meios de comunicação de massa. Este método se desenvolve em três fases: pré-análise, exploração do material, e a fase de tratamento de dados”. (GIL, 2008, p.50)

Procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica na internet, com a obtenção de resultados de busca como artigos, monografias, dissertações, teses, capítulos de livros e livros inteiros, todo esse material disponível em bases de dados, repositórios institucionais, portais de instituições de ensino superior.

Os documentos tomados como base para a execução do trabalho foram os que sintetizam as Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de biblioteconomia, a saber: o Parecer CNE/CES nº 492/2001, aprovado em 3 de abril de 2001; o Parecer CNE/CES nº 1.363/2001, aprovado em 12 de dezembro de 2001; e Resolução CNE/CES nº 19, de 13 de março de 2002. (BRASIL, 2001, [s.p.]). Os parâmetros a serem verificados são habilidades e competências. Foram escolhidos para análise o projeto do curso de biblioteconomia da Universidade Federal de Pernambuco que oferece o curso na modalidade presencial e o projeto pedagógico do sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB), enviado para a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), os projetos pedagógicos do curso de biblioteconomia da UFPE, na modalidade presencial, e da UAB, na modalidade de Educação a Distância.

### **4 I RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Com relação ao curso de biblioteconomia, as Diretrizes Curriculares Nacionais estão presentes no Parecer nº 492/2001 do Conselho Nacional de Educação/Câmara Educação Superior (CNE/CES), no Parecer CNE/CES nº 1.361/2001 e na Resolução CNE/CES nº 19/2002 conforme o quadro abaixo.

Documento	Síntese
Parecer CNE/CES nº492/2001	Estabelece as diretrizes para o curso de Biblioteconomia em relação aos conteúdos curriculares, perfil profissional, habilidades e competências, estrutura do curso, estágios e atividades complementares e avaliação institucional. (BRASIL, Ministério da Educação, 2001, [s.p.])
Parecer CNE/CES nº1.361/2001	Relaciona os elementos que devem estar explícitos na formulação do projeto pedagógico do curso segundo as diretrizes constantes no Parecer CNE/CESnº 492/2001. (BRASIL, Ministério da Educação, 2001, [s.p.])
Resolução CNE/CES nº19/2002	As DCN para os cursos de Biblioteconomia orientam a formulação do projeto pedagógico o qual deverá explicitar o perfil dos formandos; as competências e habilidades; os conteúdos curriculares; o formato dos estágios; as características das atividades complementares; as estruturas do curso; as formas de avaliação. (BRASIL, Ministério da Educação, 2002, [s.p.])

QUADRO 1- Síntese dos documentos que compõem as Diretrizes Curriculares Nacionais para curso de biblioteconomia

Fonte: autoria própria

Através da análise de conteúdo, buscou-se verificar se os projetos pedagógicos do curso de biblioteconomia da UFPE e da UAB no que se refere às Competências e Habilidades estão de acordo com o que determinam as DCN. Para tanto, foi feita a análise dos projetos pedagógicos do curso de biblioteconomia selecionados, tendo como unidades de registro “Competências” e “Habilidades” e fazendo uma comparação do texto das DCNs no pres- ente Pacer CNE/CES nº 492/ 2001 com os projetos pedagógicos das universidades escolhidas.

A análise comparativa restringiu-se ao Parecer CNE/CES nº 492/ 2001 por que o Parecer CNE/CES 1363/2001 e a Resolução CNE/CES 2002 pelo entendimento de que estes documentos não causam influência significativa na análise dos dados e nos resultados, sendo apenas documentos que reforçam o que já está explicitado no parecer CNE/CES 492/2001.

Para finalidade deste estudo, será analisado apenas o currículo atual e sua relação com as diretrizes nacionais curriculares. O projeto pedagógico da UFPE encontra-se disponível no portal da instituição ([www.ufpe.edu.br](http://www.ufpe.edu.br)). O outro projeto pedagógico foi o da Universidade Aberta do Brasil para o curso de biblioteconomia a distância o qual se encontra em [www.capes.gov.br](http://www.capes.gov.br).

No quadro elaborado são apresentadas as unidades de contexto obtidas a partir da coleta de dados para as unidades de registro “Competências” e “Habilidades”. Na primeira coluna aparecem as unidades de contexto encontradas no Parecer CNE/CES nº 492/2001. Na segunda e na terceira colunas são apresentadas as unidades de registro encontradas nos projetos pedagógicos das universidades selecionadas: projeto do curso presencial em biblioteconomia da UFPE (PP-UFPE) e projeto do curso de educação a distância em biblioteconomia da Universidade Aberta do Brasil.

O quadro a seguir mostra o resultado da comparação dos projetos pedagógicos

dos cursos de biblioteconomia da UFPE e da UAB quanto à aderência às orientações das DCN (Parecer CNE/CES nº 492) em relação às competências e habilidades dos egressos desenvolvidas ao longo do curso da graduação.

DCN (Parecer CNE/CES nº492/2001)	PP-UFPE	PP-UAB
Utilizar racionalmente os recursos disponíveis;	Não atende	Não atende
Desenvolver e utilizar novas tecnologias;	Não atende	Não atende
Prestar consultoria, realizar perícias e emitir laudos técnicos e pareceres	Não atende	Não atende

QUADRO 2 - Habilidades e competências

Fonte: autoria própria

Especificamente as unidades de registro em ambos os projetos, demonstram que estes não trazem atendimento às diretrizes educacionais presentes no parecer 492/2001. São “Utilizar racionalmente os recursos disponíveis”; “Desenvolver e utilizar novas tecnologias” e “Prestar consultoria, realizar perícias e emitir laudos técnicos e pareceres”. Aqui será tratado apenas as competências e habilidades do formando em biblioteconomia no desenvolvimento e utilização de novas tecnologias, que é o foco deste trabalho. A análise mostrou que os projetos pedagógicos UFPE e UAB não trazem o atendimento da referida diretriz.

Dentre as habilidades gerais, as DCNs preconizam que o formando deve ser preparado para desenvolver e utilizar novas tecnologias, isto pode ser entendido como o desenvolvimento da capacidade de adaptação às novas tecnologias, trata acerca do bibliotecário ser capaz de utilizar no seu serviço as novas tecnologias que venham a surgir, para que a partir do seu uso possa agregar qualidade na prestação de serviços e oferta de produtos.

As mudanças tecnológicas assumem um fluxo contínuo, uma evolução constante, sempre vão surgir novas tecnologias e isso faz com que os profissionais da informação busquem se adaptar às novas tecnologias, aplicando em suas atividades diárias. Adaptar novas tecnologias ao contexto da biblioteca é um diferencial do profissional bibliotecário, é imprescindível para atender às exigências do mercado de trabalho.

## 5 I NOVAS TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO EM BIBLIOTECONOMIA

Nesta seção pretende-se falar, sem entrar em pormenores, sobre as tecnologias que se constituem em inovações quando utilizadas no contexto da biblioteconomia a fim de conferir qualidade aos serviços em bibliotecas, tais como *Blockchain*, Realidade Virtual e Realidade Aumentada, *Big Data*, Internet das Coisas. Estas tecnologias podem ser

implementadas nos mais variados contextos, portanto podem também serem aplicadas no âmbito da biblioteconomia.

O *Blockchain* é uma tecnologia recente que tem seu funcionamento baseado em cadeias de blocos, (MORI et al. 2019, p.27) para facilitar a compreensão comparando o *Blockchain* a cartórios que trabalham em sincronia para todos os documentos. Para qualquer atividade que um único cartório execute, todos os outros recebem a informação de tal atividade e a anotam em suas respectivas trilhas de atividades executadas. Cada cartório, após criar uma atividade na trilha, a envia para os demais.

Os cartórios são os computadores servidores ou nós de rede. Para cada atividade, todas as trilhas são atualizadas em todos os computadores. Cada trilha é composta de *hashes* e cada um desses é uma sequência de letras e números aleatórios gerados por computador. Para todas as atividades executadas por um servidor, um *hash* (bloco ou *block*) é gerado e adicionado ao *hash* anterior (cadeia ou *chain*). É uma tecnologia que trabalha com a sobreposição de blocos e não permite a alteração ou exclusão de nenhum bloco (MORI et al. 2019, p.38).

Por tudo isso, essa é uma tecnologia que confere confiabilidade às atividades de organização e gestão de documentos em bibliotecas e em sistemas de informação e documentação, criação de repositórios digitais, além disso, pode ser utilizada em diversas atividades na biblioteca, entre elas destacam-se as atividades de processamento técnico, tais como catalogação, indexação, classificação. Segundo Pires (2019, p.137) “as transações são efetuadas com possibilidades mínimas de edição nos registros, o que resulta em atividades realizadas com maior índice de credibilidade no processamento técnico”.

No Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio Grandense foi desenvolvido um trabalho de pesquisa pelos concluintes do curso de Ciência da Computação em que foi desenvolvido um aplicativo para a localização de livros em uma biblioteca com acervo físico com o uso da tecnologia de Realidade Aumentada usando dispositivos móveis (*Smartfone* e *Tablet*). Este aplicativo ajudava aos usuários a localizar o livro na estante de forma rápida e precisa (PUTON; MANGAN, 2015).

RA é a inserção de objetos virtuais em ambientes reais com o uso de um hardware e um software específicos para este fim. É feita com a sobreposição de uma imagem real com uma virtual com a exibição em tempo real. Podendo ser de duas formas, RA direta e indireta. A visão direta ou imersiva permite o contato direto do usuário com a imagem inserida num cenário real. A RA indireta ou não imersiva ocorre por meio de monitores ou projetores. Exemplo de RA direta é o jogo de *Pokemon Go* e exemplo de RA indireta é o simulador usado por autoescolas.

A RA pode ser utilizada na localização de livros no acervo físico de uma biblioteca. Já existem trabalhos com relatos de que a RA pode guiar o usuário até o livro sem perder tempo, olhando estante por estante ou mostrar o espaço da biblioteca.

Com o uso de dispositivos móveis, a instalação de um aplicativo, o usuário ganha mais autonomia na busca por um livro, e há que se considerar que para aquelas pessoas com baixa visão podem se beneficiar com essa nova tecnologia.

O ambiente de uma biblioteca exibida por meio da Realidade Virtual imita o ambiente real de uma biblioteca física, a situação real do livro quanto a sua disponibilidade para empréstimo. A sua principal característica é a imersão do usuário na realidade criada, onde o usuário é transportado para o mundo virtual, criado a partir de imagens, vídeos e sons. O contato entre usuário e a RV ocorre através de óculos de visualização ou capacetes.

Embora pouco conhecidas do grande público, as tecnologias de Realidade Aumentada e a de Realidade Virtual representam uma forma inovadora de marketing de biblioteca, em que os usuários podem conhecer o ambiente desta sem precisar estar presente fisicamente no local, ter acesso aos livros e outros produtos e serviços. Sendo assim, a RA pode aproximar o usuário da biblioteca, desta forma, proporcionando maior interação entre ambos. A diferença entre RA e RV, é que a primeira cria objetos em uma realidade existente no mundo físico e a segunda cria uma nova realidade em que são inseridos objetos virtuais.

Para que a interação entre usuário e biblioteca ocorra por meio de RA, se faz necessário o uso de *hardware* e *software* específicos para este fim, onde é possível a sobreposição de objetos e ambientes virtuais com o ambiente físico. Tanto a RA como a RV podem ser utilizadas a fim de contribuir para o aprendizado, incentivo à leitura e o acesso à informação.

Para acompanhar os avanços tecnológicos, as bibliotecas devem procurar se adaptar ao uso de novas tecnologias quanto a melhor maneira de atender aos usuários. A Internet das Coisas ou IOT, do inglês *Internet of Things*. A IOT é uma tecnologia que proporciona interação e dinamismo por meio do uso de tecnologia móvel e sensores instalados em algum dispositivo.

Um exemplo de *IOT* que pode ser utilizado no contexto da biblioteca é o óculos inteligente, este, segundo (SOUZA, 2017, p.49) “tem a estrutura de óculos convencionais, mas com algumas diferenças, os óculos inteligentes possuem um prisma acima da posição dos olhos, touchpad, câmera para vídeos, fotos e são comandados por voz e pelo toque”. Este dispositivo permite acesso à internet, comunicação por mensagens, fazer vídeo chamadas e usar o GPS. Através de uma conexão de dados, os óculos inteligentes possibilitam ao usuário ter acesso rápido às informações que atendam à sua necessidade informacional e aproxima o usuário da biblioteca.

A *Internet das Coisas* é uma de tecnologia que pode vir a contribuir para a melhoria da qualidade dos processos, produtos e serviços das bibliotecas oferecidos aos usuários. Embora (SOUZA, 2017, p.55) afirme que a internet das coisas ainda está em nível inicial, o autor também afirma que a maioria dos bibliotecários reconhecem a relevância da tecnologia para atividades realizadas como inventário, rastreamento de itens, além de disponibilizar

novos meios de acesso à informação. O autor salienta ainda que a Internet das Coisas pode ser amplamente aplicada à recuperação e disseminação seletiva da informação.

A tecnologia *Big Data* se caracteriza pelo gigantesco volume de informações, as quais surgem das diferentes fontes, em grande quantidade e num curto espaço de tempo. A contemporaneidade, permeada por tecnologias envolvidas em processos de diferentes complexidades, da comunicação via aparelhos móveis até o uso de sensores em estradas, presencia uma demasiada geração de dados de diferentes formatos, em grande quantidade em pouco espaço de tempo, resultando em um cenário fomentador de aplicação da tecnologia *Big Data* (LOPES, 2019, p.15).

Essa tecnologia apresenta três elementos marcantes. O volume, trata acerca da grande quantidade de dados gerados. A variedade se refere a todos os tipos de formatos, a grande variedade de fontes geradoras de dados existentes na internet. E a velocidade diz respeito à rapidez com que os dados são gerados nos mais variados formatos de maneira contínua e ininterrupta.

Em relação à tecnologia *Big Data*, se faz relevante mencionar outras características além daquelas já mencionadas. São complexidade, veracidade e valor. A complexidade estabelece relações e *links* entre os dados e os relacionamentos hierárquicos que surgem de fontes variadas. A veracidade se refere à validade e inconsistências dos conjuntos de dados, e a característica de valor da informação está relacionado ao conhecimento que pode ser gerado a partir das informações (LOPES, 2019, p.26).

A tecnologia *Big Data* atua na implementação de ferramentas em bibliotecas com foco na análise de dados e gerar conhecimento para fundamentar as tomadas de decisão. Pode ser aplicada também no contexto da biblioteconomia para a realização de estudo de usuários identificando necessidades informacionais, interesses e comportamentos, feito pelo setor de referência, fornece informações para o setor de desenvolvimento de coleções para a tomada de decisões referentes ao acervo.

A característica de complexidade da tecnologia *Big Data* faz a ligação entre as informações de um livro quanto ao formato em que está disponível, se impresso ou eletrônico. O volume se relaciona com a grande quantidade de informações disponíveis sobre os usuários, acervos, das possibilidades de busca e recuperação da informação.

A tecnologia *Big Data* é caracterizada principalmente pelo grande volume de dados que precisam ser capturados, analisados, organizados, armazenados e disponibilizados para que atendam à necessidade informacional dos gestores de organizações no processo de tomada de decisão. Para que o processo de análise de dados seja realizado de maneira a cumprir o objetivo, é relevante que o gestor seja auxiliado por profissionais de ciência da computação e profissional da informação. Devido ao crescente volume de informações, principalmente no ambiente digital, as bibliotecas têm no *Big Data* um meio de gerenciar a criação de repositórios institucionais.

## 6 | INOVAÇÕES EM BIBLIOTECONOMIA

Antes, utilizado para abrigar o acervo bibliográfico, o espaço físico da biblioteca atualmente é utilizado para o acesso à internet através de computadores que são usados para acesso ao acervo da biblioteca e a todas as informações possíveis de serem acessadas na rede, o que vai desde livros, filmes, música, vídeos, aos mais diversos documentos que podem estar à disposição das pessoas. Acrescente-se a isso tudo a interação das pessoas entre si e com a biblioteca, e a interação desta com as outras bibliotecas de outras instituições viabilizada pelas redes sociais, este meio propicia a divulgação de produtos e serviços disponíveis.

Segundo (ZANINELLI; NOGUEIRA, 2019, p.10) Com o advento dos computadores, diferente de tempos anteriores, o espaço físico das bibliotecas não é reservado apenas para a leitura e para o armazenamento e manutenção dos serviços bibliográficos: ele é compartilhado com computadores para propiciar aos estudantes a possibilidade de realizarem suas pesquisas utilizando a internet e não somente os livros do acervo.

As mudanças decorrentes do desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação favorecem a busca por informação e conhecimento de forma mais intensificada, o que na opinião de (ZANINELLI; NOGUEIRA, 2019, p.14) leva a uma virtualização das bibliotecas. Isso contribui para que a biblioteca tenha, além do acervo físico, também um acervo digital, tornando-se uma biblioteca híbrida.

Além de oferecer acesso ao conhecimento e a informação, as bibliotecas são centros de aprendizagem, são organismos dinâmicos cujo objetivo principal é intermediar a relação entre produtores e consumidores de informações. Buscam atender às novas demandas informacionais ocasionadas pelo avanço das tecnologias, os bibliotecários buscam implementar inovações aos serviços ofertados aos usuários.

Outrora o catálogo de fichas datilografadas era o único meio de pesquisa do qual dispunha o bibliotecário para prestar um atendimento solicitado. Graças ao desenvolvimento tecnológico, ao uso massificado do computador, ao surgimento de sistemas de automação de bibliotecas e acesso à internet, é possível prestar um serviço com mais agilidade e rapidez.

Através do uso de sistemas de gerenciamento do acervo e de serviços, o bibliotecário tem acesso a diversas funcionalidades, como situação do usuário em relação a um possível impedimento de solicitar livro emprestado, verificar a disponibilidade de um livro no acervo bibliográfico, enviar avisos automáticos através de *email*.

Ainda se inclui na lista das inovações em biblioteconomia o acesso à bases de dados bibliográficas e de referência, artigos científicos, portais de periódicos, acesso ao acervo bibliográfico através do portal da instituição que contém a biblioteca, além disso, o usuário também pode acessar o seu cadastro na biblioteca e pesquisar informações de seu interesse.

O serviço de curadoria de dados de pesquisa constitui uma das inovações no serviço bibliotecário. A gestão de dados de pesquisa vem ganhando importância por parte de agências de financiamento, governos e universidades, considerando que o financiamento e a eficiência das atividades de pesquisa estão diretamente ligados à informações de qualidade e relevância nas diversas áreas do conhecimento.

Cabe destacar alguns exemplos de inovação em bibliotecas brasileiras, a Universidade Federal de Santa Catarina tem seu Sistema de Bibliotecas composto pela Biblioteca Central e por dez Bibliotecas Setoriais, conta com serviços automatizados, como: *e-books*, conferências *Web*, base de dados, meta buscadores, ensino a distância, espaço de inclusão digital, bibliotecas virtuais, além de serviço *online* para referência e TVs distribuídas nas bibliotecas (UFSC, 2020, [s.p.]).

Além disso, tem o serviço “Biblioteca das Coisas”, que oferece o empréstimo de itens como calculadoras, guarda chuvas, notebooks, carregadores de celulares e adaptadores, dentre outros. Outro serviço inovador ofertado pela biblioteca da UFSC é o *Book Crossing*, que é a prática de deixar um livro num local público (no caso, um espaço reservado pela biblioteca), para que seja encontrado e lido por outro usuário, que deverá fazer o mesmo (UFSC, 2020, [s.p.]).

O Sistema Integrado de Bibliotecas da USP (SIBiUSP) conta com 48 bibliotecas, e oferece o serviço de Empréstimo Entre Bibliotecas (EEB), que possibilita aos usuários da USP o empréstimo de obras localizadas em bibliotecas de outras instituições. O sistema também permite que usuários externos solicitem o empréstimo de obras existentes nas bibliotecas da USP, desde que seja a partir de bibliotecas vinculadas e que proporcionem esse serviço (USP, 2020, [s.p.]).

É relevante mencionar que o SIBiUSP oferece a seus usuários, o aplicativo móvel SIBiUSP, que permite realizar buscas por um livro, encontrar a biblioteca da USP que o possui e verificar sua disponibilidade. Outra função ofertada é a consulta à lista de itens emprestados, ao histórico de empréstimos e à lista de reservas, além de possibilitar a reserva e a renovação de publicações pelo aplicativo (USP, 2020, [s.p.]).

No portal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia encontra-se dois links importantes para pesquisa da comunidade acadêmica, os quais dão acesso ao Sistema de Bibliotecas do IFBA e o outro leva ao Sistema Integrado de Bibliotecas do IFBA (IFBA, 2020, [s.p.]). Com o acionamento do *link* do Sistema de Biblioteca do IFBA, o usuário é remetido para outra página onde é possível acessar o cadastro de usuário e fazer a pesquisa bibliográfica, encontra mais alguns outros que o levam à informação desejada. São eles, Pergamum Mobile, para o acesso ao sistema das bibliotecas integrantes do sistema de bibliotecas. O botão Meu Pergamum, permite a pesquisa nos campos empréstimo, reserva, renovações; (IFBA, 2020, [s.p.])

O *link* do Sistema Integrado de Bibliotecas traz outro *links* para portais de bases de dados, como a Proquest, Cengage e a base de dados Pergamum. Nesta página o usuário

tem acesso a regimento e regulamento, notícias e o contato da Gerência de Desenvolvimento de Bibliotecas, setor ligado à Pró-Reitoria de Desenvolvimento Institucional (IFBA, 2020, [s.p.]).

## 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho foi alcançado, após análise dos dados foi constatado que os documentos analisados não atendem a diretriz de desenvolver e utilizar novas tecnologias.

A busca por serviços no ambiente da internet, leva a uma virtualização das bibliotecas, porém isto não significa que o trabalho realizado pelo bibliotecário no ambiente físico deixará de existir, contudo essa nova realidade viabiliza o surgimento de uma biblioteca híbrida, a qual existe no ambiente físico e no virtual (SANTA ANNA, 2015, p.12).

Por fazerem parte de uma realidade suscetível a mudanças constantes, os gestores de bibliotecas devem estar atentos para a crescente demanda de novos produtos e serviços informacionais, tendo em vista a inovação como estratégia, a fim de oferecer um serviço com alto padrão de qualidade, utilizando as tecnologias de informação e comunicação. Sobre os cursos de biblioteconomia, Valentim (2000, p. 20), afirma que “os cursos formadores devem disponibilizar todo e qualquer tipo de tecnologias ao seu corpo docente e discente, buscando um ensino- aprendizagem que permita ao profissional atuar no mercado de trabalho de forma segura e competente”

As competências e habilidades enfatizadas em ambos os projetos pedagógicos analisados atendem a um caráter exclusivamente técnico em relação às atividades laborais do bibliotecário. O graduando é preparado para atividades de gestão do espaço de atuação, atendimento das demandas informacionais contemporâneas do mundo de trabalho, intervenção nas atividades que envolvam o processamento técnico inerente à profissão, e desempenhar atividades do ciclo informacional.

Um dos pontos citados nos documentos analisados foi a habilidade do profissional utilizar tecnologias no âmbito de seu trabalho, também foi citado algumas tecnologias que podem contribuir para o trabalho do bibliotecário e também para a inovação na instituição. Por essa razão, propõe- se uso de novas tecnologias para inovações no âmbito da biblioteconomia como tema para futuras pesquisas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares-Cursos de Graduação**. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12991> Acesso em 10/04/2020

BRASIL, Ministério da Educação. **Parecer CNE/CES nº 492/2001, aprovado em 3 de abril de 2001**. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES0492.pdf> Acesso em 24/04/2020

BRASIL, Ministério da Educação. **Parecer CNE/CES nº 1.363/2001, aprovado em 12 de dezembro de 2001.** Disponível em [http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/2001/pces1363\\_01.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/2001/pces1363_01.pdf) Acesso em 24/04/2020 BRASIL, Ministério da Educação. **Resolução CNE/CES nº 19, de 13 de março de 2002.** Disponível em <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES192002.pdf> Acesso em 24/04/2020 BRASIL, Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

#### **GRADUAÇÃO EM BIBLIOTECONOMIA NA MODALIDADE A DISTÂNCIA:**

**PROJETO PEDAGÓGICO.** Disponível em <https://capes.gov.br/images/stories/download/11-01-2017-Projeto-Pedagogico-do-Curso-de-Biblioteconomia-EaD.pdf> Acesso em 25/04/2020

BRASIL, Ministério da Educação. Decreto 5.800 de 8 de junho de 2006. Dispõe sobre o Sistema Universidade Aberta do Brasil - UAB. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/decreto/d5800.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5800.htm) Acesso em 22/05/2020

BRITO, Rosa Zuleide, Lima de; VASONCELOS, Josevan Coêlho dos Santos. Análise preliminar dos currículos de Biblioteconomia da região nordeste acerca da formação tecnológica dos seus egressos. In: CONGRSSO BRASILEIRO DE BIBLIOTECONOMIA, DOCUMENTAÇÃO E

CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 7., 2017, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, 2017. Disponível em <https://anaiscbbd.emnuvens.com.br/anais/article/view/1937/1938> Acesso em 19/07/2020 BUENO, Aparecida de Fátima Cavalheiro; MESSIAS, Lucilene Cordeiro da Silva. As novas tecnologias e os impactos nas bibliotecas: habilidades do profissional bibliotecário na atualidade. In: CONGRSSO BRASILEIRO DE BIBLIOTECONOMIA, DOCUMENTAÇÃO E CIÊNCIA DA

INFORMAÇÃO: Bibliotecas, Informação, Usuários: abordagens de transformação para a Biblioteconomia e Ciência da Informação, 25., 2013, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis, 2013. Disponível em <https://portal.febab.org.br/anais/article/view/1325> Acesso em 25/07/2020 COSTA, Maria Murrieta; CUNHA, Murilo Bastos. O bibliotecário no tratamento de dados oriundos do e-science: considerações iniciais. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.19, n.3,p.189-206, jul./set. 2014. Disponível em <https://www.scielo.br/pdf/pci/v19n3/a10v19n3.pdf> Acesso

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em [ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3.pdf](http://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3.pdf) Acesso em 20/07/2020

INSTITUTO FEDERAL EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA-IFBA. Sib-IFBA- Sistema Integrado de bibliotecas. Disponível em <https://portal.ifba.edu.br/prodin/biblioteca-online/sib> Acesso em 31/07/2020

LOPES, Larissa Bacelar Pontes. **A tecnologia big data: da web às bibliotecas.** Brasília: Universidade de Brasília, 2019. Disponível em [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/24204/1/2019\\_LarissaBacelarPontesLopes\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/24204/1/2019_LarissaBacelarPontesLopes_tcc.pdf) Acesso em 30/07/2020

MATA, Marta Leandro da; GERLIN, Meri Nadia Marques. Reflexões sobre o ensino de biblioteconomia: ênfase curricular na função educacional do serviço de referência e da competência em informação. **Biblos**, v. 32, n. 1, p. 31-52, jan./jun. 2018. Disponível em <https://www.brapci.inf.br/index.php/res/download/105840> Acesso em 24/04/2020

MORI, Alexandre; DUQUE, Cláudio Gottschald; ORLAND, Tomás Roberto Cotta; PEQUENO, Wagner de Oliveira. Análise comparativa entre os requisitos da RDC-Arq e a tecnologia Blockchain: uma perspectiva de profissionais arquivistas. **Ibersid: revista de información y documentación**, jan-jun. 2020, p. 29-40. Disponível em <https://ibersid.eu/ojs/index.php/ibersid/article/view/4651/4260> Acesso em 24/07/2020

PIRES, Erik André de Nazaré. Blockchain: solução inovadora em biblioteca? **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação-RBBB**. v. 15, n. especial. p.131-142. 2019. Disponível em <https://febab.emnuvens.com.br/rbbd/article/view/1332/1175>. Acesso em 01/06/2020

PUTON, Bianco Santos; MANGAN, Patrícia Kayser Vargas. BibliotecAR: Realidade Aumentada em um Sistema Android para Auxílio de Localização de Livros em uma Biblioteca. **Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação**, v. 1, n. 2, mar. 2015. Disponível em: <https://revistas.setrem.com.br/index.php/reabtic/article/view/62>. Acesso em: 29 jul. 2020.

SANTA ANNA, Jorge. A biblioteca universitária no presente: de labirinto à encruzilhada em busca da biblioteca híbrida. **Revista ACB**: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 618, jan./abr. 2015. Disponível em: <https://revista.acbsc.org.br/racb/article/view/982> Acesso em 01/08/2020

SOUZA, Thiago Lima. **INTERNET DAS COISAS (IoT): possibilidades e perspectivas de implantação em bibliotecas universitárias brasileiras**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2017. Disponível em <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6719/2/Thiago%20Lima%20Souza.pdf>. Acesso em 29/07/2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. Centro de artes e comunicação Departamento de ciência da informação. **Projeto pedagógico do curso de graduação em biblioteconomia Perfil 0406**. Recife, 2018. Disponível em [https://www.ufpe.br/documents/39158/0/PPC\\_2018.pdf/9e500e3f-be15-42a9-b6da-4d9121001514](https://www.ufpe.br/documents/39158/0/PPC_2018.pdf/9e500e3f-be15-42a9-b6da-4d9121001514) Acesso em 17/04/2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Sistemas de Bibliotecas. Florianópolis, 2020. Disponível em <http://portal.bu.ufsc.br> Acesso 31/07/2020 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Sistema Integrado de Bibliotecas. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://www.sibi.usp.br> Acesso em 31/07/2020

VALENTIM, M. L. P. O moderno profissional da informação: formação e perspectiva profissional. Encontros Bibli: R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf., Florianópolis, n. 9, p. 16-28, 2000. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/viewFile/1518-2924.2000v5n9p16/5058> Acesso em: 25/07/ 2020.

VIEIRA, David Vernon. Realidade Aumentada em Bibliotecas: discussão da sua incorporação em bibliotecas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIBLIOTECONOMIA E DOCUMENTAÇÃO, 28, 2019, Vitória. **Anais ...** Vitória, 2019. Disponível em <http://repositorio.febab.org.br/items/show/3205>. Acesso em 10/06/2020

ZANINELLI, Thaís Batista; NOGUEIRA, Cibele Andrade; PERES, Ana Luísa Moura. Bibliotecas Universitárias: uma perspectiva teórica sobre inovação em serviços informacionais. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v.17, n.1, 2019. Disponível em <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdhci/article/view/8652821/pdf> Acesso em 31/07/2020

## CAPÍTULO 13

# PROJETO E FABRICAÇÃO DE UMA CÂMARA DE EBULIÇÃO NUCLEADA PARA ELEVADAS PRESSÕES

---

Data de aceite: 01/11/2022

**Paulo Ricardo Godois**

Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário da Serra Gaúcha, Caxias do Sul, RS

**Gustavo Alberto Ludwig**

Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário da Serra Gaúcha, Caxias do Sul, RS

IX Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG & VII Salão de Extensão

**RESUMO:** Muitas situações na engenharia envolvem os processos de ebulação. No caso da ebulação nucleada, é preciso um estudo mais aprofundado para conseguir se aperfeiçoar sua utilização técnica de intensificação e podendo minimizar os riscos implicados ao confinamento quando este é imposto pelo projeto, pois isto pode acarretar em problemas vinculados ao desencadeamento prematuro do fluxo crítico, que representa o limite em que o sistema é operado na ebulação nucleada. Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo o projeto e a construção de uma câmara de ebulação nucleada tendo

sua pressão de trabalho limitada em 60 bar. Para construção da câmara de ebulação nucleada os materiais utilizados são um tubo mecânico utilizado para o corpo do equipamento, e as demais peças todas confeccionadas em aço SAE 1020, sendo fabricadas pelo processo de usinagem, a união das peças onde necessário é feita por parafusos com ou sem porcas e contraporcas ou pelo processo de soldagem. A câmara possui duas escotilhas de vidro temperado para que se possa observar o seu interior durante os testes realizados, assim podendo ver o que ocorre no fluido refrigerante utilizado para testes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ebulação nucleada. Camara de ebulação nucleada. Vasos de pressão. Pressão. Curva de ebulação.

### 1 | INTRODUÇÃO

No final da década de 60, estudos referentes ao fenômeno da ebulação foram intensificados, muitos autores definem ebulação como um processo em que ocorre uma modificação de sua condição líquida para a gasosa (vapor), sucedendo quando o líquido utilizado entra em contato com uma área aquecida em uma temperatura

mais elevada do que a de saturação deste líquido. O primeiro apontamento que se tem sobre o estudo da ebulação foi uma publicação em meados do século XVII do médico Joan Gottlob Leidenfrost (1756), onde este fez um experimento em que presenciou a vaporização de uma gota d'água em uma superfície aquecedora (DA ROCHA, 2007). O acontecimento considerado como o marco para o entendimento do fenômeno da ebulação surgiu com o trabalho de Nukiyama (1934) intitulado como *"The Maximum and Minimum Values of the Heat Q Transmitted from Metal to Boiling Water under Atmospheric Pressure"*, este trabalho proporcionou uma nova visão sobre o fenômeno da ebulação, onde foi introduzido pela primeira a chamada de "Curva de Ebulação" (STELUTE, 2004).

Atualmente uma das áreas da ebulação com maior destaque e muito costumeira em trabalhos e pesquisas acadêmicas, é a ebulação nucleada que é a fase na qual bolhas surgem no fluido durante o fenômeno de ebulação, a resposta mais utilizada para este interesse é a possibilidade das mais diversas áreas de aplicação do estudo da ebulação nucleada, dando grande realce para indústria, onde pode ser citado como o exemplo os evaporadores de frigoríficos onde a ebulação nucleada se encontra presente, em evaporadores inundados para o resfriamento de líquidos também sendo observada em vasos de pressão (CABRAL, 2012), (DA SILVA, 2005).

Para os estudos da ebulação nucleada, o equipamento com maior utilização em meios acadêmicos e de pesquisa é a bancada experimental para ebulação nucleada, onde um dos itens mais importantes do equipamento é a câmara de ebulação nucleada. Diferentemente do projeto de outros equipamentos, uma câmara de ebulação nucleada não é um item fabricado em série, sendo equipamentos fabricados sob medida para circunstâncias de operações específicas como pode ser visto nos equipamentos acadêmicos fabricados por Da Rocha (2007) e Passarella (2016).

Devido à escassez de artigos, normas e trabalhos acadêmicos diretamente direcionados ao projeto e produção das câmaras de ebulação nucleada, geralmente o material utilizado para a confecção destes equipamentos, são as bases para o projeto e construções de vasos de pressão e suas normas, uma vez que funcionalidade de ambos os equipamentos é similar (armazenar fluidos em altas pressões em seu interior) (TELLES 1996).

Com a finalidade de capacitar o Centro Universitário da Serra Gaúcha (FSG) em produzir pesquisas e estudos sobre diversos fluidos refrigerantes no regime da ebulação nucleada, além de oportunizar aulas práticas em disciplinas como mecânica dos fluidos aos alunos da instituição de ensino, esta monografia tem como finalidade o projeto e a construção de uma câmara de ebulação nucleada para ser integrada junto a uma bancada de estudos de ebulação, utilizando a norma para vasos de pressão ASME Seção VIII Divisão I.

## 1.1 Questão de pesquisa

Com o aumento da utilização de equipamentos que possuem seu funcionamento baseado no fenômeno da ebulação nucleada, pesquisas nesta determinada área da ebulação tem ganhado destaque nos últimos anos em meios acadêmicos. Apesar da alta demanda no mercado de equipamentos com a finalidade de analisar fluídos no regime de ebulação nucleada, não existem empresas especializadas na construção deste tipo de equipamento, e a quantidade de material literário confiável para a construção dos mesmos é muito escassa, diante disto, equipamentos com projetos baseados em sistemas alternativos já existentes são sempre bem-vindos.

### 1.1.1 Objetivo

Construir uma câmara de ebulação nucleada utilizando a norma de vasos de pressão ASME Seção VIII Divisão I.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O fenômeno da ebulação nucleada

A ebulação pode ser citada como o processo de mudança da fase líquido-vapor de maneira similar a evaporação, possuindo apenas algumas diferenças. A evaporação é apresentada na fase líquido-vapor, quando a pressão do vapor se encontra menor comparada a pressão de saturação do fluido que está sendo aquecido. Este fenômeno acaba decorrendo na interface sólido-líquido, quando o fluido é colocado em contato com uma superfície aquecida a uma temperatura superior ou suficiente a temperatura de saturação do líquido (Çengel, 2012).

O fluxo de calor presente na ebulação é descrito pela lei de Newton do resfriamento conforme Eq. (1).

$$q''_{ebu} = h(T_s - T_{sat}) \quad (1)$$

Onde  $q''_{ebu}$  é definido como o fluxo de calor presente na ebulação,  $h$  o coeficiente de transferência calor por convecção,  $T_s$  temperatura da superfície e  $T_{sat}$  a temperatura de saturação.

As bolhas são formadas neste processo, pelo balanço de forças concebidas entre a pressão do líquido e a de vapor, e pela tensão superficial σ durante a fase líquido-vapor que é o resultado da força de atração das moléculas na interface com direção à fase líquida. A tensão que se encontra na superfície, pode ser diminuída com o aumento da temperatura, tornando-a nula em sua temperatura crítica, por isso as bolhas não são formadas durante a ebulação em pressões e temperaturas supercríticas (Çengel, 2012).

### 2.1.1 A curva de ebulação

Os estudos dedicados para o reconhecimento dos regimes de ebulação nucleada, tiveram início com Nukiyama (1934), usando um aparato rudimentar composto por um fio de platina em posição horizontal imerso em um banho de água destilada. Onde foi medida as temperaturas do banho, através de pressão de saturação, e do fio pela sua resistência elétrica com utilizando a ponte de Wheatestone. Com o conhecimento prévio da corrente elétrica e da tensão aplicada ao fio, foi possível obter a potência dissipada assim construindo uma curva de  $q''$  vs  $\Delta T_e$ , tempo depois sendo designada como curva de ebulação (Figura 1) (NUKIYAMA, 1934).

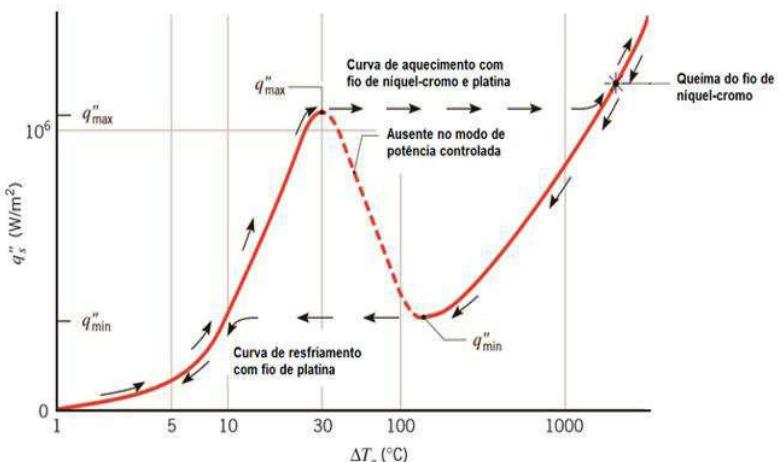


Figura 1 - Curva de ebulação de Nukiyama.

Fonte: Adaptado de Incropora et. al, 2014.

### 2.1.2 Regimes de ebulação

Segundo o autor Kandilikar (1999) a ebulação pode ser dividida nos seis seguintes regimes (Figura 2):

- Convecção livre: O líquido adjacente à superfície, estando em equilíbrio térmico com a mesma, aparece com a temperatura superior comparando com a temperatura na saturação, porém, se encontrando no estado metaestável. Existindo apenas um mecanismo de troca de calor afiliado a este regime, é o de convecção natural, o que gera baixos índices de transferência de calor.
- Ebulação nucleada parcial: Quando o aquecimento se encontra alto o suficiente para ativar áreas de nucleação de bolhas, que causam um inesperado aumento em sua retirada de fluxo de calor da superfície no momento em que o modo de aquecimento utilizado, é o de temperatura manipulada ou uma diminuição da temperatura da superfície. As áreas ativadas nesta fase são poucas e bastante espaçadas entre si.

- Transição: À medida em que é aumentado o fluxo de calor, a tendência é que aconteça a interação entre as bolhas vizinhas ou aquelas que estão na superfície por já se desprenderm, este sub-regime é caracterizado pela presença de bolhas em tamanhos maiores e coalescida em forma que lembram cogumelos.
- Ebulição nucleada: Quanto maior for o número de áreas ativadas, existe um aumento na remoção do calor até o ponto qual, por motivo da alta frequência no surgimento de bolhas e espaçamento entre as áreas ativas, colunas de bolhas passam a se formar da união entre as mesmas. Quando existe uma movimentação considerada grande entre essas colunas com a eficácia de impedir o remolhamento da superfície, assim criando instabilidades hidrodinâmicas e uma fina película de vapor entre a face e o líquido atinge-se o fluxo crítico de calor (FCC).
- Transição de ebulição: Caracterizada pela intermitência entre a ebulição nucleada e a ebulição em película. Em conformidade com o fluxo de calor vai se aproximando do fluxo de calor crítico, criando um fortalecimento na constituição das bolhas ao ponto que dificulta hidrodinamicamente o escoamento do líquido para a região que é ocupada pelas bolhas e consequentemente ocorre a seca-gem do local da parede.
- Ebulição em película: Cessadas as variabilidades, um filme de vapor contínuo se forma entre a superfície e o líquido. A influência da radiação pode se tornar considerável, ao mesmo tempo em que o transporte de calor por convecção e condução aumentam do grau de superaquecimento, assim gerando um aumento das taxas de transferência de calor considerado novo, em quantidade menor que a de ebulição nucleada

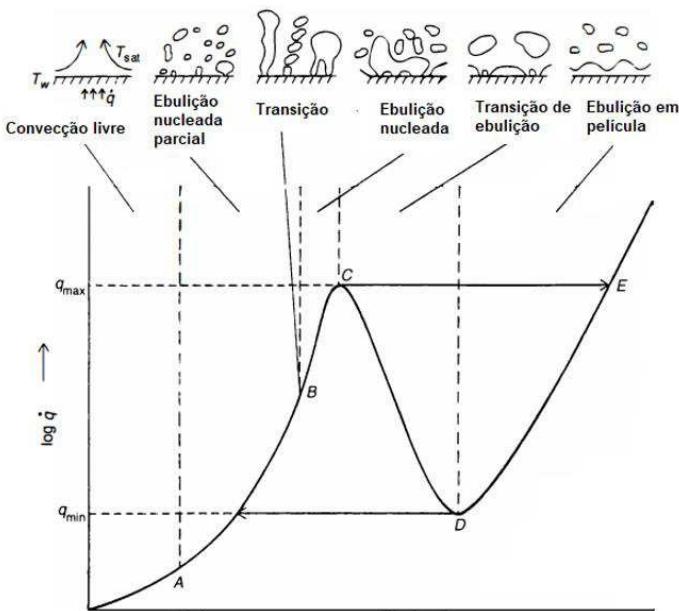


Figura 2- Regimes de ebulição.

Fonte: Adaptado de Kandlikar, 1999.

## 2.2 A câmara de ebulição nucleada

A câmara de ebulição nucleada (Figura 3), é um equipamento impermeável produzido com aço de baixo teor de carbono de classificação segundo a Society of Automotive Engineers (SAE) atualizada no ano de 2020, como SAE 1020.

A câmara apresenta um diâmetro interno de 204,50 mm contando com uma camada interna de 0,1 mm de cromo para tornar o interior do equipamento resistente a oxidação, possuindo uma altura interna de 346 mm, o que corresponde a uma capacidade volumétrica de aproximadamente 11,4 litros.

As paredes da câmara possuem espessura mínima de 24,25 mm tendo uma pressão máxima de trabalho de 60 bar e pressão máxima admissível de 80 bar, quando comparada ao equipamento projetado por Passarella (2016), o qual usou uma espessura de 15 mm para a parede do equipamento sendo que este possui uma pressão máxima de trabalho de 40 bar. Na altura média da câmara são encontradas duas escotilhas com diâmetro de 83 mm com a finalidade de visualização em seu interior. Apesar da pressão máxima de trabalho do equipamento ser 60 bar, todo o equipamento foi dimensionado para uma pressão de 80 bar, assim possuindo uma margem de segurança considerada alta, assim o equipamento projetado e confeccionado na presente monografia, não necessita dos reforços feitos na câmara produzida por Passarella (2016), sendo que o equipamento antes do seu primeiro funcionamento deve passar por um teste hidrostático para ser validado e ter sua segurança atestada, uma vez que este equipamento apesar de possuir sistemas de segurança apresenta um grande grau de perigo por trabalhar com pressões consideradas altas

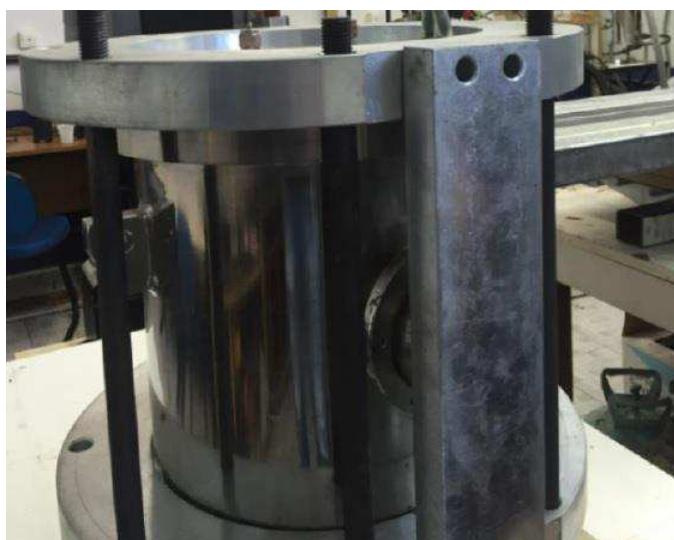


Figura 3 - Exemplo de câmara de ebulição nucleada.

Fonte: Adaptado de Passarella, 2016.

## 2.2.1 Vaso de pressão

De acordo com Carter e Ball (2002), as primeiras referências literárias que se tem a respeito de um vaso de pressão datam do século XV, onde Leonardo Da Vinci descreveu um equipamento similar aos vasos de pressão moderno em sua obra “*Codex Madrid I*”.

Para Bizzo (2003), a história moderna dos vasos de pressão acabou procedendo com as industriais iniciais do vapor por volta do século XVII. Thomas Savery patenteou um sistema de bombeamento de água que utilizava como força motriz o vapor isto no ano de 1698, após treze anos da invenção de Savery, Newcomen acabou criando um equipamento com a mesma finalidade, se tratando de um reservatório esférico, que apresentava aquecimento direto no fundo. James Watt no ano de 1769 acabou adaptando esse projeto para uso em locomotivas a vapor assim criando a caldeira vagão.

Vaso de pressão também conhecidos como câmaras hiperbáricas (Figura 4), é todo o recipiente estanque, capaz de conter fluídos ou gases pressurizados podendo ou não se encontrar superior à do ambiente, entre esses equipamentos pode se encaixar os mais simples como uma panela de pressão até equipamentos sofisticados como um reator nuclear. Por serem equipamentos que sempre estão sujeitos a pressão são considerados de alto risco por armazenarem uma grande quantidade de energia acumulada em seu interior (TELLES, 1996).



Figura 4 - Exemplo de vaso de pressão

Fonte: Adaptado de [www.totalmat.com.br](http://www.totalmat.com.br), acessado em 19/04/20.

## 2.3 Norma, cálculos e tabelas utilizadas

Nos subcapítulos a seguir é apresentado um resumo das fórmulas e critérios do

código ASME, Seção VIII, Divisão I, assim podendo realizar os cálculos mecânicos para os componentes usuais de um vaso de pressão (TELLES, 1996). Lembrando que este código apenas acaba considerando o efeito da pressão interna ou externa, ficando os demais carregamentos a critério do projetista, não se restringindo apenas à forma de calcular estes como também quanto a primordialidade ou não de serem calculados. As fórmulas que estão presentes neste código são baseadas na teoria de membrana, contendo alguns coeficientes empíricos de correção. Não sendo considerados os esforços de flexão decorrentes da espessura ou das descontinuidades geométricas (TELLES, 1996).

### 2.3.1 Cálculo de Cascos Cilíndricos para Pressão Interna

O código divide entre os cascos cilíndricos de pequena e grande espessura (conforme parágrafo UG-27), denominando de “grande espessura” os cascos para os quais se  $e_{int} > \frac{1}{2} R_{int}$  ou para  $P_{int} > 0,385 \sigma_{adm} E$ . Onde se é definido  $e_{int}$  como a espessura mínima para pressão interna,  $R_{int}$  como raio interno do cilindro,  $P_{int}$  como pressão interna do projeto,  $E$  o coeficiente de solda (Telles, 1996).

Para cálculos cilíndricos de pequena espessura é utilizado a Eq. (2) localizada no parágrafo UG-27 da norma (Telles, 1996):

$$e_{int} = \frac{P_{int} R_{int}}{\sigma_{adm} E - 0,6 P_{int}} + C \quad (2)$$

Sendo  $C$  a margem para corrosão. A tensão mínima admissível básica do material que se é encontrada pela tabela UCS-23 () do código (Telles, 1996).

Forma de apresentação	Especificação ASTM	Tensões admissíveis (MPa)						Temperatura (°C)
		-30 a 93	150 a 260	300	325	350	400	
Chapas	A-285-C	108,0	108,0	106,0	104,0	101,0	88,9	
Tubos cond.	A-53-A	108,0	108,0	106,0	104,0	101,0	88,9	
Tubos cond.	A-53-B	80,6	80,6	80,6	78,8	76,0	62,3	
Tubos t.e.	A-179	101,0	101,0	101,0	101,0	98,4	75,9	
Forjados	A-181-60	92,3	92,3	91,8	90,4	87,5	73,3	

Tabela 1 - Resumo tabela UCS-23 para aços carbono

Fonte: Adaptado de Telles, 1996.

Sendo o coeficiente de solda a única incógnita desconhecida até o momento o valor desta pode ser obtido pela norma conforme o parágrafo UW-12 e tabela UW-12 (Tabela 2) do código, mas segundo Telles (1996) é tomado como padrão para cilindros sem costura o valor de  $E = 1$ .

Tipo de solda	Limitações	Radiografia total	Grau de inspeção	
			Radiografia parcial (por amostragem)	Não radiografado
Solda de topo realizada em ambos os lados, ou procedimento equivalente, para se obter penetração e fusão totais (excluem-se as soldas com mata-junta permanentes)	Nenhuma	1,0	0,85	0,70
Solda de topo, em apenas um lado, com mata-junta permanente	Nenhuma	0,90	0,80	0,63
Solda topo, em apenas um lado, sem mata-junta	Permitido apenas para soldas circunferenciais, para espessuras inferiores a 15 mm, e diâmetro vaso inferior a 610 mm Permitido apenas para soldas longitudinais em espessuras inferiores a 10 mm e para soldas circunferenciais em espessuras inferiores a 15 mm	-	-	0,60
Solda sobreposta, com filete duplo de altura total	-	-	-	0,55

Tabela 2 - Resumo tabela UCS-23 para aços carbono

Fonte: Adaptado de Telles, 1996.

### 2.3.2 Cálculo de Tampos para Pressão Interna

Segundo o parágrafo UG-32 do código a espessura de tampos elípticos deve ser calculada conforme a Eq. (3):

$$e_{te} = \frac{P_{int} R_{int}}{\sigma_{adm} E - 0,1 P_{int}} + C \quad (3)$$

De acordo com o parágrafo com o parágrafo UG-32 a espessura de tampos tóriesféricos deve ser calculada conforme a Eq. (4):

$$e_{tt} = \frac{0,885 P_{int} L}{\sigma_{adm} E - 0,1 P_{int}} + C \quad (4)$$

Sendo  $L$ , o lado maior do perfil tóriesférico.

De acordo com o parágrafo UG-32 a espessura de tampos cônicos deve ser calculada conforme a Eq. (5):

$$e_{tc} = \frac{P_{int} R_{int}}{\cos 30^\circ (\sigma_{adm} E - 0,6 P_{int})} + C \quad (5)$$

De acordo com o parágrafo UG-34 a espessura de tampos planos deve ser calculada conforme a Eq. (6):

$$e_{tp} = d_{tp} \sqrt{\frac{NP_{int}}{\sigma_{adm}}} + C \quad (6)$$

Sendo  $N$ , um fator adimensional que depende do tampo e sistema de fixação no casco sendo utilizado o valor de 0,30 no projeto construindo (Telles, 1996).

### 2.3.3 Cálculo de Vidros das Escotilhas

Para o cálculo da espessura do vidro optou-se por uma pesquisa de fabricantes especializados na fabricação de vidros para caldeiras, por se tratarem de itens de risco foi selecionado o fabricante Vidrak Visores de Vidros Industriais por se tratar de uma empresa especializada no ramo e que vem atuando a bastante tempo.

Sendo necessário para o primeiro passo o cálculo do diâmetro médio ( $d_{md}$ ) Eq. (7):

$$d_{md} = \frac{d_{tot} + d_{vis}}{2} \quad (7)$$

Onde  $d_{tot}$  é definido como o diâmetro total do vidro e  $d_{vis}$  o diâmetro visível do vidro.

Com o valor de  $d_{md}$  calculado é possível se obter o valor da espessura do vidro é conforme a Eq. (8):

$$e_{vdr} = 0,55 \times d_{md} \sqrt{\frac{P_{int} \times C.S.}{\gamma}} \quad (8)$$

Sendo  $C.S.$  o coeficiente de segurança que para este tipo de equipamento é adotado como padrão 8 para vidros não temperados,  $P_{int}$  a pressão interna e  $\gamma$  uma constante onde assume o valor de 500 para vidro comum e 2000 para vidro temperado e  $d_{md}$  o diâmetro médio.

### 2.3.4 Cálculo de Parafusos para Vasos de Pressão

Segundo Cruz (2008), para o início do cálculo do diâmetro dos parafusos primeiramente é necessário calcular a área da força atuante através da Eq. (9):

$$A_{fat} = \frac{\pi d_{fat}^2}{4} \quad (9)$$

Onde  $d_{fat}$  é o diâmetro da força atuante.

Obtendo-se o valor da  $A_{fat}$  o segundo passo a é o cálculo da força total aplicada  $F_{ta}$  utilizando a Eq. (14):

$$F_{ta} = P_{int} \times A_{fat} \quad (10)$$

Onde  $P_{int}$  é a pressão interna e  $A_{fat}$  é a área da força atuante.

Com o valor calculado de  $F_{ta}$  deve-se calcular o valor da força devido a pressão interna  $F_{int}$  sendo esta força que será aplicada em cada parafuso com o auxílio da Eq. (15):

$$F_{int} = \frac{F_{ta}}{Z_{par}} \quad (11)$$

Onde  $F_{ta}$  força total aplicada e  $Z_{par}$  é a quantidade de parafusos.

Como último passo para determinar o tipo de parafuso é utilizado a Eq. (12):

$$Nom_{par} = 0,1tpf \sqrt{\frac{4Z_{par} \times F_{int}}{\pi P_{int}}} \quad (12)$$

Sendo  $tpf$  o conteúdo armazenado no vaso de pressão assumindo o valor de 1 para fluídios e 0,8 para vapor.

Lembrando que a distância recomendada entre parafusos não deve ultrapassar 120 mm um do lado do outro.

## 2.4 Soldas em Vasos de Pressão

Uma grande maioria dos vasos de pressão, são fabricados com chapas de aço ligadas entre si pelo processo de soldagem. Também é usado a solda para a fixação de todas as outras partes constituintes da parede de pressão do vaso, bem como para muitas das peças que não são pressurizadas do vaso tanto internas como externas (Telles, 1996).

Para as soldas de emenda de chapas no casco e nos tampos dos vasos de pressão é obrigado que estas sejam de topo, com penetração total e de tipo facilmente radiografável, estes requisitos das soldas na parede de pressão são uma exigência geral de todas as normas, podendo se tomar como exemplo o parágrafo UW-35, do código ASME Seção VIII Divisão I (Telles, 1996).

Quando existe a possibilidade, essas soldas devem ser feitas por ambos os lados, lembrando que em vasos pequenos com diâmetro de 500 mm ou menos onde não existe a possibilidade de soldagem pelo lado interno, existe a possibilidade desta ser feita apenas no lado externo, sendo que o código ASME Seção VIII Divisão II como é citado no parágrafo AD-415, se é exigido soldagem em ambos os lados em todas as soldas de topo em aços de alta resistência (Telles, 1996).

# 3 I METODOLOGIA

## 3.1 Elaboração do projeto

Para o projeto das partes da câmara são utilizados os cálculos apresentados no referencial teórico, para o cálculo da espessura do corpo da câmara e da espessura das escotilhas foi tomado como padrão o valor obtido na espessura do corpo para que o projeto fique padronizado, todos os valores obtidos nos cálculos podem ser visualizados a seguir:

Espessura do corpo e das escotilhas:

$$e_{int} = \frac{P_{int}R_{int}}{\sigma_{adm}E - 0,6P_{int}} + C = 24,25 \text{ mm} \quad (2)$$

Espessura do vidro:

$$e_{vdr} = 0,55 \times d_{md} \sqrt{\frac{P_{int} \times C.S.}{\gamma}} = 16,00 \text{ mm} \quad (8)$$

Espessura dos tampos planos:

$$e_{tp} = d_{tp} \sqrt{\frac{NP_{int}}{\sigma_{adm}}} + C = 43,00 \text{ mm} \quad (6)$$

Parafusos das escotilhas:

$$Nom_{par} = 0,1tpf \sqrt{\frac{4Z_{par} \times F_{int}}{\pi P_{int}}} = M8 \quad (12)$$

Parafuso dos tampos:

$$Nom_{par} = 0,1tpf \sqrt{\frac{4Z_{par} \times F_{int}}{\pi P_{int}}} = M20 \quad (12)$$

Com a obtenção dos resultados anteriores a câmara pode ser confeccionada como pode ser visto na Figura 5.

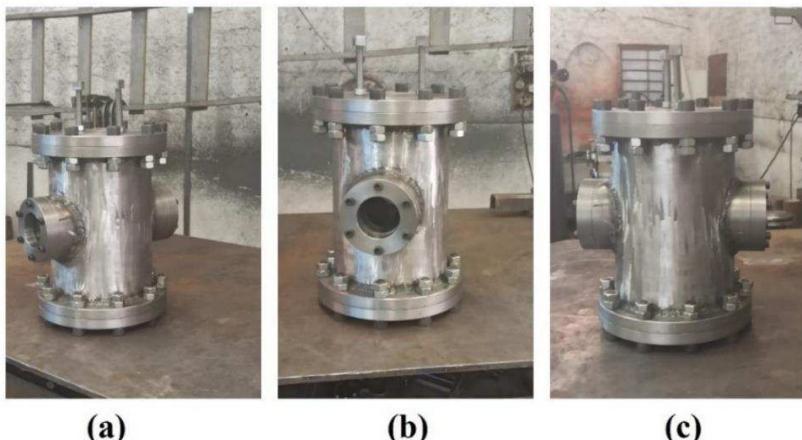


Figura 5 - (a) Vista diagonal da câmara montada; (b) Vista frontal da câmara montada; (c) Vista lateral da câmara montada.

Fonte: O autor, 2020.

## 4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Resultado para Tensão de Von Misses

A comparação entre as pressões, pode ser vista na Figura 6 – a , Figura 6 – b e Figura 6 – c a câmara apresenta ao redor de seu tampo uma cor azul marinho e no centro a tonalidade azul claro, já em seu corpo nas laterais próximas as escotilhas é apresentado o tom azul claro e no restante do corpo a tonalidade predominante é a azul marinho, nas escotilhas a tonalidade azul marinho predomina o exterior do item, a grande distinção de tonalidades pode ser testemunhada no interior da câmara próximo ao canto vivo é notado um tom azul claro e amarelo apresentando uma tendência para a coloração vermelha.

As colorações apresentadas nos 3 estudos de pressão da Figura 6, sofrem sutis variações que não são significativas no estudo, o que se pode concluir com os resultados da tensão de Von Mises, é que a câmara se mostra segura até pressões de 100 bar e o canto vivo no interior das escotilhas que possui uma coloração amarela tendendo para o vermelho é o ponto onde vai se concentrar as maiores tensões no equipamento.

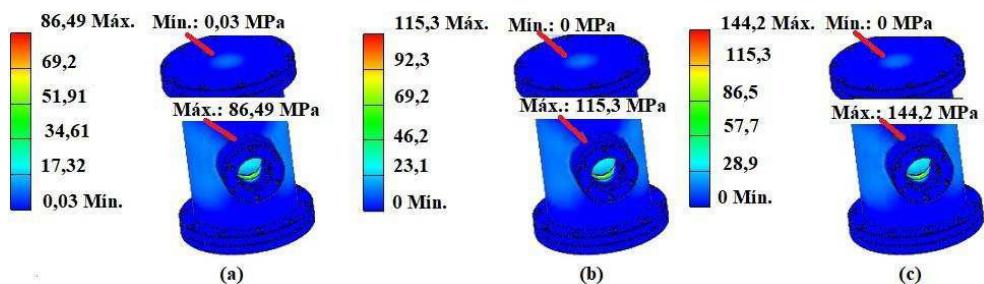


Figura 6 - Tensão de Von Mises (MPa) em pressões diferentes: (a) Pressão de 60 bar; (b) Pressão de 80 bar; (c) Pressão de 100 bar.

Fonte: O autor, 2020.

Com base nos estudos realizados anteriormente na área de análises de elementos finitos de equipamentos estanques realizados por Da Silva (2015), lecker (2014), Mendonça (2011) e De Freitas (2017) é possível deduzir que a câmara de ebulação nucleada suporta sem ter sua integridade comprometida as pressões simuladas, pois o equipamento projetado pelos autores citados anteriormente em sua análise de elementos finitos, possuem coloração similar a este estudo e também pontos de concentração de tensão similares quando testados em pressões em alguns casos até superiores a 100 bar.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, foi desenvolvido o projeto e a fabricação de uma câmara de ebulação nucleada baseada na norma de vasos de pressão ASME Seção VIII Divisão I, o

estudo respaldou se em vasos de pressão pela falta de material confiável para o projeto e construção de uma câmara de ebulação nucleada.

Durante o projeto e a manufatura do equipamento, não existiram grandes dificuldades pois o conhecimento teórico passado durante os anos nas disciplinas do curso de engenharia mecânica pode ser colocado em prática, já na parte de fabricação não surgiram dificuldades, uma vez que pela experiência adquirida ao longo dos anos nos processos de usinagem foram suficientes para que este passo fosse concluído.

A simulação dos elementos finitos foi realizada em pressões de 60,80 e 100 bar gerando como resultados as tensões de Von Misses e o deslocamento, antes da realização da simulação o maior sobressalto, era referente ao dimensionamento correto dos tampos da câmara, pois se imaginava que nesta região seria o ponto de maior acúmulo de tensões. Tendo sido realizada a simulação de elementos finitos e obtidos os resultados, estes demonstraram que a câmara possivelmente possui sua integridade estrutural inabalada até pressões de 100 bar, e que os possíveis pontos de acumulo de pressão são os interiores das escotilhas e não os tampos.

## REFERÊNCIAS

www.archdaily.com.br acessado em 23/10/19. www.willtec.com.br acessado em 19/04/20. www.totalmat.com.br acessado em 19/04/20. www.engineersedge.com acessado em 27/03/20. www.vidrak.com.br acessado em 16/05/20

ASME. **ASME Boiler and Pressure Vessel Code an International Code Division I: Section VIII Rules for Construction of Pressure Vessel.** 1. ed. New York: ASME Setting the Standard, v. 1, f. 717, 2019.

ASME. **ASME Boiler and Pressure Vessel Code an International Code Divison II: Section VIII Rules for Construction of Pressure Vessels Alternative Rules.** 1. ed. New York: ASME Setting the Standard, v. 1, f. 301, 2019.

BIZZO, Waldir A. . **Geração Distribuição e Utilização de Calor.** 1 ed., São Paulo: UNICAMP, v. 1, f. 145, 2003, p. 67-100.

CABRAL, Francismara Pires. **Estudo da Ebulação Convectiva de Nanofluidos no Interior de Microcanais.** 2012, f. 115, p. 1-55, Dissertação (Mestrado engenharia mecânica), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

**Catálogo Aços Grupo Gonçalves Dias**, ano desconhecido.

CAREY, Van P.. **Liquid-Vapor Phase-Change Phenomena:** Na Introduction to the Thermophysics of Vaporization and Condensation Processe in Heat Transfer Equipment. 2 ed., Estados Unidos da América: CRC Press, v. 1, f. 766, 2018, p. 108-320.

CLOUGH, Ray W.. **The Finit Element Method in Plane Stress Analysis.** 1 ed., Pittsburgh: American Society of Civil Engineers, v.1, f. 35, 1960, p. 10-35.

CARTER, Will; BALL, Bruce. **Guidebook to ASME Section VIII – Div. I.** 3 ed., Canada: CASTI Publishing Inc, v. 1, f. 300, 2002, p. 1-20.

CRUZ, Antônio José Ramos de Souza. **Elementos de Máquinas.** f. 104, p. 19 -22, 2008.

DATRES, Kézio Durval Lima *et al.* Ensaio de Tração e Metalografia do Aço SAE 1020. **Revista Engenharia em Ação.** 1 ed., Araçatuba, v.2, p. 71-81, 2017.

DA CRUZ, Michele David. **Autodesk Inventor 2013: Teoria de Projetos, Modelagem, Simulação e Prática.** 1 ed., São Paulo: Érica, v. 1, f. 358, 2012, p. 311-320.

DA ROCHA, Sérgio Pereira. **Ebulição Nucleada do R 134-a em Superfícies Lisa e Micro- Aletada Externas de Tubos Horizontais de Cobre.** 2007, f. 130, p. 10-88, Tese (Pós graduação engenharia mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

DA ROSA, Edison. **Análise de Resistência Mecânica: Mecânica da Fratura e Fadiga.** 1 ed., Florianópolis: GRANTE, v.1, f. 399, 2002, p. 124-125.

DA SILVA, Adson Beserra. **Projeto de Vaso de Pressão Segundo Norma ASME e Análise pelo Método dos Elementos Finitos.** 2015, f. 142, p. 18-79, Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

DA SILVA, Evandro Fockink. **Efeito da Geometria na Ebulição Nucleada de Refrigerantes Halogenados em Tubos Horizontais.** 2005, f. 159, p. 1-46, Tese (Doutorado em engenharia mecânica), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

DE ALMEIDA, Paulo Samuel. **Ferramentaria de Corte, Dobra e Repuxo.** 1 ed., São Paulo: Érica, v. 1, f. 346, 2017, p. 59-98.

DE FRANCESCHI, Alessandro; ANTONELLO, Miguel Guilherme. **Elementos de Máquinas.** 1 ed., Santa Maria: UFSM, v.1, f. 152, 2014, p. 123-134.

DE FREITAS, Artur Siqueira Nóbrega. **Análise Estrutural e de Estabilidade do Vaso de Pressão de um AUV.** 2017, f. 135, p. 44-74, Dissertação (Mestrado em ciências na engenharia de controle e automação), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

DE SOUZA, Sérgio Agusto. **Ensaios Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos Teóricos e Práticos.** 5 ed., São Paulo: Blucher, v. 15, f. 286, 1982, p. 6-101.

DIAS, F. Teixeira *et al.* **Método de Elementos Finitos: Técnicas de Simulação Numérica em Engenharia.** 2 ed., Lisboa: ETEP, v. 1, f. 472, 2018, p. 3-75.

GORENFLO, D.. State of Art in Pool boiling Heat Transfer oh New Refrigerants. **International Journal of Refrigeration.** 1 ed., Alemanha, v. 44, p. 6-24, 2001.

HARVEY, John F.. **Theory and Design of Pressure Vessels.** 1 ed., Estados Unidos da América: VNR, v.1, f. 623, 1985, p. 406-426.

IECKER, Thyago Duarte. **Análise de Tensões em Vasos de Pressão através do Método de Elementos Finitos.** 2014, f. 62, p. 40-56, Tese (Bacharelado em engenharia mecânica), Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2014.

INCROPERA, Frank P. *et al.* **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa.** 7 ed., Rio de Janeiro: LTC, v. 1, f. 643, 2014, p. 394-415.

KANDILIKAR, Satisf. **Handbook of Phase Change:** Boiling and Condensation. 1 ed. Estados Unidos da América: Taylor & Francis, v.1, f. 738, 1999, p. 311-436.

KIM, Jungho. The Review of Nucleate Pool Boiling Bubble Heat Transfer Mechanisms. **Journal of Multiphase Flow**, Estados Unidos da América, v. 35, p. 1067-1076, 2009.

KOTTHOFF, S.; GORENFLO, D.; DANGER, E; LUKE, A.. Heat Transfer and Bubble Formation in Pool Boiling: Effect of Basic Surface Modifications for Heat Transfer Enhancement. **International Journal of Thermal Sciences**, Vol. 45, p. 217-236. 2006

LEIDENFROST, Joan Gottlob. **De Aquavae Commvnis:** Nonnvlis Qualitativs Tractaus. 1 ed. Alemanha. Univerf Bibliopolae, v.1, f. 150, 1756, p. 1-139.

MACHADO, Álisson Rocha *et al.* **Teoria da Usinagem dos Materiais.** 3 ed., São Paulo: Blucher Ltda, v. 1, f. 408, 2015, p 1-100

MARQUES, Paulo Villani *et al.* **Soldagem Fundamentos e Tecnologia.** 3 ed., Belo Horizonte: UFMG, v. 1, f. 360, 2009, p 17-41.

MATOS, Rudmar Serafim. **Apostila de Refrigeração.** UFPR: Curitiba, f. 248, p. 192-205, 2010.

MENDONÇA, Douglas Piccolo. **Análise de Tensões através do Método dos Elementos Finitos de um Vaso de Pressão conforme Código ASME.** 2011, f. 136, p. 59-123, Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica na área de projetos), Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

NICOLA, Marcelo Dalvi; VIEIRA, Marcos Fernando Neto. **Projeto Mecânico e Construção de Vaso de Pressão: Estudo do Caso Serviço com Sulfeto de Hidrogênio.** 2012, f. 159, p. 17-58, Monografia (Bacharelado em engenharia mecânica), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

NETO, Amaury Rainho Neto. **Análise da Ebulação Nucleada da Água Contendo Nanopartículas de Alumina, Maguemita ou Nanotubo de Carbono.** 2011, f. 132, p. 27-83, Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

NEWBY, Kenneth. **ASM Handbook: Surface Engeneering.** ASM International, v. 5, 1994, p. 684-721.

NORTON, Robert L.. **Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada.** 4 ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, f. 1030, p. 16-20, 2013.

NUKIYAMA, Shiro. The Maximum and Minimum Values of the Heat Q Transmitted from Metal to Boiling Water under Atmospheric Pressure. **Journal Japan Society Mechanical Engineers**, Japão, v. 37, p. 367-374, 1934.

PASSARELLA, Rafael Boschini Albuquerque. **Projeto de Seção de Teste e Montagem de uma Bancada de Ebulação em Piscina do R-744 em uma Placa Vertical.** 2016, f. 38, p. 3-31, Monografia (Bacharelado em engenharia mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SILVEIRA, Lucas Ezequias da Silva. **Análise Experimental da Ebulação em Canais de Diâmetro Reduzido: Efeitos do Diâmetro, do Fluido e da Temperatura.** 2018, f. 124, p. 23-59, Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.

SILVA, André Luiz da Costa; MEI, Paulo Roberto. **Aços e Ligas Especiais.** 2 ed. Sumaré: Eletrometal, v. 1, f. 512, p. 191-337, 1988.

SPIRKAKOS, Constantine C. et al. **Finit Element Modeling in Engineering Practice.** 1ed. Pittsburgh: Algor, v. 1, f. 322, 1996, p. 80-250.

STELUTE, Elvio Bugançá. **Efeito da Rugosidade Superficial na Ebulação Nucleada de Refrigerantes Halogenados em Tubos Horizontais.** 2004, f. 175, p. 1-72, Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

TELLES, Pedro C. Silva. **Vasos de Pressão.** 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, f. 320, p. 1-294, 1996.

THOME, R. John; COLLIER, G. John. **Convective Boiling and Condensation.** 3 ed. Oxford: Oxford University Press, v.1 f. 596, p. 1 – 212, 1996.

ZHAOHU, Z.; MAOQIOONG, G.; ZHIJIAN, LI; JIANFEG, WU. , Nucleate Pool Boiling Heat Transfer Coeficients of Pure HFC134a, HC290, HC600a and Their Binary and Ternary Mixtures. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, Estados Unidos da América, v. 50, p. 94-104, 2007.

WENDLING, Marcelo. **Sensores.** Ed. 1, Guaratinguetá: UNESP, v.1, f. 19, p. 3-18, 2010.

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J.. **Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática.** 4 ed., Porto Alegre: AMGH, v1, f 928, 2012, p. 582-618.

## CAPÍTULO 14

# VEÍCULOS ELÉTRICOS: O POTENCIAL BRASILEIRO PERANTE O MUNDO

---

*Data de aceite: 01/11/2022*

### **Márcio Mendonça**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

### **Kazuyoshi Ota Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Mestrando de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

### **Caio Ferreira Nicolau**

Graduando de Engenharia Mecânica  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Graduando em Engenharia Mecânica (PPGEM)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3003910168580444>

### **Francisco de Assis Scannavino Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/4513330681918118>

### **Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Mestrando de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3352701154826935>

### **Marcos Antonio de Matos Laia**

Universidade Federal de São João Del-Rei  
Departamento de Computação da Universidade Federal de São João Del-Rei  
Universidade Federal de São João Del-Rei  
<http://lattes.cnpq.br/7114274011978868>

### **Rodrigo Rodrigues Sumar**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1461760661483683>

**André Luís Shiguemoto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Cornélio Procópio – PR  
<http://lattes.cnpq.br/9243656534211182>

**Ricardo Breganom**

Instituto Federal de Jacarezinho – IF-PR  
Departamento de Engenharia Elétrica (DAELE)  
Jacarezinho-PR  
<http://lattes.cnpq.br/2441043775335349>

**Rodrigo Henrques Lopes da Silva**

<http://lattes.cnpq.br/5977232724834847>

**Michelle Eliza Casagrande Rocha**

Unopar-Universidade Norte do Paraná  
Graduada em Engenharia Telecomunicações  
Londrina-Pr  
<http://lattes.cnpq.br/441148467000916>

**RESUMO:** Atualmente, frente a mudanças climáticas e escassez de recursos, a humanidade procura por meios de diminuir a geração de poluentes em toda a cadeia de produção e consumo. Nesse enfoque, o veículo automotor cumpre papel fundamental uma vez que garantir baixas emissões advindas desse meio de locomoção, bem como tornar sua produção e vida útil ecologicamente corretas. Desta forma, o presente artigo propõe e explora porque o Brasil possui potencial na eletrificação de sua frota. O artigo possui três objetivos: inicialmente analisar a geração de energias renováveis presentes em todo o território nacional, visando fortificar a tese de o Brasil possuir capacidade de receber tecnologias para carros híbridos e elétricos. Em um segundo momento explorar as tendências de mudança ao redor do globo, refletindo como o mercado automotivo nacional depende diretamente das tendências internacionais. Por fim, investigar mediante de dados a forma como o carro híbrido pode representar a transição mais desejada para a eletrificação da frota brasileira. Ao final, conclusões e considerações serão feitas visando ampliar e contemplar como essa transição pode ser benéfica ao Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletrificação; Carro Híbrido; Carro Elétrico; Etanol; Lítio.

## ELECTRIC VEHICLES: THE BRAZILIAN POTENTIAL BEFORE THE WORLD

**ABSTRACT:** Currently, in face of climate change and lack of resources, humanity is looking for ways to reduce the generation of pollutants throughout the production and consumption chains. In this approach, the motor vehicle plays a fundamental role, in ensuring low emissions from this locomotion system, as well as making its production ecologically correct. In that meter, this article proposes and explores why Brazil has the potential to electrify its fleet. The article has three main objectives: firstly, analyses the generation of renewable energy present

throughout the national territory, aiming to strengthen the thesis that Brazil can receive and sustain technologies for hybrid and electric cars. Secondly explore the changing trends around the globe, reflecting how the national automotive market depends directly on international trends. Finally, explore through data how hybrid cars can represent the most desired transition to the electrification of the Brazilians fleet. In the end, conclusions and considerations will be made to expand and contemplate how this transition can be beneficial to Brazil.

**KEYWORDS:** Electrification; Hybrid Cars; Electric Cars; Ethanol; Lithium.

## 1 | INTRODUÇÃO

No cenário atual, o mundo está prestes a viver uma nova revolução automobilística e dois processos parecem ter levado a essa situação. O primeiro é consequência da limitação entre uma exploração de recursos energéticos cada vez mais dependente de derivados petróleo, um recurso finito, e a crescente necessidade de energia para o desenvolvimento dos países. Gradativamente, essa situação converge cada vez mais para o aumento do valor dos derivados do petróleo e consequentemente tornam as fontes de energias alternativas mais competitivas e atrativas (SANTOS et al., 2009).

A necessidade de novas formas de energia alternativa para o desenvolvimento sustentável e a diminuição das emissões de gases do efeito estufa são os principais motivos pelo ressurgimento dos veículos elétricos como forma viável de transporte. Muitos países já estão investindo no desenvolvimento de novas tecnologias para suportar essa nova fase no mercado automobilístico e assim criaram metas para a eliminação de veículos a combustão. Assim, analisando o cenário atual em que há uma grande dependência de combustíveis fósseis no setor automobilístico é de fundamental importância um estudo voltado para os processos desse setor (BARASSA, 2015).

A tendência mundial para locomoção em massa converge para um ponto comum, a eletrificação para carros e meios de transporte coletivos. Esta movimentação está atrelada não apenas a evolução natural da tecnologia que tende a procurar meios mais eficientes na utilização de recursos, como também se torna necessária frente a mudanças climáticas e escassez destes recursos, desde a cadeia produtiva, passando pelo consumo, até emissão de poluentes gerados neste processo. Desta forma, compreender o papel do Brasil neste cenário torna-se fundamental para traçar diretrizes para a tomada de decisões e investimentos em setores chave, para garantir a inserção brasileira no mercado.

Assim, uma das possibilidades para a segunda revolução automobilística pode ser a implementação de veículos elétricos, apesar de suas incertezas e desvantagens. Os veículos elétricos (VE's) mostram promissores para ajudar a solucionar os problemas que os veículos a combustão geraram com o passar do tempo como poluição atmosférica e sonora, eficiência energética, entre outros. As vantagens dos veículos elétricos ficaram escondidas durante um bom tempo devido à falta de incentivo e estudos, porém, com a conscientização da sociedade sobre a necessidade do uso de fontes renováveis e

avanços nessa tecnologia, os veículos elétricos estão conquistando cada vez mais espaço (SANTOS, 2017).

Inicialmente, é necessário observar como o Brasil está inserido no mercado de energias renováveis e seu potencial como receptor de tecnologias. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2021, a matriz elétrica brasileira no ano de 2020 estava dividida e fundamentada principalmente em energias renováveis e, muitas delas, limpas, como a biomassa (9,1%), eólica (9%) e solar (2,7%).

Esta forte fundamentação em energias renováveis torna o Brasil um excelente candidato para receber, aprimorar e gerar dados para o mercado de VE's, haja vista que a oferta de energia limpa está garantida e tende a aumentar nos próximos anos.

Para isto, é preciso analisar a tendência mundial no desenvolvimento de VE's e híbridos, uma vez que o mercado automotivo brasileiro depende deste movimento global. O continente europeu, bem como a América do Norte e países do Oriente já expressaram sua determinação em modificar a forma como o transporte pessoal irá mudar na próxima década, seja por meio de incentivos no setor de eletrificação, seja com datas limites para a produção de veículos movidos a combustão. Esta movimentação tem impacto direto no mercado automotivo do Brasil e terá papel fundamental na aceitação e na imersão destas tecnologias para população.

Para compreender o cenário nacional mediante a essas mudanças torna-se indispensável. Como o Brasil apresenta hoje uma matriz elétrica bem estruturada ao redor de energias renováveis, porém, alinhar esta matriz com as tecnologias já presentes no mercado torna-se um movimento necessário. Sendo indispensável entender como o carro híbrido tem seu papel no desenvolvimento do mercado de VE's. Esta junção possui potencial para oferecer ao consumidor brasileiro uma fase de transição para a eletrificação, ao mesmo tempo que insere o Brasil no cenário global e torna o mercado atraente para novas tecnologias e investimentos.

Subjaz, face ao exposto, que compreender a forma como o Brasil pode participar deste futuro é de extrema importância. O mercado de energias renováveis e limpas, ligado a tecnologias inovadoras tornando-se consolidadas no mercado, juntamente com a tendência global formam um caminho a ser trilhado e garantem ao país potencial para a eletrificação de sua frota.

## 2 | BRASIL NO MERCADO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

A premissa para que um país se fortaleça em tecnologias alternativas parte de entender as condições atuais e perspectivas futuras da sua matriz energética. Dentre as consequências dessa implementação, tem-se uma maior demanda de energia, a qual necessitará de uma oferta para suprir. Diante disso, compreender como o país está inserido no mercado de energias renováveis fornece os subsídios e fundamentos necessários para

fomentar o mercado VE's.

O Brasil apresenta um protagonismo significativo no ramo das energias renováveis perante os demais países. De acordo com Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o Brasil começou “a assumir o papel de liderança no processo de transição energética com a utilização de energias renováveis, no bloco dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul)” (LOSEKANN; TAVARES, 2021).

Desta forma, a geração hidrelétrica encontra-se como a mais presente na matriz energética brasileira, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), “o potencial hidrelétrico brasileiro é estimado em 172 GW, dos quais mais de 60% já foram aproveitados (EPE, 2022) e (ONS, 2022). Entretanto, esta modalidade de geração tem sido influenciada pelos fatores climáticos pois, ao longo dos anos, vem sendo analisados indicadores referentes à seca no cenário brasileiro, haja vista que a seca e os períodos de estiagens afetam diretamente o fluxo dos rios (FERNANDES et ali, 2021).

Em um segundo momento, torna-se possível analisar e comparar a matriz energética brasileira com outras de países os quais possuem o mesmo potencial. A exemplo, pode-se comparar as matrizes energéticas das nações as quais fazem parte do bloco de cooperação econômica para países emergentes, o BRICS, portanto, possuem o mesmo potencial agregado a veículos elétricos, por serem países categorizados como emergentes no cenário político, econômico e social globalmente. A Tabela 1 a seguir contempla os dados destes países, de acordo com o portal da própria organização BRICS em 2020 (LOSEKANN; TAVARES, 2021).

Tipo de Energia	Brasil	Rússia	Índia	China	Africa do Sul
Óleo	1%	1%	<1%	1%	<1%
Gás Natural	9%	47%	5%	3%	2%
Carvão	4%	16%	73%	63%	88%
Nuclear	3%	19%	3%	5%	6%
Hidroelétrica	64%	17%	10%	17%	1%
Eólica	9%	< 1%	4%	6%	3%
Solar	1%	<1%	3%	3%	1%
Biomassa	9%	<1%	2%	1%	<1%

Tabela 1: Parcela da matriz energética dos países do BRICS. BRICS (2020).

Como observado anteriormente, o Brasil possui posição de destaque neste grupo de países, uma vez que sua matriz energética conta, como figurado anteriormente, com o protagonismo de energias renováveis como a hidroelétrica. Esta conclusão fomenta a hipótese de que ao compreender o cenário energético do país torna-se possível constatar

que este possui potencial e busca inovar cada vez mais para abrigar tecnologias no setor elétrico e no setor automotivo.

Diante deste cenário, o Brasil gradativamente tem incentivado outras gerações de energias alternativas. Por exemplo, para estimular a geração solar, o país já apresenta alguns incentivos, tais como: Sistema de Compensação para Mini e Microgeração Distribuídas e o Desconto na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD) e na Tarifa de uso dos Sistemas de Transmissão (TUST).

Nesse intuito de promoção do crescimento de diferentes modalidades de energias o governo brasileiro promove Leilões de Energia, cujo objetivo é a contratação de energia entre os empreendimentos. Por exemplo, segundo a EPE, no Leilão de Energia Nova A-4 de 2022 foram convidados ao cadastramento empreendimentos eólicos, fotovoltaicos, termelétricos e hidrelétricos (ONS, 2022).

À vista do exposto, a oferta de geração alternativa no país está crescentemente sendo promovida e, desse modo, o Brasil torna-se um potencial foco para a recepção de tecnologias alternativas no setor automotivo.

### **3 I A TENDÊNCIA MUNDIAL PARA ELETRIFICAÇÃO AUTOMOTIVA**

A busca por um planeta mais sustentável e ecológico é um assunto cada vez mais importante em pautas políticas, econômicas e ambientais. Com base nisso, há diversas áreas da sociedade atual responsáveis pela degradação ambiental, entre elas, a mobilidade urbana.

Segundo o SENATRAN (Secretaria Nacional de Trânsito), estão registrados aproximadamente 59 milhões de automóveis no Brasil, em 2021. Somente no município de São Paulo, são contabilizados aproximadamente 6 milhões de automóveis, sendo que, segundo uma análise do Inventário de Emissões Atmosféricas do Transporte Rodoviário de Passageiros no Município de São Paulo, os automóveis são responsáveis por 72,6% das emissões de gases estufa, enquanto transportam aproximadamente 30% dos passageiros (SENATRAN, 2021).

Nesse sentido, diversos países têm buscado alternativas para tornar sua mobilidade urbana mais sustentável. Como o incentivo ao uso de veículos totalmente elétricos em suas frotas, tanto em veículos individuais quanto no transporte coletivo.

A principal vantagem associada ao veículo totalmente elétrico em comparação a combustão está ligado ao impacto ambiental. Visto que os combustíveis fósseis são oriundos do petróleo e a energia elétrica utilizada para abastecer os VE's podem ser provenientes de fontes de energia limpa.

Além disso, pode-se citar a situação atual dos preços dos combustíveis no Brasil, segundo a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) o preço da gasolina comum atingiu aproximadamente R\$ 6,544 o litro, no mês de junho de 2022.

Realizando uma comparação, o custo do kWh no Estado do Paraná, para residências no mês de maio de 2022, está próximo de R\$0,836 (ANEEL, 2022).

A partir da comparação anterior, muitas pessoas observaram o custo de abastecimento como o principal atrativo do carro totalmente elétrico. Ainda assim, o custo inicial de um modelo é elevado, o automóvel elétrico mais barato do mercado brasileiro no presente momento é o iCar da Caoa Chery, custando R\$139.990,00 (CAOACHERY, 2022). Para combater esse problema, o Governo Federal pode apostar na isenção de impostos nessa categoria de veículos, como sugere a PL 403/2022 que deverá ser votada ainda no ano de 2022.

Outro fator que torna o carro elétrico mais vantajoso é a manutenção mais barata, principalmente pelo fato de possuir menos partes mecânicas e componentes em geral. Analisando o perfil de indivíduos que adquiriram ou possuem o interesse de adquirir esse tipo de veículo, é possível afirmar que estes apostam na economia que o carro elétrico proporciona a longo prazo com abastecimento e manutenção e, também na redução do impacto ambiental deixado por veículos a combustão.

Dessa forma, é possível verificar uma mudança no mercado de automóveis no Brasil. Para a ABVE (Associação Brasileira do Veículo Elétrico), houve recorde de vendas de VE's em 2021, apresentando mais de 30 mil emplacamentos no ano. Sendo que a tendência do mercado é apenas crescimento contínuo (ABVE, 2022).

Além do transporte individual, o Governo Federal vem por meio de diversas ações tentar incentivar a eletrificação da mobilidade coletiva. Uma delas é a criação do projeto Eletromobilidade, financiado pelo Fundo de Tecnologia Limpa do Climate Investment Fund (CIF), que busca difundir o conhecimento técnico e financeiro dos órgãos governamentais e, além disso, possui como objetivo apoiar projetos-piloto de ônibus elétricos no Brasil.

No âmbito privado, a empresa do ramo de delivery iFood em conjunto com a fabricante de motos elétricas Voltz, apresentaram um programa para incentivar a eletrificação das motocicletas utilizadas pelos entregadores. A parceria consiste na venda da motocicleta EVS Work a custo de R\$ 9.990,90, além do oferecimento de um programa de baterias compartilhadas no modelo de assinatura, permitindo que o usuário não tenha que realizar a espera da recarga da bateria (VOLTZ, 2022).

Por fim, as empresas também apostam na redução do custo de manutenção como um dos atrativos, prometendo reduções de até 70% em comparação com uma motocicleta movida a combustão (VOLTZ, 2022).

Além dessa iniciativa, é possível também citar a empresa estadunidense do vale do Silício, a Glydways. Almejando um futuro mais sustentável e tecnológico, a empresa combinou o conceito de veículo autônomo e elétrico, criando um veículo projetado para transportar uma pessoa. O veículo conta com inteligência artificial para realizar os trajetos sem interferência humana e busca a maior autonomia ao utilizar painéis fotovoltaicos na parte superior do veículo (GLYDWAYS, 2021).

A partir dessas iniciativas, é possível afirmar que tanto a instância governamental quanto privada estão buscando a eletrificação do transporte individual e coletivo. Ainda assim, obstáculos como o custo das baterias utilizadas nesses veículos, tornam o processo de eletrificação mais lento, entretanto, conforme o avanço tecnológico, a tendência é que os custos de produção desses componentes se reduzam com tempo.

### **3.1 A importância do lítio no cenário nacional e global**

Todo sistema de eletrificação apresentado até então, tanto no Brasil como no mundo, foi possível e teve grande impacto devido a introdução e consolidação de baterias de íon-Lítio. Consistem em um sistema o qual utiliza o mineral Lítio como base de formação e apresenta excelente potencial para recarga, bem como valores de capacidade específica e energia específicas bem mais representativos quando comparados com bateria de chumbo, por exemplo. (BOCCHI, 2019).

Estas características conferem a este material elevados valores no mercado internacional, tanto do mineral como de seus subprodutos beneficiados. Para o Brasil, participar deste mercado confere ao país posicionamento estratégico tanto para fornecer o mineral para o mercado internacional como para fomentar a eletrificação de sua própria frota.

O território brasileiro apresenta, desde muito cedo, potencial para extração de minerais os quais apresentam importância no mercado global. Atualmente, para a extração de lítio, o país apresenta jazidas localizadas principalmente no sudeste, na região de Minas Gerais e no nordeste nos estados de Rio Grande do Norte e Ceará.

A localização destas jazidas, como podem ser vistas na Figura 1 abaixo, trazem diversas vantagens, uma vez que o setor de beneficiamento está localizado próximo aos campos de extração, bem como localizam-se próximos a grandes portos, fator importante para escoar a produção para mercados globais.

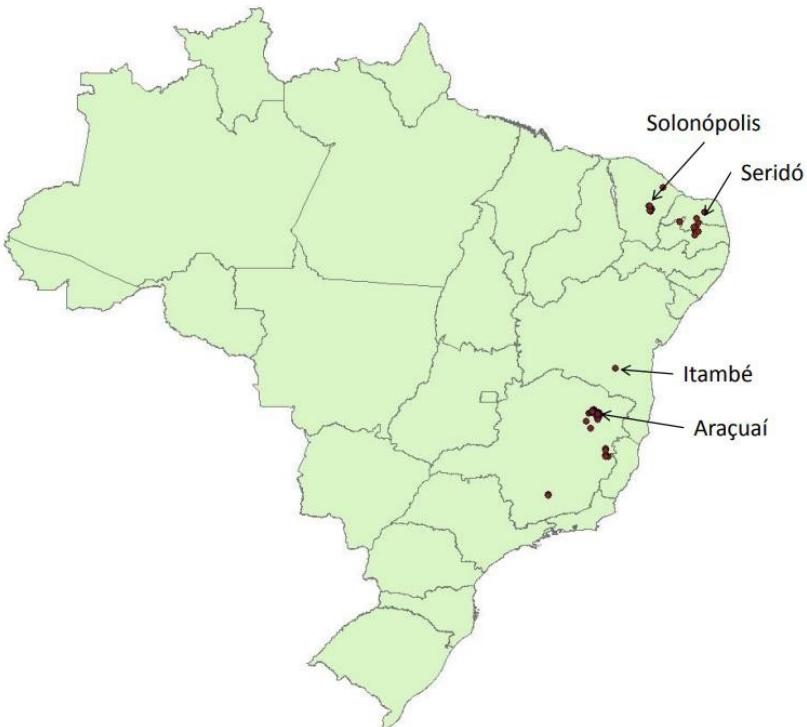


Figura 1 – Jazidas de Lítio Brasileiras - Autor: Fernando Lins (2016)

Outro fator o qual pressiona o Brasil a participar do mercado internacional em relação ao lítio é o constante crescimento do mercado de veículos elétricos. Acredita-se que a demanda por lítio alcance 421 quilotoneladas até 2025, devido a demanda e dominação chinesa no mercado de produção e manufatura de baterias de íon-lítio para carros elétricos (LINS, 2016).

Desta forma e como der visto na Figura 2, a seguir, a demanda por lítio crescerá de forma exponencial nos próximos anos, acompanhada pelo crescimento do mercado automotivo eletrificado.

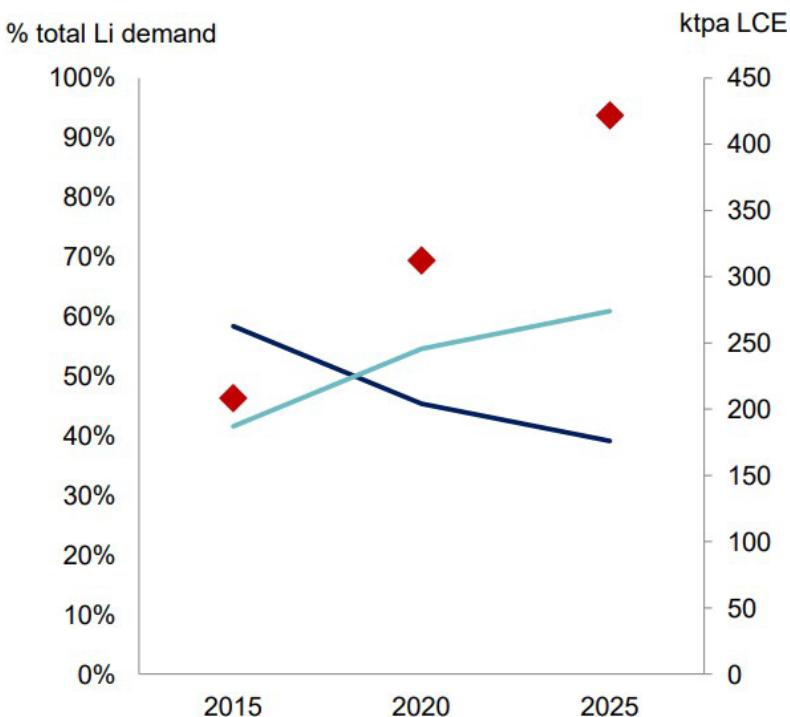


Figura 2 – Demanda de Lítio por Segmento - Autor: Fernando Lins (2016)

Tem-se, portanto, que o Brasil possui papel fundamental perante o avanço e importância do lítio no cenário global. Sua participação neste mercado traria não apenas recursos e investimentos para o território nacional, bem como fomentaria o mercado e a eletrificação dos veículos brasileiros pois, devido a dependência desse mineral na produção de baterias eficientes, o Brasil estaria bem posicionado em relação às potências globais.

#### 4 | O CARRO HÍBRIDO NA TRANSIÇÃO DE MODELOS DE LOCOMOÇÃO

O mercado brasileiro de veículos automotores passa, por uma transformação. O que antes era dominado exclusivamente por veículos a combustão, hoje encontra-se uma variedade de veículos híbridos e elétricos à disposição para compra. Compreender essa mudança de perfil de compra, e os fatores que levaram a esta mudança faz-se necessário, haja visto que o processo de eletrificação no Brasil está acelerado.

De início, é preciso analisar como o mercado nacional de combustíveis tem se comportado nos últimos anos. Observando a série histórica de preços de combustíveis fornecida pela Agência Nacional do Petróleo (2021), é possível notar uma tendência de aumento nos preços. Este crescimento representa um aumento de 52,30% no preço médio dos combustíveis neste período analisado (2012 a 2021), levando assim a um gasto maior em locomoção para o brasileiro.

Ano	Valor médio Litro (R\$)	Aumento entre Anos
2012	1,95	-----
2013	2,26	13,72 %
2014	2,40	5,85 %
2015	2,65	9,44 %
2016	2,70	1,85 %
2017	3,23	16,10 %
2018	3,65	11,10 %
2019	3,73	2,15 %
2020	3,95	5,60 %
2021	4,74	16,70 %

Tabela 2: Valor Médio dos Combustíveis (Gasolina) – De 2012 a 2021.

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2021)

Como observado na Tabela 2 acima, o preço médio dos combustíveis tenta a subir e justificam a forma como o mercado de VE's e híbridos está se comportando nos últimos anos, uma vez que os estes levam a uma economia considerável e representam uma alternativa para o aumento nos preços dos combustíveis.

Este aumento tem relação direta na compra de carros híbridos e elétricos no Brasil. Desde 2012, a ABVE vem compilando dados sobre a venda destes tipos de veículos no Brasil e demonstram que o mercado nacional está em expansão.

A partir de 2012 até o ano de 2021, com dados já fechados, o aumento na frota de VE's no país é da ordem de 300%, com uma estimativa de crescimento ainda maior para 2022. Estipula-se que no mês de agosto de 2022 o Brasil atingirá a marca de cem mil veículos eletrificados registrados no sistema nacional do DETRAN (ABVE, 2022).

O mercado atualmente está longe do ideal, uma vez que a porcentagem de carros eletrificados correspondem apenas a 1,5% do total de vendas no ano de 2021, porém, considerando o movimento dos últimos anos, este mercado tende a expandir.

Ano	Quantidade de Veículos	Aumento entre anos
2012	117	-----
2013	491	400 %
2014	855	45,60 %
2015	946	18,35 %
2016	1091	13,29 %
2017	3296	23,72 %
2018	3970	16,98 %
2019	11858	66,52 %
2020	18754	36,77%
2021	34990	46,40 %

Tabela 3: Venda de Veículos Eletrificados no Brasil – De 2012 a 2021.

ABVE – Agência Brasileira do Veículo Elétrico (2021)

Observa-se, portanto, que o perfil de compra do brasileiro está cada vez mais propenso para VE's, isto devido ao aumento dos preços de combustíveis nos últimos anos, junto com uma oferta maior de opções ligadas ao mercado de híbridos e elétricos. Por fim, cabe uma análise localizada com relação ao consumo e eficiência energética comparativa entre veículos a combustão interna apenas e veículos eletrificados. Para tal comparativo foi escolhido o veículo Corolla da marca japonesa Toyota, haja vista que este modelo possui em sua construção os dois tipos de motorização citados, tradicional e eletrificado.

O comparativo desenhado a seguir tem como base o sistema brasileiro do Inmetro, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Esta ferramenta busca desde 2001 identificar e avaliar a eficiência energética de um produto presente para compra no Brasil. Para veículos automotores, o programa de etiquetagem passou a atuar em 2009, com o intuito de indicar ao comprador a eficiência do veículo e seu consumo visando quantificar gastos relacionados aos combustíveis.

Para o automóvel, Toyota Corolla, foi estipulado um percurso hipotético de 1000km em linha reta, sem levar em consideração fatores externos ou cargas relacionadas ao carro. Os dados de consumo e eficiência foram aplicados a Tabela 4 com base no uso de gasolina, retornando valores médios gastos com o combustível com base no valor médio apresentados anteriormente, comparativamente com o mesmo veículo apenas a combustão e seu equivalente eletrificado (INMETRO, 2021).

Tipo de Veículo	Percorso [km]	Consumo Combustível (Gasolina) [km/L]	Litros Gastos [L]	Valor Gasto [R\$]
Combustão	1000	9,8	102,04	483,68
Híbrido	1000	11,8	84,75	401,70

Tabela 4: Comparativo de Consumo: Corolla Altis x Corolla Hybrid.

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem (2021)

Face ao exposto acima, o veículo híbrido do mesmo modelo apresenta vantagens de consumo com relação a seu equivalente apenas a combustão. No percurso hipotético a economia do consumo em litros, bem como o valor gasto em combustível, foi 17% em ambos os casos. Isto reforça a tendência da população na busca de novas tecnologias, procurando a economia ligada ao maior rendimento de veículos automotores.

Ainda baseado em dados fornecidos pelo PBE (2021), pode-se realizar um comparativo de emissões de poluentes entre ambos os modelos apresentados acima. Esta análise representa a forma como ambos os veículos, no mesmo espaço percorrido, emitem gases de efeito estufa e poluentes na atmosfera. Haja vista que a eletrificação não apenas tem como objetivo o barateamento da locomoção da população, bem como a redução na emissão gases poluentes visando retardar a degradação ambiental do planeta e garantir o futuro das gerações posteriores.

Tipo de Veículo	NO (mg/km)	CO (mg/km)	CHO (mg/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)
Combustão	18,10	184,250	4,95	105
Híbrido	17,75	96,60	2,50	77

Tabela 5: Poluentes e Gases Emitidos: Corolla Altis x Corolla Hybrid.

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem (2021)

Os dados da Tabela 5 reflete a forma como a adição de um sistema auxiliar de propulsão, o sistema elétrico, proporciona uma redução com relação a emissão de poluentes e gases.

Para a emissão de monóxido de nitrogênio (MNOG) tem-se uma redução de 5,30%, juntamente com 47,58% de diminuição nas emissões de monóxido de carbono (CO). A produção de alodoxila (CHO) foi reduzida de 49,50%, somado a redução de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de 26,67% (INMETRO, 2021). Estes valores, em larga escala, representam uma redução interessante na emissão de gases estufa e poluentes, a qual é bem-vinda para metas como as apresentadas no Protocolo de Kyoto, o qual o Brasil é signatário desde 1997.

De posse destes dados é possível compreender a forma como o VE apresenta

uma melhora com relação ao gasto de combustível, fortificando a tese de que veículos eletrificados representam não apenas uma alternativa de economia com relação ao preço de combustíveis fósseis, bem como uma resposta a emissão de gases poluentes para a atmosfera e uma estratégia de transição entre o modelo de locomoção tradicional, a combustão apenas, para um modelo atualizado, de veículos totalmente eletrificados.

## 5 | CONCLUSÃO

Mediante ao que foi apresentado e discutido durante o presente artigo, é possível constatar que o potencial brasileiro para eletrificação é uma realidade e que diversos fatores podem auxiliar o país a fomentar uma evolução sólida perante as mudanças nos conceitos de locomoção individual e coletiva.

Inicialmente, a oferta e qualidade da energia elétrica presente na matriz energética configura um modelo propício a mudanças. O protagonismo da energia hidroelétrica, bem como o destaque perante os BRICS, juntamente com incentivos governamentais para energias renováveis e limpas formam um cartão de visitas para futuras tecnologias e atuais inovações presentes no mercado de veículos eletrificados, embasando o potencial para eletrificação.

Em um segundo momento, compreender como o mercado mundial se comporta e reflete no mercado nacional é necessário. Não apenas as mudanças ao redor do globo, como ações feitas para redução de gases de efeito estufa, bem como a forma como propostas de locomoção são absorvidas pelo mercado nacional são fatores os quais tornam a eletrificação bem-vinda.

Além disso aliado a uma oferta crescente de veículos elétricos e híbridos no portfólio do mercado, faz surgir um ímpeto no mercado pelo consumo de tecnologias de locomoção alternativas com enfoque em não apenas driblar está escalada de preços, bem como reduzir a emissão de poluentes.

Portanto, face ao exporto, o Brasil possui potencial para eletrificação de sua frota tanto particular como coletiva, pois apresenta fatores indispensáveis para tal mudança. Finalmente, cabe endereçar em futuros trabalhos, uma análise do cenário nacional de combustíveis fosseis, assim como a tendência de compra para veículos eletrificados. Coexistindo com recentes o aumento do preço dos combustíveis, em especial no Brasil, experienciado nos últimos dez anos. Outra possível futura contribuição seria de se investigar o crescimento nos próximos anos dessas tecnologias no nosso país.

## REFERÊNCIAS

ABVE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. Série histórica: Tabela vendas de veículos eletrificados no Brasil. - Disponível em: <[www.abve.org.br/serie-historica/](http://www.abve.org.br/serie-historica/)> Acesso em: 24 de jul. de 2022.

ABVE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. Perspectiva de 2022 carros eletrificados. Disponível em: <[www.abve.org.br/relatorioanual](http://www.abve.org.br/relatorioanual)> Acesso em: 24 de jul. de 2022.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução homologatória nº 3.049: Reajuste Tarifário Anual de 2022, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Copel Distribuição S/A. De 21 de junho de 2022.

BARASSA, Edgar. **Trajetória tecnológica do veículo elétrico**: atores, políticas e esforços tecnológicos no Brasil. 2015. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

BOCCHI, Nerilso; BIAGGIO, Sonia R.; ROCHA-FILHO, Romeu C. Prêmio Nobel de Química de 2019 Láurea pelo Desenvolvimento das Baterias de Íons Lítio. **41volume**, 2019.

CAOACHERY. Valores ICar Caoa Chery - Disponível em: <[caoachery.com.br/icar](http://caoachery.com.br/icar)> Acesso em: 26 de jul. de 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Fontes Hidrelétricas. Disponível em: <[www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes](http://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes)> Acesso em: 27 de jul. de 2022.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Leilão de Energia Nova A-4 de 2022: EPE publica orientações para cadastramento. Disponível em: <[www.epe.gov.br/pt/impressa/noticias/leilao-de-energia-nova-a-4-de-2022-epe-publica-orientacoes-para-cadastramento](http://www.epe.gov.br/pt/impressa/noticias/leilao-de-energia-nova-a-4-de-2022-epe-publica-orientacoes-para-cadastramento)> Acesso em: 27 de jul. de 2022.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <[www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica](http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica)> Acesso em: 27 de jul. de 2022.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE: Tabelas de Consumo/Eficiência Energética Veículos Automotores Leves ano base 2021. Brasília, 2021.

LINS, Fernando Antonio Freitas et al. II Seminário sobre Lítio-Brasil. 2016.

LOSEKANN, Luciano; TAVARES, Amanda. Texto para Discussão: Transição energética e potencial de cooperação nos Brics em energias renováveis e gás natural. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA): Brasília, 2021.

ONS. OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Leilão de Energia Nova A-4 de 2022: Quantitativos da capacidade remanescente do SIN para escoamento de geração pela rede básica, DIT E ICG. ONS, 28 março, 2022.

FERNANDES, Valesca Rodriguez; CUNHA, Ana Paula Martins do Amaral; PINEDA, Luz Adriana Cuartas; LEAL, Karinne R. Deusdará; COSTA, Lidiane C.O.; BROEDEL, Elisangela; FRANÇA, Daniela de Azeredo; ALVALÁ, Regina Célia dos Santos; SELUCHI, Marcelo E.; MARENKO, José. Secas e os impactos na região sul do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia: ano 17 - volume 28, jan/jun 2021.

GLYDWAY. Transporte público: Proposta de carro autônomo elétrico 2021 – Disponível em: <<https://www.glydways.com>> Acesso em: 26 de jul. de 2022.

SANTOS, Ana Carolina Fabricio da Rocha. Análise da viabilidade técnica e econômica de um veículo elétrico versus veículo a combustão. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santana do Livramento, 2017.

SANTOS, Gustavo Antônio Galvão dos; SANTOS, Bruno Galvão dos; MEDEIROS, Rodrigo Loureiro; D'ARAÚJO, Roberto Pereira. Carro elétrico, a revolução geopolítica e econômica do século XXI e o desenvolvimento do Brasil. OIKOS, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 329-353, 2009.

SENATRAN. Secretaria Nacional de Trânsito. Dados relativos a compras de veículos no brasil em 2021 - Disponível em: <[www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/senatran](http://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/senatran)> Acesso em: 26 de jul. de 2022.

VOLTZMOTORS. Valores e parceria Voltz e Ifood. Disponível em: <[www.voltzmotors.com](http://www.voltzmotors.com)> Acesso em: 26 de jul. de 2022.

## CAPÍTULO 15

# VIABILIDADE DE UMA FERRAMENTA PARA ORIENTAÇÃO AOS RESPONSÁVEIS POR PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Manuelle Osmarin Pinheiro de Almeida**

**Raquel de Brito**

**Gabriely Cristina Agostineto**

**Júlia Eduarda Hentz**

**Rafael Terras**

**Jorge Luiz Haack**

**RESUMO:** Tendo em vista a problemática gerada em todos os âmbitos, resultante da exploração do meio ambiente desde a Revolução Industrial no século XX, surgem os ordenamentos legais do direito ambiental que visam assegurar o desenvolvimento sustentável do país. Quando um crime ambiental é denunciado ou presenciado pelos órgãos de fiscalização existe a possibilidade do autor realizar a recuperação da área afetada visando devolver ao meio ambiente a mesma condição antes da intervenção. Embora exista embasamento legal para crimes ambientais e alternativas para recuperar e mitigar os impactos causados, ainda existem lacunas nos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) que são encaminhados

como defesa para a Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina, resultando na recusa do projeto e consequentemente sua não implantação. Com base nas falhas encontradas, o presente trabalho objetivou a elaboração e o teste de uma ferramenta que instrui os responsáveis pela execução dos projetos a fim de que sigam um padrão consoante ao esperado pelo órgão fiscalizador, que por sua vez autoriza a implantação sem ressalvas. A ferramenta foi elaborada com base nas leis ambientais que mais eram motivo de reprovação do PRAD. A fim de testar a efetividade da dessa, durante um mês o órgão fiscalizador entregou juntamente com os autos de infração a ferramenta, todos os envolvidos foram alertados que fazia parte de uma pesquisa não sendo obrigatório o uso, apenas como um instrumento de auxílio na elaboração do PRAD. Foi realizada entrevista semi-estruturada por telefone com os profissionais que receberam a ferramenta e informaram à Polícia Militar que aceitariam fazer parte da pesquisa. Como resultado obteve-se uma ferramenta em forma de check-list que pode ser usada como base para direcionar o técnico responsável no momento da elaboração do projeto, apresentando fundamentação

legal para cada instrução a ser seguida. Todos os tópicos levantados em pesquisa que mais causavam reprovação dos projetos foram inseridos na ferramenta, junto com a fonte legal que o fundamenta, caso o responsável pela elaboração atentasse a todos os tópicos apresentados é esperada a aprovação do projeto, por estar nos conformes da legislação federal, estadual e municipal. Dentre os demais resultados, obteve-se a quantidade de projetos reprovados sem o uso da ferramenta. Por fim, aplicou-se a ferramenta no órgão fiscalizador a fim de analisar a viabilidade em diminuir o número de projetos reprovados. Após a implantação da ferramenta no órgão fiscalizador apenas 44% dos projetos foram aprovados para implantação. Em entrevista com os técnicos responsáveis esses afirmaram que mesmo recebendo a ferramenta, não fizeram uso por preferir usar modelos antigos de projetos que outrora foram aprovados. Vale ressaltar que cada caso deve ser trabalhado de forma isolada conforme preconiza a legislação, por tal motivo a ferramenta serve como base para orientar as equipes responsáveis na recuperação imediata das áreas degradadas e deve ser aplicada isoladamente em todos os novos casos. A ferramenta continha as informações legais que evitariam a recusa de todos os casos reprovados durante o teste. Conclui-se, portanto, que quando aplicada a ferramenta é eficaz, contudo, a consulta na legislação é imprescindível e isso seria facilitado com o uso dessa, é necessário que os elaboradores de PRADs se desprendam dos moldes antigos de projetos e se adequem às mudanças na legislação e particularidade dos casos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Legislação, crimes ambientais, recuperação de áreas.

## 1 | INTRODUÇÃO

Desde a terceira revolução industrial no século XX, a agressão ao meio ambiente tem sido uma realidade presente com crescimento exponencial. São suprimidas áreas de vegetação, gases, vapores e efluentes líquidos são despejados nos corpos hídricos, tudo oculto sob o foco da urbanização e modernização das cidades (SILVA, 2007).

Tendo em vista a problemática gerada em todos os âmbitos, resultante da exploração dos recursos naturais de maneira desenfreada, surge uma preocupação mundial e a Organização das Nações Unidas (ONU) convoca a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano em Estocolmo, que culminou na participação de diversos países sobre temáticas ambientais, até chegar no que hoje tem-se como direito ambiental que preconiza o desenvolvimento sustentável (LOUREIRO; et. al., 2015).

Buscando-se assegurar o desenvolvimento sustentável e defender as leis do direito ambiental, surge a Polícia Militar Ambiental (PMA). Órgão de segurança pública que prevê a proteção do meio ambiente e assegura o cumprimento do disposto na legislação, visto que as esferas administrativa e civil não são suficientes para a tutela de tal bem jurídico (RASLAN; et.al., 2013).

Trabalhando de maneira preventiva e reparativa, a Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina é um órgão da segurança pública especializado em direito ambiental, servindo a população de maneira a defender e proteger o meio ambiente. Atua na defesa à mata nativa, áreas de proteção permanente, animais silvestres, contra pesca irregular, caça e

maus tratos além de atividades na educação ambiental (SANTA CATARINA, s.a.).

A Polícia Militar Ambiental recebe denúncias e constata os crimes ambientais e segue rigoroso padrão operacional que sucede na abertura de um Processo Administrativo de Fiscalização Ambiental, que contempla todos os procedimentos necessários para que o autor do crime ambiental responda pelo ato em todas as esferas além de recuperar o dano causado (SANTA CATARINA, s.a.).

A forma utilizada de recuperar os danos causados que a polícia militar exige é a apresentação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) onde o autuado deverá elaborar um projeto para recuperação do dano causado no ambiente, geralmente elaborado por engenheiros certificados pelo Conselho Regional de Engenharias e Agronomia (CREA) além de apresentar Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) para assegurar a recuperação do dano (CUNHA; GUERRA, 2013).

Está preconizado na Constituição da República Federativa do Brasil, no capítulo VI, no Artigo 225, em seu §1º parágrafo I, que cabe ao Poder Público a preservação e restauração de processos ecológicos essenciais, além de garantir manejo ecológico de espécies e também ecossistemas. Além da responsabilidade do cidadão que onde cita no § 3º do mesmo artigo na Carta Magna que será sujeito às sanções penais e administrativas e isso independente da obrigação da recuperação dos danos, todos os infratores sendo pessoas físicas ou jurídicas (BRASIL, 1988).

Visando o cumprimento da legislação, ao acontecer crime de exploração de recursos naturais é necessária apresentação de PRAD, que consiste em um plano ou projeto de recuperação de áreas que sofreram degradação de suas condições naturais, que tem como objetivo a criação e implantação de um roteiro sistemático, com informações específicas e técnicas, divididas em etapas previamente organizadas, visando recuperar a área degradada ou perturbada, objetivando alcançar os resultados esperados pelo PRAD (ALMEIDA, 2016).

A Portaria nº 143/19 (IMA; CPMA, 2019) traz as diretrizes para a elaboração dentro dos moldes e orienta acerca da elaboração do PRAD, contudo, mesmo com a fundamentação legal à disposição do técnico responsável, ainda é comum que muitos projetos sejam enviados com desconformidade. Esses erros nos projetos, que resultam na reprovação são reincidentes na história, conforme prova a pesquisa de Skowronski realizada no mesmo local em 2017, resultando nos dados apresentados na Figura 1.

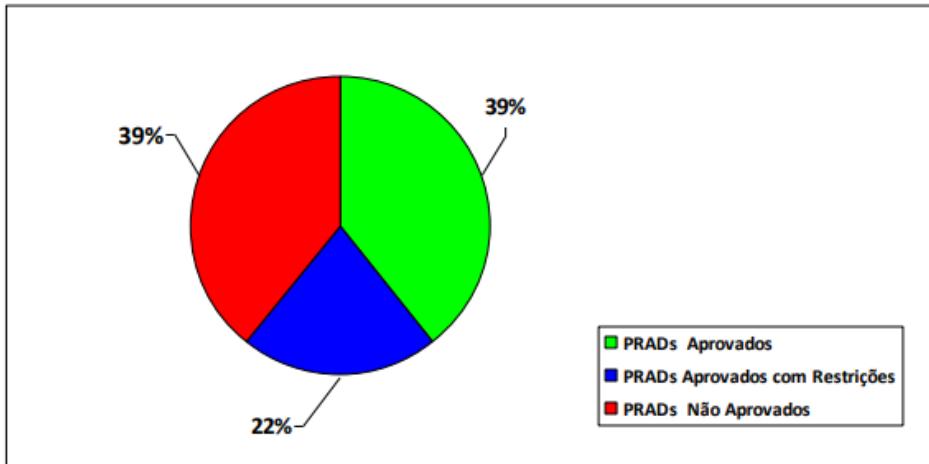


Figura 1 – Histórico da avaliação de PRADs de 2017

Fonte: Adaptado de Skowronski (2019).

A pesquisa fez levantamento de 69 PRADs, o total do ano de 2017, obtendo um dado geral para aquele ano, onde apenas 27 foram aprovados na íntegra, sendo outros 15 aprovados com restrições e 27 reprovados. Os principais erros apontados pelo autor que justificam a reprovação foram: falta de cronograma, área inferior à degradada, não prever remoção de construções e também poucas alternativas e informações acerca das alternativas de recuperação e uso de espécies exóticas ao invés de nativas (SKOWRONSKI, 2019).

Dentro desse contexto, percebe-se que para que os danos ao meio ambiente sejam mitigados, a segurança pública tem papel determinante, assegurando o cumprimento das leis do direito ambiental, protegendo o meio ambiente contra crimes e mitigando os impactos já causados, através de ações públicas e auxílio da comunidade com suas denúncias.

## 1.1 Objetivo Geral

Analizar a viabilidade de uma ferramenta para auxílio aos técnicos responsáveis pela elaboração dos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas dos Processos Administrativos de Fiscalização Ambiental da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina em Chapecó/SC.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar uma ferramenta para orientação dos técnicos responsáveis pela elaboração dos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas nos moldes solicitados pela Polícia Militar Ambiental;
- Identificar a quantidade de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas aprovados e recusados, antes da aplicação da ferramenta, na Polícia Militar

Ambiental do Estado de Santa Catarina;

c) Testar viabilidade da ferramenta na elaboração e aprovação dos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas.

## 2 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.1 Ferramenta

Percebe-se que erros recorrentes são encontrados nos PRADs enviados para análise do órgão fiscalizador estudado, nesse caso a Polícia Militar Ambiental, para que tal problema seja amenizado os engenheiros e técnicos responsáveis precisam de um direcionamento sobre quais os quesitos principais do PRAD e quais as fundamentações legais o órgão leva em consideração para a análise. O uso de uma ferramenta de orientação é uma alternativa para diminuir o número de projetos sendo recusados por problemas periódicos.

Durante o estudo foi elaborado um documento, que se trata de uma ferramenta de auxílio aos técnicos responsáveis pela elaboração dos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs), Quadro 1, que devem ser entregues como parte de defesa dos Processos Administrativos de Fiscalização Ambiental da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina em Chapecó/SC. Para que o projeto seja aprovado pelo órgão fiscalizador, deve seguir os requisitos apresentados, os quais são exigidos pela Polícia Militar Ambiental para a recuperação de crimes contra a flora. A apresentação de todos os itens a seguir assegura a aprovação do PRAD para que seja implantado.

Descrição	Fundamento
O dano é reversível?	Art. 69, § 2º. Em situações em que a recuperação do dano ambiental mostrar-se impossível, deverá a Autoridade Ambiental Fiscalizadora determinar com base em parecer técnico, a sua compensação ainda que financeira, cujo montante determinado deverá ser creditado junto ao FEPEMA (Portaria IMA/CPMA nº 143/19).
O PRAD prevê recuperação na área exata do dano, conforme coordenadas geográficas apresentadas no Auto de Infração Ambiental?	Art. 69, § 1º. Em se tratando de supressão de vegetação nativa sem a devida autorização, a recuperação deverá ocorrer na área onde efetivamente ocorreu o dano, sendo vedada a compensação, salvo em casos que o dano seja irreversível e a compensação proposta seja mais vantajosa ao meio ambiente, comprovada em projeto apresentado pelo administrado e reconhecida pelos órgãos executores da Política Estadual de Meio Ambiente (Portaria IMA/CPMA nº 143/19).
As dimensões da área apresentadas no Auto de Infração Ambiental são as mesmas apresentadas no PRAD?	Art. 69, §1º – Portaria IMA/CPMA nº 143/19.

Usa técnicas conjugadas para recuperação do dano e à regeneração natural do ambiente. Ex.: poleiros artificiais, transposição de solo (serrapilheira) e transposição de galharias?	Art. 61 - § 13 - III - plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas (Lei 12.651/2012).
O plantio será feito apenas com mudas nativas da região em que o crime foi cometido, com espécies pioneiras em plantio aleatório?	Art. 26 § 3º No caso de reposição florestal, deverão ser priorizados projetos que contemplem a utilização de espécies nativas do mesmo bioma onde ocorreu a supressão (Lei 12.651/2012).
Será previsto o isolamento da área onde ocorrerá plantio?	A providência do isolamento é conveniente para evitar a entrada de animais na área do plantio e destruir os brotos (SILVA, 2013).
A quantidade de mudas plantadas são suficientes para recuperar o dano em toda a área prejudicada?	Os espaçamentos podem variar em função do relevo, do tipo de vegetação a ser restaurado e da velocidade com que se quer recobrir o solo. Os espaçamentos mais usuais são 2m x 2m (2.500 plantas/ha) e 3m x 2m (1.667 plantas/ha) (EMBRAPA, 2012).
As edificações, canalizações ou quaisquer tipos de construções realizadas em área ilegal, foram completamente removidas do local?	Art. 66. A sanção de demolição de obra poderá ser aplicada pela Autoridade Ambiental Fiscalizadora, garantido o contraditório e ampla defesa, quando: I – verificada a construção de obra em área ambientalmente protegida em desacordo com a legislação ambiental, ou II – quando a obra ou construção realizada não atenda às condicionantes da legislação ambiental e não seja passível de regularização (Portaria IMA/CPMA nº 143/19).
Apresentada Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) juntamente com o projeto?	Art 119, § 1º. A comprovação da recuperação da área degradada deverá ser feita pelo autuado através de relatório técnico assinado por profissional habilitado, obrigatoriamente acompanhado de Anotação de Responsabilidade Técnica – ART ou Anotação de Função Técnica – AFT expedida pelo conselho regional de classe do profissional, comprovando a atribuição técnica profissional do relatado (Portaria IMA/CPMA nº 143/19).
É apresentado no projeto o cronograma?	§ 2º. [...] o termo de compromisso conterá: IV – o anexo [...] os cronogramas físico e financeiro de implementação do projeto aprovado (Portaria IMA/CPMA nº 143/19).

Quadro 1 – Ferramenta elaborada

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Tendo em vista a necessidade desse direcionamento específico para o técnico quando elabora um projeto destinado especificamente à PMA, essa alternativa é entregue ao autuado pelo crime ambiental juntamente com as atas de audiência e o indivíduo deve repassar ao técnico contratado para elaborar o projeto que visa reverter o dano causado. Uma ferramenta que abrange dez tópicos a serem atentados.

Foi realizado junto à SETEC do 2º Batalhão de Polícia Militar Ambiental o levantamento do número de projetos que foram recebidos entre os meses de julho e agosto através da análise documental dos PAFA's constantes no SGPe, observando a decisão tomada pelo órgão fiscalizador acerca de cada PRAD visando recuperar o crime ambiental cometido.

No mês de julho, 12 PRADs foram avaliados durante o mês, desses 8 foram

aprovados e 4 reprovados, totalizando 66,6% de aprovação e 33% de recusa dos projetos recebidos. Durante o mês de agosto, 15 PRADs foram recebidos e avaliados pela SETEC, desses 7 foram aprovados e 8 reprovados, sendo 46,6% de aprovação e 53,3% de reprovação. Esses dados são semelhantes aos dos meses anteriores e também anos anteriores, conforme comprova a pesquisa de Skowronski (2019). O Gráfico 1 apresenta os dados obtidos de aprovação e reprovação de todos os projetos avaliados entre os meses julho e agosto.

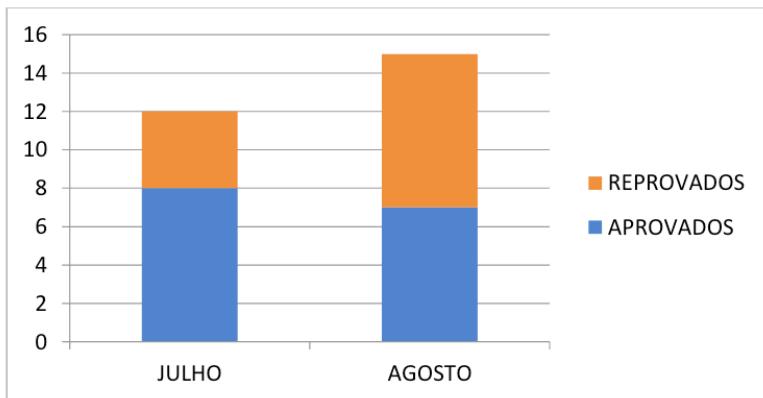


Gráfico 1 – Análise dos PRADs avaliados em julho e agosto

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Os dados obtidos poderiam ter a aprovação próxima dos 100% uma vez que o técnico responsável é capacitado para realização de projetos que visem atingir completamente os objetivos de recuperação das áreas que sofreram dano, contudo, todas as especificações da legislação utilizada pela PMA, como a Portaria nº 143/19, por vezes são ignoradas nos projetos, o que resulta na reprovação.

## 2.2 Teste de viabilidade da ferramenta

A ferramenta foi aplicada no período que compreendeu os dias 02/09/2019 até 04/11/2019, para que fossem contabilizados 2 meses de comparativo em relação aos meses analisados sem ferramenta. O resultado de PRADs avaliados nesse período com o uso da ferramenta foi menor ao anterior, visto que a maioria dos projetos avaliados nesse período foi reenvio de PRADs previamente recusados. Apenas 3 projetos foram elaborados após o início do teste da ferramenta de auxílio.

Dos 3 PRADs avaliados, apenas um foi aprovado cumprindo todos os requisitos apresentados na ferramenta, sendo outros dois recusados, pelos mesmos erros já observados em pesquisas anteriores, um deles não previa a remoção da canalização construída em um rio e o outro não previa recuperação no local exato do dano.

Tais situações foram previstas durante a construção da ferramenta, como se observa nos Quadro 3 o que é legalmente disposto sobre a recuperação se dar efetivamente na coordenada geográfica igual a que sofreu dano, já no Quadro 9 é disposto sobre a obrigatoriedade de remover quaisquer tipos de construções feitos na área, como o caso da canalização que não foi prevista no PRAD.

A leitura na íntegra da ferramenta e a consonância com o disposto nos 10 tópicos elaborados iriam garantir a aprovação desses projetos que foram recusados, contudo ainda foi maior o número de recusas. O Gráfico 2 apresenta os resultados do mês de setembro apenas, visto que no mês de outubro nenhum PRAD com o uso da ferramenta havia sido entregue. O índice de aprovação foi de 33,33% e de reprovação de 66,67%.

A reprovação dos 66,67% dos PRADs avaliados se deu devido ao não cumprimento do disposto na Portaria nº 143/19 nos artigos Art. 69, § 1º – Portaria IMA/CPMA nº 143/19 que dispõe sobre a área a ser recuperada e o Art. 66 que apresenta informações acerca da remoção de construções e canalizações na área protegida. Sendo erros recorrentes que aconteceram mesmo após a existência da ferramenta que tinha como objetivo evitar tais situações.

Os erros se deram da mesma maneira como antes já observados por pesquisadores, apresentados nos demais estudos Skowronski (2019), a situação já histórica é que os tópicos específicos da Portaria do IMA/CPMA tem sido evitados, gerando um retrabalho para a equipe técnica da Polícia Militar Ambiental que solicita novo PRAD e para o engenheiro que precisa elaborar novamente o projeto.

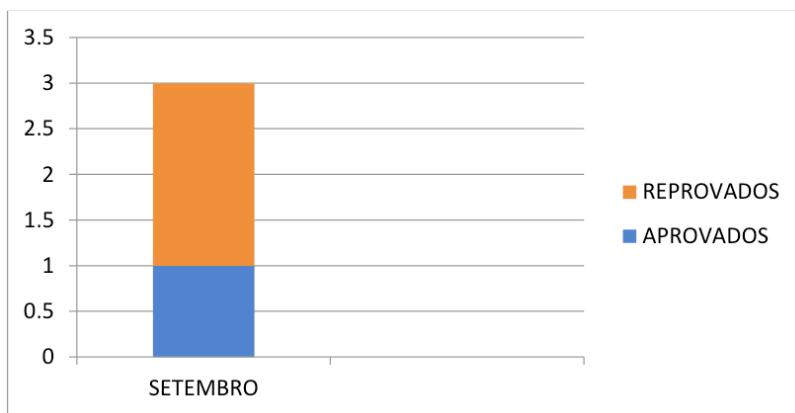


Gráfico 2 - Análise dos PRADs avaliados em setembro

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Percebeu-se também a negligencia do Artigo 225 § 3º da Carta Magna, visto que os autuados ou mesmo os engenheiros responsáveis por elaborar os PRADs deveriam,

independente do pagamento de multas e cumprimento das sanções penais administrativas, reparar o dano ambiental causado. É observado tal diretriz sendo ignorada, uma vez que não é prevista a reparação do dano ambiental, mas sim projetos que objetivam reparar apenas parcialmente os danos causados.

A legislação é de conhecimento específico dos profissionais além de ser documento público de livre acesso por todos os cidadãos. Mesmo assim a situação pode ser justificada pela falta de conhecimento da lei. Outra justificativa é a tentativa de reparar apenas parcialmente os danos, compensar em outras áreas para continuar a usufruir da área desmatada, seja para culturas agrícolas, construções ou mesmo estética da propriedade, contudo a PMA é muito específica no que preconiza a lei, resultando em tentativas invalidadas e necessidade de cumprimento integral do dispositivo de lei em novo projeto.

### **3 I CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conclui-se a partir dessa pesquisa que a inconsistência dos projetos de recuperação de áreas degradadas enviados ao 2º Batalhão de Polícia Militar Ambiental em relação ao preconizado na lei é uma situação reincidente, que resulta em tempo demasiado para recuperação do dano causado, retrabalho para a equipe que elabora o projeto e para o órgão fiscalizador.

Visando agilizar o tempo de início da aplicação dos projetos para recuperar as áreas, sem que essas percam sua viabilidade tendo em vista a fase sucessional que se encontrava no momento do dano, como resultado de um dos objetivos foi elaborada uma ferramenta que aborda os principais tópicos da literatura e legislação vigente aplicada pela PMA. Tendo como objetivo direcionar os técnicos responsáveis no momento da elaboração, evitando resultar um projeto incoerente com o esperado pelo órgão fiscalizador e consequentemente reprovação do projeto.

Para fins comparativos, também resultado de um dos objetivos da pesquisa, foi feito um levantamento histórico do número de projetos que haviam sido avaliados durante 2 meses durante a realização do estudo, dessa observação o resultado obtido foi de 44,45% de retenção dos 27 projetos avaliados no período observado. A intenção é que esse número seja nulo, com 100% dos projetos sendo aprovados para implantação.

Como último objetivo que visou diminuir o número de projetos reprovados a ferramenta elaborada foi implantada na PMA por período igual ao avaliado como comparativo (2 meses). Os administrados recebiam a ferramenta nas audiências conciliatórias e repassam aos engenheiros responsáveis pela elaboração dos projetos que deveriam aplicá-la. O resultado obtido foi de 66,67% no índice de retenção, maior que no período anterior.

Em entrevistas com os engenheiros responsáveis pela elaboração dos PRADs, as informações recebidas foram de que o administrado não repassou a ferramenta ou que preferiram usar modelos de projetos próprios anteriormente já aplicados dispensando o uso

da ferramenta. Contudo, tal ação resultou na reprovação dos projetos, uma vez que cada caso é isolado e deve ser observado especificamente e a legislação deve ser atentamente observada.

Para dar sequência ao estudo um maior tempo de teste poderia ser aplicado, assim observando os pontos específicos a melhorar. Seria necessária uma abordagem diferente junto aos engenheiros com objetivo de instruir e incentivar acerca do cumprimento da lei vigente evitando assim demasia de tempo na reparação das áreas danificadas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Danilo Sette de. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Editora: UESC, 3<sup>a</sup> edição, Ilhéus – BA, 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 05 de outubro de 1988. 10. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1988.

CUNHA, Sandra Batista da; GUERRA, Antonio José Teixeira, **Avaliação e Perícia ambiental**, 14<sup>a</sup>ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE, IMA; COMANDO DE POLICIAMENTO MILITAR AMBIENTAL, CPMA. **Portaria IMA/CPMA Nº 143 de 6 de jun 2019**. Disponível em: <http://www.ima.sc.gov.br/index.php/fiscalizacao/portaria-ima-e-pma>. Acesso em: 29 ago. 2019.

LOUREIRO, Carlos Frederico; et. al.. **Pensamento ambientalista numa sociedade em crise**. Ed. Nupem/UFRJ, Macaé, 2015. Disponível em: <https://bitly.com/ZTxKaPPv>. Acesso em: 10 set. 2019.

RASLAN, Alexandre, et. al.. **Crimes Ambientais**: Comentários à Lei 9.605/98. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

SANTA CATARINA. Polícia militar do estado de Santa Catarina. **Atividades Polícia Militar Ambiental**. s.a. Disponível em: <http://www.pm.sc.gov.br/institucional/atividades/>. Acesso em: 13 ago. 2019.

SANTA CATARINA. Polícia militar do estado de Santa Catarina. **Modalidades de policiamento**. s.a. Disponível em: <http://www.pm.sc.gov.br/>. Acesso em: 26 mar. 2018.

SILVA, Odair Vieira da. Sistemas produtivos, desenvolvimento econômico e degradação ambiental. **Revista Científica Eletrônica de Turismo**. Garça: Faef, 2007.

SKOWRONSKI, Paulo Cesar. Análise da Viabilidade dos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas, apresentados junto à Polícia Militar Ambiental nos Processos Administrativos de Fiscalização Ambiental. **Revista Técnologica**. Chapecó – SC, 2019. Disponível em: <https://uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/view/322>. Acesso em: 12 set. 2019.

## CAPÍTULO 16

# USO DOS RESÍDUOS DE PEDRA MORISCA DA CIDADE DE CASTELO DO PIAUÍ NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

---

*Data de aceite: 01/11/2022*

**Jamie Lívia da Costa Soares Farias**

Centro Universitário Santo Agostinho,  
Teresina, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0003-3321-8156>

**Letícia Queiroz Monteiro**

Centro Universitário Santo Agostinho,  
Teresina, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-9159-227X>

**Linardy Moura de Sousa**

Centro Universitário Santo Agostinho,  
Teresina, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-3396-8080>

**Laércio Guedes do Nascimento**

Centro Universitário Santo Agostinho,  
Teresina, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0003-3321-8156>

**Amanda Fernandes Pereira da Silva**

Centro Universitário Santo Agostinho,  
Teresina, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0001-7616-8166>

**RESUMO:** Os agregados artificiais oriundos de rochas ornamentais, em especial a pedra Morisca, se tornaram uma boa alternativa na produção de concretos e redução dos impactos ao meio ambiente. Com isso, a pesquisa objetiva analisar a

viabilidade técnica do reaproveitamento do pó da pedra Morisca na produção de concreto. Sua metodologia é de cunho quantitativo e experimental. Com a coleta de dados realizada in loco pôde-se analisar a extração da pedra, conhecer e registrar as etapas, os métodos de extração, as ferramentas utilizadas pelos operários e observar o desperdício do material. A análise de dados foi feita com a confecção dos corpos de prova com substituição parcial do aglomerante pelo pó da pedra Morisca (PM) com 5%, 7,5%, 10% e 12,5 % em massa, e realizado ensaios de granulometria, de consistência e de resistência à compressão simples. Dentre os resultados, no ensaio de resistência à compressão, observou-se que o traço de referência não atingiu o valor de resistência esperado de 25 Mpa. Na amostra com 5% a resistência diminuiu, com 7,5% houve um aumento e partir das demais substituições tornou a diminuir. Em todos os traços não se obteve a resistência especificada, sendo assim, nenhum dos traços tornou-se viável para a utilização em concretos estruturais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo de pedra1; material alternativo2; resistência à compressão3.

**ABSTRACT:** Artificial aggregates from ornamental rocks, especially Morisca stone, have become a good alternative in the production of concrete and reduction of impacts on the environment. With this, the research aims to analyze the technical feasibility of reusing the powder of Morisca stone in the production of concrete. Its methodology is quantitative and experimental. With the data collection carried out in loco, it was possible to analyze the extraction of the stone, to know and record the steps, the extraction methods, the tools used by the workers and to observe the waste of the material. Data analysis was performed with the preparation of specimens with partial replacement of the binder by Moriscoca stone powder (PM) with 5%, 7.5%, 10% and 12.5% by mass, and granulometry tests were performed, consistency and simple compressive strength. Among the results, in the compressive strength test, it was observed that the reference trace did not reach the expected strength value of 25 Mpa. In the sample with 5% the resistance decreased, with 7.5% there was an increase and from the other substitutions it decreased again. In all traces, the specified strength was not obtained, therefore, none of the traces became viable for use in structural concrete.

**KEYWORDS:** Stone residue1; alternative materia2; compressive strength3.

## 1 | INTRODUÇÃO

O concreto é o principal material de construção da atualidade por suas várias formas em que se apresenta, por exemplo, como simples, armado, protendido etc. Sendo um elemento composto por cimento, água, agregado miúdo, agregado graúdo, além do ar, podendo ou não, conter aditivos e adições para melhorar ou até mesmo modificar suas propriedades, afim de promover o melhor desempenho. É essencial que a dosagem possua uma mistura ideal de uma maneira econômica com os materiais disponíveis na região (COUTO *et al.*, 2013) [1].

As propriedades que são fundamentais desse material são: estabilidade direcional, resistência e durabilidade. Porém a que mais se destaca e necessita de maior controle é a resistência, onde tem uma proporção inversa com quantidade de vazios (porosidade) e esta por sua vez possui relação direta com o fator água-cimento, onde quanto mais poroso for a microestrutura será menos resistente. Por isso é essencial fazer uma boa escolha dos materiais apropriados e de suas proporções (MEHTA; MONTEIRO, 2008) [2].

Assim, os agregados artificiais oriundos de rochas ornamentais tornaram-se uma alternativa útil não somente por melhorar as propriedades do concreto substituindo total ou parcialmente o cimento portland, mas como alternativa para diminuir os agravantes dos impactos ao meio ambiente através da extração da areia natural. O excedente que antes seria descartado na natureza seja utilizado como agregado miúdo. (NASCIMENTO, 2018) [3].

A pedra Morisca se inclue como um resíduo especial por ser bastante utilizado no Brasil e países afora. É formada por camadas contínuas e espessuras variáveis no qual seu aproveitamento é controlado pela fratura e a variação da composição dessas camadas constituintes, que é um fator primordial para que a rocha se quebre em camadas (folhas),

fator condicionante para o aproveitamento na jazida como utilização ornamental e como revestimento (DREYER, 2016) [4].

Por esse motivo, ao se falar em concreto, é notável a busca incessante por novos meios que darão mais economia ao construir, e é por isso já existem vários estudos como também aplicações de alternativas para a reutilização dos resíduos dos processos de lavra e de beneficiamento da pedra morisca. Um exemplo é o recorte primário das rochas sendo reutilizados na própria pedreira e como forma de artesanato, e já os resíduos da porção secundária, podem ser reutilizados mais especificamente na construção civil na indústria cimentícia, em argamassas, e no caso desse estudo, são reutilizadas no concreto (NUNES, 2020) [5].

Diante disso, este artigo tem como intuito avaliar a viabilidade em se produzir concreto com o pó residual gerado através do beneficiamento da pedra de Castelo.

## 2 | METODOLOGIA

A metodologia é do tipo quantitativa, visto que utilizar o pó da pedra na produção do concreto, todas as características devem ser avaliadas, principalmente quando se refere a novos tipos de materiais como é o caso da pedra Morisca, onde a viabilidade técnica dependerá dos resultados dos testes sobre o comportamento deste quando atribuído ao concreto.

Para análise dos dados, registros fotográficos foram realizados para auxiliar na elaboração da demonstração do ensaio de granulometria, visto que ajuda a examinar e relacionar o tamanho dos grãos em relação aos outros durante o peneiramento, assim como a numeração das peneiras. Após isso o material foi incorporado ao concreto fresco no laboratório. Os ensaios efetuados afim de comparar o concreto com resíduo da rocha com o natural foram: granulometria, consistência e resistência à compressão.

### 2.1 Materiais

#### 2.1.1 Cimento Portland

O cimento utilizado foi o Cimento Portland CII32-E, da marca POTY, adquirido no comércio local na cidade de Teresina/PI (Figura 1). O material estava em perfeito estado de conservação, anteriormente foi armazenado em ambiente fechado, seco e sem presença de umidade, sem contato direto com o chão, distante a 10 cm e 30 cm da parede.



Figura 1 – Cimento Portland [Autoria própria]

### 2.1.2 Agregado Graúdo

O agregado graúdo utilizado, Figura 2, foi do tipo seixo e estava ausente de matéria orgânica.



Figura 2 – Agregado graúdo (Seixo) [Autoria própria]

### 2.1.3 Agregado Miúdo

O agregado miúdo foi areia natural fina (0,018 mm), ver Figura 3.



Figura 3 – Agregado miúdo (Areia) [Autoria própria]

#### 2.1.4 Água de amassamento

A água de amassamento usada foi disponibilizada pelo Centro Universitário Santo Agostinho. Esta possui características físicas e químicas adequadas para a produção do concreto, ver Figura 4.



Figura 4 – Água de amassamento [Autoria própria]

#### 2.1.5 Resíduo de beneficiamento da pedra Morisca

As jazidas de extração da pedra morisca ficam localizadas na cidade de Castelo do Piauí, esta se encontra na zona rural da cidade, à 189,3 Km da capital Teresina. A empresa estudada, dedica-se à extração, beneficiamento e exportação de rochas ornamentais, principalmente pedra morisca e é bastante importante para o setor econômico local, do estado e até mesmo para o país visto que promove exportação para vários países.

Foi utilizado o pó do resíduo da pedra Morisca gerado no processo de beneficiamento,

onde ocorre o corte ou polimento e foi usado para substituição parcial como aglomerante. O pó utilizado foi mantido com os mesmos cuidados do cimento e foi destorrado antes do amassamento, está representado na Figura 5.



Figura 5 – Pó da pedra Morisca [Autoria própria].

### 2.1.6 Confecção de Corpo de Prova

Os traços foram constituídos por Cimento Portland, areia natural, seixo e pó de pedra Morisca em suas devidas proporções de 1: 2,4: 3,28, para obtenção de um  $f_{ck}$  de 25 Mpa, tomando como referência o traço com 100% de cimento portland (TR). No total foram feitos cinco traços, o traço de referência (TR), e mais quatro com substituição parcial do aglomerante cimento portland pelo pó da pedra Morisca (PM) com 5%, 7,5%, 10% e 12,5% em massa. A relação a/c é de 0,64 para o TR e foi repetida para as demais proporções, ver na Tabela 2.

Substituição (%)	Cimento kg	Areia Natural (kg)	PM (kg)	Seixo (kg)	Fator a/c
TR	7,00	16,8	0	22,96	0,64
5%	6,65	16,8	0,350	22,96	0,64
7,5%	6,475	16,8	0,525	22,96	0,64
10%	6,30	16,8	0,700	22,96	0,64
12,5%	6,125	16,8	0,875	22,96	0,64

Tabela 2 – Proporção das misturas [6]

Os dados da Tabela 2, estão de acordo com os parâmetros de segurança da NBR 6118/2021 [7] entre a classe de agressividade e qualidade do concreto.

### *2.1.7 Moldagem e cura dos corpos de prova (cp's)*

Foram moldados três corpos de prova cilíndricos com dimensões de (100x200) mm para cada traço definido como mostra na Figura 6, totalizando 15 corpos de prova. Em seguida foram curados inicialmente nas primeiras 24h, após isso foi realizado o desmolde e colocados em cura úmida em um tanque com água até os 28 dias a partir do término da moldagem, como mostram as Figuras 6 e 7. A moldagem foi realizada conforme diretrizes da NBR 5738:2015 [8].



Figura 6 – Moldagem de corpo de prova [Autoria própria]



Figura 7 – Cura úmida [Autoria própria]

### *2.1.8 Ensaios realizados*

#### *2.1.8.1 Granulometria*

Realizou-se a caracterização dos resíduos da pedra Morisca para a determinação da distribuição granulométrica e dimensão máxima característica. Foi realizada por peneiramento com o agitador de peneiras, conforme a NBR NM 248:2003 [9], afim de obter

granulometria uniforme para ser usada como aglomerante e verificar o diâmetro médio, o peneiramento está representado na Figura 8.



Figura 8 – Ensaio de peneiramento [Autoria própria]

Durante o ensaio de peneiramento foi colocado a amostra na peneira de 9,5 mm e ligado o agitador de peneiras. Ao final do processo foi pesado o material retido em cada peneira e calculado a porcentagem em relação a amostra total, também foi identificada o diâmetro médio.

### 2.1.9 Ensaio do concreto - estado fresco

#### 2.1.9.1 Consistência

O ensaio de consistência foi realizado por meio de ensaio de abatimento do tronco de cone de acordo com a NBR NM 67:1998 [10] e foi feito para cada traço e verificado os valores de abatimento em milímetros. A Tabela 3 a seguir mostra os tipos de trabalhabilidade para usar como parâmetro.

Tipo de trabalhabilidade	Abatimento (mm)
Abatimento zero	0
Muito baixa	0-10
Baixa	15-30
Média	35-75
Alta	80-155
Muito alta	160 ao colapso

Tabela 3 – Tipos de trabalhabilidade e variações de abatimento [11]

## 2.1.10 Ensaio do concreto - estado endurecido

### 2.1.10.1 Resistência à compressão

Foram utilizados seis corpos de prova, para cada traço com dimensões de (100x200) mm, aos 28 dias de cura, seguindo a NBR 5739:2018 [12]. O ensaio foi realizado com a aplicação de uma prensa hidráulica, disponibilizada pelo laboratório de concreto do Centro Universitário Santo Agostinho.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização granulométrica do pó da pedra Morisca

Para a análise da distribuição granulométrica (Tabela 4) foram realizados dois ensaios, com o intuito de verificar se houve notável variação no somatório de massa retida em relação a cada peneira. Acerca disso foi verificado que as maiores variações foram nas peneiras de 1,8 e 0,3 mm, o equivalente a 0,33%, já sobre a massa retida média em porcentagem foi obtido os valores de 0,0%; 0,0%; 0,42%; 6,60%; 12,56%; 19,03%, 12,56%, 8,63% e 40,21% para as peneiras de 9,5 mm; 6,3mm; 4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 0,6mm; 0,3mm; 0,15mm e fundo, respectivamente, resultando em grande quantidade de finos.

Abertura da malha das peneiras (mm)	a) massa fina seca (g)=	500		Massa retida Var. + 4%	Massa retida média (%)	Massa Retida Acum. (%)			
	b) massa fina seca (g)=	500							
	Massa retida (g)		Massa retida (%)						
	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b					
9,5	0	0	0,0%	0,0%	0%	0%	0,00%		
6,3	0	0	0,0%	0,0%	0%	0%	0,00%		
4,75	2	2,1	0,4%	0,4%	0%	0%	0,42%		
2,36	33,3	31,9	6,8%	6,4%	0%	7%	7,02%		
1,18	61	63	12,4%	12,7%	0%	13%	19,58%		
0,6	94	93,9	19,1%	19,0%	0%	19%	38,61%		
0,3	61	63	12,4%	12,7%	0%	13%	51,16%		
0,15	43	42,2	8,7%	8,5%	0%	9%	59,79%		
Fundo	198	199	40,2%	40,2%	0%	40%	100,00%		
Total	492,3	495,1	-	-	-	-	-		

Tabela 4 – Granulometria do pó da pedra Morisca [Autoria própria]

A partir da massa retida acumulada foi elaborado a curva granulométrica do aglomerante oriundo do resíduo da pedra Morisca, sendo utilizado os dados do ensaio b pois foi o que se obteve menos perdas de massa. Foi observado que o diâmetro médio é 34,90 micrômetros, ou 0,03490 milímetros, o equivalente a 50% da massa acumulada retida, como mostra o Gráfico 1.

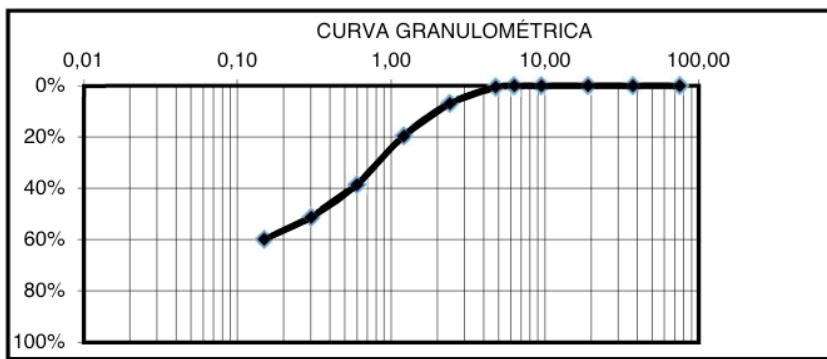


Gráfico 1– Curva de distribuição granulométrica do pó da pedra Morisca [Autoria própria]

De acordo com a NBR NM 46:2003 [13] o material que fica retido por lavagem na peneira de 0,075 mm (Nº 200) é considerado areia e o que passa se enquadra como silte ou argila e após a análise do material e ter constatado que este é muito fino, passando 100%. Com isso, torna-se inviável a utilização como agregado, por isso a pesquisa foi reajustada para ser utilizada como aglomerante, onde sua granulometria se encaixa, o processo do ensaio e a quantidade passante estão representados nas Figuras 9 e 10, respectivamente.



Figura 9 – Ensaio de determinação de material fino passante na peneira de 0,075 mm [Autoria própria]

Durante o ensaio o material foi lavado e percebeu-se que o material passava pela peneira sem dificuldade, demonstrando grande quantidade de finos.



Figura 10 – Material passante na peneira de 0,075 mm [Autoria própria]

Na Figura 10 fica evidente que todo o material passou pela peneira de 0,075 mm, na porção inferior da imagem encontra-se o resíduo na pia.

É importante frisar que não foram encontrados resultados de pesquisas anteriores que contemplam os estudos sobre a utilização do pó da pedra Morisca como aglomerante em substituição parcial pelo cimento Portland. Com isso foi realizado a comparação com outro tipo de pedra. O resíduo de beneficiamento de rocha ornamental (RBRO) estudado é composto principalmente por quartzito, assim como a pedra Morisca, sendo observado que o diâmetro médio é 30,95 micrômetros, ou 0,03095 milímetros, ver Gráfico 2.

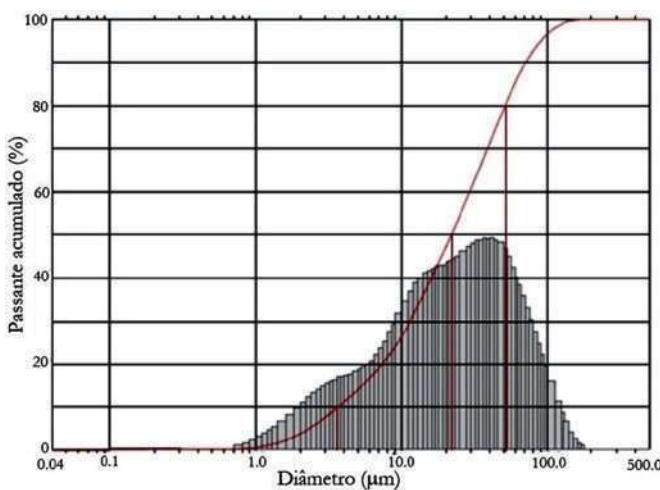


Gráfico 2 – Curvas de distribuição granulométrica do RBRO [6]

Por meio da comparação dos resultados foi possível averiguar que os diâmetros médios se assemelham, porém, a distribuição granulométrica do RBRO fica restrita a 0,001mm a 0,2 mm e o pó da pedra morisca fica na faixa de 0,0015 a 4,75 mm.

### 3.1.1 Consistência

O ensaio foi realizado para cada traço executado, obtendo como resultado de abatimento de 10 mm para o traço de referência (TR), havendo um acréscimo a partir daí, com 13mm para 5% de substituição, 53 mm para 7,5%, 66mm para 10% e 75 mm para 12,5%. Na Tabela 5 está representado os valores encontrados.

% de substituição	Consistência (mm)
TR	10
5	13
7,5	53
10	66
12,5	75

Tabela 5 – Consistência [Autoria própria]

Dante dos resultados encontrados foi comprovado que para o TR e substituição de 5% não foi obtido trabalhabilidade aceitável para o TR, visto os abatimentos tem características muito baixa (0-10) e baixa (15-30), respectivamente. Já as demais substituições obtivem uma consistência média (35-75), ver Figuras 11, 12, 13, 14 e 15.



Figura 11 – Abatimento para o traço de Referência [Autoria própria]

A partir da análise da Figura 12 é possível verificar que o abatimento, portanto a consistência, está muito baixa.



Figura 12 – Abatimento para substituição com 5% do pó da pedra Morisca [Autoria Própria]

A diferença de abatimento do traço anterior para o com substituição tem uma diferença de apenas 3 mm, com característica de consistência baixa.



Figura 13 – Abatimento para substituição com 7,5% do pó da pedra Morisca [Autoria Própria]

A partir da substituição de 7,5% é possível notar que o abatimento tem um aumento mais considerável, nesse traço verificou-se que foi obtido consistência média.



Figura 14 – Abatimento para substituição com 10% do pó da pedra Morisca [Autoria Própria]

A substituição de 10% também trouxe valores de consistência média, assim como o de 7,5%.



Figura 15 – Abatimento para substituição com 12,5% do pó da pedra Morisca [Autoria própria]

Com a substituição de 12,5% notou-se que houve um abatimento bem maior que os demais citados anteriormente, mas ainda se encaixa na consistência média.

De acordo com a Tabela 5 pode-se observar que à medida que aumenta o teor de substituição presente na mistura, também aumenta a trabalhabilidade, fato que pode ser explicado pelo fator do pó da pedra Morisca tenha quantidade de finos menor que o cimento Portland. Para o traço de referência e o com 5% de substituição possuem consistência seca, o que tornam inviáveis para serem utilizados, os com substituição de 7,5% tem consistência plástica e os com 10% e 12,5% estão na faixa de consistência branda. Sendo assim os três últimos citados se enquadram na zona aceitável para ser utilizado na construção civil como concreto estrutural, com a observação de que deve seguir um parâmetro para cada tipo de construção.

### 3.1.2 Resistência à compressão

Obedecendo os procedimentos da NBR 5739/2018 [12], os valores encontrados de resistência nos 28 dias de cura estão representados na Tabela 6.

% de substituição	Resistência a compressão aos 28 dias (Mpa)
TR	10,94
5%	8,29
7,5%	14,63
10%	12,81
12,5%	8,61

Tabela 6 – Ensaio de resistência à compressão [Autoria própria]

No traço de referência TR foi obtido o valor de 10,94 Mpa e para o traço com 5% houve uma diminuição para 8,29 Mpa. Já para 7,5% de substituição encontrou-se 14,63 Mpa, em 10% foi de 12,81 MPa e para 12,5% o valor de 8,61 Mpa. Na Figura 16 demonstra com detalhes os resultados encontrados no ensaio de compressão uniaxial.

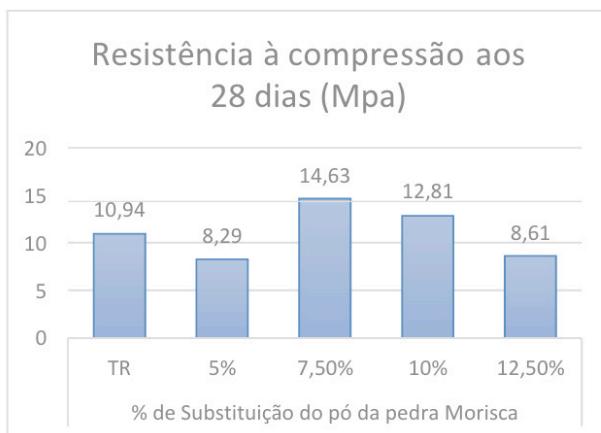


Figura 16 – Resistência à compressão [Autoria própria]

Ao analisar os resultados, observou-se que o traço de referência não atingiu o valor de resistência esperado que seria de 25 Mpa. Na medida que foi feita a substituição para 5% a resistência diminuiu mais, com 7,5% houve um aumento e partir das demais substituição tornou a diminuir. Em todos os traços não obtida a resistência especificada, sendo assim, nenhum dos traços tornou-se viável para a utilização em concretos estruturais.

Fato que deve ser explicado pela escolha do fator água/cimento, que foi iniciado pelo concreto com substituição de 5% de pó da pedra Morisca com intuito de criar um parâmetro para os demais traços, assim foi adotado o fator de 0,64, pois ao colocar água foi observado que o composto continuava seco com as demais quantidades com um fator menor, com isso tornou-se inviável para a obtenção dos requisitos da NBR 6118/2021 [7], que estabelece o fator água/cimento máximo de 0,60 para um concreto armado de 25 MPa, com classe de agressividade II. Tornando esse valor uma possível relação com a diminuição da resistência a compressão.

Os resultados do RBRO no qual foi feito a comparação mostrou valores satisfatórios aos 28 dias, obtendo 29,92 MPa, 29,69 MPa, 29,96 MPa, 28,91 MPa e 25,54 MPa para TR e para as porcentagens de substituição de 5%, 7,5%, 10% e 12,5%, respectivamente (ver Figura 17).

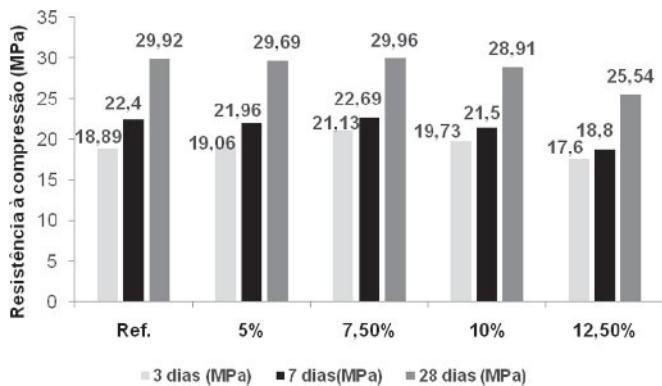


Figura 17 – Resistência a compressão do RBRO [6]

## 4 | CONCLUSÃO

Por meio da análise dos dados obtidos foi possível concluir que o pó da pedra Morisca diminui a resistência à compressão do concreto em todas as substituições adotadas, porém não foi possível comparar com o traço de referência de maneira satisfatória, pois o mesmo não obteve a resistência esperada de 25 MPa, devido ao fator água/cimento adotado no traço de 5% que serviu como parâmetro para os demais traços, ou até mesmo pelo pó da pedra ter teor de finos menor que o cimento portland.

Mas mesmo não atingindo valores positivos para o uso em concretos estruturais, a análise de como o material em questão pode influenciar nas características do concreto como um aglomerante é inovadora e trará benefícios para o campo da ciência e da construção civil. Visto que não há registros de pesquisas sobre esse tema utilizando especificamente a pedra Morisca.

Este estudo traz benefícios para a construção civil no que tange a respeito da

economia do aglomerante cimento Portland, pois a substituição parcial do pó da pedra em questão faz com haja a redução de sua utilização e se julgar pela proporcionalidade em que as obras utilizam a quantidade de concreto, tem-se a noção dessa economia, outro fator é a descoberta de outra opção de aglomerante que poderia ser disponibilizada a indústria da construção civil, a fim de ser utilizada como concreto não estrutural.

## REFERÊNCIAS

- [1] COUTO, J. A. S. et al. O concreto como material de construção. **Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v.1 , n.17, p. 49-58, 2013.
- [2] MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e materiais.** 3. ed.São Paulo: IBRACON, 2008.
- [3] NASCIMENTO, I. E. **Estudo da utilização de resíduo de quartzito como agregado miúdo em concreto convencional.** 2018. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos. 2018.
- [4] DREYER, T. **Potencialidade dos quartzitos do complexo Porongos da região de Torrinhas para seu aproveitamento na construção civil.** 2016. Dissertação (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2016.
- [5] NUNES, T. M. **Estudo de viabilidade da utilização de resíduo de rochas ornamentais na produção de concreto:** uma revisão literária. 2020. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2020.
- [6] TEIXEIRA, F. R.; MAGALHÃES, F. C.; WALLY, G. B.; SELL JÚNIOR, F. K.; PALIGA, C. M.; TORRES, A. S. Uso do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais como substituto parcial ao aglomerante na produção de concretos estruturais. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 501–514, 2020, DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952020000300004>.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738:** Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248:** Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 67:** Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- [11] NEVILLE, A. M.. **Propriedades do Concreto.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888 p. Tradução: Ruy Alberto Cremonini.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739:** Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75  $\mu\text{m}$ , por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

**AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA** - Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA), é Mestranda em Ciência e Engenharia dos Materiais pelo Programa de Pós-Graduação (PPGCM) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Atua na área de pesquisa Materiais Magnéticos, Semicondutores e Semicondutores Magnéticos Diluídos com aplicações antibacterianas sob orientação do Professor Doutor Ramón Raudel e Professora Doutora Francisca Araújo. Além disso, seus temas de interesse são: Construção Civil, Patologia das Construções, Materiais da Construção Civil, Perícia Judicial, Concreto, Análise do Comportamento de Solos, Ensino de Engenharia e Educação à Distância.

**A**

- Anaerobic digestión 135  
Análise de dados 25, 64, 71, 90, 161, 210  
Análise e previsão e análise de lucros 22  
Aplicaciones móviles 115, 119

**B**

- Bagaço de cana de açúcar 9, 10  
Biodegradability indexes 135, 138  
Biodigestor 2, 4, 5, 7  
Biomassa 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 19, 20, 187, 188  
Business Intelligence 64, 65, 66, 70, 75, 84, 85, 87

**C**

- Câmara de ebulação nucleada 167, 168, 169, 172, 179, 180  
Carro elétrico 185, 190, 199  
Carro híbrido 185, 187, 193  
Cellulose 10, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 56, 57, 59, 60  
Composite 10, 43, 44, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 61, 108, 109, 110, 111, 112, 113  
Contact angle 108, 109, 110, 112  
Controle digital 122, 123  
Crimes ambientais 200, 201, 202, 209  
Curva de ebulação 167, 168, 170

**D**

- Dados abertos 64, 66, 69, 72, 75, 84, 85, 86, 87  
Desenvolvimento 1, 2, 3, 7, 8, 11, 23, 25, 26, 62, 66, 67, 69, 76, 85, 91, 92, 105, 106, 149, 153, 154, 155, 156, 158, 161, 162, 164, 186, 187, 198, 199, 200, 201, 209  
Diretrizes curriculares nacionais 153, 154, 155, 156, 157

**E**

- Ebulição nucleada 167, 168, 169, 170, 171, 172, 179, 180, 181, 182, 183  
Edge computing 88, 89, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 105, 106, 107  
Educación básica 115, 116, 117, 120

- Eletrofiação 185, 186, 187, 189, 190, 191, 193, 196, 197  
Energia 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 24, 100, 103, 126, 173, 186, 187, 188, 189, 191, 197, 198  
Epoxy/granite 108  
Escuelas de tiempo completo (ETC) 115, 119  
Escuelas de tiempo regular 115, 117, 119  
Esfuerzo máximo permisible 32, 33, 37, 38  
Espaço de estados 122, 123
- F**
- Factor teórico de concentración de esfuerzos 32  
FEA (análisis de elemento finito) 32  
Formação de bibliotecário 154  
FTIR 108, 109, 110, 111
- G**
- Gypsum 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62
- H**
- Histórico de dados reais 22
- I**
- Inovações em bibliotecas 154
- L**
- Landfill 44, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 148, 149, 150, 151, 152  
Legislação 149, 201, 202, 205, 206, 208, 209  
Lucros na pandemia covid-19 22
- M**
- Material compósito 9, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19
- N**
- Neural network 135, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 151  
Non-linear model 135
- O**
- Observador 122, 123, 131, 132
- P**
- PI Ziegler-Nichols 122

Pnad Continua 64, 65  
Poliestireno expandido 9, 10, 11, 12, 16, 19  
Portland cement 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58  
Pressão 25, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183

## R

Renovável 2, 7, 8  
Rural 1, 2, 3, 4, 5, 7, 88, 108, 214, 226

## S

Séries temporais 22, 23, 24, 25, 28, 30  
Solidworks simulation 32, 38, 40, 41

## T

Tecnologias 9, 11, 90, 91, 105, 153, 154, 155, 156, 158, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 185, 186, 187, 188, 189, 196, 197

## V

Vasos de pressão 167, 168, 169, 173, 176, 177, 179, 180, 182, 183

## W

Waste wood 43, 44  
Wettability 108, 109, 111, 112, 113

# ENGENHARIAS:

## Pesquisa, desenvolvimento e inovação 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)

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

# ENGENHA- RIAS:

Pesquisa, desenvolvimento  
e inovação 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)
- FACEBOOK [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)