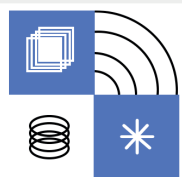


ANAIS DO

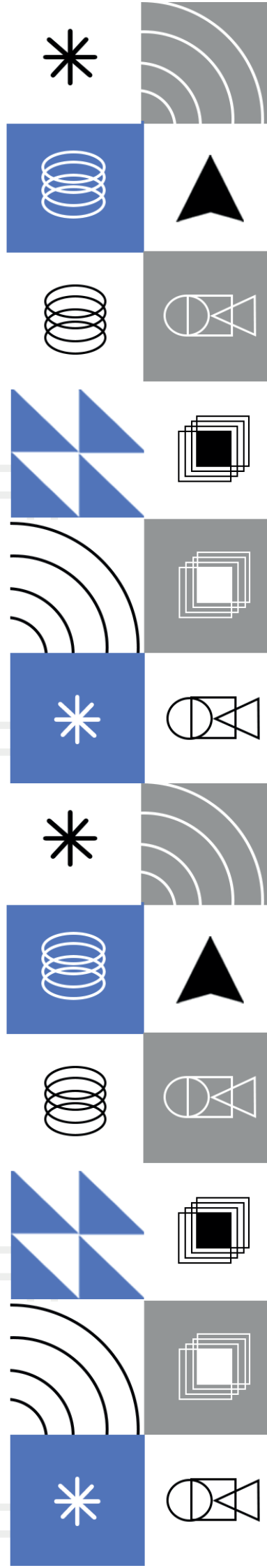


# XV Colóquio

Técnico-Científico do UniFOA

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
Presente e Futuro

# EXATAS, ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA**

# **ANAIS DO XV COLÓQUIO TÉCNICO CIENTÍFICO DO UniFOA**

**Trabalhos completos:  
Exatas, Engenharias e Tecnologias**

**Outubro de 2021**

**FOA**

## EXPEDIENTE

### FOA

#### Presidente

Eduardo Guimarães Prado

#### Diretor Administrativo - Financeiro

Iram Natividade Pinto

#### Diretor de Relações Institucionais

Alden dos Santos Neves

#### Superintendente Executiva

Josiane da Silva Sampaio

#### Superintendente Geral

José Ivo de Souza

### UniFOA

#### Reitora

Úrsula Adriane Fraga Amorim

#### Pró-reitor Acadêmico

Luciano de Azedias Marins

#### Pró-reitor de Educação a Distância e Tecnologias de Ensino

Rafael Teixeira dos Santos

#### Pró-reitora de Extensão

Ana Carolina Callegario Pereira

#### Pró-reitor de Pesquisa e Pós-graduação

Bruno Chaboli Gambarato

#### Pró-reitor de Planejamento e Desenvolvimento

Maximiliano Pinto Damas

#### Procuradora Educacional Institucional

Ivanete da Rosa Silva de Oliveira

#### Editora FOA

#### Editor chefe

Laert dos Santos Andrade

### Editora FOA

[www.unifoa.edu.br/editorafoa](http://www.unifoa.edu.br/editorafoa)

## FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tação Wagner - CRB 7/RJ 4316

C718a Colóquio técnico científico do UniFOA.

Anais do XV Colóquio técnico científico do UniFOA: trabalhos completos: exatas, engenharias e tecnologias. [recurso eletrônico]. / Centro Universitário de Volta Redonda, outubro de 2021. Volta Redonda: FOA, 2021. 213 p.

Comitê organizador: Bruno Chaboli Gambarato; Emanuel Santos Junior; Alexis Aragão Couto; et al.

ISBN: 978-65-88877-37-1

1. Trabalhos científicos. 2. Exatas, Engenharias e Tecnologias.  
I. Fundação Oswaldo Aranha II. Centro Universitário de Volta Redonda.  
III. Título.

CDD – 001.42

## COMITÊ ORGANIZADOR

### **Presidente do XV Colóquio Técnico-Científico do UniFOA**

Bruno Chaboli Gambarato

### **Coordenador Geral do evento**

Emanuel Santos Junior

### **Comissão Organizadora**

Alexis Aragão Couto

Aline Rodrigues Gomes

Ana Carolina Dornelas Rodrigues Rocha

Brisa Marcolan Aragão

Debora Cristina Lopes Martins

Elton de Oliveira Rodrigues

Laert dos Santos Andrade

Wendel dos Santos Dias

### **Comitê Científico Externo**

Adriano Willian da Silva Viana Pereira (IFPR)

Daniele Cruz Bastos (UEZO)

Oscar Aurelio Mendoza Reales (COPPE/UFRJ)

Sérgio Roberto Montoro (FATEC/SP)

Carolina Lauriano Soares Da Costa (CECIERJ)

Anderson Luiz Ribeiro (Procuradoria - Resende/RJ)

### **Comitê Científico Interno**

Adilson Gustavo Do Espírito Santo

Alexandre Alvarenga Palmeira

Aline Rodrigues Gomes

Ana Carolina Dornelas Rodrigues

Bruna Casiraghi

Bruno Chaboli Gambarato

Carlos José Pacheco

Claudia Yamada Utagawa

Dimitri Ramos Alves Ramos Alves

Elton Bicalho De Souza

Emanuel Santos Junior

Fabiola Amaral Tome De Souza

Francisco Roberto Silva De Abreu

Heitor Da Luz Silva

Igor Dutra Braz

Janaina Da Costa Pereira Torres De Oliveira

Lana Cristina De Oliveira

Luciane Carvalho Jasmin De Deus

Maria Aparecida Rocha Gouvêa

Mariana Ribeiro Costa Portugal

Paulo Roberto De Amoretty

Renata Martins Da Silva

Roberta Mansur Caetano

Rodolfo Guimarães Silva

Sandro Rosa Corrêa

Sergio Luiz Taranto De Reis

Sergio Ricardo Bastos De Mello

Silvio Henrique Vilela

Sonia Cardoso Moreira Garcia

Stella Arantes Aragão

Tallita Vassequi Da Silva

Venicio Siqueira Filho

## SUMÁRIO

Estudo de caso das inundações do rio Paraíba do Sul em Volta Redonda – RJ....	6
Estudo para montagem e automatização de um protótipo de robô para aplicações oceanográficas .....	14
Benefícios da mobilidade elétrica para o futuro de Volta Redonda .....	20
A importância da manutenção em grandes pontes e viadutos rodoviários .....	29
Análises da carga orgânica e nutrientes do lago José dos Santos da Silva localizado no município de Volta Redonda-RJ, visando projeto de revitalização .....	36
Dureza em Cerâmicas Parcialmente Estabilizada com Óxido de Ítrio Após Tratamento de Superfície com Zirlink e Rocatec.....	44
Vantagens de utilizar os Resíduos da Construção Civil e Resíduos da Construção e Demolição em substituição do material natural na pavimentação .....	51
Análise e operação de fornos elétricos de indução .....	58
Desenvolvimento de Compósito Polimérico Reforçado com Fibras de Coco.....	64
Estudo da Resistência de Compósito Polimérico Reforçado Com Fibras de Bananeira.	72
Projeto de adequação de acessibilidade do asilo Vila Vicentina.....	80
Caracterização das propriedades mecânicas de compósitos de PEAD com adição de serragem e celulose microcristalina .....	86
Controle de estoque eficiente via RFID .....	94
Ferramenta de análise de harmônicas elétricas.....	102
Análise e operação de fornos elétricos de indução .....	109
Desenvolvimento do sistema automatizado utilizando o processo de soldagem MIG para realização de brasagem .....	118
Particulados e aerossóis da indústria nuclear brasileira: um estudo de caso comparativo com foco nas tecnologias de controle.....	127
Obtenção e caracterização de lignina de palha de cana-de-açúcar obtida pelo processo Acetosolv .....	136

Estudo das propriedades mecânicas de um compósito com matriz de resina poliéster reforçado com tecido plano de algodão.....	144
Gerenciamento e filtragem no acesso web por DNS.....	153
Resistência à corrosão in-vitro de ligas à base de Ti biocompatíveis.....	160
Influência dos parâmetros de reação na determinação da atividade hidrolítica de células íntegras do fungo <i>Rhizopus oryzae</i> .....	167
Análise de falha de uma alavanca de engate de marchas automotivo .....	175
Síntese da heteroestrutura $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$ assistida por polietilenoimina	184
Produção de copos biodegradáveis utilizando biomassa de coco.....	192
Avaliação do tratamento da biomassa de bambu via solução alcalina na presença de $\text{NaBH}_4$ para aplicação como reforço em compósitos de matrizes termoplásticas .....	196
Estudo das características estruturais e das propriedades mecânicas do ferro fundido nodular em diferentes tratamentos térmicos .....	204

## **Estudo de caso das inundações do rio Paraíba do Sul em Volta Redonda – RJ**

**Eric Luiz Silva Archanjo\*; Araã Felipe Gonçalves Nobrega<sup>1</sup>; Desirree Do Prado Ribeiro<sup>1</sup>; Felipe De Azevedo Ferreira Accioly<sup>1</sup>; Marcus Vinicius Faria De Araújo<sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[eric322.12@gmail.com](mailto:eric322.12@gmail.com)*

### **RESUMO**

O presente trabalho tem como intuito, elaborar um estudo na cidade de Volta Redonda/RJ, com o objetivo de diagnosticar as áreas suscetíveis a inundações próximas ao rio Paraíba do Sul de forma a demonstrar os locais que precisam de mais atenção da prefeitura e uma maior prioridade na realização de medidas atenuantes e de conscientização ambiental, utilizando o Plano Diretor como principal ferramenta de mudança, através de uma coleta e análise de dados históricos, comparações entre projetos atuais, para assim apresentar soluções correspondentes aos problemas encontrados. Para a realização desse trabalho de conclusão de curso, será realizado o levantamento dos projetos com os setores específicos do município; uma visita técnica de campo para levantamento de dados dos locais; uma avaliação do clima e relevo da região. A partir dessas informações, torna-se possível identificar as imperfeições e pontos de inundações na cidade, viabilizando proposições de medidas para solucionar a problemática das enchentes e transtornos que são decorrentes das mesmas.

**Palavras-chave:** Drenagem Urbana; Macrodrenagem; Plano Diretor; Alagamento; Inundação.

### **1 INTRODUÇÃO**

Em virtude da expansão da ocupação humana sem o devido planejamento urbano com o passar dos anos, surgiram alguns problemas para o escoamento das águas nos centros urbanos, através da impermeabilização do solo e o subdimensionamento da rede pluvial. Tornando inundações e alagamentos mais comuns, gerando transtornos e prejuízos sociais e econômicos tanto a prefeitura

quando a população. Volta Redonda é uma das muitas cidades que sofre com a ocupação urbana mal planejada gerando problemas relacionados as inundações, principalmente ao entorno do Rio Paraíba do Sul. Em virtude dessa situação o intuito deste estudo é relacionar o uso e ocupação do solo com as ocorrências de Inundações na cidade de Volta Redonda, de forma a demonstrar as consequências do mal planejamento da ocupação do solo e apresentar possíveis soluções.

## 2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Volta Redonda, situado na região Sul Fluminense do estado do Rio de Janeiro. Trabalhando o trecho do rio Paraíba do Sul que corta a cidade de Volta Redonda, o qual possui 18,3 km, vazão de 318 m<sup>3</sup>/s e classificado como Curso Médio Inferior pois se localiza entre a Cachoeira Paulista (SP) a São Fidélis (RJ) (Amaral, Pimentel, Júnior, Oliveira, 2017; COPPETEC,2006).

O local de estudo se caracteriza pela alta ocupação das margens do Rio Paraíba do Sul, resultado do aumento no desenvolvimento urbano da cidade nos últimos anos, sendo essa umas das principais fontes das inundações na cidade.

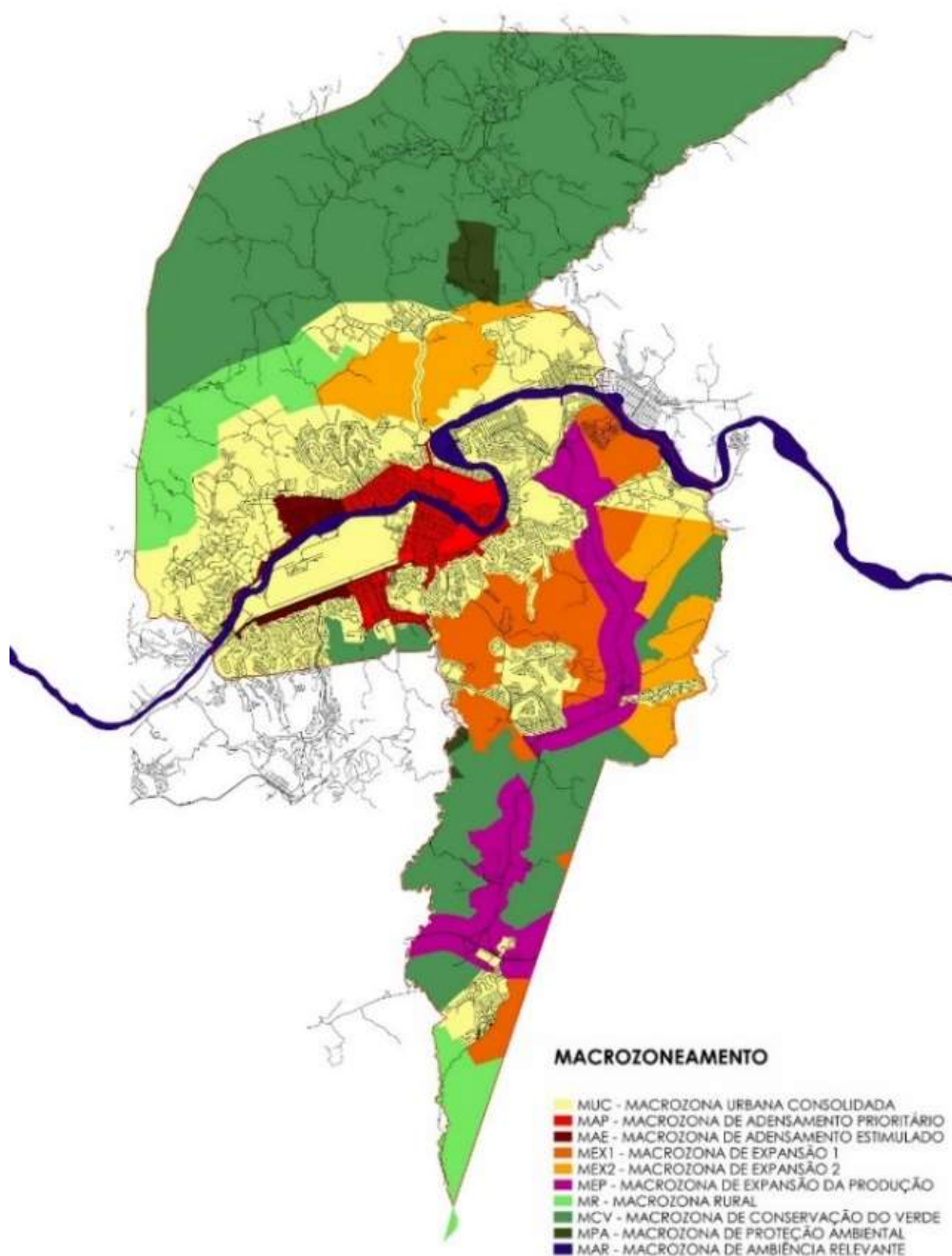
Para o desenvolvimento desse estudo foram realizadas visitas e medições nas margens localizadas em regiões de altíssimo risco de inundações e revisões bibliográficas para a obtenção de dados complementares.

Ao realizar um comparativo entre o mapa de macrozoneamento de Volta Redonda apresentado na figura 1 e o cartograma de riscos de enchentes apresentado na figura 2, é possível observar que as zonas definidas pelo plano diretor como adensamento prioritário e adensamento estimulado, são zonas de alto e altíssimo risco de enchente, contrariando o papel de uso e ocupação do solo de maneira sustentável que o plano diretor do município deveria desempenhar, pois tal ato aumenta a possibilidade de ocupação das margens do rio Paraíba, e mesmo com o proprietário podendo requerer a REURB (Regularização Fundiária Urbana) segundo o Art. 14 da Lei nº 13.465/2017, tais regiões não possuem a devida infraestrutura para garantir a segurança do meio ambiente e dos moradores próximos a essas regiões e vale ressaltar que do ponto de vista ambiental é considerado ilegal ou clandestino a



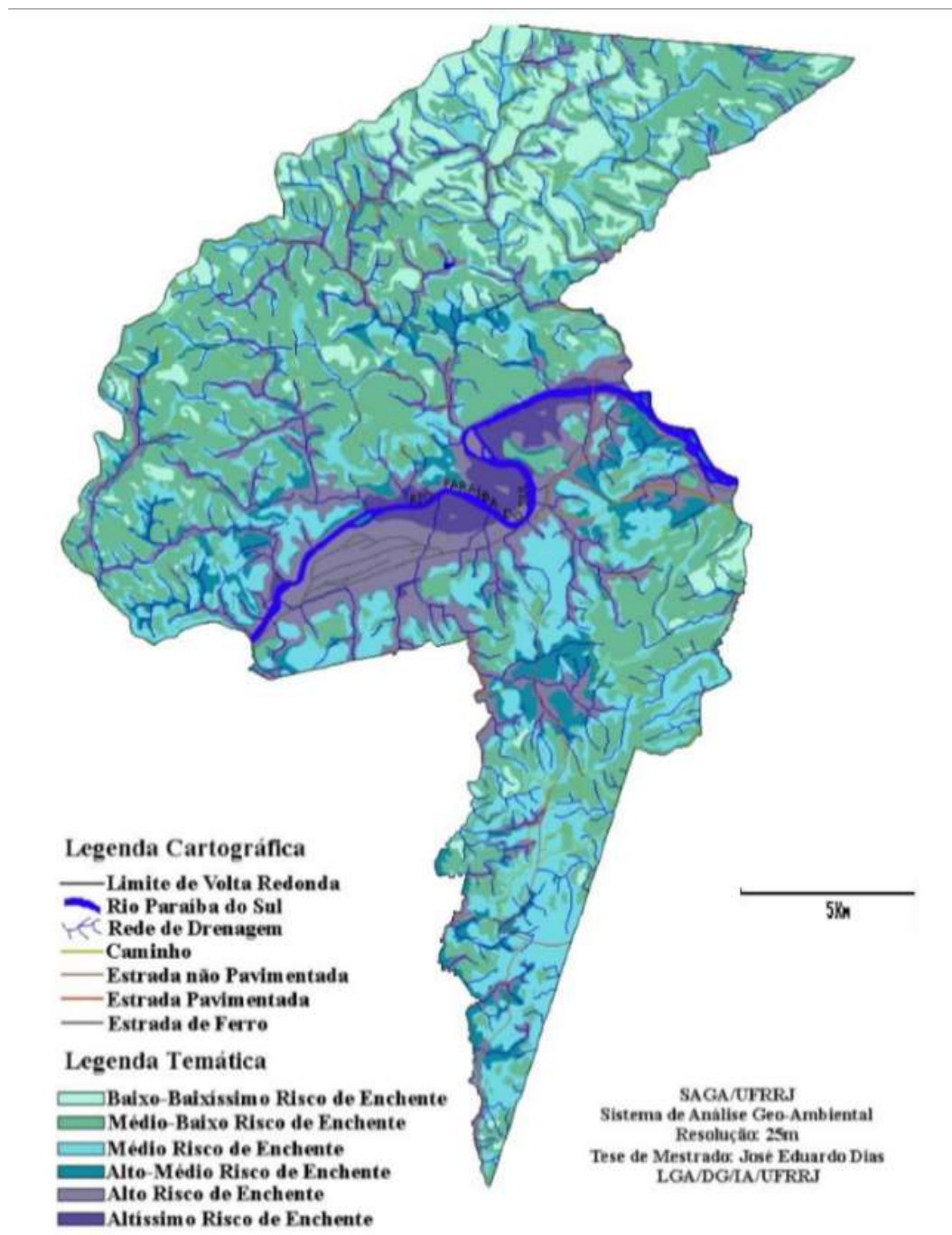
construção que, mesmo estando regular com relação à posse da propriedade, está irregular perante a legislação ambiental relacionada ao uso do Solo.

Figura 1 – Macrozoneamento do município de Volta Redonda



Fonte: IPPU (2018)

Figura 2 – Cartograma Digital Classificatório de Riscos de Enchentes do município de Volta Redonda



Fonte: Caminhos da Geografia (2003)

A prioridade do plano diretor municipal para esses casos deveria ser de resolução e minimização dos impactos gerados pelas construções e impermeabilizações dos solos principalmente sobre a mata ciliar. Para a resolução desses problemas algumas operações podem ser sugeridas:

### **Reservatório de detenção (bairro Aero Clube):**

Com o objetivo de controlar a altura da lâmina d'água no trecho em curva do rio, o qual é considerado o ponto mais crítico, fica aberta a discussão e análise de um reservatório de detenção com 12.750m<sup>2</sup>, localizado próximo ao cruzamento da Avenida Beira Rio e a Rua Bartolomeu de Gusmão onde atualmente se encontram dois campos de futebol, essa solução foi adotada visando evitar ao máximo a realocação dos moradores nesse trecho. O reservatório utilizado será do tipo off-line, pois seria implantado paralelamente ao rio. A área do reservatório estará abaixo da cota de água a ser armazenada, possibilitando a entrada por gravidade do volume excedente, e a sua saída será realizada com o auxílio de bombas.

Para a execução efetiva desse tipo projeto torna-se necessário um plano diretor bem desenvolvido para as obras serem coordenadas considerando os cenários futuros de desenvolvimento e uso do solo. Também deve ser considerado toda a bacia hidrográfica e não só a porção imediatamente a jusante. As áreas antes inundáveis não devem ser incentivadas a ser ocupadas pelo plano diretor.

### **Pavimento permeável:**

A implementação de pavimento permeável é uma opção para as zonas ainda não consolidadas definidas no plano diretor, de forma a diminuir o agravamento das inundações e alagamentos nesses locais gerados pela impermeabilização da pavimentação comum. Visando reduzir a velocidade do escoamento superficial e deter temporariamente parte da água pluvial com a sua estrutura porosa, provocando o amortecimento de vazões e possibilitando a infiltração no solo. O pavimento permeável é dividido em 3 tipos. Sendo sua escolha dependendo das condições locais do solo, risco de contaminação e distância do lençol freático.

Pavimento intertravado permeável com infiltração total no solo, onde as diversas camadas fazem com que as águas pluviais infiltrem lentamente até chegarem ao solo, diminuindo o volume de água na superfície.

Pavimento intertravado permeável com infiltração parcial no solo, onde o fundo da estrutura permite que as águas pluviais se infiltrem lentamente no solo local. E o dreno, localizado mais acima, funciona como um exultório, que direciona o fluxo para

o sistema de drenagem quando o nível de água acumulada ultrapassa a altura do mesmo.

Pavimento intertravado sem infiltração no solo, onde o fundo da estrutura é impermeabilizado, sendo o dreno localizado acima da camada impermeabilizante. Dessa maneira, as águas pluviais armazenadas são liberadas lentamente para o sistema de drenagem através do dreno.

#### **Sistema de coleta de chuvas:**

A captação de água da chuva tem como objetivo, auxiliar no amortecimento do escoamento superficial, atenuando enchentes, devido ao volume da água retida para o armazenamento. O sistema de captação de água de chuva tem vários formatos, mas ele basicamente compõe-se de um escoamento da calha até um filtro e do filtro até um reservatório com cloro.

Ao realizar a análise de vulnerabilidade e o comportamento recorrente da água durante os eventos de chuva com um grande volume, foi proposto como solução, implementar o sistema de captação da água pluvial, por parte da população. Com o uso de leis eficientes e incentivos do governo, para auxiliar nesse processo. Realizando fiscalização contínua para que possa ser identificada a necessidade de implantação em outros locais ou até mesmo, identificar eventuais problemas que possam vir a surgir.

Os isentivos podem ser bem atrativos para grande parte da população ao ceder um desconto no IPTU, por exemplo. Essa é uma estratégia que pode mudar a percepção da população e auxiliar no processo mais rápido e eficaz da implementação do sistema de captação de água da chuva.

Adotar legislações específicas para retenção da água de chuva em reservatórios, visando evitar enchentes e incentivando seu aproveitamento, faz com que ocorra uma melhor distribuição das águas pluviais, auxiliando na drenagem da região e evitando inundações, as quais geram interrupção das atividades econômicas, perdas humanas e materiais, contaminação por doenças de veiculação hídrica, contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamentos entre outros impactos negativos.

### **Diques:**

Nos trechos onde a mata ciliar é relativamente pequena, propõe-se a adoção de diques ao longo das áreas de alto risco de inundação.

Sobre o dique podemos afirmar que:

O dique permite proteção localizada para uma região ribeirinha, porém deve-se evitar diques de grandes alturas, pois sempre existe o risco de rompimento para uma enchente maior do que a de projeto. Hidraulicamente o dique reduz a seção de escoamento e pode provocar aumento da velocidade e dos níveis de inundação. Para que isso não ocorra as condições de fluxo não se deve alterar após a construção do dique. Estas condições podem ser simuladas em condição de regime permanente para as vazões de projeto. Esta metodologia não deve ser usada para escoamento sujeito ao efeito de maré, pois resultará numa cota superdimensionada. Para tanto deve-se utilizar um modelo hidrodinâmico (TUCCI; BERTONI, 2003, p. 72).

Devido a essas ressalvas, recomendasse a implantação dos diques em trechos mais críticos, como bairro de Niterói que possui 2 principais pontos de inundações, a via abaixo da Ponte Pequetito Amorim e a via abaixo da ponte Dr. Murilo César dos Santos. Os dois trechos são os pontos mais baixos do bairro e se localizam na VDR-105 ao lado do rio, inundando não só em períodos de cheias, mas alagando frequentemente em períodos de chuvas mais fortes. O bairro da Vila Mury que possui altíssimo risco de inundação sendo recomendado a construção dos diques ao longo de toda sua mata ciliar.

### **3 CONCLUSÕES**

Conclui-se que após os levantamentos de campo e bibliográficos, a cidade de Volta Redonda ainda não possui a infraestrutura necessária para o adensamento urbano que vem sendo proposto no plano diretor, sendo necessário a adaptação do plano diretor para uma visão mais ambiental, focado em regularizar os atuais problemas de drenagem urbana, através do desenvolvimento de projetos sustentáveis que mitigarão as inundações a longo do prazo. Vale ressaltar que essas medidas demandam tempo, planejamento e dinheiro, tornando pouco atrativo aos olhos políticos, pois além da complexidade do arranjo institucional necessário, os resultados seriam colhidos nas próximas gestões.

## REFERÊNCIAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. Projeto técnico: Reservatórios de detenção. Disponível em:

<<https://www.solucoesparacidades.com.br/saneamento/reservatorios-de-detencao/>>

Acesso em: 14 de agosto de 2021.

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. Projeto técnico: Pavimento Permeável. Disponível em:

<<https://www.solucoesparacidades.com.br/saneamento/pavimento-permeavel/>>

Acesso em: 20 de agosto de 2021.

Amaral, D. P. B.; Pimentel I. M. C.; Farias Júnior, J. E. F.; Oliveira, A. G. V.; ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. **Mapeamento de áreas inundáveis nas margens do rio paraíba do sul, trecho de Volta Redonda** – RJ, 2017.

Brasil. Artigo 14 da Lei nº 13.465 de 11 de Julho de 2017. Direito Imobiliário: Seção 2

COPPETEC (Fundação COPPETEC). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul** – Diagnóstico dos Recursos Hídricos Relatório Final. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), 2006. 201 p.

HAFNER, A. V., 2007, Conservação e Reúso de Água em Edificações – experiências nacionais e internacionais. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

IPPU. Plano Diretor Participativo de Volta Redonda. 2018. Disponível em:<<http://www.planodiretor.ippuvr.com.br/>> Acessado em: 20 de maio de 2021.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. Inundações Urbanas na América do Sul - Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

## **Estudo para montagem e automatização de um protótipo de robô para aplicações oceanográficas**

**Matheus Torres Pereira<sup>1</sup>; Emanuel Santos Junior<sup>2</sup>**

1 – IFRJ, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Volta Redonda, RJ.

2 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.

[emanuel.junior@foa.org.br](mailto:emanuel.junior@foa.org.br)

### **RESUMO**

A Robótica é uma ciência dedicada ao estudo a interação da parte elétrica e seus circuitos com a parte mecânica de um equipamento ou máquina. Com o rápido avanço da robótica, são criados veículos operados remotamente, que servem para operações submersas e controlados por mais ou uma pessoa na superfície. Eles são equipados com câmeras e sensores que levam diretamente os dados para quem o estiver operando, onde alguns são equipados com braços mecânicos para realizar tarefas submersas em fluidos. Nesse sentido, o desenvolvimento tecnológico de robôs submarinos não-tripulados é atual e importante para inúmeras aplicações/operações em ambiente marinho. Este artigo propõe o desenvolvimento, em escala laboratorial, de um protótipo de robô-submarino utilizando materiais simples e programação por meio da linguagem Arduino. O veículo foi construído com placas de acrílico transparente, apresentando a configuração geométrica semelhante à uma caixa. Dispositivos do tipo ventiladores fixados nas paredes laterais são responsáveis pela movimentação (imersão e submersão) do robô em testes realizados em tanques com água. Os testes preliminares com o protótipo de robô-submarino mostraram que o projeto proposto é viável, embora novos ajustes devam ser estudados para melhorias de seu desempenho com relação à movimentação translacional.

**Palavras-chave:** Robótica. Submarino. Veículos não-tripulados.

### **1 INTRODUÇÃO**

Cerca de dois terços da Terra é representado pelos oceanos, os quais têm um grande efeito sobre a existência futura dos seres humanos. As profundezas dos oceanos e seus abundantes recursos vivos e não-vivos não são tão bem explorados como as questões da Terra e da atmosfera são estudadas. Estima-se que haja cerca

de 2.000 bilhões de toneladas de nódulos de manganês no solo do Oceano Pacífico, perto das ilhas havaianas (YUH *et al.*, 2011). Robôs marinhos, incluindo veículos de superfície não-tripulados e veículos submarinos não-tripulados, podem melhorar o conhecimento sobre a fauna marinha, como também serem usados comercialmente nas indústrias de óleo e gás, bases de plataformas petrolíferas etc (BEIRÃO *et al.*, 2020).

Os robôs são, certamente, uma realidade atual com o avanço da tecnologia, pois podem desempenhar atividades cada vez mais diversas e especializadas, reduzindo a exposição aos riscos, permitindo ampliar o conhecimento acerca dos ambientes marinhos (DUNBABIN & MARQUES, 2012).

O Brasil possui uma das principais reservas de água doce do mundo e grandes bacias hidrográficas, um litoral extenso e demandas de exploração submarina provenientes da indústria do petróleo e gás; porém, ainda um número limitado de pesquisas é encontrado na área de robótica submarina (SILVEIRA, 2016). Portanto, o desenvolvimento de pesquisa e novas tecnologias nessa área é atual e útil (ZHANG *et al.*, 2015).

O Arduino é um pequeno computador (*hardware*) programado a partir de um programa com o objetivo de interagir com outros dispositivos, lendo os dados obtidos e, com isso, realizando ações pré-determinadas pelo programador com base nesses dados. Ele é programado a partir do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE - *Integrated Development Environment*) do Arduino, disponibilizado gratuitamente pela própria companhia (MCROBERTS, 2011; MONK, 2017). Esse artigo propõe o desenvolvimento, em escala laboratorial, de um protótipo de veículo automatizado para aplicações submarinas. A automatização do equipamento proposto é realizada por meio do *hardware* Arduino.

## 2 METODOLOGIA

Os materiais empregados no desenvolvimento do projeto foram: placa de acrílico transparente (espessura de 5,0 mm), cola quente, 10 ventiladores tipo *cooler* quadrados (60 mm x 60 mm x 10 mm) importados, 6 transistores do modelo TIP120



da STMicroelectronics, 6 resistores de 1,5 k $\Omega$ , placa Arduino Uno R3, fonte elétrica de 12 V, 8 diodos 1n4007 e uma placa Protoboard de 830 furos.

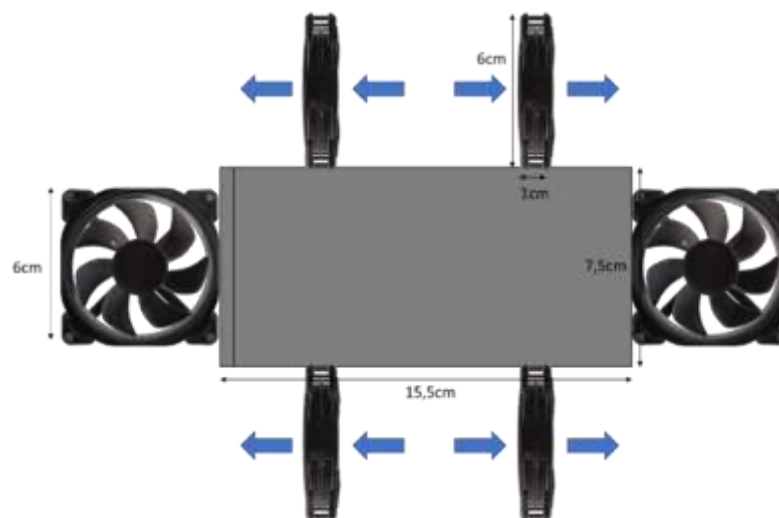
Para a confecção da caixa em formato retangular que serve como estrutura para o robô foram usadas 2 placas de acrílico com dimensões de 15,0 cm x 7,5 cm, 2 placas de 14,5 cm x 7,0 cm, 1 placa de 7,5 cm x 7,5 cm e outra placa de 7,5 cm x 7,0cm. O volume final da caixa em acrílico é de aproximadamente 930 cm<sup>3</sup>.

A linguagem de programação adotada foi Arduino.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

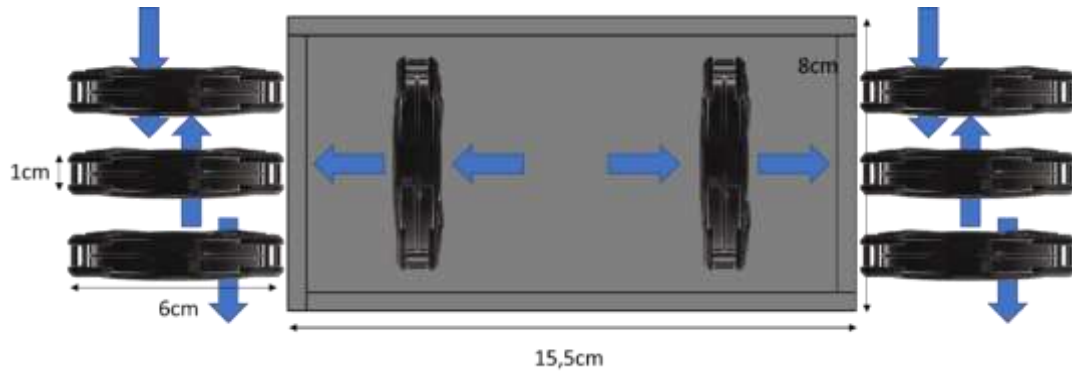
O robô-submarino foi projetado para que apresente baixa densidade, sem prejudicar a movimentação durante a imersão e submersão na água. Com isso, foi selecionado o material acrílico para confecção do protótipo, o qual apresenta uma densidade de 1,2 g/cm<sup>3</sup>. As Figuras 1 e 2 apresentam as vistas superior e inferior, respectivamente, do projeto da estrutura do protótipo do robô. O veículo possui um sistema de “ventiladores” acoplados às paredes, os quais têm a função de movimentar o robô por meio do deslocamento do fluido.

Figura 1 – Vista superior do protótipo de robô-submarino mostrando o posicionamento dos “ventiladores” acoplados às paredes. As setas indicam a direção e sentido do fluxo da água para deslocamento do veículo.



Fonte: Os autores (2021)

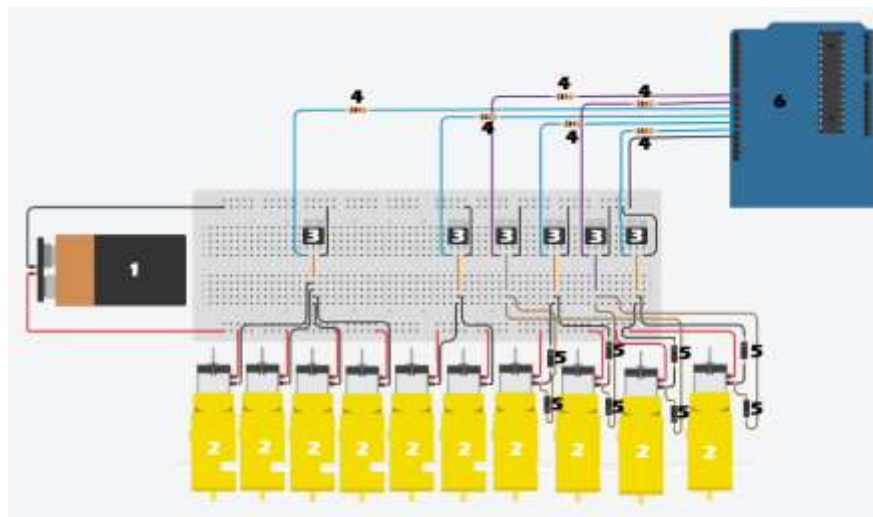
Figura 2 – Vista lateral do protótipo de robô-submarino mostrando o posicionamento dos “ventiladores” acoplados às paredes. As setas indicam a direção e sentido do fluxo da água para deslocamento do veículo.



Fonte: Os autores (2021)

O circuito eletroeletrônico foi projetado a partir de um projeto eletrônico apresentado em ARDUINOLIVRE, onde foram adaptados os parâmetros do projeto, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 – Projeto eletroeletrônico do robô-submarino: (1) Fonte de alimentação de 12V, (2) ventilador (cooler), (3) transistor, (4) resistor de 1,5k $\Omega$ , (5) diodo e (6) Placa Arduino Uno R3.



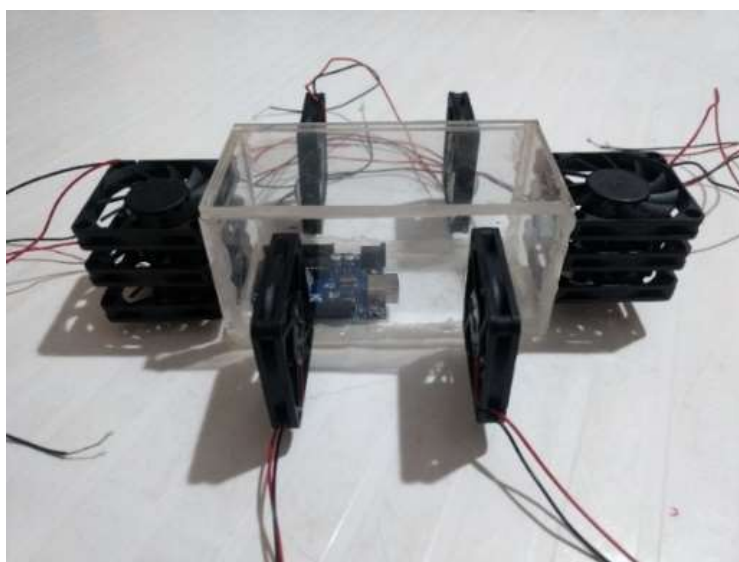
Fonte: Os autores (2021)

A fonte de energia teve seu polo positivo ligado diretamente no polo positivo dos ventiladores (coolers), que estão ligados em paralelos uns aos outros, e seu polo negativo ligado no emissor dos transistores e no pino GND da placa Arduino. Os

transistores tiveram suas bases ligadas em pinos específicos com a função Digital (PWM) da placa Arduino. Foi colocado um resistor em cada uma dessas ligações para não danificar a placa devido a uma tensão mais elevada. Por último, o coletor dos transistores foi ligado paralelamente no polo negativo de grupos de ventiladores. Os ventiladores que participavam de dois grupos diferentes necessitaram de diodos para garantir que a corrente elétrica não passe do fio de um grupo para o outro, fazendo com que os ventiladores trocados sejam acionados.

A Figura 4 mostra o protótipo do robô-submarino construído.

Figura 4 – Foto do protótipo do robô-submarino construído. A placa Arduino é posicionada em seu interior.



Fonte: Os autores (2021)

A configuração do posicionamento dos ventiladores possibilita a movimentação (imersão e submersão) do veículo no fluido, enquanto a placa de hardware Arduino é localizada no interior do veículo. Os fios/cabos de comunicação com o computador transpassam uma parede lateral do robô, sem permitir a infiltração de fluido para o interior da caixa em acrílico.

#### **4 CONCLUSÕES**

O desenvolvimento do projeto até o estágio atual necessitou de várias alterações após inúmeros pré-testes, uma vez que se trata de projeto de um veículo

não-trivial que deve apresentar estabilidade quando imerso em fluido. Após vários testes laboratoriais em tanque com água, o protótipo de veículo para explorar ambientes marinhos apresentou resultados satisfatórios, sobretudo quanto à movimentação (imersão e submersão) e blindagem com relação à entrada de água em seu interior.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro de CNPq (Programa PIBIC-Ensino Médio processo: 117204/2020-0) e Fundação Oswaldo Aranha (FOA).

## REFERÊNCIAS

BEIRÃO, André Panno; MARQUES, Miguel; RUSCHEL, Rogerio Raupp. **O valor do mar: uma visão integrada dos recursos do oceano do Brasil**. São Paulo: Essential Idea Editora, 2020.

DUNBABIN, M.; MARQUES, L. Robots for environmental monitoring: Significant advancements and applications. **IEEE Robotics & Automation Magazine, IEEE**, v. 19, n. 1, p. 24-39, 2012.

MCRBERTS, Michael. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: começando com sketches**. 2ª ed. Porta Alegre: Bookman, 2017.

SILVEIRA, E. Veículos subaquáticos: protótipos de robôs para uso embaixo d'água são testados na exploração de petróleo e pesquisas oceanográficas. São Paulo: **Revista Pesquisa FAPESP**, n. 244, p. 62-65, 2016.

YUH, J.; MARANI, G.; BLIDBERG, D. R. Applications of marine robotic vehicles. **Intelligent service robotics**. Springer, v. 4, n.4, p. 221-231, 2011.

ZHANG, Fumin; MARANI, Giacomo; SMITH, Ryan N.; CHOI, Hyun Taek. Future trends in marine robotics. **IEEE Robotics & Automation Magazine, IEEE**, v. 22, n. 1, p. 14–122, 2015.

## **Benefícios da mobilidade elétrica para o futuro de Volta Redonda**

**Frederico Augusto Pinho Haasis<sup>1</sup>; Edson de Paula Carvalho<sup>1</sup>;**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[fredaugusto18@gmail.com](mailto:fredaugusto18@gmail.com)*

### **RESUMO**

Volta Redonda, devido a sua excelente localização, entre três dos maiores estados do Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, se mostra como um ponto estratégico no fluxo de veículos e pessoas. Conta com a maior siderúrgica do país, a Companhia Siderúrgica Nacional, esse fator, somado ao tráfego de veículos, deixa a cidade com elevados índices de poluição. Levantamentos feitos por meio de órgãos governamentais mostram que a população na cidade está aumentando com o passar dos anos, acarretando também no aumento do número de veículos, as pessoas sentem a necessidade de comprar um veículo para poder escapar do desconforto e stress do transporte público, levando assim a um trânsito intenso durante a semana. Pensando em soluções para essas questões, o presente artigo visa mostrar como a mobilidade elétrica pode afetar o futuro de Volta Redonda através da análise de dados do IBGE, do Plano Decenal de Expansão de Energia elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, além de citar as chamadas da ANEEL. Serão apresentados alguns benefícios que a mobilidade elétrica trará para a cidade de Volta Redonda, como a diminuição dos índices de poluição do ar e sonora e o incentivo no uso de fontes de energias renováveis, tornando-a um excelente polo de investimentos para as empresas do setor. Com investimentos na geração através de fontes renováveis, será possível a criação de um ambiente com pensamento sustentável, não sendo mais focado somente na produção siderúrgica, favorecendo o desenvolvimento das MicroGrids, que farão uso de fontes renováveis para geração de energia, bem como da bateria dos veículos elétricos (EVs) como forma de armazenamento. Também será apresentado os benefícios da modalidade de carregamento bidirecional, chamado V2G (Vehicle to Grid), onde o veículo elétrico se conecta à rede de distribuição, alimentando-a com seu banco de baterias em momentos de instabilidade ou pico de consumo. Já nos momentos de estabilidade, as baterias, através desse mesmo carregador, podem ser recarregadas utilizando a energia fornecida pela rede de

distribuição. Com toda essa tecnologia e uso de fontes renováveis, Volta Redonda se enquadrará nos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU 7, 9 e 11 (Energia acessível e limpa; Indústria Inovação e Infraestrutura; Cidades e comunidades sustentáveis, respectivamente).

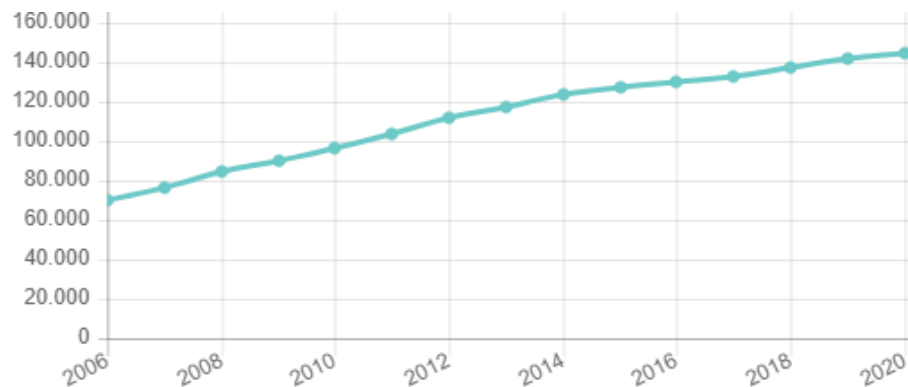
**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Mobilidade. EVs. MicroGrids. ODS.

## 1 INTRODUÇÃO

A cidade de Volta Redonda, município do sul do estado do Rio de Janeiro, faz parte da região denominada “Médio Paraíba”, sendo conhecida por ter a maior siderúrgica do Brasil e estar em um ponto estratégico entre Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. Apesar de ser uma cidade bem localizada, conectando três dos maiores estados do Brasil, possui fatores que desfavorecem uma vida saudável, níveis de poluição de empresas como da Companhia Siderúrgica Nacional, são extremamente elevados deixando a cidade com uma baixa qualidade do ar, somado a isso, o trânsito intenso de veículos diariamente, fazem da região um ambiente poluído tanto na questão sonora como com os gases de efeito estufa.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o número de habitantes na região em julho de 2021 girava em torno de 274.925, para uma área territorial de 182,105 km<sup>2</sup>. Correlacionando a isso, uma reportagem feita pelo jornal “G1” em outubro de 2018 mostra com clareza a relação desse número de pessoas, com o de veículos circulando pela cidade, o título da reportagem, “Volta Redonda tem quase 1 carro para dois habitantes, aponta Detran”, por si só já justifica a quantidade de veículos. A reportagem vai além, mostrando outro problema ocasionado por esse aumento no número de veículos, que seria a dificuldade de encontrar locais para estacionamento, principalmente na região central da cidade. Dados mais recentes do anuário estatístico de 2021 do DETRAN e do IBGE apontam uma frota de 152.645 veículos, figura 1.

Figura 1 - Aumento frota de carros em Volta Redonda



Fonte: (IBGE, 2020)

Um fator importante para justificar este crescimento é a degradação na qualidade do transporte público nos últimos anos, a frota de ônibus disponível por diversas vezes não atende de maneira digna a população de Volta Redonda, além de passagens relativamente caras, que não se traduzem em conforto e segurança. Por esses motivos a população prefere adquirir um veículo para uso pessoal, evitando assim o stress diário no traslado para o local de trabalho ocasionado pelo uso do transporte público de massa. Nesse contexto a mobilidade elétrica se apresenta como uma possibilidade de melhoria da vida urbana, além de diminuir a poluição do ar e sonora, os veículos de propulsão elétrica trarão outros benefícios como o desenvolvimento tecnológico para a cidade, possibilitando a criação de Microgrids e mais importante, uma mentalidade sustentável.

Fazer com que a cidade de Volta Redonda se torne 100% sustentável é um desafio quase impossível por conta das indústrias localizadas ao redor. Porém, com a ampliação da utilização de carros e ônibus elétricos, além de fontes renováveis de energia a cidade se tornará menos poluída, elevando o prazer de se locomover por suas vias urbanas. Deve-se ressaltar que a cidade já conta com três ônibus elétricos, mas ainda é pouco para criar uma mudança de comportamento e mentalidade.

## 2 METODOLOGIA

Para construção desse artigo foi utilizado o método de análise, pesquisa e estudo em sites do governo federal, IBGE e DETRAN-RJ. No site do IBGE pode-se

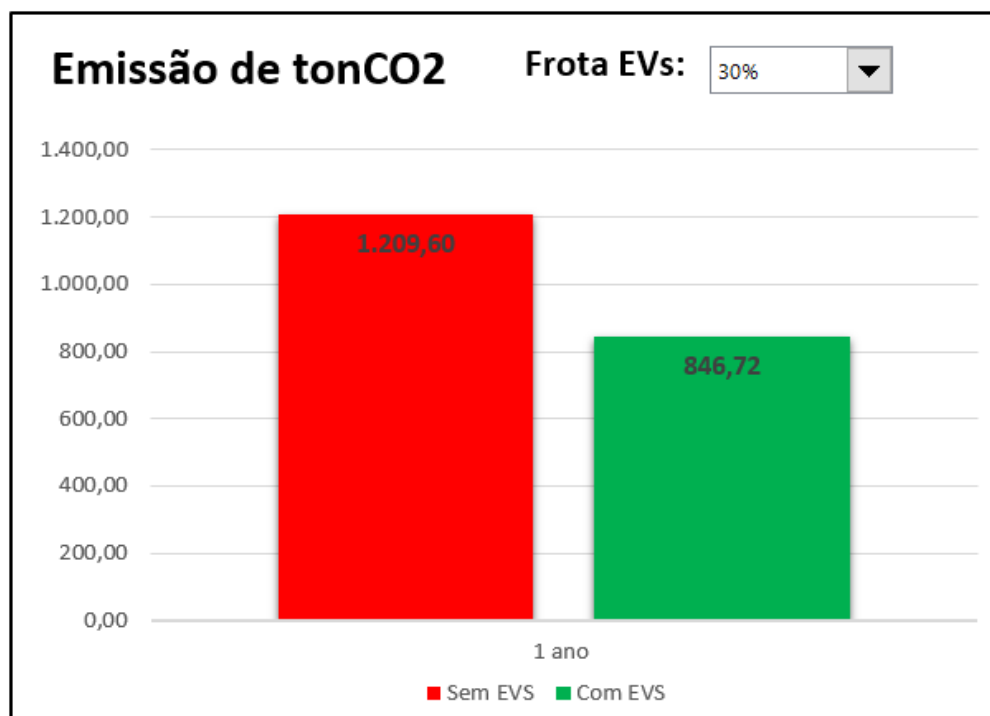
encontrar informações sobre o território de Volta Redonda, quantidade de habitantes e densidade demográfica. No anuário disponibilizado pelo DETRAN-RJ é possível encontrar o número de veículos emplacados na cidade. Além disso, foi realizado a consulta do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), para entender o panorama atual e futuro que está sendo discutido para o Brasil nos próximos anos. Através de documentos do STMU (Secretaria Municipal de Transporte e Mobilidade Urbana) foi realizado um levantamento do número de veículos circulantes diariamente pelas vias do município.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Uma excelente estratégia para resolver parte dos problemas relacionado a poluição é trocar os carros, ônibus e caminhões movidos a combustível fóssil por propulsão elétrica, mas o investimento ainda é alto. Porém, os benefícios proporcionados com essa transição são enormes como a redução dos gases de efeito estufa, tais como: dióxido de carbono, óxidos sulfúricos e óxidos de nitrogênio, melhorando a qualidade de vida e a saúde da população. O gráfico da figura 2 apresenta uma estimativa de redução na emissão de dióxido de carbono na atmosfera com a introdução de 30% de EVs na frota do município, para isto foi considerado um trajeto médio diário de 20 km, uma emissão estimada de 70gCO<sub>2</sub>/km por veículo, que varia com a potência do motor além do peso total no veículo, entre outros fatores, e também o quantitativo de 3000 veículos que circulam diariamente conforme dados obtidos no Plano de Mobilidade de Volta Redonda.



Figura 2 Redução do índice de toneladas de CO2 com os EVS



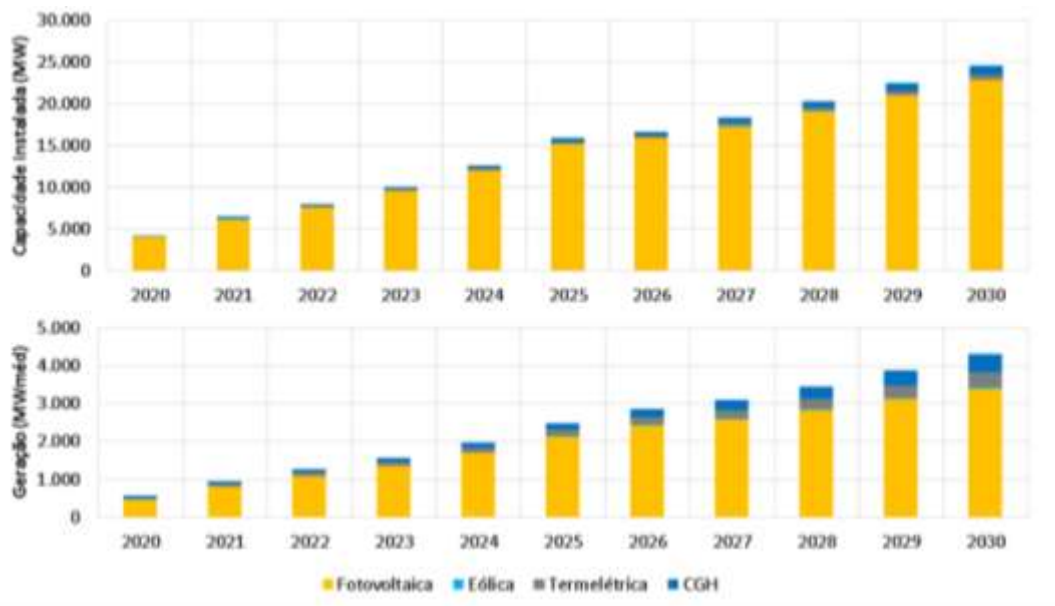
Fonte: (Autores, 2021)

Pode-se observar que quanto maior for a inserção de veículos elétricos na frota, maior será a redução das emissões anuais. Uma inserção de 30% de veículos de propulsão elétrica, já ocasionaria em uma diminuição de aproximadamente 363 toneladas de CO2 anualmente.

Outro benefício ocorre quando o carregamento das baterias é realizado por meio de energias renováveis, como eólica e solar, nesse caso as emissões de gases causadores do efeito estufa, na geração, são zero. Por esses e outros motivos que introduzir os EVs na sociedade é tão importante para uma transição energética considerando uma matriz totalmente renovável.

Como já é de conhecimento, o mundo está numa corrida contra o tempo na busca de uma matriz energética mais limpa. Como exemplo, podem ser mencionadas estimativas do PDE onde é previsto um aumento significativo no uso de geração solar fotovoltaica pelo Brasil até o ano de 2030, como pode ser visto na figura 3.

Figura 3 – Expansão em capacidade e em energia da Geração Distribuída.

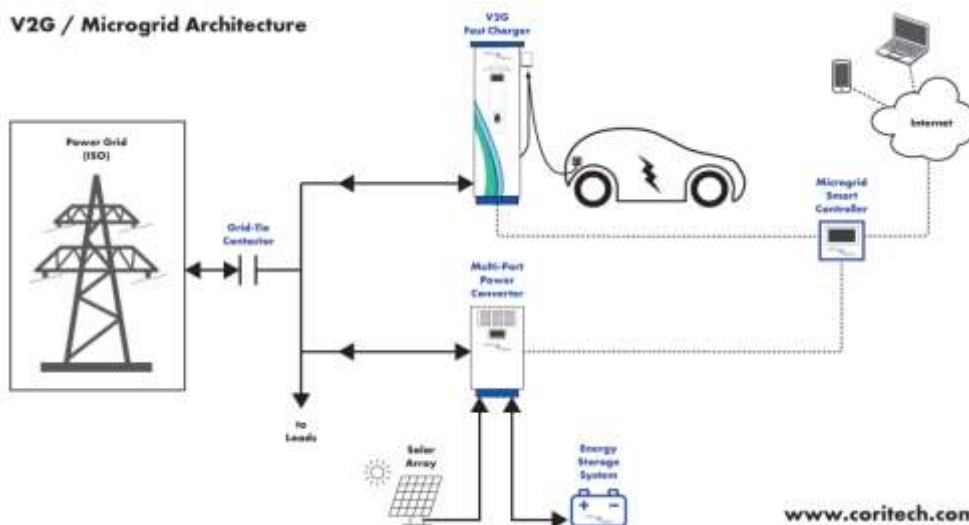


Fonte: (Empresa de Pesquisa Energética, 2021)

Nesse contexto a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) já vem buscando consolidar a transição por meio de projetos envolvendo o armazenamento de energia (Chamada 21, 2017) e o desenvolvimento de soluções em mobilidade elétrica eficiente (Chamada 22, 2018). A questão é: como fazer essa transição ocorrer de maneira a não causar instabilidade na rede de distribuição das concessionárias de energia. E aí que os veículos elétricos se tornam uma opção considerável, por serem providos de baterias, os EVs possuem uma grande capacidade de armazenamento, possibilitando o acúmulo da energia gerada nas plantas renováveis.

É possível conectar os veículos a rede de distribuição de forma a suprir uma parte da demanda em diversos pontos, designado pelo termo V2X, o qual faz referência a forma de conexão dos veículos nas redes: a rede de distribuição (V2G), a casa (V2H), a prédios (V2B) e a cargas (V2L), por exemplo. Na figura 4 é possível observar o carregamento bidirecional, pode-se notar que são instalados conversores e controladores para a criação das Microgrids, e utilizando nesse caso, os painéis solares como forma de geração renovável.

Figura 4 - Carregamento V2G em uma MicroGrid



Fonte: (Coritech Services)

O futuro com os veículos elétricos ligados à rede, são benéficos para todos os participantes desse mercado. Operadores de energia não se preocuparão com a rede nos horários de pico se os veículos estiverem suprindo uma necessidade momentânea na conexão V2G. Fontes de energia renováveis, como no caso da nossa região a solar, podem ainda auxiliar nesse suprimento.

Caso o proprietário do veículo não aceite injetar a energia armazenada na rede, através da conexão bidirecional de carregamento, existem outras opções, uma delas seria a conexão V2H, onde o veículo é conectado a casa fornecendo parte da energia necessária, e conseqüentemente reduzindo a demanda da rede. Ou ainda simplesmente manter o veículo carregado através de fontes renováveis, por si só já ajudará a manter a estabilidade da rede.

Volta Redonda com toda sua frota de veículos será um excelente ativo para armazenar e injetar energia na rede nos momentos de pico. Com o governo criando incentivos para empresas e microempreendedores locais investirem nessa tecnologia renovável, aumentará a inserção de pessoas no mercado livre de energia na cidade. Os créditos gerados podem ser abatidos da conta dando um incentivo ainda maior para empresas de grande porte.

## 4 CONCLUSÕES

Podemos concluir que investir na mobilidade elétrica será um plano complexo, mas trará mudanças notáveis em Volta Redonda, chamando a atenção das empresas do setor de energia, armazenamento e mobilidade. A redução da poluição do ar propiciará uma melhoria na qualidade de vida e saúde da população. A partir de uma política sustentável a cidade ficará mais verde, se tornando uma referência no estado do Rio de Janeiro, pelo uso dos veículos elétricos em conexão com uma geração renovável. Assim enquadrando-a nos ODS da ONU 7, 9 e 11.

Financeiramente mais empregos surgirão nas empresas do setor de mobilidade e energia, do ponto de vista tecnológico a cidade vai crescer, mesmo com os altos investimentos iniciais. Como todo investimento o valor aplicado inicialmente será recuperado no decorrer dos anos, mas o momento de procura para soluções de armazenamento e fontes renováveis é agora. Investimentos que despertarão o interesse das universidades da região em formar profissionais para atuar nessa área. Por conta do custo dos EVs ser elevado, atualmente pode-se começar a transição com o aumento da frota de ônibus elétricos, oferecendo um transporte de qualidade e contribuindo com o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

CORITECH. **V2G Microgrid Architecture**. Disponível em: [https://coritech.com/v2g-architecture\\_](https://coritech.com/v2g-architecture_) Acesso em: 21 ago. 2021.

DETRAN-RJ. **Anuário estatístico 2021**. p.192-193 Disponível em: [https://www.detran.rj.gov.br/\\_include/geral/anuario\\_estatistico\\_detran\\_rj\\_2021.pdf\\_](https://www.detran.rj.gov.br/_include/geral/anuario_estatistico_detran_rj_2021.pdf_) Acesso em: 4 set. 2021.

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consulta-publica-do-pde-2030>. Acesso em: 21 ago. 2021.

G1 GLOBO. **Volta Redonda tem quase 1 carro para cada dois habitantes, aponta Detran**. 25 out. 2018 Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa->

verde/noticia/2018/10/25/volta-redonda-tem-quase-1-carro-para-cada-dois-habitantes-aponta-detran.ghtml. Acesso em: 21 ago. 2021.

IBGE. **Volta Redonda**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/volta-redonda/panorama>. Acesso em: 21 ago. 2021.

PLANUM. Plano de mobilidade de Volta Redonda. [S.l.:s.n.], 2016.

## **A importância da manutenção em grandes pontes e viadutos rodoviários**

**Gustavo de Castro Souza Guimarães.<sup>1</sup>; Larissa Andrade Ribeiro; Maria Thereza da Silva Noronha; Sergio Luiz Taranto de Reis.**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[gustavoguimaraes-navy@hotmail.com](mailto:gustavoguimaraes-navy@hotmail.com)*

### **RESUMO**

As pontes e viadutos são construções que possuem uma importância ímpar no que diz respeito a mobilidade urbana, já que o transporte terrestre é o maior meio viário do Brasil. Por meio delas, torna-se possível interligar pontos não acessíveis que, geralmente, são separados por rios, mares, vales, dentre outros obstáculos, naturais e artificiais, permitindo a passagem de automóveis, trens, comboios, canalização e pessoas. As manutenções nas pontes e viadutos requerem estudos eficazes e bastante rigorosos para que seja possível fazer um serviço com nível alto de precisão e eficácia com uma equipe capacitada. Esses reparos e manutenções, seja de caráter preventivo ou até mesmo de restauração, devem ser realizados durante toda a vida útil da construção. Nota-se que uma estrutura feita de concreto possui seu determinado tempo de conservação e para que possa durar um tempo mínimo pré-estabelecido em projeto para seu funcionamento, essas construções precisam passar por inspeções severas, reparos preventivos e manutenções das inúmeras patologias que surgem naturalmente com o decorrer do tempo, podendo ter origem em diversos fenômenos, como as patologias oriundas do concreto, fenômenos físicos, químicos e biológicos e agentes mecânicos. Desta maneira, espera-se contribuir com o tema apontando as causas e os tipos de patologias recorrentes neste tipo de construção e apresentar as formas de manutenção mais indicada e econômica para cada caso.

**Palavras-chave:** Pontes. Viadutos. Patologias. Manutenção. Reparos.

### **1 INTRODUÇÃO**

As primeiras pontes surgiram de forma natural, através da queda de árvores, o que possibilitou a transposição de obstáculos. Após esses incidentes naturais, passou-se a aperfeiçoar e criar outras pontes por meio de recursos encontrados na

natureza. O meio viário cresceu consideravelmente e houve locais onde as pontes já não eram a melhor solução nascendo, assim, os viadutos, que têm o objetivo de interligar vias. Denomina-se ponte quando o obstáculo a ser transpassado forem mares e rios e os viadutos, vales e outras vias.

O sistema rodoviário passa por diversos problemas e, um dos maiores, é a falta de manutenções nas pontes e viadutos. Há diversos fatores que contribuem para isso, como uma falta de planejamento e estratégia, além da falta de um gerenciamento de qualidade das obras de arte (OAE) que estão sendo sobrecarregadas devido ao enorme fluxo de veículos que vêm comprometendo a segurança da estrutura (Vitório, 2006).

Este projeto tem como principal motivação demonstrar e expor os tipos de patologias e degradações recorrentes, analisar e compreender processos de manutenções aplicadas nas pontes e viadutos, citar as inspeções necessárias para a segurança da estrutura e identificar as objeções ao executá-las.

Com base em estudos, pesquisas, artigos e debates sobre o tema será feita uma análise sobre as patologias que mais assolam os engenheiros e evidenciar a melhor e mais econômica solução possível para cada tipo de patologia encontrada. Há também a intenção de englobar de forma simples, porém direta esse assunto que é extremamente necessário na Construção Civil, onde não há hábitos direcionados para as manutenções desse tipo de construção.

## **2 METODOLOGIA**

O presente trabalho foi desenvolvido tendo como suporte metodológico da pesquisa bibliográfica com revisão de literatura. Segundo Gil (2008), é desenvolvida a partir de materiais já elaborados, constituído principalmente de artigos científicos e livros, cabendo ressaltar que a revisão bibliográfica pode ser entendida como resultado de uma busca de informações sobre um determinado assunto, a partir de um levantamento de dados científicos publicados anteriormente.

A partir disso, para a elaboração deste projeto, houve uma discussão em grupo para que fosse indicado as principais dúvidas referentes ao tema e, em seguida, essas dúvidas transformaram-se em perguntas.

Logo após, essas perguntas foram separadas com base nos temas gerais para que fosse definido a ordem a ser realizada uma profunda revisão bibliográfica de livros, leis e normas que respondam as perguntas selecionadas anteriormente.

Depois de diagnosticado o problema a ser abordado no projeto, foi definido os objetivos gerais e específicos, além das estratégias a serem usadas na pesquisa.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após diversas análises de pesquisas, notou-se que há patologias muito mais recorrentes que outras, sendo as principais ocasionadas por agentes mecânicos, químicos e biológicos.

As principais patologias encontradas por agentes mecânicos são as fissuras (figura 1), que podem ter início nas juntas de dilatação, por esforços de tração, flexão, torção e cisalhamento, bem como por meio de eventuais acidentes.

Figura 1 – Colapso de uma ponte por falha nas sustentações



Fonte: Portal norte, 2013

As principais patologias encontradas por agentes químicos são as reações, como o ataque dos sulfatos e cloretos – mais recorrentes em pontes construídas no



meio marítimo –, a corrosão (figura 2) e a lixiviação, que ocorre simplesmente por meio do contato da água com o concreto.

Figura 2 – Armadura em estado crítico de corrosão



Fonte: Asope, 2018

As principais patologias encontradas por agentes biológicos compõe-se de micro-organismos que são encontrados nos materiais, com raízes e vegetações. Geralmente elas surgem devido à falta das manutenções das fissuras, possibilitando que esses micro-organismos instalem-se na estrutura através do vento e de animais.

Também foi encontrado com bastante recorrência – e não menos importantes – patologias por agentes físicos, como a erosão e a abrasão.

A abrasão é um ato ou processo de desgaste por fricção ou efeitos resultantes desse processo, com movimentos dos detritos gerados, devido à ação de diversos fatores. A erosão é quando há um destacamento e o transporte do solo.

Essas patologias são resultantes de uma extrema variação de temperatura, ação dos ventos, da água – em forma de chuva, gelo ou umidade do ar – e do fogo.

Após definidas todas as principais patologias que mais são recorrentes nas obras de arte, é preciso conhecer os tipos de manutenções e vistorias e segui-las rigorosamente. No entanto, isso não vem acontecendo pois, na maioria dos casos, a manutenção de pontes e viadutos é ignorada devido ao seu custo elevado. Por isso, há uma tendência natural de deterioração da estrutura que acelera o surgimento das patologias.

Segundo Sartorti (2008), é entendido como manutenção todos os procedimentos necessários para garantir o desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, são rotinas que têm como objetivo proporcionar à estrutura um tempo maior de vida útil.

Há três tipos de manutenções mais comuns. São elas: manutenção corretiva, manutenção preventiva e a manutenção preditiva.

A manutenção corretiva é executada para reparos em decorrência de algum dano. Este problema pode ser causado por desgaste, mal uso ou acidentes.

A manutenção preventiva serve para reduzir a quantidade de trabalhos de manutenção, além de manter a qualidade e eficiência das OAE's.

A manutenção preditiva é o acompanhamento periódico através de dados coletados por meio de monitoração ou inspeções.

As vistorias também possuem um papel importante para evitar que uma obra de arte especial chegue a um nível crítico. Para isso, é de suma importância que haja um constante monitoramento dessas anomalias através de inspeções regulares e bem detalhadas. No Brasil, adota-se os seguintes tipos de inspeções:

Inspeção cadastral – primeira a ser realizada na obra, deve ser efetuada quando houver alterações na configuração da obra, como alargamento, acréscimo de comprimento, mudança no sistema estrutural, etc.

Inspeção rotineira – é o acompanhamento periódico, visual, com ou sem a utilização de equipamentos, realizado em um prazo não superior a um ano. Deve ser verificado a evolução das anomalias detectadas em vistorias anteriores.

Inspeção especial – feita em um período de 5 à 8 anos, desde que se enquadre em obras com classificação de longo prazo e obras com total acesso a seus constituintes na inspeção rotineira e deve contemplar mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis na obra de arte.

Inspeção extraordinária – é acionada quando há algum contratempo urgente, como acidentes que comprometem a estrutura, a segurança ou o uso da construção.

As inspeções Cadastral e Rotineira devem ser feitas por inspetores acompanhados por auxiliares técnicos.

As inspeções Especial e Extraordinária devem ser feitas por inspetores sob coordenação de um inspetor sênior e acompanhado por consultores e auxiliares técnicos.

Por fim, as inspeções permitem diagnosticar as anomalias que existem na construção e indicar qual o melhor tratamento e, por meio das manutenções, tratar essas anomalias.

#### **4 CONCLUSÕES**

Conclui-se que o quanto antes fizer as devidas inspeções neste tipo de construção, diagnosticar detalhadamente todas as anomalias existentes na obra e indicar o melhor tipo de manutenção a ser realizado reduziria em muito as obras de arte com estruturas muitas das vezes caóticas e próximas do colapso total. Uma inspeção bem detalhada e manutenções feitas dentro de um período pré-definido e com qualidade prolonga a vida útil da construção, mantém a segurança permitindo que a construção funcione perfeitamente e evita gastos astronômicos com reparos de patologias já em nível avançado de deterioração.

#### **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16230: **Inspeção de estruturas de concreto** – Qualificação e certificação de pessoal – Requisitos – procedimento, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9452: **Inspeção de pontes viadutos e passarela de concreto – procedimento**, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimento**, 2014.

ASOPE Engenharia. **Fissuras por ataque de cloretos**. Disponível em: <https://www.asope.com.br/single-post/2018/04/24/fissuras-por-ataque-de-cloretos>. Acesso em 15 de set.2021.

Axfiber desenvolvimento em compósitos. Ataque em estruturas de concreto por ação de cloretos. Disponível em: <https://www.axfiber.com.br/single-post/2017/01/12/ataque-em-estruturas-de-concreto-por-a%C3%A7%C3%A3o-de-cloretos>. Acesso em 15 de set.2021.

DNIT. – Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2004.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008. Disponível em:<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em 19 de set.2021

POMPEU, C; FARIA, M; ALMEIDA, T. **Manutenção e Restauração de Pontes E Viadutos**. São Paulo: SEMESP,2019. Disponível em:<http://conic-semesp.org.br/anais/files/2019/trabalho-1000003338.pdf>. Acesso em 15 de abr.2021

VITÓRIO, J. A. P. **Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto**. Anais do 48° Congresso brasileiro do Concreto, 2006. Disponível em: [https://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Vistorias\\_Conservacao\\_Gestao\\_Pontes\\_Viadutos\\_Concreto.pdf](https://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Vistorias_Conservacao_Gestao_Pontes_Viadutos_Concreto.pdf). Acesso em 14 de abr.2021

## **Análises da carga orgânica e nutrientes do lago José dos Santos da Silva localizado no município de Volta Redonda-RJ, visando projeto de revitalização**

**Karine Silva de Paula<sup>1</sup>; Bianca de Almeida Ramos <sup>1</sup>; Jéssica Bueno Busch <sup>1</sup>; Ana Claudia Silva de Almeida <sup>1</sup>; Amarildo de Oliveira Ferraz <sup>1</sup>; Camila Martins Hosken<sup>1</sup>; Erika Fraga Rodrigues<sup>1</sup>; Valmir Pereira<sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[ana.almeida@foa.org.br](mailto:ana.almeida@foa.org.br)*

### **RESUMO**

O Lago José dos Santos da Silva, localizado no Zoológico do Município de Volta Redonda, foi submetido a estudos para determinação de uma série de características químicas para avaliar seu nível trófico. Uma das formas de poluição hídrica vem através da eutrofização, quando um corpo hídrico recebe níveis elevados de nutrientes como substâncias nitrogenadas e fosforadas, através da inserção de matéria orgânica por exemplo, o que faz com que o mesmo entre em processo de eutrofização com a produção excessiva de algas e macrófitas. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo a quanti-qualificar determinados compostos típicos da eutrofização presentes no lago, onde foram analisadas a série de nitrogenados, fosforados e a DQO das amostras coletadas nos estratos superficial (Epilímnio), intermediária (Metalímnio) e do fundo (Hipolímnio). Por se tratar de um ambiente cujo lago recebe grande quantidade de carga orgânica, confirma-se o fato de que as concentrações tanto do nitrogênio inorgânico quanto o fósforo e, altos valores da DQO são evidências de um lago eutrofizado.

**Palavras-chave:** Revitalização. Fosfatos. Nutrientes. Eutrofização. Nitrogenados.

### **1 INTRODUÇÃO**

Um dos problemas ambientais presente nos recursos hídricos é o processo de eutrofização que é proveniente do excesso de nutrientes em ambientes aquáticos, esse aumento provoca o crescimento exorbitante de algas, além da mortandade de espécies aquáticas por causa da redução do oxigênio dissolvido.

A eutrofização ocorre em inúmeros corpos d'água no Brasil, porém ocorre mais em lagos e reservatórios, que são corpos lânticos. Os ambientes lânticos são aqueles caracterizados por águas paradas ou de baixo fluxo, sendo assim, não ocorre grande circulação de água. (TRINDADE; PRISCILLA, 2014).

Sendo assim, o projeto tem como objetivo coletar as amostras nos estratos superficiais, medianos e bentônico do lago, para determinar o processo de eutrofização apenas no ponto 1 (Pier do pedalinho). Vale ressaltar que este trabalho é um seguimento de um projeto de iniciação científica (PIC), uma vez que já se tinha verificado um nível mais crítico no ponto citado anteriormente.

Desta forma, o presente estudo se justifica na coleta e análise da água nos níveis Epilímnio, Metalímnio e Hipolímnio do Lago José dos Santos da Silva, localizado no Zoológico Municipal de Volta Redonda com o objetivo de avaliar os parâmetros DQO, série de fósforo e fosfato total e série de nitrogenados: nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito. Esses compostos quando estão presentes acima do permitido em corpos hídricos, revelam um nível de contaminação e um possível processo de eutrofização.

## 2 METODOLOGIA

O estudo consiste na identificação do processo de eutrofização do Lago José Santos da Silva, que após análises no estrato Epilímnio observou que um dos pontos analisados apresentava valores acima do mínimo oligotrófico. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo identificar nos estratos Epilímnio, Metalímnio e Hipolímnio a qualidade da água do corpo hídrico no ponto em questão.

Após coletadas em garrafa de Van Dorn previamente higienizada, as amostras foram transferidas para seus respectivos frascos – lavados com ácido nítrico na proporção de 1:1 – e, foram sujeitas à preservação *in loco*, de acordo com a NBR 9898/1987, utilizando ácido sulfúrico concentrado até pH 2,0 e medido com a fita de pH, para as análises de DQO, fósforo, nitrato e nitrogênio amoniacal, enquanto as amostras contendo nitrito não necessitaram de baixar o pH. Após este processo foram acondicionadas em um recipiente isolante térmico com gelo para o transporte e, ao chegar no laboratório de Química do UniFOA de Três Poços, foram colocadas na geladeira para preservação adequada.

O processo de análise consistiu no uso dos equipamentos do disco colorimétrico e o fotocolorímetro, para as séries nitrogenados e fosforados e, os reagentes utilizados para nitrato ( $N-NO_3^-$ ), nitrito ( $N-NO_2^-$ ), nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ) e fosfato ( $P-PO_4^{3-}$ ) foram todos do fabricante HANNA instruments. Para determinar a demanda química de oxigênio foi utilizado o digestor à temperatura de  $150^\circ C$ , com 2 mL da amostra no tubo contendo a solução de DQO e, esse procedimento foi feito em triplicata. Após o preparo da amostra, a mesma foi colocada por 2 horas no digestor e, posteriormente retirada para resfriamento à temperatura ambiente para em seguida ser realizado a leitura no espectrofotômetro.

Figura 1 - Coleta no Ponto 1 (Pier do pedalinho)



Fonte: Autores, 2021.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os parâmetros químicos analisados, seguem abaixo as tabelas que representam os resultados obtidos. Para melhor compreender e discuti-los, foram comparados com os resultados do trabalho anterior, porém o mesmo só foi possível ser realizada a coleta na estratificação do Epilímnio.

Tabela 1 - Série nitrogenadas – resultados do nitrogênio amoniacal

NITROGÊNIO AMONIACAL (N-NH <sub>3</sub> ) (mg/L)					
Disco Colorimétrico			Fotocolorímetro		
ESTRATIFICAÇÃO	Média	$\sigma$	ESTRATIFICAÇÃO	Média	$\sigma$
EPILÍMNIO	0,25	0,00	EPILÍMNIO	0,21	0,02
METALÍMNIO	1,67	0,44	METALÍMNIO	0,50	0,18
HIPOLÍMNIO	0,50	0,00	HIPOLÍMNIO	0,42	0,03

Fonte: Autores, 2021.

Os resultados obtidos da análise de N-NH<sub>3</sub>, tanto no disco colorimétrico quanto no fotocolorímetro, apresentaram-se coerentes entre si, pois não tiveram avarias em suas realizações e, conseqüentemente em seus resultados.

Tabela 2 – Série nitrogenadas – resultados do nitrato

NITRATO (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg/L)					
Disco Colorimétrico			Fotocolorímetro		
ESTRATIFICAÇÃO	Média	$\sigma$	ESTRATIFICAÇÃO	Média	$\sigma$
EPILÍMNIO	6,00	0,00	EPILÍMNIO	0,03	0,04
METALÍMNIO	8,00	0,00	METALÍMNIO	0,00	0,00
HIPOLÍMNIO	6,67	0,89	HIPOLÍMNIO	0,00	0,00

Fonte: Autores, 2021.

Os valores colhidos no disco para os testes de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foram coesos com o que se esperava, mantendo-se entre 6,0 e 8,0. Já os resultados no Fotocolorímetro do nitrato, ocorreram adversidades, pois houve dificuldade ao calibrar o aparelho de medição, em que o mesmo não se manteu estável, logo os valores não são confiáveis. Embora saiba-se que geralmente os valores que se obtém no Fotocolorímetro são de maior confiabilidade, por ser um equipamento digital e preciso, já a leitura do disco, pode variar de acordo com o manuseio. Dessa forma, os valores relatados na tabela foram resultados de um transtorno causado pelo equipamento e os autores desse trabalho não tiveram tempo hábil para repeti-lo, uma vez que as coletas e análises foram realizadas durante a Pandemia do COVID-19.



Tabela 3 - Série nitrogenadas – resultados do nitrito

NITRITO (NO <sub>2</sub> -) mg/L					
Disco Colorimétrico			Fotocolorímetro		
ESTRATIFICAÇÃO	Média	$\sigma$	ESTRATIFICAÇÃO	Média	$\sigma$
EPILÍMNIO	0,03	0,00	EPILÍMNIO	13,00	1,33
METALÍMNIO	0,03	0,00	METALÍMNIO	9,67	0,44
HIPOLÍMNIO	0,03	0,00	HIPOLÍMNIO	12,00	1,33

Fonte: Autores, 2021.

O nitrito não apresenta uma boa estabilidade devido à sensibilidade das bactérias nitrosas responsável por transformar amônia em nitrito. Desta forma, o nitrito em corpo hídrico passa ligeiramente para nitrato no processo de nitrificação. Os valores do Fotocolorímetro foram desconsiderados, pois estão elevados contradizendo com a realidade do nitrito. Sendo assim, foram considerados os valores apenas do disco.

Da mesma forma como supracitado no nitrato, não foi possível uma nova análise no Fotocolorímetro, visto que o experimento foi realizado em tempos de pandemia do COVID-19.

Tabela 4 - Série Fosforada - resultados do fosfato

FOSFATO (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) mg/L					
Disco Colorimétrico			Fotocolorímetro		
ESTRATIFICAÇÃO	Média	$\sigma$	ESTRATIFICAÇÃO	Média	$\sigma$
EPILÍMNIO	0,0	0,0	EPILÍMNIO	0,12	0,00
METALÍMNIO	0,0	0,0	METALÍMNIO	0,14	0,10
HIPOLÍMNIO	0,0	0,0	HIPOLÍMNIO	0,38	0,07

Fonte: Autores, 2021.

Ao analisar os valores obtidos no disco colorimétrico do fosfato, observou-se que, embora tenham zerado, foram coerentes quando comparados aos resultados do Fotocolorímetro, principalmente devido a sensibilidade do disco.

Tabela 5 - Série Fosforada - resultados do fósforo

FÓSFORO TOTAL (Pt) µg/L					
Disco Colorimétrico			Fotocolorímetro		
ESTRATIFICAÇÃO	Média	σ	ESTRATIFICAÇÃO	Média	σ
EPILÍMNIO	0,0	0,0	EPILÍMNIO	39,2	0,0
METALÍMNIO	0,0	0,0	METALÍMNIO	46,8	31,2
HIPOLÍMNIO	0,0	0,0	HIPOLÍMNIO	124,0	21,8

Fonte: Autores, 2021.

$$\text{Equação: } \mathbf{Fósforo = Valor\ do\ Fosfato \times 0,3263} \quad (1)$$

De acordo com o manual do equipamento (disco colorimétrico) utilizado (Hanna Instruments) os valores de fósforo são obtidos através da equação (1). Como os resultados de fosfato foram nulos para o disco, o fósforo não poderia ser diferente.

No caso do Fotocolorímetro os valores do fósforo foram obtidos pela relação de massas constatando mais uma vez o nível de eutrofização do lago quando comparado com a tabela 7.

Tabela 6 - Resultados da DQO (mg/L)

Estratificação	Média	σ
Epilímnio	485,33	44,22
Metalímnio	493,00	57,33
Hipolímnio	377,00	6,67

Fonte: Autores, 2021.

Os valores da DQO mostram um corpo de água, além de eutrofizado, como mostrado nos resultados de análise dos nutrientes, com alta concentração de matéria orgânica em função de valores 20 vezes maior que os corpos hídricos classe 2. Com os valores fornecidos pelo estudo, foi possível realizar uma análise comparativa para determinação da condição do lago conforme indicado na tabela 7 a seguir.

Tabela 7 - Classificação do estado trófico de um corpo aquático pelos níveis de fósforo total e nitrogênio inorgânico.

Estado Trófico	Fósforo Total ( $\mu\text{g/L}$ )	Nitrogênio Inorgânico ( $\text{mg/L}$ )
Ultraoligotrófico	<5	< 0,20
Oligotrófico	5-10	0,20 - 0,40
Mesotrófico	10-30	0,30 - 0,65
Eutrófico	30-100	0,50 - 1,50
Hipereutrófico	>100	>1,50

Fonte: Adaptado de SCHÄFER, 1985 apud SANTOS, 2014.

#### 4 CONCLUSÃO

Em síntese dos fatos apresentados leva-se a compreender que de acordo com os resultados obtidos nas análises do presente projeto, pode-se verificar que os valores de antes e depois foram semelhantes e, por se tratar de um ambiente cujo lago recebe diariamente uma grande quantidade de carga orgânica, que confirma o fato da presença de nitrogênio amoniacal aponta contaminação recente e que as concentrações tanto do nitrogênio inorgânico quanto o fósforo são evidências de um lago eutrofizado e contaminado devido ao alto valor da DQO.

#### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL (Brasil); COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Norma Técnica Interna SABESP NTS 004: DQO - Demanda Química de Oxigênio.** Brasília, DF: [s. n.], 1997. 8 p. Disponível em: <https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/nts004.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2021.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas.** Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em 29 nov. 2020.

CHANDRA, S., ZANDEN, M.J.V., HEYVAERT, A.C., RICHARDS, B.C., ALLEN, B.C., Goldman, C.R. (2005) **The effects of cultural eutrophication on the coupling between pelagic primary producers and benthic consumers.** Limnology and Oceanography. 50, 1368-1376.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] União, n. 53, 18 mar. 2005, p. 58-63.

FIGUEIREDO, M. C *et al.* Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. Scielo, [s. l.], 7 dez. 2020.

LAMPARELLI, M.C. (2004) Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 238 pp.

TRINDADE, P *et al.* Eutrofização em reservatórios – Estudo de caso: reservatório de Rio Bonito (ES). Scielo, [s. l.], 7 dez. 2020.

SANTOS, M. R. **Evolução Temporal da Eutrofização no Complexo Lagunar de Jacarepaguá.** 2014. 139 f. Monografia (Graduação). – Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

## **Dureza em Cerâmicas Parcialmente Estabilizada com Óxido de Ítrio Após Tratamento de Superfície com Zirlink e Rocatec**

**Alain Phillipi de Paula<sup>1</sup>; Gabriel Azevedo de Sá<sup>1</sup>; Cláudio Luis de Melo Silva<sup>1</sup>; Rodrigo Xavier de Freitas<sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[alain\\_prados@hotmail.com](mailto:alain_prados@hotmail.com)*

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo estudar a dureza superficial da cerâmica estabilizada com óxido de ítrio (YTZP) tratada com Zirlink que é um preparador de cimentação para zircônia, e também jateada com Rocatec, comparando com uma cerâmica sem tratamento superficial. Foram confeccionados 06 blocos de zircônia parcialmente estabilizada com óxido de ítrio medindo 10x5x3mm e esses blocos foram divididos em 03 grupos. Após separadas, as amostras foram divididas em grupo controle (sem tratamento, n=2), grupo Zirlink (material aplicado previamente a sinterização, n=2), e grupo Rocatec (jateado após sinterização, n=2) e a seguir foram levadas ao Microdurômetro Time Group para análise de dureza Vickers, onde em cada bloco foram realizadas 06 penetrações com 9,8N por 15 segundos. Após análise de dureza e análise estatística dos dados, os resultados obtidos mostraram que os grupos experimentais submetidos aos tratamentos de superfície apresentaram dureza estatisticamente iguais em relação ao grupo controle. Os autores concluíram que o tratamento de superfície com Zirlink não alterou a propriedade mecânica se comparados ao grupo controle e ao grupo que teve a superfície jateada.

**Palavras-chave:** Prótese Dentária. Cerâmica. Dureza.

### **1 INTRODUÇÃO**

As cerâmicas têm sido amplamente usadas na odontologia como material de substituição dentária baseado em características favoráveis como biocompatibilidade, dureza, inércia química e principalmente por suas características estéticas, porém podem se apresentar friáveis e suscetíveis a fratura (ANDRADE et al., 2017). Elas podem ser divididas estruturalmente em 2 grupos: cerâmicas vítreas e cerâmicas cristalinas (parcialmente cristalinas e policristalinas). As cerâmicas

policristalinas, como a zircônia parcialmente estabilizada com ítria (YTZP), tem sido o material de eleição escolhido por profissionais para trabalhos reabilitadores em áreas de tensão, por apresentar um comportamento mecânico superior se comparado às demais cerâmicas (BELO et al., 2013).

Zircônia é o nome dado para o dióxido de zircônio, de composição química  $ZrO_2$ . Na odontologia a zircônia é usada parcialmente estabilizada com óxido de ítrio (YTZP), permitindo sua estabilização na fase cristalina tetragonal em temperatura ambiente ao invés da fase monoclinica, sendo instável. Esse material se caracteriza pela transformação de fase tetragonal-monoclinica dos grãos de zircônia, acompanhada por uma expansão volumétrica de 4 a 5%, onde se cessa as pontas de propagação de fenda, aumentando a resistência desse material (REGO; SCHANUEL, 2015).

Clinicamente próteses cerâmicas à base de zircônia podem apresentar fraturas na cerâmica de revestimento e perda de retenção, podendo estar relacionadas à técnica de cimentação e ao cimento inadequado. Pelo fato da zircônia ter ausência estrutural de sílica, ser ácido resistente e não responder ao protocolo tradicional de silanização, utiliza-se como tratamento o jateamento de superfície com óxido de alumina, silicatização, silanização e cimentos resinosos com MDP em sua constituição. Porém, apesar do tratamento da superfície ter como finalidade promover rugosidade superficial e melhorar a força de adesão, há uma certa cautela sobre qual protocolo é o mais indicado (FELBERG et al., 2019).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a microdureza de uma cerâmica YTZP após tratamento de superfície com “Zirlink” e jateada com alumina e Rocatec, e ambos tratamentos promovem maior dureza à superfície da cerâmica.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente estudo foram confeccionados 06 corpos de prova a partir dos blocos pré-sinterizados Ítrion Zirkon Transluzent (Zirkonzahn GMHB) medindo 10mm x 5mm x 3mm, cortadas na máquina de corte preciso, Isomet 1000, com disco diamantado de 0,5mm. As dimensões das amostras foram 20% maiores que a medida final desejada, prevendo a contração ocorrida com a sinterização do material.

Após o corte, parte das amostras (n=6) foram levadas a um forno específico, para sinterização a 1550°C por aproximadamente 6 horas, e sofreram resfriamento gradativo por 4 horas no forno. Os 06 blocos foram separados em três grupos (n=2):

G1 – Grupo controle: sem tratamento;

G2 – Zirlink: material aplicado previamente à sinterização;

G3: Jateado: Jateado com Alumina 80 µm e a seguir com Rocatec.

Em cada bloco foram realizadas 06 penetrações no Microdurômetro Time Group, com 9,8N por 15 segundos. Os resultados foram analisados estatisticamente pelo método ANOVA a 1 critério e os grupos comparados pelo teste de Tuk<sup>AN</sup> utilizando 5% de significância no programa Biostat 5.0.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cerâmicas à base de óxido de zircônio é um material à base de um polimorfo conhecido que existe sob três fases: monoclinica, tetragonal e cúbica, que se destaca pela sua excelente propriedade mecânica, porém ainda apresenta obstáculos a serem superados para seu uso efetivo e seguro, pois nenhum material pode ser indicado para todas situações clínicas porque todos possuem suas limitações (ANDREIUOLO, 2011; AIDA, 2015).

Segundo GUESS et al., (2010) e Belo et al., (2013), a zircônia tetragonal estabilizada por ítria (YTZP) apresenta características mecânicas de alta resistência e tenacidade à fratura devido a um mecanismo de tenacificação de transformação.

Esse mecanismo de transformação de fase cristalina pode apresentar degradação das propriedades mecânicas em baixa temperatura, podendo estar envolvidos o tamanho do grão ou a quantidade do estabilizador e até mesmo as tensões podem estar relacionados nesse processo. Ainda, por suas excelentes características, é uma alternativa real a ser utilizada em diferentes tipos de reabilitações protéticas. A principal falha relatada foi a fratura do recobrimento de porcelana nas coroas com subestrutura em zircônia (BARROS, 2016).

De acordo com a tabela 1, que demonstra os valores de microdureza Vickers dos grupos Controle, Zirlink e Rocatec, foram estatisticamente iguais, mostrando que

essa propriedade mecânica não foi alterada com os diferentes tratamentos de superfície propostos pelo trabalho.

Tabela 1: Média, Desvio Padrão e Análise estatística (Letras iguais, valores iguais) da microdureza Vickers dos Grupos Controle, Rocatec e Zirlink.

	<b>Controle</b>	<b>Rocatec</b>	<b>Zirlink</b>
<b>Média</b>	4316 A	4362 A	4358 A
<b>Desvio Padrão</b>	41	80	83
<b>n</b>	12	12	12

Fonte: autoria própria.

Diferentemente das cerâmicas condicionantes, os materiais YTZP não apresentam fase vítrea nas bordas, o condicionamento superficial com ácido fluorídrico e silanização não conferem força à união, o que faz necessário outro tipo de tratamento superficial, motivo pelo qual muitos trabalhos desenvolvem técnicas de tratamento de superfície com a finalidade de obter retenção aos agentes cimentantes resinosos às estruturas cerâmicas, que apesar de serem irregulares internamente não retêm o material de união, comprometendo a estabilidade da prótese (LUTHARDT et al., 2002; OLIVEIRA; RABELLO, 2017). O jateamento com óxido de alumínio e a deposição triboquímica de sílica tem sido associados à novas técnicas para o condicionamento de superfície dessas cerâmicas (CAVALCANTI et al., 2009).

Alguns estudos divergem sobre o sistema de tratamento superficial para as cerâmicas YTZP, mostrando que a silicatização com silanização aumentou a força de união em cerâmicas com alumina e óxido de zircônio, comparadas com abrasão simples com partículas (HEIKKINEN et al., 2007; ÖZCAN; BALLITTU, 2003; VALANDRO et al., 2008).

O Jateamento com partículas de óxido de alumínio confere rugosidade superficial e adequada adesividade, mas induz transformação de fase por proporcionar micro-tincas provenientes de tensões, geradas devido ao efeito da pressão do ar no momento do jateamento com óxido de alumínio e da alumina modificada por sílica (Rocatec), porém observou-se que a interação mais alta de adesão foi obtida com maiores pressões (CONRAD et al., 2007; HEIKKINEN et al., 2007). GUAZZATO et al., (2005), mostrou que a pressão elevada pode causar trincas,



consequentemente, alteração de fase, aumentando o conteúdo monoclinico da zircônia. Estudos mostram que a infiltração seletiva por vidro seja capaz de gerar uma interação química e imbricamento sem causar danos superficiais à cerâmica (MUDADO, 2012; OLIVEIRA; RABELLO, 2017).

Sugere-se técnicas específicas para cimentação de cerâmicas YTZP, sendo necessário tratamento de superfície para obter bons resultados de adesão da zircônia a cimentos resinosos. Estudos apontam que associando métodos é possível efetuar uma união adesiva, e ainda o jateamento de superfície com óxido de alumina e a silicatização foram os métodos que apresentam melhores resultados se associados à união química, ou seja, o pré-tratamento da superfície da cerâmica confere efetiva união física ao substrato (MELO et al., 2020).

De acordo com Carvalho et al., (2020), a aplicação prévia de primer ao processo de cimentação pode preservar a estrutura cerâmica, visto que a retenção mecânica do preparo evita o deslocamento, só sendo obtida através do jateamento com óxido de alumina, revestida com sílica, para maior interação com o silano.

#### 4 CONCLUSÃO

Concluiu-se nessa pesquisa que em ambos os tratamentos de superfície - seja com a aplicação do Zirlink ou com o jateamento com Óxido de alumínio - não se comprometeu a estrutura cerâmica, mantendo assim sua dureza semelhante a estrutura que não foi tratada, e não interferiu em sua propriedade mecânica.

Outros testes de propriedade mecânica são necessários para avaliar se realmente ambos tratamentos mantêm a estrutura cerâmica semelhante e interferem em propriedades de união, visto que o Zirlink não comprometeu mecanicamente a estrutura do material.

#### REFERÊNCIAS

AIDA, C. A. **Cerâmicas à base de zircônia: uma revisão de literatura**. 2015. 28p, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ANDRADE, A. O.; SILVA, I. V. S.; VASCONCELOS, M. G.; VASCONCELOS, R. G. Cerâmicas odontológicas: classificação, propriedades e considerações clínicas. **Rev. Salusvita.**, Bauru, v. 36, n. 4, p. 1129-1152, out/dez. 2017.

ANDREIUOLO, R.; GONÇALVES, S. A.; DIAS, K. R. H. C. A Zircônia na Odontologia Restauradora. **Rev. Bras. Odontol.**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 1, p. 49-53, 2011.

BARROS, S. H. M. **O uso da zircônia na prática odontológica reabilitadora.** 2016. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BELO, Y. D.; SONZA, Q. N.; BORBA, M.; BONA, A. D. Zircônia tetragonal estabilizada por ítria: comportamento mecânico, adesão e longevidade clínica. **Associação Brasileira de Cerâmica**, São Paulo, v. 59, n. 352, p. 633-639, out./dez. 2013.

CARVALHO, R.F.; RODRIGUES, M.R.; MARINHO, C.C.; SAAVEDRA, G.S.F.A.; PAES-JUNIOR, T.J.A.; KIMPARA, E.T. Zircônia: desafio do processo de tratamento de superfície. **HU Rev.**, Governador Valadares, v. 46, p. 1-8, fev. 2020.

CAVALCANTI, A. N. et al. Evaluation of the Surface Roughness and Morphologic Features of Y-TZP Ceramics after Different Surface Treatments. **Photomedicine and Laser Surgery**, Larchmont, NY, v.27, n3, p.473–9, 2009.

CONRAD, H. J.; SEONG, W.; PESUN, I. J. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. **J Prosthet Dent**, St. Louis, Mosby, v.98, p.389-404, 2007.

FELBERG, R. V.; BASSANI, R.; PEREIRA, G. K. R.; BACCHI, A.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; GOMES, E. A. et al. Possibilidades restaurativas usando cerâmica de zircônia para coroas únicas. **Rev. Bras. Odontol.**, Ribeirão Preto, v. 30, n. 5, p. 446-452, set/out. 2019.

GUAZZATO M.; QUACH L.; ALBAKRY M.; SWAIN M.V. Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of Y-TZP dental ceramic. **Journal of Dentistry**, Bristol, England, v.33, p. 9-18, 2005.

GUESS, P. C.; ATT, W.; STRUB, J. R. **Zircônia in fixed implant prosthodontic. University Freiburg**, Germany, v. 14, n. 5, p. 633-645, dez. 2010.

HEIKKINEN, T. T.; LASSILA, L. V. J.; MATINLINNA, J. P.; VALLITTU, P. K. Effect of operating air pressure on tribochemical silica-coating. **Acta Odontologica Scandinavica**, Stockholm, v.65, p. 241-248, 2007.

LUTHARDT, R. G.; HOLZHUTER, M.; SANDKUHL, O.; HEROLD, V.; SCHNAPP, J. D.; KUHLSCH E. et al. Reliability and properties of ground Y-TZP-zirconia ceramics. **J Dent Res**, Chicago, v. 81, n. 7, p. 487-91, 2002.

MELO, J.M.F.O.; VAJGEL, B.C.F.; GUERRA, C.M.F.; SIQUEIRA, E.C.C.; GALINDO, R.C. Tratamento da superfície de zircônia para cimentação: uma revisão de literatura. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 86383-86399, nov. 2020.

MUDADO, F.A. **Cimentação adesiva de cerâmicas à base de zircônia**. 2012. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Dentística) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

OLIVEIRA, P. F.; RABELLO, T, B. Tratamento de superfície para a cimentação adesiva de cerâmicas à base de zircônia: revisão de literatura. **Rev. Bras. Odontol.**, Rio de Janeiro, v. 74, n. 1, p. 36-9, jan/mar. 2017.

ÖZCAN M.; VALLITTU P. K. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. **Dental Materials**, Copenhagen, v.19, p.725–31, 2003.

REGO, M. E. S.; SCHANUEL, F. R. S. Influência de diferentes tratamentos de superfície na força de adesão entre zircônia estabilizada por ítria e cimentos resinosos. **Rev. Bras. Odontol.**, Rio de Janeiro, v. 72, n. 1/2, p. 37-40, jan./jun. 2015.

VALANDRO L. F.; ÖZCAN M.; AMARAL R.; VANDERLEI A.; BOTTINO M. A. Effect of testing methods on the bond strength of resin to zirconia-alumina ceramic: microtensile versus shear test. **Dental Materials Journal**, Tokyo v.27, n.6, p.849-55, 2008.

## **Vantagens de utilizar os Resíduos da Construção Civil e Resíduos da Construção e Demolição em substituição do material natural na pavimentação**

**Felipe Rodrigues Sciota<sup>1</sup>; Gilmar Bui Ferrini<sup>1</sup>; Jhennifer do Nascimento Gomes<sup>1</sup>; Lucas Costa Ribeiro<sup>1</sup>; Marcus Vinicius Faria de Araujo<sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[felipesciota@gmail.com](mailto:felipesciota@gmail.com)*

### **RESUMO**

Este artigo tem como objetivo geral realizar, por intermédio da revisão bibliográfica, um estudo sobre a substituição da matéria prima natural usada em pavimentações por Resíduos da Construção Civil e Resíduos da Construção e Demolição, apontando vantagens para sua aplicação nas obras de pavimentações rodoviárias. E objetivos específicos, realizar um levantamento de informações contundentes sobre coleta de dados de RCC e RDC; analisar a possibilidade do reaproveitamento do RCC e RCD com destinação em pavimentações de ferrovias e estradas e apontar os benefícios da utilização de materiais resultantes de construção civil. De fato, a construção civil pode ser considerada uma das atividades que mais impactam de forma negativa o meio ambiente, tanto pelo consumo de recursos naturais como a geração de resíduos. A geração de resíduos sólidos de um empreendimento seja nova ou de reforma deve ser incluído no projeto de gerenciamento, adequando as etapas da obra, prevendo desperdícios e dando a destinação correta de todo o material em desuso, buscando redução de custos finais.

**Palavras-chave:** Resíduos. Construção civil. Demolição. Pavimentação. Descarte.

### **1 INTRODUÇÃO**

Construção civil em sua etimologia se traduz como uma ciência que estuda os preceitos essenciais para a realização de uma obra com estabilidade, que seja útil, de forma econômica e bem acabada. O setor da construção civil, além de consumir uma grande quantidade de recursos naturais como areia e pedra, também é responsável por gerar um número elevado de resíduos, podendo atingir a faixa de 40 a 70% do total de resíduos sólidos gerados em municípios brasileiros de médio e grande porte.

Este artigo tem como objetivo realizar, por intermédio da revisão bibliográfica, um estudo sobre a substituição da matéria prima natural usada em pavimentações por RCC e RCD, apontando vantagens para sua aplicação nas obras de pavimentações rodoviárias. E como objetivos específicos realizar um levantamento de informações públicas sobre coleta de dados de RCC e RCD; analisar a possibilidade do reaproveitamento do RCC e RCD com destinação em pavimentações de ferrovias e estradas e apontar os benefícios da utilização de materiais resultantes de construção civil.

O material resultante de obras da construção civil, que por vezes são descartados de forma inadequada são denominados de resíduos da construção e demolição (RCD) ou usualmente classificados como entulhos, configuram-se como uma realidade da maioria dos municípios brasileiros. O presente trabalho irá apresentar uma forma de utilizar o RCC e RCD como substituto de matéria prima nas rodovias, com isso espera-se descobrir vantagens nessa substituição de forma econômica, ambiental entre outras formas viáveis.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho utilizou como procedimento metodológico uma revisão bibliográfica com o intuito de compreender o processo de pavimentação de vias a partir da utilização de agregados recicláveis provenientes da construção civil com a aplicabilidade em base e sub-base de pavimentação. Que, na concepção de Beuren et al. (2010), tem como finalidade colher informações e dados de um determinado problema no qual se busca respostas, utilizando um material científico público como referencial.

Desse modo, foi utilizado a base de dados *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e Google Acadêmico como meio de pesquisa de artigos acadêmicos relacionados aos descritores “Resíduos”; “Construção Civil”; “Demolição”, “Pavimentação” e “Descarte”. Tomou-se como critério de inclusão, artigos com até dez anos de publicação, exceto os autores considerados clássicos em relação ao tema pesquisado. Com isso, foram encontrados mais de 80 periódicos, classificando-

se 43 artigos aptos para a produção do trabalho, analisando as formas de utilização dos resíduos de construção civil e de demolição e os benefícios observados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A grande geração de resíduos de construção e demolição pode ser ocasionada em decorrência da ausência ou da ineficiência no planejamento e gerenciamento de edificações, onde o desperdício e perdas são resultantes do não planejamento das etapas de uma obra (MIRANDA; BALDUINO, 2021). Para Júnior (2005), uma boa gestão dos resíduos da construção civil deve considerar a contenção de grandes quantidades de resíduos gerados na fonte; a reutilização destes; a reciclagem e a disposição final dos resíduos.

Na construção civil, a geração de resíduos deriva tanto de construções quanto da demolição, gerando vários tipos de resíduos: como areia, sobra de pisos, pedaços de madeiras, pedaços de tijolos com concreto entre outros. A NBR 10.004 (ABNT, 2004) define resíduos sólidos como rejeitos em estado sólido ou semissólido resultantes de processos originados da indústria, de hospitais, do comércio em geral, de serviços, de atividades de varrição pública e até mesmo resíduos domésticos.

O CONAMA através do artigo 9 da Resolução 307/2002 (alterado pela Resolução 448/2012) define um plano de gerenciamento fundamentado em 5 etapas que são caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação. Em 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), criada por intermédio da Lei 12.305/10, apresenta as diretrizes relacionadas ao gerenciamento de produtos sólidos resultantes da construção civil, expondo sobre os resíduos de maior periculosidade e apresentando as responsabilidades dos maiores gerados e a função do Estado neste sistema (BRASIL, 2010).

A triagem definida no artigo 9, a Resolução CONAMA 407/2002 (alterado pela Resolução 448/2012), os resíduos devem ser destinados respeitando uma classificação alfabética. A Figura 2 apresenta a classificação dos resíduos segundo a resolução CONAMA.

Desse modo, a referida lei classifica os resíduos por classes A, B, C e D, onde a primeira (Classe A) faz referência a resíduos que podem ser reutilizados ou passar

pelo processo de reciclagem, como agregados de construção, de demolição e reformas, para reparos em pavimentações e de outras obras de infraestrutura. E a última classe (classe D) são resíduos considerados perigosos como amianto, solventes e outros contaminados que devem ser tratados e descartados de forma correta.

E ainda, os resíduos sólidos podem ser categorizados de acordo com outros critérios como a sua origem que podem ser divididos em urbanos, industriais, de serviços de saúde e radioativos. Segundo o seu grau de degradabilidade, podem ser classificados em: I) os degradáveis naturais, como a matéria orgânica; II) relativamente degradáveis, como o papel e o papelão; III) dificilmente degradáveis, como borracha, madeira e pedaços de pano; d) não-degradáveis, incluem-se os metais, plásticos, pedras, entre outros (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Por definição, resíduos da construção civil ou RCC, de acordo com o inciso I do artigo 2º da Resolução do CONAMA nº 307/2002, são aqueles “provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos” (CONAMA, 2002, p.1). Em relação a porcentagem de material de RCC classe A, segundo Da Costa *et al.* (2014) atribuem índices na faixa de 88% a 96%, sendo 93% a média desse tipo de resíduos presentes na construção civil, que de acordo com Ângulo e Jhon (2006) os materiais predominantes são compostos inorgânicos não metálicos, constituindo argamassa, do concreto, os pisos cerâmicos e de rochas naturais.

Os RCD são gerados a partir de atividades de construção civil, reforma ou de demolição, e são constituídos por uma ampla quantidade de materiais, sendo bastante heterogêneos, como argamassa, concreto, tijolos, blocos cerâmicos, gesso, madeiras, compensados, tintas, solventes, latas, embalagens de cimento, plásticos, vidros, entre outros (CONAMA, 2002). Para Da Silva Correia (2014) os RCD podem ser classificados conforme a natureza física (seco ou molhado), pela composição química (matéria orgânica ou inorgânica) e pelos riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde humana (perigosos, não inertes e inertes). No estudo de Salvi (2020), o autor destaca as diferentes formas de demolição que impactam no tipo de resíduo gerado. Até pouco tempo, o processo de demolição tinha como finalidade a destruição

completa da estrutura, inviabilizando a separação de materiais para o reaproveitamento, levando ao descarte em aterros (FERREIRA, 2012).

Silva *et. al.* (2017) expõem que a grande quantidade de resíduos gerados numa obra pode sinalizar perda de materiais, a falta de planejamento das etapas de uma construção pode ocorrer erros e por consequência desperdício e perda de material. Os autores destacam que, em países de primeiro mundo, existem maior quantidade de reformas do que obras novas, o que resulta em geração excedente de resíduos do setor. Para Gunther (1999) além dos riscos ambientais (contaminação do solo e águas subterrâneas), os resíduos de construções podem acarretar risco sanitário (por enfermidades veiculadas por vetores e poluentes químicos), principalmente na disposição final inadequada, assim como problemas sociais (catação) e de ordem econômica (desvalorização de áreas, comprometimento do sistema de drenagem, desperdício de materiais e energia).

Dentre as possibilidades de reuso de RCC e RCD está na utilização da pavimentação de vias públicas. Ainda, segundo Da Silva Correia (2014, p. 16), os órgãos públicos utilizam o método CBR para o dimensionamento de pavimentos nas estradas brasileiras. O método CBR utiliza-se do ensaio de penetração CBR e relaciona a capacidade de suporte do subleito (CBR) e a intensidade do tráfego com a espessura mínima necessária ao pavimento. Baseados na espessura total, as espessuras das camadas constituintes são definidas multiplicando as espessuras obtidas para o material padrão (base granular) pelos coeficientes estruturais parciais correspondentes a cada tipo de material. Assim, utiliza-se os seguintes parâmetros: capacidade do subleito (CBR) e índice de grupo IG; número equivalente de operações do eixo padrão (N) e espessura total do pavimento durante um período de projeto.

Bagatini (2016) testou diferentes camadas de RCD e RCC, com 45 cm (20 cm de brita graduada), 55 cm (10 cm de brita graduada) e 65 cm (sem camada de brita). Os resultados obtidos mostraram que a primeira etapa com 45 cm de resíduos apresentou valores superiores às demais, suportando um tráfego da ordem de  $1 \times 10^6$ .

Quanto aos custos, é importante frisar a economia na utilização de RCD e RCC na pavimentação, chegando à diferença de 53,6% do valor do material reutilizável e reciclado em comparação ao do material convencional. Na porcentagem foram considerados valores da brita corrida, do pó de pedra e do transporte destes materiais.



#### 4 CONCLUSÕES

De fato, a construção civil pode ser considerada uma das atividades que mais impactam de forma negativa o meio ambiente, tanto pelo consumo de recursos naturais como a geração de resíduos. Assim, pelas discussões que decorrem sobre meio ambiente e sustentabilidade no meio empresarial da construção civil, surgiram legislações e normas que regem o descarte e o beneficiamento de RCC e RCD.

Nota-se que a geração de resíduos sólidos de um empreendimento seja nova ou de reforma deve ser incluído no projeto de gerenciamento, adequando as etapas da obra, prevenindo desperdícios e dando a destinação correta de todo o material em desuso, buscando redução de custos finais. Ao mesmo tempo, RCC e RCD podem integrar bases e sub-bases de pavimentações urbanas, com valor abaixo dos materiais naturais e com menor impacto ao meio ambiente.

#### REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos Sólidos: Classificação**. NBR – 10.004. Rio de Janeiro: novembro, 2004.

ÂNGULO, S. C.; JOHN, V. M. **Requisitos Para Execução de Aterros de Resíduos de Construção e Demolição**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil: BT/PCC/436. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

BAGATINI, Felipe. **Resíduos de construção civil: aproveitamento como base e sub-base na pavimentação de vias urbanas**. 2011.

BEUREN, Ilse Maria et al. **Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade: teoria e prática**. São Paulo: Ed. Atlas, 3. ed. 195p, 2010.

BIDONE, F. R. A; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999. 109p.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos** - Lei no 12.305/2010. Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 11 ago. 2021.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 307, de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br?port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

DA SILVA CORREIA, Rodrigo. **Estudo de viabilidade econômica para o uso de resíduos de construção e demolição em camadas de base e sub-base de pavimentos**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade federal do Rio de Janeiro.

MIRANDA, Ana Carolina Lopes; BALDUINO, Angelo Ricardo. Gerenciamento resíduos gerados na construção civil: uma revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 57392-57400, 2021.

SALVI, Chanalisa Ruggini. **Estudo da viabilidade da utilização de agregados reciclados de RCD em estradas rurais e florestais**. 2020.

SILVA et al. **Gestão de resíduos sólidos na construção civil: Estudo de caso em duas empresas na Cidade de Manaus – AM**. InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade Vol.12 nº1 – junho de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac.

## **Análise e operação de fornos elétricos de indução**

**João Paulo Seraphim Ferreira<sup>1</sup>; Natália Cristina Batalha Meneses Souza<sup>1</sup>; Paola Gabrielle de Souza Silva<sup>1</sup>; Marcus Vinícius Faria de Araújo<sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[joaopsferreira1@outlook.com](mailto:joaopsferreira1@outlook.com)*

### **RESUMO**

O Nióbio, elemento químico, classificado como metal de transição na tabela periódica. Essa substância metálica apresenta características que se destacam dos demais metais, como o teor alto de resistência, além de ser dúctil, maleável e sua alta resistência à corrosão. Devido ao ineditismo do assunto se transfigurou necessário fazer uma revisão sistemática da literatura, a fim de apresentar a métrica da produção acadêmico-científica mundial sobre o uso do nióbio na Construção Civil. Evidencia-se, portanto, no decorrer do presente trabalho uma análise envolvendo os pontos altos e baixos do material em questão, assim como um levantamento sobre a sua aplicabilidade no ramo da Construção Civil.

**Palavras-chave:** Conforto térmico. Meta Análise. Edifícios. Inovação.

### **1 INTRODUÇÃO**

Quando nos referimos aos dias atuais é importante pensar em formas de inovação para a evolução da engenharia, tendo em vista que a tecnologia vem gerando grande impacto e revolucionando a área de Construção Civil, bem como outros departamentos. Um grande exemplo dessa evolução é o Nióbio (NB), que trata-se de um metal refratário dúctil de elevada resistência e corrosão (MME, 2010; KAISER, 2015).

Metal que segundo Tarselli (2015) teve o início de sua história em 1801 através do mineralogista e químico Charles Hatchett. No Brasil sua descoberta se deu no ano de 1953 pelo geólogo mineiro Djalma Guimarães, e hoje o Brasil é o país que porta a maior reserva ativa de Nióbio no mundo, com cerca de 98,4% do total mundial, seguido do Canadá (FIEP, 2019). Tendo em média 95% da produção nacional importada para países como, China, Japão, EUA e União Europeia (DNPM, 2008).

Sendos a principal reserva de Nióbio situada no Oeste do Estado de Minas Gerais, na região do Alto Parnaíba, nos municípios de Araxá e Tapira, em Goiás nos municípios de Catalão e Ouidor, no Amazonas em São Gabriel da Cachoeira e Presidente Figueiredo, Brasil e no Canadá as reservas se encontram em Saint Honoré, na província francesa do Quebec e Ontário (BRITTES, 2014).

De acordo com Ferrari sua principal aplicabilidade é na obtenção de ligas, em especial no que diz respeito a aços de alta resistência. Este material é largamente utilizado nos setores da indústria e Construção Civil, mais especificamente em pontes, oleodutos, viadutos e edifícios.

O objetivo do presente trabalho é desenvolver por meio de uma revisão bibliométrica a métrica da produção acadêmica-científica mundial sobre o uso do Nióbio na Construção Civil, através da análise de artigos, livros, periódicos e documentos. E então, a partir desse estudo, identificar as aplicabilidades que esse elemento possui, de forma a destacar a importância do mesmo.

Na base Scopus, base considerada no presente trabalho, a pauta desta pesquisa tem tido mais relevância nos últimos tempos, e por esse motivo o vigente artigo tem por justificativa a carência de informações que esse tema possui, devido ao seu ineditismo, apresentando a sua relevância.

## 2 METODOLOGIA

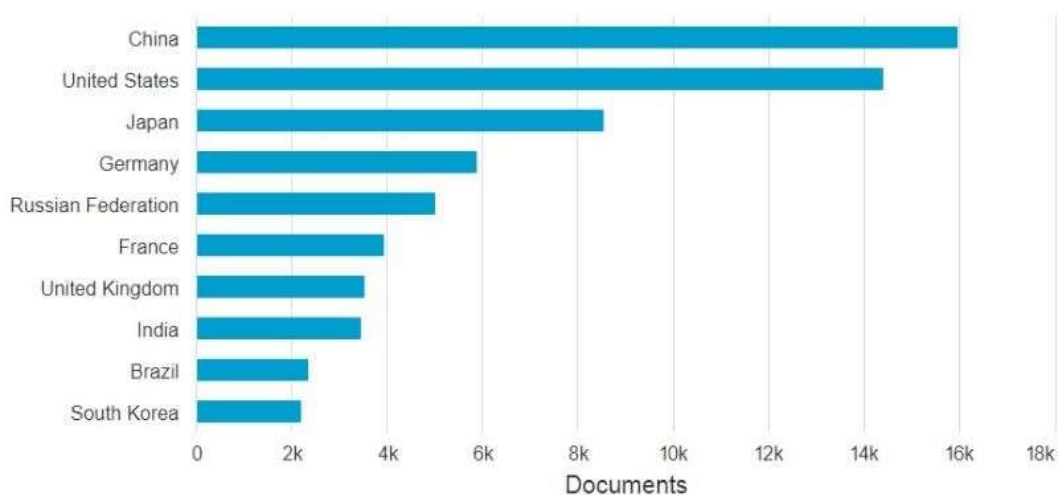
O presente trabalho é caracterizado como análise bibliométrica e sua classificação é definida como básica e exploratória, com abordagem quantitativa e qualitativa. Considerando alguns tópicos como: países que mais publicaram sobre o tema, principais autores, a relevância do assunto a longo dos anos, entre outros. Através da base Scopus, é possível identificar e mapear toda informação sobre o assunto.

O trabalho se inicia ao reconhecer plataformas que agrupam todos os artigos publicados relacionados ao Nióbio juntamente com a Construção Civil, em âmbito global. Adotando-se como principal fonte a base de dados da Scopus. Logo após, é especificado palavras-chaves, são elas: *Niobium*, *Civil Construction* e *Niobium + Civil Construction*, que acometerão buscas de forma geral a respeito do tema.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico 1 apresenta o ranking dos países que mais publicaram documentos sobre o termo “*Niobium*”, a partir do ano de 1844 até 2020, e como pode ser observado a China lidera o ranking com 15.960 documentos publicados, seguida dos Estados Unidos. O que revela uma grande valorização deste material por parte dos países de primeiro mundo, salientando que os países referidos sequer possuem reservas expressivas deste metal em seu território. Em contrapartida, o Brasil, que segundo o Sumário mineral publicado em 2017 se encarrega de ser o maior detentor de reservas de nióbio (98,8%), ocupa a 9ª posição no ranking, o que manifesta um desperdício de potencial.

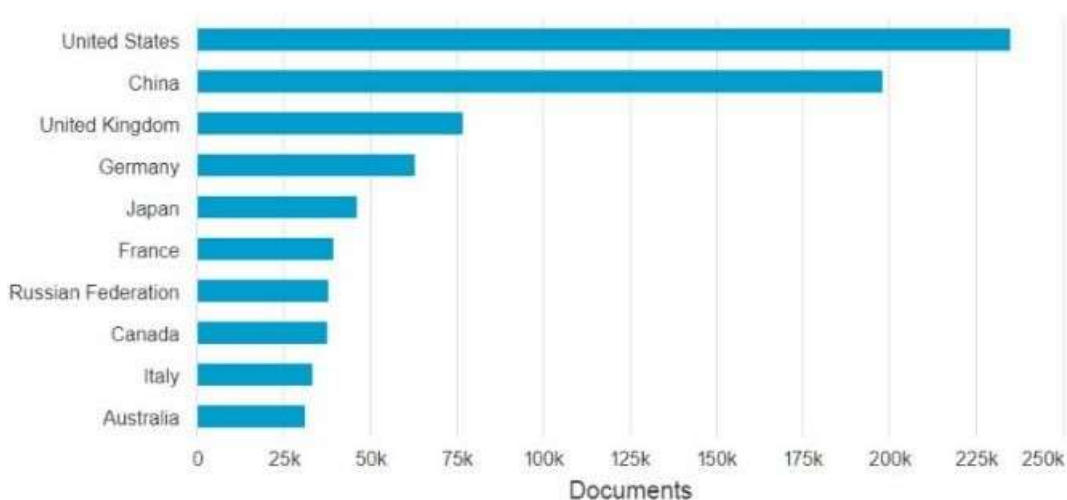
Gráfico 1 – Documentos por países ou território.



Fonte: Scopus (2020)

O gráfico 2, demonstra documentos publicados mundialmente entre os anos de 1863a 2020 referentes ao termo “*Construction*”. Pode se observar que a China aparece novamente em destaque, porém em segundo lugar, desbancada pelos EUA que ocupa a primeira posição com mais de 230.000 documentos publicados.

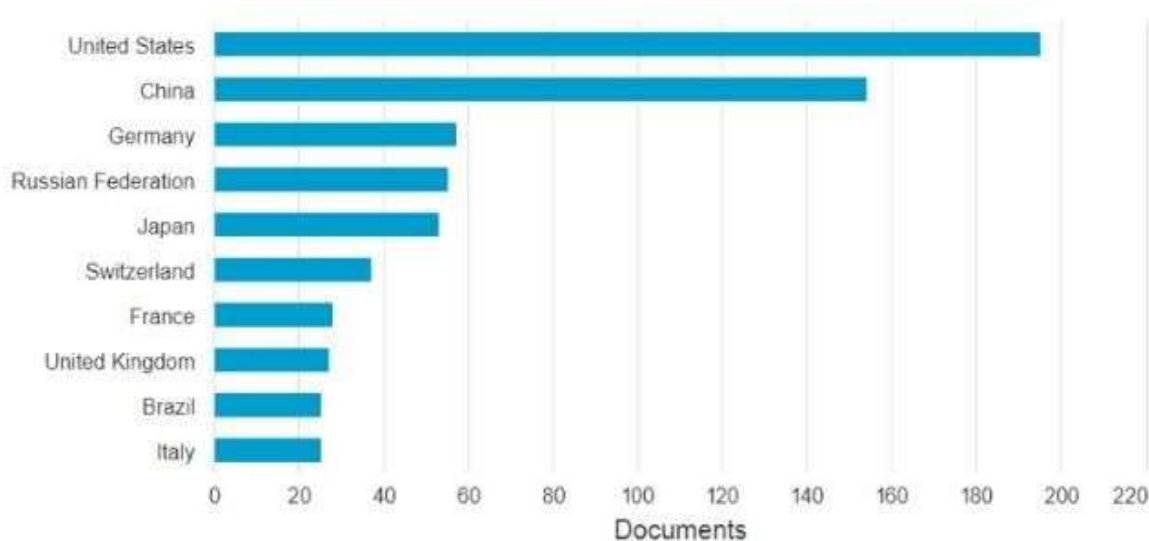
Gráfico 2 – Documentos por países ou território.



Fonte: Scopus (2020)

Com base no gráfico a seguir, observa-se que mais uma vez os Eua e a China disparam no ranking de publicações mundiais com mais de 150 documentos, sendo o gráfico 3, referente aos documentos publicados com o tema “*Niobium + Construction*” entre os anos 1964 e 2020. Contudo novamente, o Brasil que é o país possuente majoritário desta riqueza, não aparece nem entre os cinco mais interessados no que diz respeito a pesquisa e exploração desse tema.

Gráfico 3 - Documentos por países ou território.



Fonte: Scopus (2020)

#### 4 CONCLUSÕES

Fundamentado nas pesquisas e todos os levantamentos feitos sobre o tema desta pesquisa, é possível concluir que o interesse da comunidade científica-acadêmica vem se amplificando de forma volumosa nos últimos anos. E países mais avançados como China e Estados Unidos são os que demonstram maior interesse no Nióbio relacionado a Construção Civil. Tais resultados enfatizam a necessidade de que a comunidade científico-acadêmica e a engenharia do nosso país evolua, de forma a demonstrar mais interesse e valorização deste material que é um tesouro nacional, e trazer isso a nossa realidade.

#### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Sumário Mineral 2017**. ANM. Disponível em: < [https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral\\_2017](https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral_2017) >. Acesso em: Julho de 2021.

BRITTES, Tamires Luara de Oliveira; ARAÚJO, Francioli da Silva Dantas; FECURY, Amanda. Panorama nacional do nióbio entre os anos de 2010 a 2014. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. São Paulo, Ano, v. 3, p. 29-37.

BRUZIQUESI, Carlos GO et al. NIÓBIO: UM ELEMENTO QUÍMICO ESTRATÉGICO PARA O BRASIL. *Química Nova*, v. 42, p. 1184-1188, 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Sumário Mineral Brasileiro 2008, Nióbio**. ANM. Disponível em: < <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/anuario-mineral-brasileiro-2008> >. Acesso em: Junho de 2021.

DE SOUSA, Raquel Maria Ferreira; FERNANDES, Lucianno Eduardo; GUERRA, Wendell. **NIÓBIO**. Disponível em: < [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35\\_1/11-EQ-13-11.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_1/11-EQ-13-11.pdf) >. Acesso em Setembro de 2021.

FERRARI, Vinicius Zortéa et al. Usinagem do nióbio comercialmente puro, uma revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 1475-1494, 2021.

KAISER, J. A. **Excerpt from 2015-2: Feb-Mar Review** – Scandium Intl. & Niocorp. Kaiser Research Online, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Perfil da mineração do nióbio**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/niobio-mme-realiza-evento-para-debater-lideranca-brasileira-e-mundial-na-producao-de-niobio>>. Acesso em: . Junho de 2021

SISTEMA FIEP - SISTEMA FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Brasil tem a maior reserva ativa de nióbio, são cerca de 98,4% do total mundial**. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/boletins-setoriais/6/especial/brasil-tem-a-maior-reserva-ativa-de-niobio-sao-cerca-de-984-do-total-mundial-2-32022-413487.shtml>>. Acesso em: . Junho de 2021

TARSELLI, M. **Subtle nióbio**. *Nature Chem* 7, 180 (2015). Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nchem.2164>>. Acesso em: . Junho de 2021



## **Desenvolvimento de Compósito Polimérico Reforçado com Fibras de Coco**

**Alexandre Alvarenga Palmeira<sup>1,2</sup>; Gabriella da Silva de Almeida<sup>1</sup>; Marcela Vitória de Mello Pereira Machado<sup>1</sup>; Claudio Alvares Menchise<sup>1</sup>; Cirlene Fourquet Bandeira<sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.*

*2 – UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, RJ*

[alex.a.palmeira@gmail.com](mailto:alex.a.palmeira@gmail.com)

### **RESUMO**

O trabalho objetiva analisar e caracterizar as propriedades de compósito de base polimérica reforçado com fibras de coco (*Cocos nucifera*), visando sua aplicação em materiais utilizados na indústrias e na construção civil. Com base na caracterização de um compósito constituído de fibra de coco e polímero para ser usado como matéria prima na indústria, com a substituição de fibras sintéticas em especial na construção civil, surgiu pela necessidade de atender ao grande apelo ambiental na utilização de materiais de fontes renováveis. Existe uma tendência mundial para o estudo e o desenvolvimento da aplicação de fibras vegetais em substituição das fibras sintéticas, poliméricos, com intuito de reduzir a quantidade destas fontes não renováveis. Com o advento desta tecnologia, a utilização de compósitos reforçados com fibra de coco da espécie *Cocos nucifera*. Serão confeccionados compósitos de resina Poliéster (Resina UC 2090 marca Redealease com catalisador Butanox M-50) reforçada com fibra de coco nas proporções de 10%, 20% e 25% em peso. O trabalho seguirá as seguintes grandes etapas: preparação da fibra de Coco, conformação, determinação e caracterização das propriedades. A fibra de coco será adquirida na sua forma natural contendo fibras longas e curtas, com variações de 10 a 143 mm e diâmetro aproximadamente de 0,25 mm. Para caracterização do compósito serão realizadas as seguintes ensaios: Ensaio de Tração e Ensaio de Dureza.

**Palavras-chave:** Fibra de coco. Compósito. Caracterização. Ensaio de Tração. Ensaio de Dureza.

## 1 INTRODUÇÃO

As fibras naturais, quando aplicadas na produção de novos produtos, como uma substituição as fibras sintéticas, contribui de maneira socioeconômica gerando novas áreas de trabalho, e de maneira socioambiental contribuindo para diminuição do impacto ambiental, pois as fibras naturais são materiais abundantes que estão presentes na natureza e nos resíduos agroindustriais, são de fonte renovável, podendo ser aproveitada em escala industrial (SARIKAYA; ÇALLIOĞLU; DEMIREL, 2019; TOWNSEND, 2020). O presente trabalho tem como objetivo geral caracterizar compósitos usando resina poliéster ortoftálica como matriz polimérica e reforçados com fibras de coco (*Cocos nucifera*). Para caracterização do compósito serão realizadas as seguintes ensaios e/ou análises: Ensaio de Tração e Ensaio de Dureza.

O emprego das fibras de coco apresenta inúmeras vantagens por ser natural e de fonte renovável e reciclável classificada como fibra dura, tem como importantes componentes a celulose e o lenho que lhe propiciam altos índices de rigidez e dureza, sendo possível sua utilização nos mercados de isolamento térmico e acústico, se tornando assim um material resistente e durável (VELOSO et al.,2013)

Os materiais compósitos ou materiais conjugados ou materiais reforçados, origem na própria natureza. Materiais compósitos são compostos por duas fases, a contínua (matriz) e a dispersa (reforço), tendo as propriedades das fases combinadas para obtenção de resultados melhores. A combinação matriz e reforço, proporciona melhores resultados de resistência mecânica e rigidez. (LEÃO, 2012).

As resinas poliéster são polímeros formados a partir da reação de ácidos orgânicos dicarboxílicos (anidrido maleico ou ftálico) e glicóis, dando origem a moléculas de cadeia longas e lineares. O poliéster é sintetizado em uma reação de polimerização por condensação em etapas, dessa forma, a reação de um álcool com um ácido, resulta em uma reação de esterificação, formando um éster e água. (LEÃO, 2012)

Os reforços atuam em forma de fibras ou partículas, podendo ser dispostas de diferentes maneiras, tamanhos e orientações. Os reforços em forma de fibra podem ser contínuas ou curtas, e dentro dessa divisão as fibras podem ser dispostas orientadas ou aleatórias no compósito (TOWNSEND, 2020).

Os ensaios mecânicos são realizados com o objetivo de determinar parâmetros de integridade de certos materiais, verificando a complexidade da relação entre reforço e matriz. O ensaio de tração se baseia na aplicação de carga de tração uniaxial crescente em um corpo de prova específico até a ruptura. Tal corpo de prova necessita ser previamente padronizado para que os resultados obtidos possam ser mensurados de forma condizente. Ao fixar o espécime em uma máquina universal de ensaios, este pode ser torcido ou alongado até sua ruptura. O ensaio permite que as deformações uniformes distribuídas em todo corpo, também sendo possível a modificar a intensidade com que as forças são exercidas sobre esse afim de obter a verificação dos resultados desejados. Entretanto o ensaio de tração é caracterizado com um evento destrutivo pois incapacita a peça examinada de ser utilizada após devido a fraturas plásticas ou inelásticas realizadas, fazendo com que a peça não possua sua forma original após sair da máquina de ensaios (CALLISTER, 2016).

O ensaio de dureza shore mede a resistência a penetração, ou ao risco e avalia a resistência relativa à indentação, a qual varia com o tempo, principalmente porque os materiais usados neste tipo de ensaio tem uma grande resiliência e consequência uma grande capacidade para absorver a energia e de se adaptar à deformação (GONÇALVES et al., 2016). Os testes devem seguir as normas ASTM D2240 – Standard Test Method for Rubber Property - Durometer Hardness. A dureza para polímeros pode ser medida em escalas Shore A, e Shore D, caracterizados para polímeros que possam menos duros e mais duros respectivamente.

## 2 METODOLOGIA

Para desenvolvimento do trabalho deu-se a seguir a sequência:

- I. Beneficiamento da fibra de coco
- II. Fabricação dos corpos de prova – 3 CPs com teores de diferentes de fibra (10%, 12%, 25%, e 30%), ou seja ao todo 20 CPs
- III. Caracterização e Análise – para tanto serão realizados os seguintes ensaios:
  - a) Ensaio de Tração;
  - b) Ensaio de Dureza.

A Tabela 1 apresenta as porcentagens e a massa de fibra de coco, endurecedor e resina poliéster.

Tabela 1 – Porcentagens e a massa de fibra de coco

Amostra	% De Fibra	Peso de Fibra	% Endurecedor	Peso de Endurecedor	Peso de Resina
1	10%	10g	20%	20g	90g
2	20%	20 g	20%	20g	80g
3	25%	25 g	20%	20g	75g
4	30%	30g	20%	20g	70g

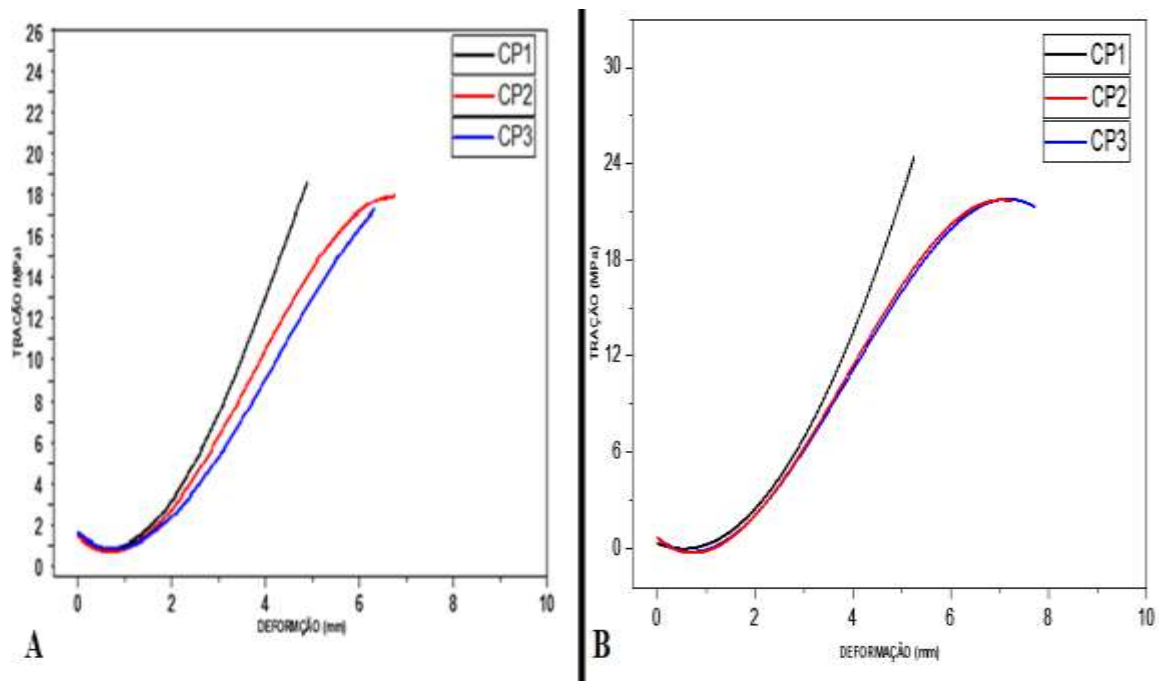
Fonte: Autores

A resina a base de estireno usada neste trabalho foi a Resina UC 2090 do fabricante Redelease Produtos para Indústria LTDA – Barueri – SP- Brasil foi utilizado o catalisador Butanox M-50 do fabricante Redelease Produtos para Indústria LTDA – Barueri – SP- Brasil. A fibra de coco foi adquirida forma de fibras longas e curtas, com variações de 10 a 143 mm e diâmetro aproximadamente de 0,25 mm, do fabricante e fornecedor Rofertil localizado em Santo Antônio De Posse - SP. Para obter um tamanho de fibra uniforme e menor, a fibra foi triturada em um moinho de facas modelo TE-650 do tipo Willye. Utilizou-se a fibra retida na peneira de 50 mesh.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos gráficos da Figura 1 são apresentados os corpos de prova em com 10% e 20 % de reforço de fibra de coco na matriz polimérica de base poliéster.

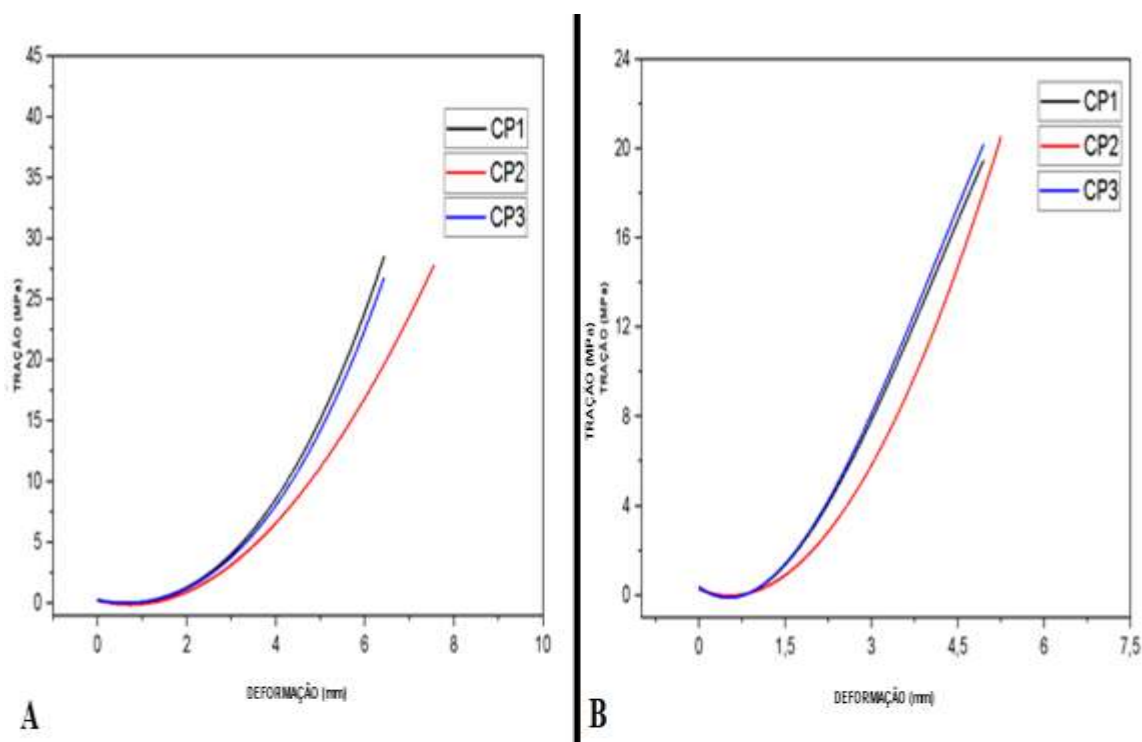
Figura 1 – Curva de Tração x Deformação Obtida no Ensaio de Tração com Resina com reforço de Fibra. A) 10%; B) 20%



Fonte: Autores

O corpo de prova com 10 % de fibra que obteve o melhor desempenho para o limite de resistência à tração foi de 18,13 MPa, sendo o menor valor encontrado para resistência à tração de 17,08 MPa, obtendo a média de 17,65Mpa. O corpo de prova com 20% que obteve o melhor desempenho para o limite de resistência à tração foi de 24,15 MPa, com deformação de 5,20 mm, sendo o menor valor encontrado para a resistência à tração de 23,01 MPa, cuja a média encontrada foi de 23,49 Mpa. Nos gráficos da Figura 2 são apresentados os corpos de prova em com 25% e 30 % de reforço de fibra de coco na matriz polimérica de base poliéster.

Figura 2 – Curva de Tração x Deformação Obtida no Ensaio de Tração com Resina com reforço de Fibra. A) 25%; B) 30%

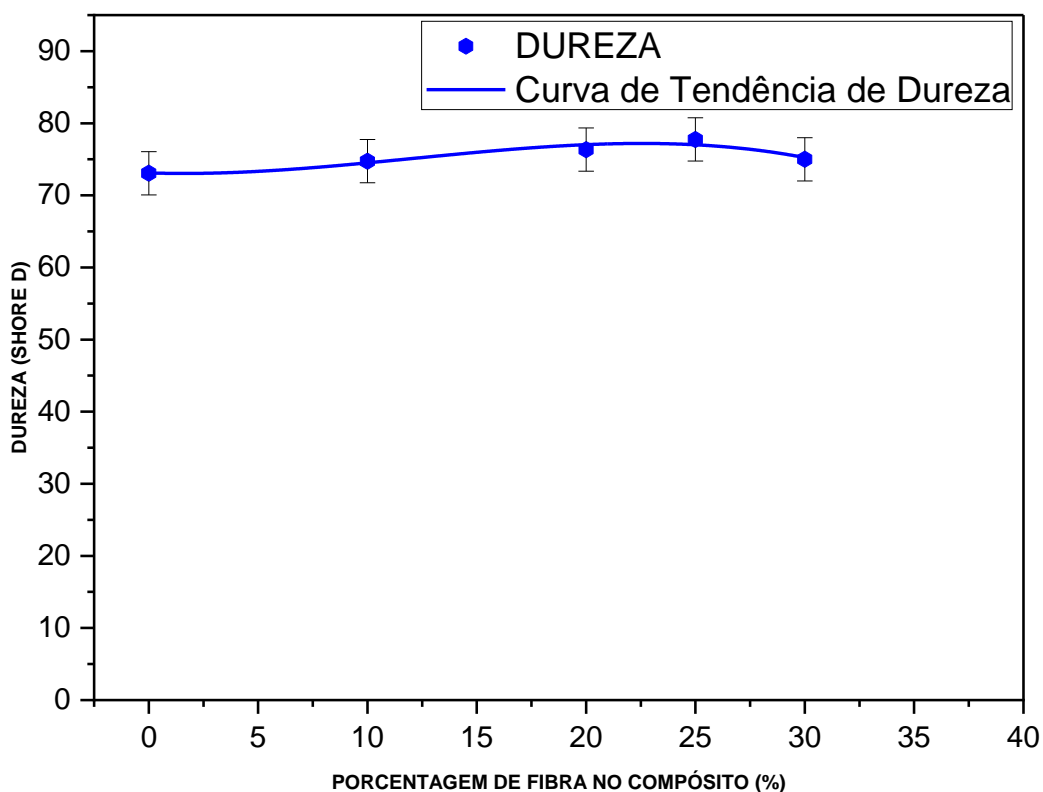


Fonte: Autores

O corpo de prova com 25% que obteve o melhor desempenho para o limite de resistência à tração foi de 28,50 MPa, com deformação de 6,13 mm, sendo o menor valor encontrado para a resistência à tração de 26,90 MPa, cuja a média encontrada foi de 27,81 Mpa. O corpo de prova com 30% que obteve o melhor desempenho para o limite de resistência à tração foi de 20,34 MPa, e maior deformação de 5,15 mm, sendo o menor valor encontrado para a resistência à tração de 19,63 MPa, cuja a média encontrada foi de 20,09 Mpa. Os valores obtidos foram comparáveis aos encontrados por Oliveira (2018) e Taborda, (2014) destacando a melhora no desempenho do ensaio de tração com a adição de fibra de coco.

Figura 3 apresenta o resultado dos ensaios de dureza em laboratório dos corpos de prova feitos com porcentagens de 0, 10, 20, 25 e 30% de fibra de coco triturada e resina poliéster. Pode-se observar que o maior resultado foi obtido com 25% de fibra no compósito.

Figura 3 – Resultados de dureza dos cp's com de 0, 10, 20, 25 e 30% de fibra de coco



Fonte: Autores

#### 4 CONCLUSÕES

Em relação a composição mássica de fibra de coco, o aumento de dureza e resistência é crescente até 25% de fibra de coco em relação a massa de resina poliéster, na percentagem de 30% de fibra de coco os valores de dureza, resistência a tração e flexão começam a decair, mostrando uma tendência a fragilidade para o material. As análises micro estruturais permitiram visualizar a interação e homogeneidade na distribuição das fibra de coco na matriz de resina poliéster, o que interferiu diretamente nas propriedades de dureza e tração. O melhor resultado obtido nos ensaios mecânicos foram com corpos de prova com composição de 25% de fibra de coco apresentando uma média de flexão de 36,38 Mpa, 28,29 Mpa para tração e 78,18 (SHORE D) para dureza.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D638-14: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. 2014

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais - Uma Introdução**. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

GONÇALVES, J. A. V. Compósitos à base de resina epóxi reforçados com fibra de coco. **Universidade Federal de Sergipe**, 2010.

LEÃO, R. M., 2012, Tratamento superficial de fibra de coco e aplicação em materiais compósitos como reforço do polipropileno. Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

SARIKAYA, E.; ÇALLIOĞLU, H.; DEMIREL, H. Production of epoxy composites reinforced by different natural fibers and their mechanical properties. **Composites Part B: Engineering**, v. 167, p. 461–466, jun. 2019.

TOWNSEND, T. World natural fibre production and employment. In: **Handbook of Natural Fibres**. 2ª ed. [s.l.] Woodhead Publishing, 2020. p. 15–36.

VELOSO, Y. M. DA S. et al. Reutilização da fibra da casca do coco verde para a produção de matéria prima industrial. **Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT - SERGIPE**, v. 1, n. 3, p. 91–98, 2013.



## **Estudo da Resistência de Compósito Polimérico Reforçado Com Fibras de Bananeira**

**Alexandre Alvarenga Palmeira<sup>1,2</sup>; Samuel Depaula Paiva<sup>1</sup>; Luis Felipe Diniz Gomes<sup>1</sup>; Bruna Azevedo de Souza<sup>1</sup>; Pietro Carvalho Carmelini Pereira<sup>1</sup>; Thiago José Matos da Silva<sup>1</sup>; Carlos Roberto Xavier<sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.*

*2 – UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, RJ*

[alex.a.palmeira@gmail.com](mailto:alex.a.palmeira@gmail.com)

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo estudar, através do AUTODESK INVENTOR 3D, a resistência de uma asa de aeromodelo constituída de compósito de base polimérica reforçado com fibras de bananeira, avaliando, os efeitos de forma e esforços a que são submetidas a asa de forma a se caracterizar sua resistência mecânica. Um layout inicial foi proposto considerando os parâmetros dimensionais da asa do aeromodelo e dos parâmetros de ensaio de fadiga que se esperava medir (altura de oscilação e frequência de oscilação), sendo assim foi criado um modelo utilizando o AUTOCAD do sistema que será submetido. Em seguida utilizado o 3D INVENTOR, foi definida as propriedades do material, feita a criação da malha de modelos de elementos finitos, para a definição das cargas e das condições de restrição e posterior Processamento e Pós-processamento do modelo. Através das simulações utilizando o AUTODESK INVENTOR 3D, observou-se que a resistência mecânica da asa de aeromodelo constituída de compósito de base polimérica reforçado com fibras de bananeira, mesmo sendo submetidas a deslocamentos elevados de 15,18 mm, para cima, e 24,77 mm para baixo, geraram respectivamente uma tensão máxima de Von Mises de 33,72 Mpa e 55,4 Mpa, ambas no trecho central da asa, ocasionado pela flexão da asa. Ficando abaixo dos valores máximos de resistência a flexão encontrados por CAMPBELL (2021), foi de 97,50 Mpa para flexão de fibras longas. Conclui-se então que modelo adequa-se perfeitamente aos parâmetros experimentais e que o mesmo serve para otimização da geometria da asa do aeromodelo.

**Palavras-chave:** Fibra de Bananeira. Compósito. Simulação. Resistência Mecânica.

## 1 INTRODUÇÃO

O compósito de base polimérica reforçado com fibras de bananeira necessita de uma especial atenção quanto sua resistência a fadiga, incluindo os efeitos de forma da asa de um aeromodelo sobre o compósito. Este trabalho tem como objetivo estudar, através do AUTODESK INVENTOR 3D, a resistência de uma asa de aeromodelo constituída de compósito de base polimérica reforçado com fibras de bananeira, avaliando, os efeitos de forma e esforços a que são submetidas a asa de forma a se caracterizar sua resistência mecânica.

Em nosso estudo faremos uso da *Musa Acuminata*. Ela pertence à divisão das Angiospermas, classe das Monocotiledôneas, ordem Scitamineae e família Musaceae. A resina epóxi é um termofixo que possui seu endurecimento a partir da adição de um catalisador. Os compósitos apresentam uma fase matriz e uma fase fibra no esquema da sua composição. O material que se comporta como matriz tem a função de unir as fibras e suportar as tensões externas para que não haja trincas na superfície e o material utilizado como fibra de esforço garante elevado limite de resistência à tração ao sistema. (ALBINANTE, JOAQUIM, et. al, 2015)

Os compósitos são classificados em diferentes tipos, como por exemplo, podem apresentar um enrijecimento por partícula, por fibra, de forma estrutural e nano. (MOTA, 2010)

Segundo CANEVAROLO JR (2006) os compósitos reforçados com partículas apresentam uma fase dispersa equiaxial, isto é, as partículas têm o mesmo tamanho em todas as direções. Quando o material compósito é enrijecido por fibra, no momento em que está em um estágio desordenado apresenta um formato de fibra. Os compósitos estruturais possuem várias camadas que proporcionam menor massa específica e um sistema rígido. (FRANCO, 2015)

Segundo CAMPBELL (2021), ao avaliar um compósito reforçado com fibras de bananeira e resina epóxi para aplicar na fabricação de aeromodelos os resultados dos ensaios dos compósitos mostraram que a tensão de ruptura aumentou proporcionalmente ao percentual de fibra, alcançando valores máximos com 30% de fibras aleatórias e trituradas, e 40% para fibras longas unilaterais. No compósito com fibras aleatórias o ensaio de tração alcançou 33,35 (MPa) e o de flexão 36,87 (MPa), para as fibras trituradas obteve-se 43,89 (MPa) de tração e 54,38 (MPa) de flexão, já

para as fibras longas o limite máximo de resistência a tração alcançou 54,25 (MPa) e 97,50 (Mpa) para flexão.

Uma análise estrutural que tem como base o método de elementos finitos possui alguns objetivos como viabilizar resultados de tensão, deslocamento de estruturas e a sua deformação, mas também é aplicável para equipamentos e produtos. A análise basicamente nos concede resultados essenciais para entendimento e identificação de durabilidade dos componentes, os pontos onde a tensão estará em maior concentração quando forem submetidas a carregamentos, entender o comportamento estrutural. (BRITO DINIZ, J. F. et al, 2020)

Com isso a otimização de peças, componentes e equipamentos completos é feita antes mesmo da fabricação em massa. Através do deslocamento é possível observar se algum ponto da peça se movimentou após a aplicação de uma força, é uma medida indicada em milímetros. Observando a deformação é possível perceber o quanto um corpo expressou variação de forma ou dimensão quando submetido a alguma força, lembrando que é uma unidade adimensional. E por fim, através da tensão é possível observar que ela é uma medida que está sempre relacionada a deformação, usualmente comparada ao limite de escoamento ou de ruptura de materiais. (ALVES FILHO, 2018)

O conceito de análise de elementos finitos é entendido como um método de resolução de equações diferenciais, onde o sistema é dividido em partes menores e menos complexas, sob análise em diversos elementos, tais elementos possuem nós que naturalmente irão se deslocar quando um carregamento é aplicado sob ele, a partir daí as respostas sobre toda a ação são fornecidas. (ALVES FILHO, 2018)

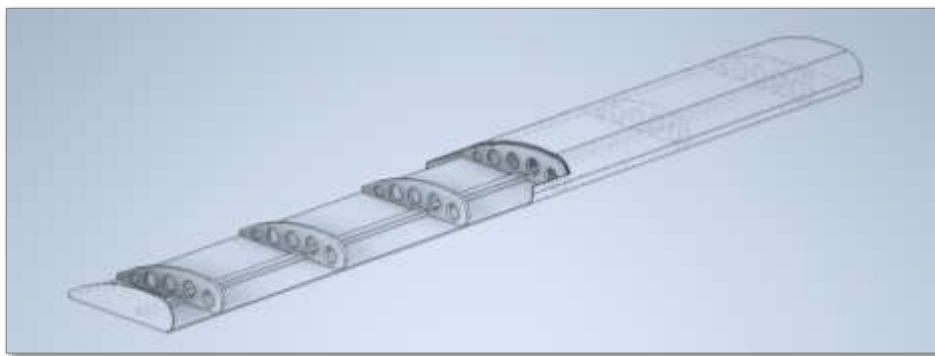
## **2 METODOLOGIA**

Um layout inicial foi proposto considerando os parâmetros dimensionais da asa do aeromodelo e dos parâmetros de ensaio de fadiga que se esperava medir (altura de oscilação e frequência de oscilação), sendo assim foi criado um modelo utilizando o AUTOCAD do sistema que será submetido. Em seguida utilizado o 3D INVENTOR, foi definida as propriedades do material, feita a criação da malha de modelos de elementos finitos, para a definição das cargas e das condições de restrição e posterior

Processamento e Pós-processamento do modelo, ou seja, foram seguidas as seguintes etapas:

1. Criação e obtenção do modelo CAD do sistema que será submetido a análise, conforme pode ser observado na Figura 1;

Figura 1. Asa modelada com representação "aramada".



Fonte: AUTORES.

2. Definição das propriedades do material, conforme estudado por CAMPBELL, sendo a asa composta por fibras longas (resistência a tração 54,25 MPa e 97,50 Mpa para flexão);
3. Criação da malha de modelos de elementos finitos;
4. Definição das cargas e das condições de restrição;
5. Resolução da análise;
6. Verificação dos resultados obtidos -> Distribuição de Deformação & Distribuição de tensão (Von Mises)

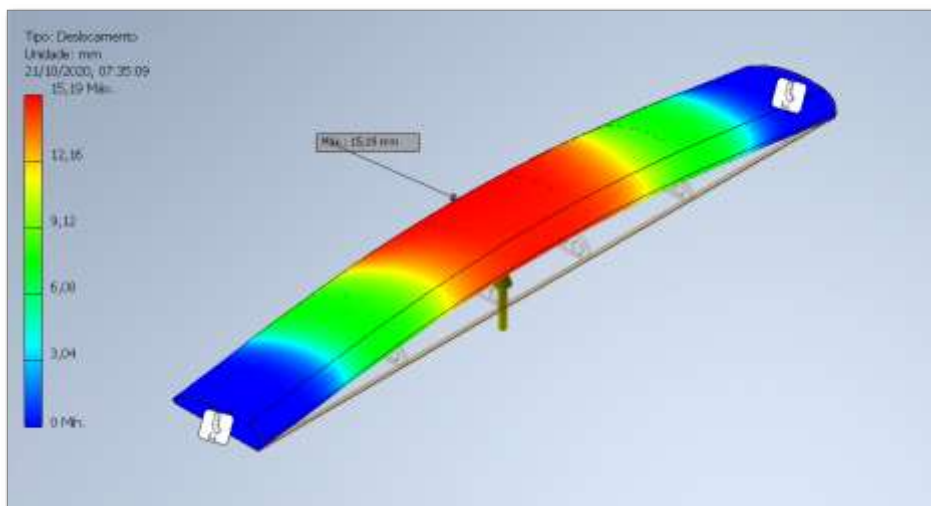
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após todos os dimensionamentos, ajustes e testes, foi possível a realização dos estudos de simulação dinâmica a fim de se obter a movimentação das peças e os "ranges" de movimento linear, assim como, a simulação estática utilizando tais testes, com o objetivo de se verificar os esforços ao qual a asa estava sendo exposta com tal deslocamento verificado.

Conforme a Figura 3 e Figura 4, foi efetuado um deslocamento de 15,18 mm para cima que flexionou a asa no mesmo sentido e provocou uma força de reação RA

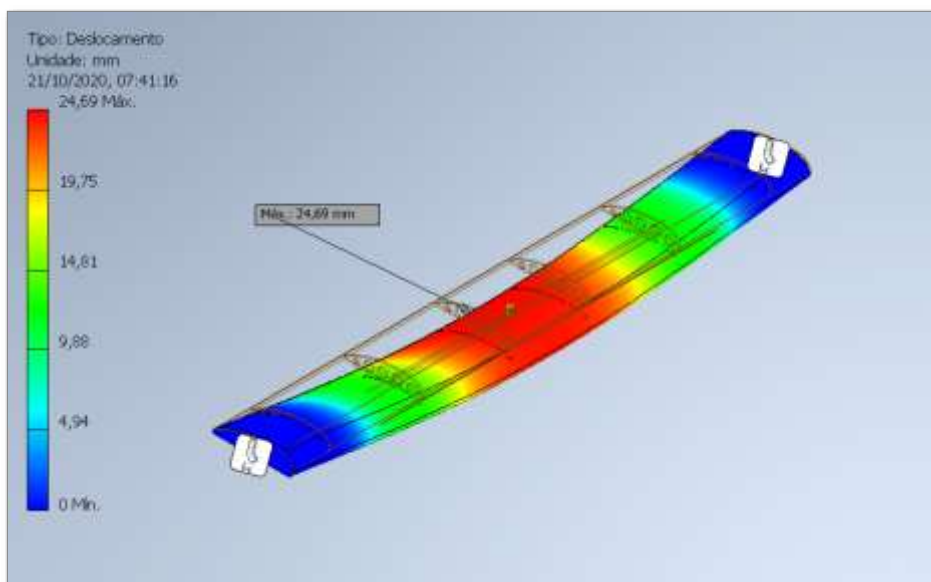
e um deslocamento de 24,77 mm para baixo que flexionou a asa no mesmo sentido e provocou uma força de reação RB.

Figura 3. Gradiente de deformação em simulação estática até atingir o deslocamento de 15,18mm para cima configurado - perspectiva.



Fonte: AUTORES.

Figura 4. Gradiente de deformação em simulação estática até atingir o deslocamento de 24,77mm para baixo configurado - perspectiva.

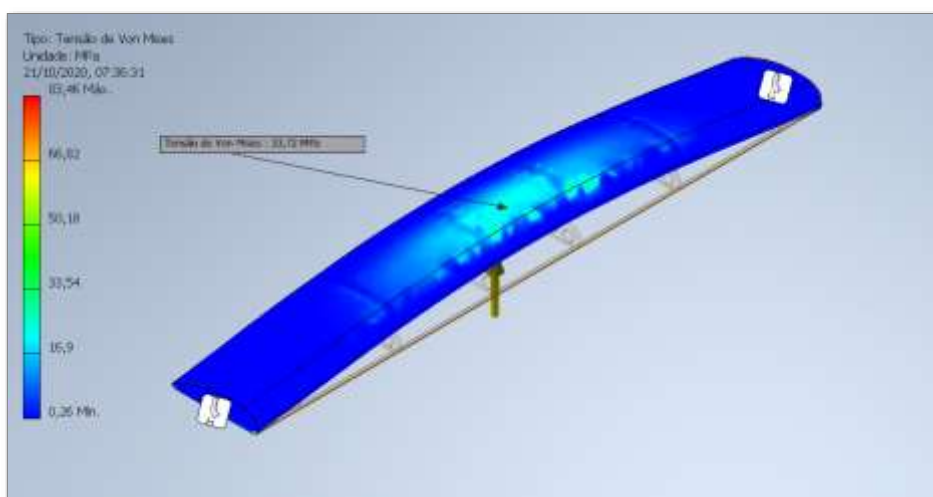


Fonte: AUTORES

Para promover um deslocamento de 15,18 mm, foi gerado sobre a asa uma força de 760 N e tensão de Von Mises de 33,72 Mpa no trecho central da asa com uma

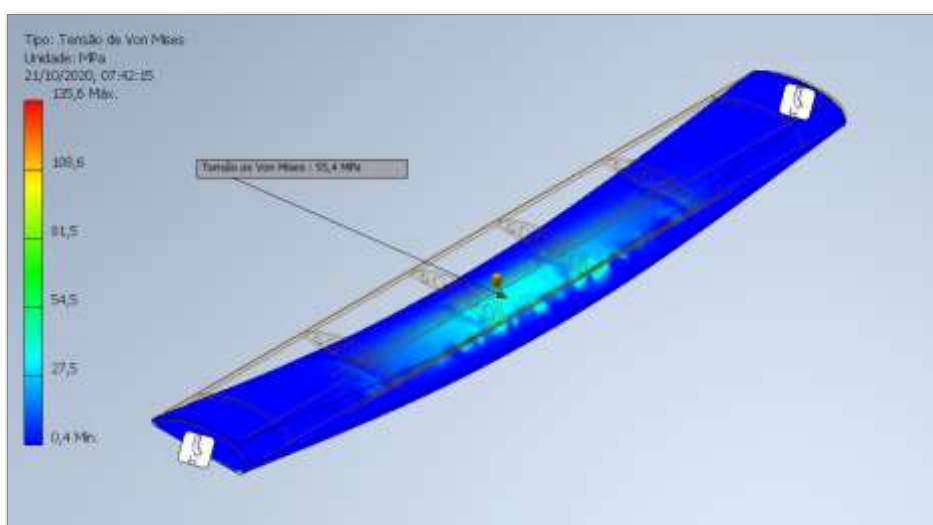
flexão para cima. Assim como, para promover um deslocamento de 24,77 mm, produziu uma força de 1235 N e uma tensão de Von Mises de 55,4 Mpa no trecho central da asa com uma flexão para baixo, conforme pode ser observado nas Figuras 5 e 6, a seguir.

Figura 5. Tensão de Von Mises no trecho central para uma força de 760N e deslocamento de 15,18mm.



Fonte: AUTORES.

Figura 6. Estudo de Tensão de Von Mises no trecho central para uma força de 1235N e deslocamento de 24,77mm.



Fonte: AUTORES.

#### 4 CONCLUSÕES

Pode-se concluir, através de simulações utilizando o AUTODESK INVENTOR 3D, que a resistência mecânica da asa de aeromodelo constituída de compósito de base polimérica reforçado com fibras de bananeira, mesmo sendo submetidas a deslocamentos elevados de 15,18 mm, para cima, e 24,77 mm para baixo, geraram respectivamente uma tensão máxima de Von Mises de 33,72 Mpa e 55,4 Mpa, ambas no trecho central da asa, ocasionado pela flexão da asa. Ficando abaixo dos valores máximos de resistência a flexão encontrados por CAMPBELL (2021), foi de 97,50 Mpa para flexão de fibras longas. Observa-se que modelo adequa-se perfeitamente aos parâmetros experimentais e que o mesmo serve para otimização da geometria da asa do aeromodelo.

#### REFERÊNCIAS

ALBINANTE, S.R.; PACHECO, E.B.A.V.; VISCONDE; L. L.Y.; BATISTA. L. N.

ALVES FILHO, A., **Elementos Finitos – A base da tecnologia CAE**, Editora : Érica; 6ª edição, 2018

ASIM, M. et al. **A Review on Pineapple Leaves Fibre and Its Composites**, 2015.

BRITO DINIZ, J. F. et al. Vegetable Fiber Drying: Theory, Advanced Modeling and Application. p. 31–60, 2020.

CAMPBELL, C. H. **Desenvolvimento e Caracterização de Compósito com Fibra de Bananeira para Aplicação em Aeromodelos**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2020.

CANEVAROLO JR, S. V. **Ciência dos Polímeros – Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2ª Edição. Artliber Ed. 2006. 277p

Caracterização química e física das fibras de bananeira dos tipos d'água (*Musa sapientum*) e prata (*musa balbisiana*). 11 Congresso Brasileiro de Polímeros, 2011.

FRANCO, P. J. H.; GONZALEZ, A. V. **Compositics**. Part A, 2004 339p. International Journal of Polymer Science, v. 2015, p. 1–16, 2015.

JOAQUIM, E.F. **Ensaio medem dureza Shore e resistências à tração e flexão** – parte III. Plástico Moderno, 258/95, p.38-40, Set, 1995.

LEBLANC, J. L. **Polímeros**, 16, p.182 (2006).

MOTA, R. C. A. **Análise de viabilidade Técnica de Utilização da Fibra de Bananeira com resina sintética em Compósitos**. 2010. 108 f. Dissertação de (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em: < <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15617/1>>. Acesso em: 08 maio 2021.



## Projeto de adequação de acessibilidade do asilo Vila Vicentina

Felippe de Azevedo Ferreira Accioly<sup>1</sup>; Araã Felipe Gonçalves Nobrega<sup>1</sup>; Rogerio Nogueira Pereira<sup>1</sup>; Érika Fraga Rodrigues<sup>1</sup>; José Marques Rodrigues Filho<sup>1</sup>

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[accioly.br@hotmail.com](mailto:accioly.br@hotmail.com)

### RESUMO

Diversas obras são feitas sem a devida regularização e sem o acompanhamento de um engenheiro devido a fatores sócios e econômicos, pois grande parte da população não possui o apoio financeiro para investir em suas construções e instrução para realizar todos os processos de regularização. Atualmente o Asilo Vila Vicentina possui uma rampa de acesso ao segundo pavimento que não está de acordo com as normas de acessibilidade, prejudicando o acesso dos residentes, para solucionar essa situação foi elaborado um projeto de rampa de acessibilidade seguindo a NBR 9050 para melhorar a qualidade de vida dos idosos.

**Palavras-chave:** Acessibilidade. Rampa. Asilo. NBR9050.

### 1 INTRODUÇÃO

Diversas obras são feitas sem a devida regularização e sem o acompanhamento de um engenheiro. Essas situações ocorrem devido a fatores sócios e econômicos, pois grande parte da população não possui o apoio financeiro para investir em suas construções e instrução para realizar todos os processos de regularização. Sendo necessário uma regularização tardia ou uma obra de correção de emergência. O presente trabalho tem por objetivo realizar a regularização de acordo com a norma 9050 de uma rampa localizada no Asilo Vila Vicentina como forma de melhorar qualidade de vida e o lazer dos idosos.

O Asilo Vila Vicentina é uma Instituição sem fins lucrativos financiada por doações para manter suas operações e acomodar idosos de baixa renda e abandonado por seus familiares e muitas das vezes devida a estas condições e falta de recurso, carece de ajuda para melhorar as suas condições, incluindo as questões de acessibilidade.

## **2 METODOLOGIA**

Atualmente o Asilo Vila Vicentina possui uma rampa de acesso ao segundo pavimento que não está de acordo com as normas de acessibilidade, prejudicando o acesso de alguns residentes e das macas de ambulância. Para realizar a obra deve-se questionar, como regularizar esta rampa no espaço disponível e de forma a não diminuir tanto o espaço de lazer da área externa.

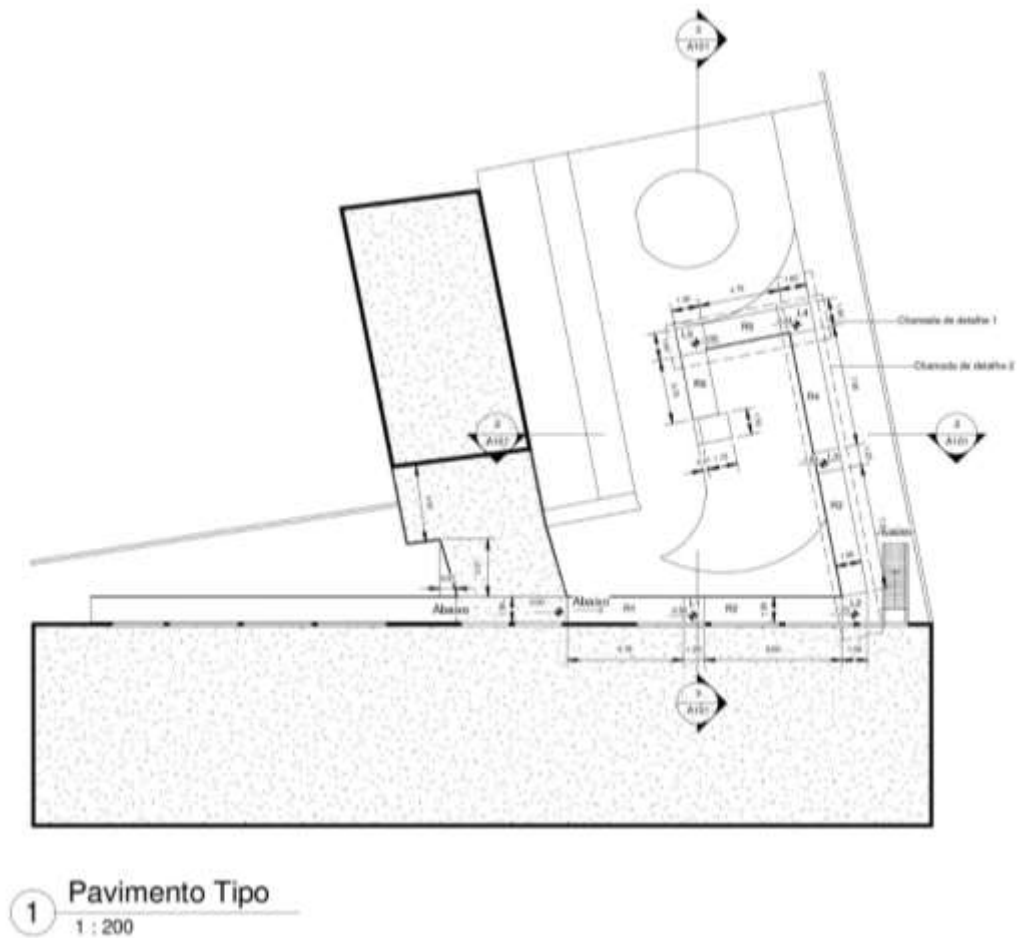
Foi elaborado o projeto arquitetônico da rampa de acessibilidade no software Autodesk Revit, utilizando todas as exigências de inclinação, larguras de vãos de acesso, áreas de manobra de acordo com a NBR 9050.

Utilizou-se como base para um pré-orçamento o banco de dados com preços de serviços de construção SINAPI, para referenciar custos possíveis da obra. Em visita técnica ao local fez-se o uso de Nível Óptico e Mira para as medições das declividades encontradas nos terrenos e trenas para as medidas lineares, para assim informar aos softwares as devidas dimensões e inclinações obtendo um projeto mais rico em detalhes.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

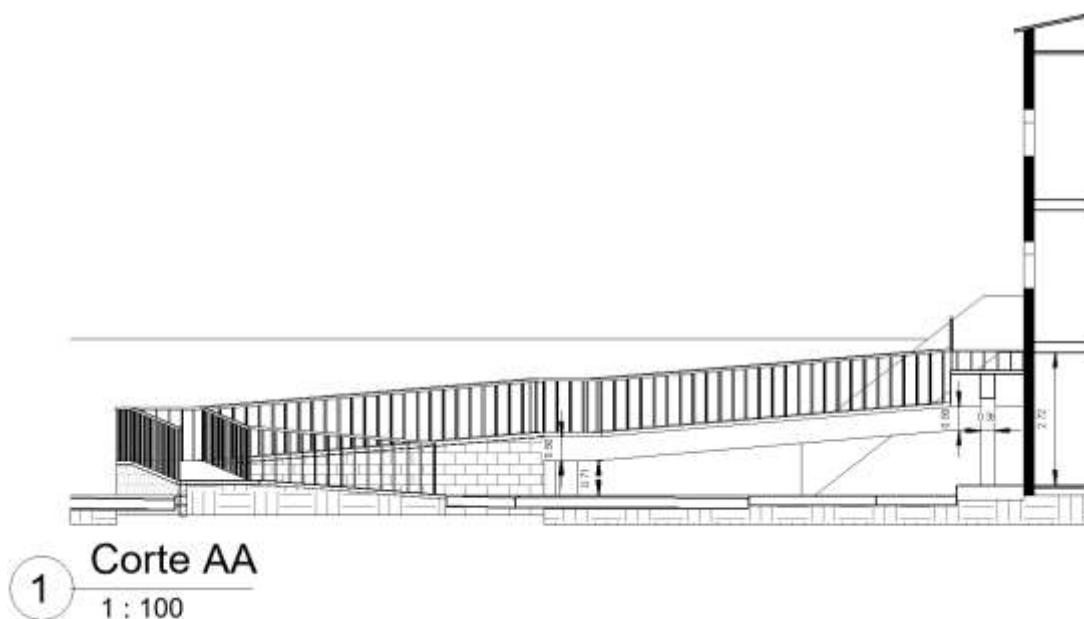
A partir das medidas coletadas em campo elaborou-se uma planta baixa do Asilo Vila Vicentina com as medidas e níveis da rampa elaborada. A rampa possui 44,72 metros de comprimento em sua totalidade e largura de 1,50 metros, com uma inclinação de 8,33%. Elaborado 5 patamares de descanso de acordo com o comprimento máximo de cada trecho de rampa definido na NBR 9050. As medidas de cada trecho de rampa, cotas, detalhamentos e cortes podem ser vistas nas plantas abaixo.

Figura 3 – Planta baixa



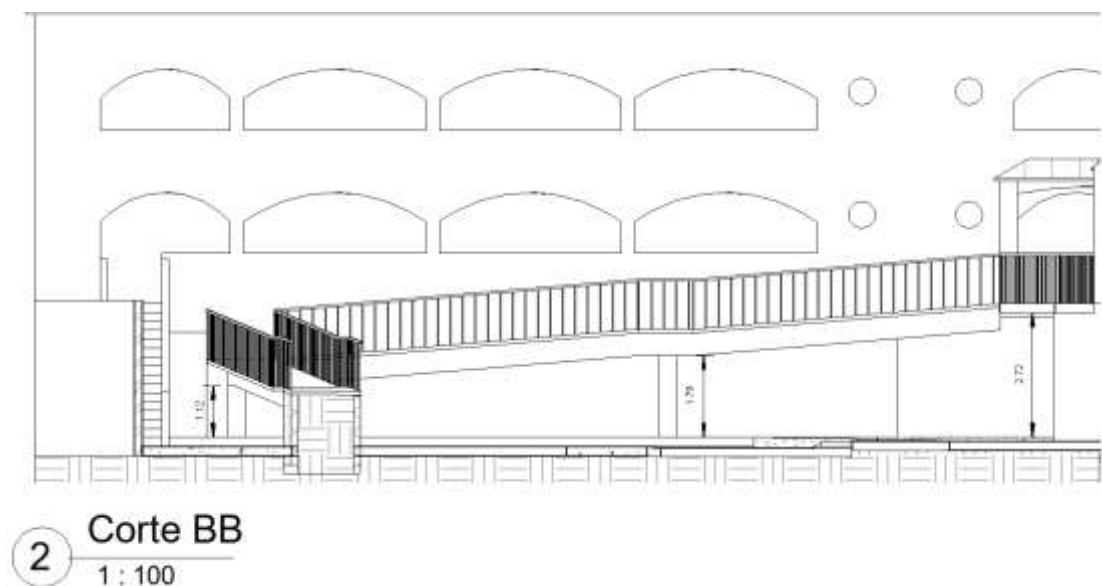
Fonte: Próprio autor

Figura 2 – Corte AA



Fonte: Próprio autor

Figura 3 – Corte BB



Fonte: Próprio autor

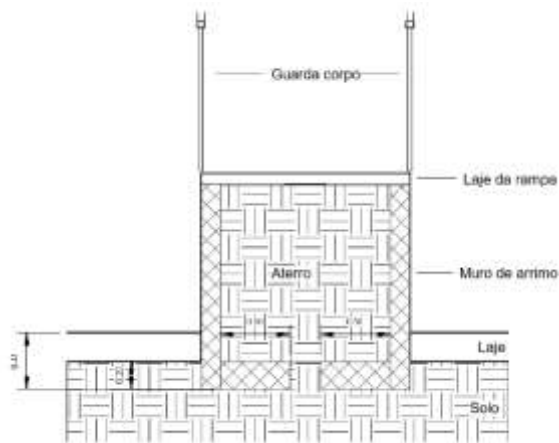
Os trechos correspondentes a R6, L5, R5, L4 e R4 da rampa foram apoiados em aterro com muro de arrimo, já os trechos correspondentes a R3, L2, R2, R1 foram projetados em balanço apoiado em uma viga única no centro da laje.

Figura 4 – Detalhamento dos trechos: L3, R3, L2, R2, L1, R1



Fonte: Próprio autor

Figura 5 – Detalhamento dos trechos: L3, R3, L2, R2, L1, R1



Fonte: Próprio autor

## 4 CONCLUSÕES

Concluimos que a implementação dessa nova rampa trará diversos benefícios para todos os residentes do Asilo Vila Vicentina, trazendo um conforto ao se deslocar entre os pavimentos e uma melhor mobilidade para casos de urgência.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso professor Giuseppe Andrichi (chefe).

## REFERÊNCIAS

TCP0web, 2015. Disponível em:<<https://tcpoweb.pini.com.br/home/home.aspx>>  
Acesso em: 5 jun. 2021.

ABNT (2020). NBR 9050. **Norma Brasileira de Acessibilidade de Pessoas Portadoras de Deficiência às Edificações, Espaço Mobiliário e Equipamentos Urbanos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

## **Caracterização das propriedades mecânicas de compósitos de PEAD com adição de serragem e celulose microcristalina**

**Rogério Nogueira Pereira; Bruno Chaboli Gambarato**

*UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[rogerio.pereira@foa.org.br](mailto:rogerio.pereira@foa.org.br)*

### **RESUMO**

A produção de compósitos poliméricos reforçados com fibras e biomassas vegetais é uma alternativa bastante viável para a gestão de resíduos sólidos. Além disso, os compósitos, em geral, apresentam propriedades mecânicas superiores às do polímero original, levando ao desenvolvimento de novos materiais e possíveis aplicações inovadoras. Dentro deste contexto, neste trabalho é apresentada a caracterização mecânica de compósitos poliméricos produzidos com matriz de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) reforçados com serragem de madeira e com celulose microcristalina. Os compósitos foram processados em homogeneizador termocinético em diversas proporções dos constituintes e injetados a 300 °C. Foram realizados ensaios mecânicos de tração e flexão para avaliar a influência da composição sobre estas propriedades. Os resultados demonstraram que há um aumento de até 127% no Módulo de Young e de 139% no Módulo de Flexão, em comparação com o PEAD puro. Dessa forma, neste trabalho foram produzidos compósitos utilizando menores teores de derivados do petróleo, com aproveitamento de resíduos e com a obtenção de melhores propriedades mecânicas.

**Palavras-chave:** Polímeros. Resíduos sólidos. Biomassa vegetal. Tração. Flexão.

### **1 INTRODUÇÃO**

Até 2025, o resíduo sólido gerado globalmente no planeta Terra deve atingir a marca de 2,2 bilhões de toneladas ao ano, quase o dobro do valor de 1,3 bilhões de toneladas em 2010. Dentre diversas razões, há o aumento da população, que deve chegar à marca de 8,2 bilhões em 2025, quase 1 bilhão a mais do que nos dias atuais (BANK, 2018).

Os polímeros representam cerca de 13,5% dos resíduos sólidos urbanos gerados. Em 2012, o Brasil reciclou 21% de todo plástico consumido no país (CEMPRE, 2018).

Os polímeros são macromoléculas resultantes da união de muitas unidades de moléculas pequenas (monômeros), se encontram disponíveis na natureza ou podem ser sintetizados (AKCELRUD, 2007). Dentre os polímeros, os polietilenos são os que apresentam a cadeia mais simples. O polietileno dos materiais plásticos mais produzidos e conseqüentemente mais consumidos a nível mundial, tendo características que atendem a inúmeras aplicação e diante desta vasta fabricação e utilização, o material se torna barato e ainda mais atrativo (CANEVAROLO, 2007).

Neto e Pardini (2006) explicam que os materiais que constituem um compósito são denominados como fases, sendo uma que é descontínua, denominada de reforço, ele faz na mistura a resistência ao esforço e a outra fase que é contínua, denominada de matriz, que fica responsável pela transferência desse esforço.

O objetivo deste trabalho é de produzir e caracterizar um compósito com matriz de PEAD, reforçado com serragem de madeira *Pinus taeda* e celulose microcristalina e se justifica pela busca por formulações de materiais com menores teores de derivados do petróleo, bem como o aproveitamento de resíduos oriundos da indústria de processamento de madeira. Aliado a isto, há a possibilidade de confecção de um equipamento de proteção individual utilizando estes materiais, promovendo um menor impacto ambiental negativo.

## 2 METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho, foi utilizado como matriz polimérica o Polietileno de Alta Densidade (PEAD) HC7260-LS, produzido pela empresa Braskem. Conforme orientações do catálogo do fabricante, este modelo de PEAD pode ser utilizado segmento de injeção na fabricação de caixas para uso industrial, assentos sanitários, utilidades domésticas, brinquedos, tampas, paletes, capacetes ocupacionais entre outros.

Como reforço para a composição dos materiais, foi utilizada serragem de madeira *Pinus taeda*, com granulometria de 50 mesh, obtida como resíduo da



carpintaria do Centro Universitário de Volta Redonda e celulose microcristalina P.A., da marca Synth, um insumo bastante utilizado nas indústrias farmacêutica, alimentícia e de materiais, como agente de modificação de propriedades químicas, físicas, mecânicas e reológicas.

Os compósitos utilizados foram processados no Laboratório de Processamento de Materiais do UniFOA, de acordo com as composições mostradas na Tabela 1. As composições, após secagem dos materiais em estufa a 100 °C por 2 horas, foram obtidas em um homogeneizador termocinético “Dryzer” da MH Equipamentos, modelo MH-50H, em bateladas de 150 g por um tempo aproximado de 1 minuto.

Tabela 1 – Composições das amostras avaliadas no trabalho.

<b>Amostra</b>	<b>% PEAD</b>	<b>% Serragem</b>	<b>% Celulose Microcristalina</b>
<b>Compósito 1</b>	100	0	0
<b>Compósito 2</b>	90	0	10
<b>Compósito 3</b>	85	0	15
<b>Compósito 4</b>	80	10	10
<b>Compósito 5</b>	75	15	10
<b>Compósito 6</b>	75	10	15
<b>Compósito 7</b>	70	15	15

Fonte: Dos autores, 2021.

Em seguida, as composições, separadamente, foram trituradas em moinho de facas e preparadas para injeção a 300 °C, em uma Injetora RAY RAM, modelo TSMP, em moldes de acordo com as normas ASTM D 638-14 e ASTM D 790-17, para, em seguida, serem caracterizados.

Os ensaios de tração foram realizados no Laboratório de Ensaio Mecânicos do UniFOA, utilizando-se uma Máquina Universal de Ensaio da marca EMIC DL-10000, com célula de carga de 5 kN, sob velocidade de 5 mm.min<sup>-1</sup>. Para cada composição avaliada, foram ensaiados cinco corpos de prova com dimensões de acordo com a norma ASTM D 638-14, sendo 13 mm de largura, 165 mm de comprimento e 3,2 mm

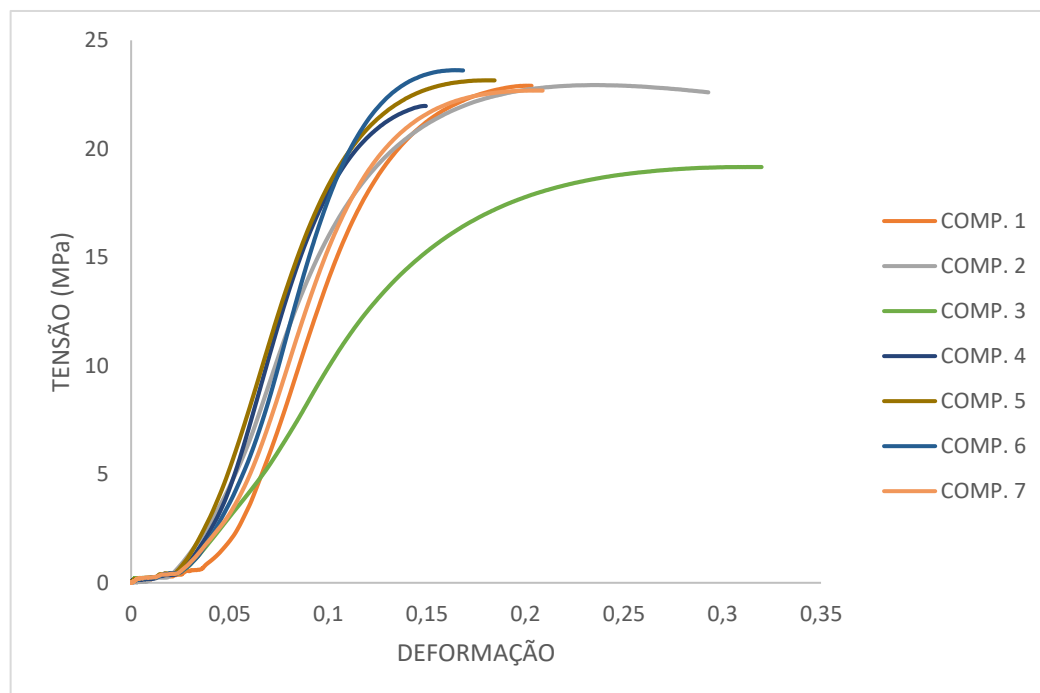
de espessura. Os resultados foram processados para obter as propriedades de resistência à tração (tensão máxima), tensão de escoamento e módulo de elasticidade em tração (Módulo de Young).

No ensaio de flexão, também realizado na EMIC DL-10000, foram analisados cinco corpos de prova, com dimensões de acordo com a norma ASTM D 790-17, com 13 mm de largura, 130 mm de comprimento e 6 mm de espessura, com célula de carga de 100 kN, distância entre apoios de 80 mm, em temperatura ambiente, sob velocidade de 5 mm.min<sup>-1</sup>. Os dados obtidos foram processados para a determinação da resistência à flexão (tensão máxima) e do módulo de elasticidade em flexão.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as curvas de tensão x deformação à tração dos compósitos preparados a partir das misturas de PEAD com serragem e celulose microcristalina. Na Tabela 2 constam as propriedades mecânicas em tração, calculadas a partir dos dados obtidos nos ensaios.

Figura 1 – Tensão X Deformação resistência a tração dos compósitos.



Fonte: Dos autores, 2021.

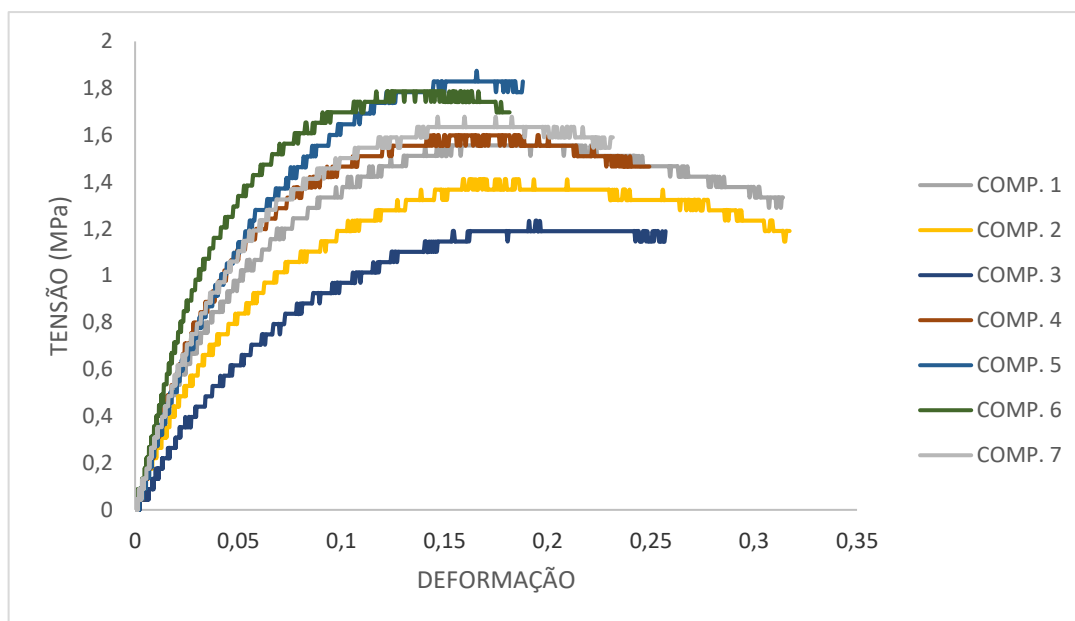
Tabela 2- Resultados do Ensaio de Tração

Amostra	Tensão de Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Young (MPa)
<b>Compósito 1</b>	12,0 ± 0,15	19,0 ± 0,98	150 ± 52,83
<b>Compósito 2</b>	14,3 ± 1,21	22,7 ± 0,75	256 ± 72,39
<b>Compósito 3</b>	16,0 ± 0,18	23,0 ± 0,32	281 ± 37,42
<b>Compósito 4</b>	16,0 ± 0,84	22,7 ± 0,29	287 ± 21,61
<b>Compósito 5</b>	16,3 ± 0,96	23,3 ± 0,56	307 ± 48,70
<b>Compósito 6</b>	15,3 ± 0,33	22,0 ± 0,64	317 ± 28,51
<b>Compósito 7</b>	18,0 ± 0,27	24,3 ± 0,55	341 ± 31,92

Fonte: Dos autores, 2021.

A análise do resultado mostra que, no caso do PEAD puro, bem como nos compósitos, houve uma clara diferença no comportamento de deformação das amostras em tração quando comparadas ao material do capacete. Com relação às propriedades mecânicas da Tabela 2, verifica-se que o PEAD puro apresentou resultados inferiores aos compósitos, em todos os casos, apresentaram propriedades mecânicas superiores.

Figura 2 – Tensão X Deformação resistência a flexão dos compósitos



Fonte: Dos autores, 2021.

Os resultados de flexão encontram-se na Figura 2 e na Tabela 3. Assim como visto em tração, o PEAD puro apresentou propriedades inferiores às dos compósitos apresentaram resultados superiores, indicando, novamente, que a adição dos reforços promove aumentos nas propriedades mecânicas dos materiais estudados.

Tabela 3 - Resultados do Ensaio de Flexão

Amostra	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Flexão (MPa)
<b>Compósito 1</b>	25,2 ± 3,83	838 ± 37,22
<b>Compósito 2</b>	32,2 ± 1,24	1344 ± 11,78
<b>Compósito 3</b>	33,4 ± 3,71	1536 ± 21,04
<b>Compósito 4</b>	36,4 ± 1,19	1570 ± 12,37
<b>Compósito 5</b>	37,9 ± 1,25	1562 ± 20,51
<b>Compósito 6</b>	35,0 ± 2,03	1581 ± 39,24
<b>Compósito 7</b>	38,0 ± 0,72	2005 ± 25,33

Fonte: Dos autores, 2021.

No caso desta propriedade mecânica, os compósitos apresentaram uma melhora na qualidade, sendo alcançado um aumento de 50,8% na tensão máxima em flexão e de 139% no módulo de flexão o resultado mais satisfatório encontrado dentre os compósitos testados.

#### 4 CONCLUSÕES

Foi possível produzir compósitos de PEAD com adição de serragem e celulose microcristalina que apresentaram, além de um teor menor de derivados de petróleo, melhores propriedades mecânicas.

Em tração, o material derivado do capacete apresentou Módulo de Young de 176,1 MPa e tensão máxima de 21,4 MPa. Todos os compósitos desenvolvidos neste trabalho com PEAD reforçado com serragem e celulose microcristalina apresentaram propriedades superiores em tração. Os compósitos apresentaram resultados que chegaram a um aumento de 127% no Módulo de Young e 28% na tensão máxima, quando comparado ao PEAD puro.

Em flexão, o material derivado do capacete apresentou Módulo de Flexão de 1151 MPa e tensão máxima de 30,5 MPa. Já os compósitos apresentaram propriedades superiores e, assim como em tração, alcançando Módulo de Flexão de 2005 MPa e tensão máxima de 38 MPa.

#### REFERÊNCIAS

AKCELRUD, L. **Fundamentos da Ciência dos Polímeros**. Editora Manole Ltda, São Paulo, 2007.

BANK, W. **Waste Generation**. Disponível em:  
<http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/Chap3.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2021.

CANEVAROLO Jr, S. V. **Técnicas de caracterização de polímeros**. São Paulo:2007 Artliber.



CEMPRE. **CEMPRE REVIEW 2015.** Disponível em:  
<http://cempre.org.br/artigopublicacao/artigos>. Acessado em 29 jan. 2021.

NETO, F. L; PARDINI, L. C. **Compósitos Estruturais.** Ciência e Tecnologia. Ed. Edgard Blücher, 2006.

## Controle de estoque eficiente via RFID

**Frederico Augusto Pinho Haasis<sup>1</sup>; Ariel Pinheiro de Souza Farelli<sup>1</sup>; Lucas Taynã Bernardes de Souza<sup>1</sup>; Aloano Régio de Almeida Pereira<sup>1</sup>;**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[fredaugusto18@gmail.com](mailto:fredaugusto18@gmail.com)*

### RESUMO

O controle de estoque realizado dentro de uma empresa é considerado uma parte essencial para os cálculos de despesas da mesma. Um controle ineficiente acarreta gastos desnecessários e em casos mais extremos, parada de algum processo por falta de materiais para reparo. Esse projeto se baseia nessa ideia de realizar um controle eficiente e de maneira mais rápida e segura. O projeto CEERFID (Controle de estoque eficiente via RFID) se baseia em um sistema eletrônico que visa automatizar a conferência de itens que saem e entram no estoque. Por meio de etiquetas que possuem um código específico conseguimos controlar o item que está sendo retirado do estoque, através de radiofrequência, e debitar automaticamente do inventário atual. Para realizar essas ações é utilizado um módulo RFID (RC522) conectado as portas analógicas do Arduino realizando por esse a leitura via radiofrequência. Para o projeto ser mais acessível e visual foi desenvolvido uma planilha no Excel, com um formulário chamado PLX-DAQ que irá fazer a comunicação entre o circuito eletrônico montado e as planilhas de controle e conferência. Nessas planilhas observa-se os itens que estão no estoque com suas quantidades e locais de uso, facilitando assim a procura também após sua retirada. Com esse projeto o funcionário além de realizar a conferência do estoque ele poderá gerar relatórios de saída para apresentar em reuniões de planejamento como, por exemplo, manutenções específicas que necessitam de algum item estar disponível. Além disso, o próprio programa ao perceber um item abaixo da quantidade mínima estipulada, envia um e-mail automaticamente solicitando a compra do item. Ao realizar esse projeto o local será incluído na área de indústria 4.0, pois será um processo automatizado, ligado em rede e em nuvem (IoT, BigData). Além desse benefício o processo de conferência será mais rápido, sem precisar de deslocar um funcionário para conferir a quantidade ainda restante no estoque, melhorando o relatório de retiradas de itens e o planejamento de compras.

**Palavras-chave:** Controle. Automação. RFID. Indústria 4.0. Estoque.

## 1 INTRODUÇÃO

O controle de estoque, atualmente, em diversas empresas é realizado por meio de conferência diária dos itens por algum funcionário ou responsável pelo local. Sendo um trabalho executado por um ser humano em algum momento ocorrerá ou por falta de atenção ou outros fatores um erro de conferência, como não realizar a contagem diariamente, ou também realizar a conferência e logo em seguida uma pessoa retirar um equipamento e não comunicar. Portanto, o principal problema ao se realizar uma consulta ou controle de estoque é não ter uma pessoa responsável o todo tempo para conferir e requisitar uma compra caso seja necessário. Essa falta pode gerar problemas como paradas de linhas ou um atraso em serviços prestados, para evitar isso se faz necessário um controle mais eficiente e automatizado. A grande questão é como realizá-lo, mantendo o custo baixo e com alta eficiência. Visando minimizar e até mesmo eliminar esses erros e problemas foi pensado esse projeto de controle via tecnologia RFID.

Um controle de estoque eficiente e automatizado com a tecnologia RFID, vai garantir a confiabilidade e segurança na realização de relatórios e conferências diárias do estoque. Por meio de uma eletrônica aplicada feita através da leitura de códigos por rádio frequência pelo arduino em conjunto com planilhas no Excel, podemos obter uma visão ampla de todos os itens do estoque, a todo momento, e por lá gerar os relatórios de acordo com a necessidade. Além disso, ao detectar um item abaixo do permitido, o programa irá enviar um e-mail, para o departamento específico, para realizar a compra dele. Com todos esses benefícios fica claro a importância de um investimento nesse projeto, transformando o controle de estoque em uma área da indústria 4.0.

## 2 METODOLOGIA

Para a realização desse projeto foi feita a pesquisa de diversos temas e ferramentas que são diretamente ligadas ao CEERFID, por exemplo como realizar a comunicação do software de controle no caso o Excel e o circuito eletrônico que faz

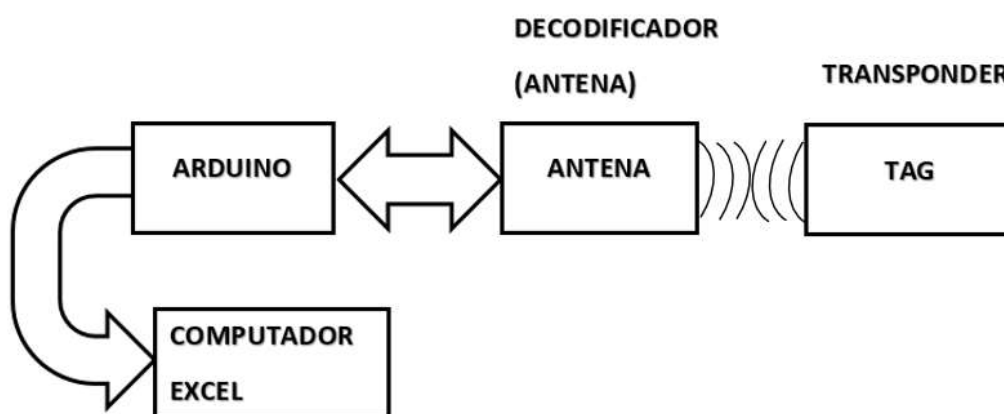


a leitura e reconhecimento dos códigos inseridos nas etiquetas (TAGs) fixadas em cada item do estoque. Além disso, foi realizado a pesquisa e utilizado no projeto um código open source para criação do formulário PLX-DAQ, com código VBA dentro do excel, o qual irá fazer a comunicação do mesmo com o Arduino.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto proposto irá registrar os equipamentos e realizar o controle de materiais em uma planilha, através de um circuito eletrônico conectado ao computador por meio da placa microcontrolada arduino.

Figura 4 Diagrama funcional de aquisição de dados



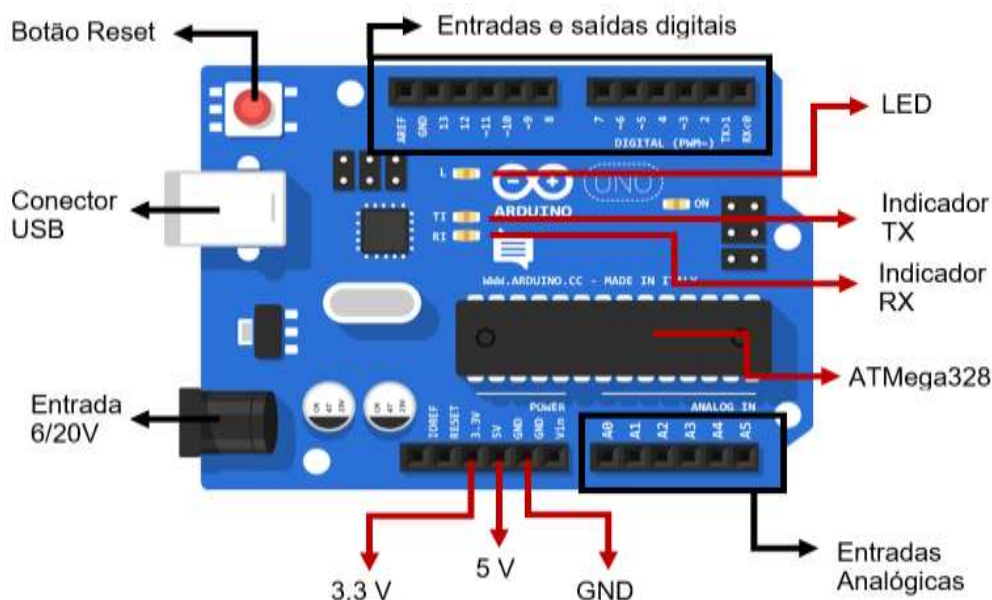
Fonte: (Autores, 2021)

A interação do sistema de identificação por rádio frequência se baseia na comunicação entre os dispositivos decodificador e antena, que por sua vez utiliza as ondas eletromagnéticas para coletar as informações apresentados em um chip e com auxílio do decodificador as transfere para um banco de dados de acordo com a arquitetura na qual o sistema se baseia, para fins práticos tem se respectivamente como decodificador e antena o Arduino UNO e seu módulo Rc522. Outra parte essencial para o funcionamento deste sistema são os transponders, um chip eletronicamente programável com informações por ondas eletromagnéticas geradas pela antena do decodificador, realizando o armazenamento de dados que posteriormente serão utilizados para fins de controle dentro do sistema RFID e divide-

se em duas categorias os passivos e ativos, onde este último possui uma fonte própria de bateria e possibilita um armazenamento de com a capacidade de 32KB de informação. Os transpondes passivos, utilizados na concepção deste projeto, têm como fonte de energia da onda de rádio frequência emitida pelo leitor e transmite o seu sinal de resposta, este tipo de chip tem suas informações gravadas permanentemente desde sua fabricação, contudo existem alternativas de alterar essas informações.

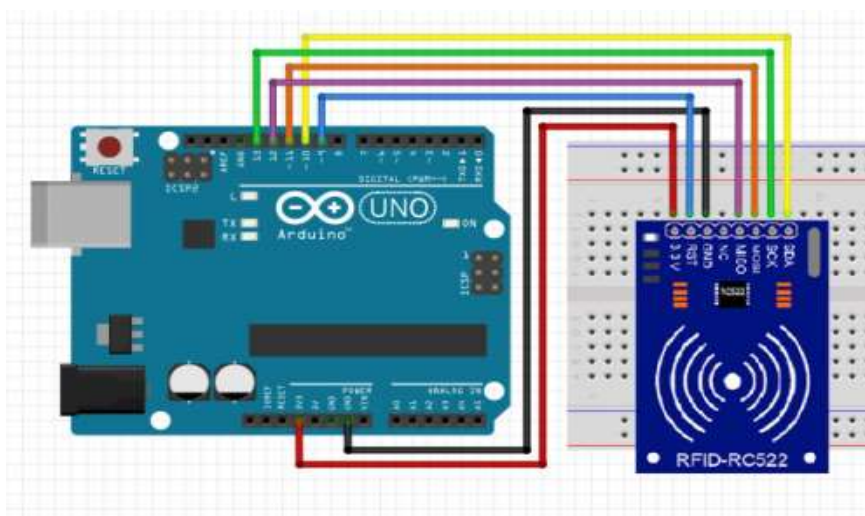
É importante destacar a faixa de frequência utilizada pelo circuito apresentado ao longo desta monografia, como citado anteriormente, o sistema de radiofrequência opera com três faixas: 125kHz (Baixa frequência), 13,56Mhz (Alta frequência) e opera também na faixa de 860 a 960MHz, em termos do protótipo realizado o modulo utilizado tem como faixa de trabalho a alta frequência, apresentando alta velocidade na taxa de resposta e alta confiabilidade nos dados obtidos por meio da interação decodificador e transponder.

Figura 5 Componentes do Arduino Uno



Fonte: (Autores, 2021)

Figura 6 Conexão módulo RC522 com o Arduino.



Fonte: (Arduino Portugal.PT, 2017)

Utilizando o processamento do arduino juntamente com a programação construída para obter a identificação das TAGs de etiquetas com o microchip RFID, e com auxílio da comunicação com o Excel, enviando essas informações diretamente ao banco de dados em uma planilha.

Podemos subdividir a etapa da planilha nas seguintes funções e comandos: PLX-DAQ, cadastro, consulta dos itens, dashboard de saída e requisição de compra. A navegação por entre as planilhas é realizada por meio de botões através de hiperlinks criados na própria planilha, e os formulários foram gerados através de macros e o código VBA sendo todos, exceto o PLX-DAQ, de autoria dos autores do projeto. O PLX-DAQ é o formulário que torna possível conectar o Arduino fazendo com que o monitor serial do mesmo apareça dentro do excel. Dessa maneira esse formulário permite que toda a parte eletrônica ligada ao Arduino, por exemplo a aquisição de dados, seja transferida para o excel, e anotada nas planilhas.

Figura 7 Interação dos componentes do projeto



Fonte: (Autores, 2021)

Figura 8 Painel inicial CEERFID e seus botões



Fonte: (Autores, 2021)

Como pode ser visto o operador terá um painel inicial com 3 botões onde poderá realizar a navegação dentro do estoque. Ao clicar no botão cadastro um formulário será aberto pedindo para que se conecte o PLX-DAQ para assim fazer a leitura dos códigos das etiquetas, ao se obter o mesmo é possível alterá-lo realizando uma lógica por meio do excel de acordo com os padrões da empresa que está utilizando o projeto. Portanto com o código o operador escreverá as informações na planilha realizando assim a computação do código existente na etiqueta, podendo

acrescentar o modelo, descrição, quantidade, local de uso e local armazenado, após isso o item será computado dentro do estoque.

Na seção de consulta de estoque encontraremos uma lupa onde será realizada a pesquisa do item que se deseja e a planilha será filtrada trazendo essas informações. Além de nessa planilha ser possível realizar a conferência dos itens verificando se estão dentro do limite máximo e mínimo determinado pela empresa. Com esse limite definido o projeto poderá realizar a requisição de compra para o setor específico de maneira automatizada com as informações do item sempre atualizadas de maneira segura.

Figura 9 Planilha para consulta e requisição de compra dos itens



Código	Item	Marca	Local Armazenac	Descrição	Local Uso	Qtd. M	Qtd. A	Qtd. I	
CAA3911A	Alicate	Flug	Caixa ferramenta	Alicate de corte	Manutencao	8	3	1	FALTA
9AC9F280	Calculadora	Hp	Gaveta 3	Calculadora científica	Escritorio	16	10	6	OK
ADF3911A	Celular	Samsung	Caixa	celular modelo ixi	Pessoal	20	10	10	FALTA
7671GAG	Mouse	Genius	Armario	Mouse sem fio preto	Geral	5	3	1	OK

Fonte: (Autores, 2021)

Com o projeto em funcionamento bastará aguardar um item (TAG) ser reconhecido pela antena ao sair do estoque que será automaticamente debitado da planilha de estoque e computado na saída. Ao sair as informações de data, código e nome do item irão para um dashboard de saída para que o operador possa levar em reuniões e realizar assim um controle melhor do estoque, bem como planejamento de, por exemplo, manutenções específicas que necessitam de algum item estar disponível.

#### 4 CONCLUSÕES

O projeto proposto tem como objetivo não somente um controle eficiente como o nome já diz, mas também inserir e atualizar as diversas áreas relacionadas dentro de uma empresa para a indústria 4.0. Garantindo dessa maneira a segurança do

processo de controle, a eficiência de requisição de compras e a agilidade no cadastro de itens no recebimento.

Através de sua conexão em nuvem os funcionários poderão acessar a planilha e realizar consultas de onde estiverem. Um exemplo que ilustra bem seria no planejamento de manutenções de uma indústria de automóveis. Se durante a reunião de planejamento tiverem a mão todo o estoque atual e todo o histórico de saída dos itens, as manutenções podem ser planejadas de maneira a seguir com o fluxo de itens que se tem à disposição. Com o envio automático dos e-mails, se garante que mesmo em dias que fiquem sem conferência alguma não falte itens e alertas para a realização da compra. Com isso o setor logístico e de compras da empresa poderá planejar os gastos do mês de acordo com a necessidade de determinado item.

## REFERÊNCIAS

ARDUINO PORTUGAL. **Como utilizar o módulo leitor RFID RC522 com Arduino.** Disponível em: <https://www.arduinoportugal.pt/uso-do-modulo-leitor-rfid-rc522-arduino/>. Acesso em: 08 jul. 2020.

BAU DA ELETRÔNICA. **Leitor RFID com Arduino.** Disponível em: <http://blog.baudaeletronica.com.br/rfid-com-arduino/>. Acesso em: 08 jul. 2020.

Encontros Bibli. **Revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação.** n. 24, 2007, pp. 182-202

HELLERMANNTYTON. **Soluções de rastreamento RFID para gerenciamento de inventário e outras indústrias.** Disponível em: <https://www.hellermanntyton.com.br/competencias/rastreamento-e-identificacao-rfid>. Acesso em: 08 jul. 2020.

## Ferramenta de análise de harmônicas elétricas

**Wesley Rossi Pimenta<sup>1</sup>, Cláudio Marcio de Freitas da Silva<sup>1</sup>**

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[wesleyrossi2@bol.com.br](mailto:wesleyrossi2@bol.com.br)

### RESUMO

As distorções harmônicas são caracterizadas por gerar variações na forma de onda da corrente ou tensão elétrica, devido a presença de frequências de ordem superior a natural. Estas, são causadas por diversos fatores e equipamentos, tais como: fornos industriais, saturação de transformadores, dispositivos eletrônicos e cargas descritas como não lineares, que possuem características de distorcer a forma de onda. As características harmônicas são prejudiciais ao sistema elétrico devido a diversos fatores que degradam o mesmo, gerando desarmes indesejados, dentre outras ocorrências. O objetivo da pesquisa se dá em desenvolver uma ferramenta através do *software* MATLAB, que disponibiliza uma análise da forma de onda característica em função das componentes harmônicas. Para simular o sistema, foi utilizado o espectro harmônico de uma pesquisa já realizada, abordando um Centro de Controle de Motores (CCM), onde estão presentes diversos equipamentos que utilizam tiristores e outros componentes que podem produzir distorções harmônicas. Sendo assim, a ferramenta exibe de acordo com o espectro harmônico de um determinado sistema, as componentes individuais e a forma de onda característica, com o objetivo didático de verificação das características harmônicas no sistema elétrico.

**Palavras-chave:** Harmônicas Elétricas. Simulação. Frequência.

### 1 INTRODUÇÃO

O conteúdo de harmônicas nas instalações elétricas, vem demonstrando uma crescente preocupação dos organismos reguladores do sistema elétrico nacional, e de pesquisadores do setor, devido a divergência sobre as técnicas aplicadas para distinção e atribuição das distorções verificadas no sistema nacional (SENS; SENS, 2019).

As distorções harmônicas são caracterizadas por gerar distúrbios na forma de onda da corrente ou tensão elétrica, devido a presença de frequências de ordem superior a natural, tornando assim a forma de onda distinta das características esperadas ou originais, gerando diversas consequências para o sistema elétrico (PIMENTA; TORTURELLO; SILVA, 2019).

Estas, são causadas por diversos fatores e equipamentos tais como: fornos industriais, saturação de transformadores, dispositivos eletrônicos e cargas descritas como não lineares, que possuem características de distorcer a forma de onda da corrente elétrica e conseqüentemente da tensão elétrica (PIMENTA; TORTURELLO; SILVA, 2019).

As características harmônicas são prejudiciais ao sistema elétrico devido a potencialização de ressonâncias indesejadas, aumentando a degradação de componentes e isolantes, gerando níveis excessivos de corrente e tensão no sistema elétrico, provocando desarmes dentre outras consequências (BATISTA et al., 2020).

Sendo assim, verificar os aspectos de uma forma de onda de uma instalação, poderá auxiliar e direcionar ferramentas para mitigação das distorções harmônicas.

Com isso, o objetivo da pesquisa se dá em desenvolver uma ferramenta através do *software* MATLAB, que disponibiliza uma análise da forma de onda característica em função das componentes harmônicas.

A ferramenta tem como objetivo didático, demonstrar as características individuais das componentes elétricas em função da amplitude da onda como os fasores do sistema elétrico e onda característica do sistema.

## 2 METODOLOGIA

Sendo assim, foi utilizado o *software* MATLAB na plataforma *APP Designer*, para desenvolvimento da ferramenta de análise da forma de onda das harmônicas elétricas de maneira intuitiva.

Conforme descrito, as harmônicas são frequências de ordem superior a natural que se somam a frequência fundamental, gerando distorções no sistema original. Esse fenômeno pode ser descrito matematicamente por uma série de Fourier.



As séries trigonométricas, ou séries de Fourier, são séries que representam funções periódicas em funções elementares de senos e cossenos.

Então, é possível definir a Equação 1, como a equação geral;

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nw_0t) + b_n \text{sen}(nw_0t)] \quad (1)$$

Tendo seus coeficientes como, Equações 2, 3 e 4:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) dt \quad (2)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0(nw_0t)}^{t_0+T} f(t) \cos(nw_0t) dt \quad (3)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0(nw_0t)}^{t_0+T} f(t) \text{sen}(nw_0t) dt \quad (4)$$

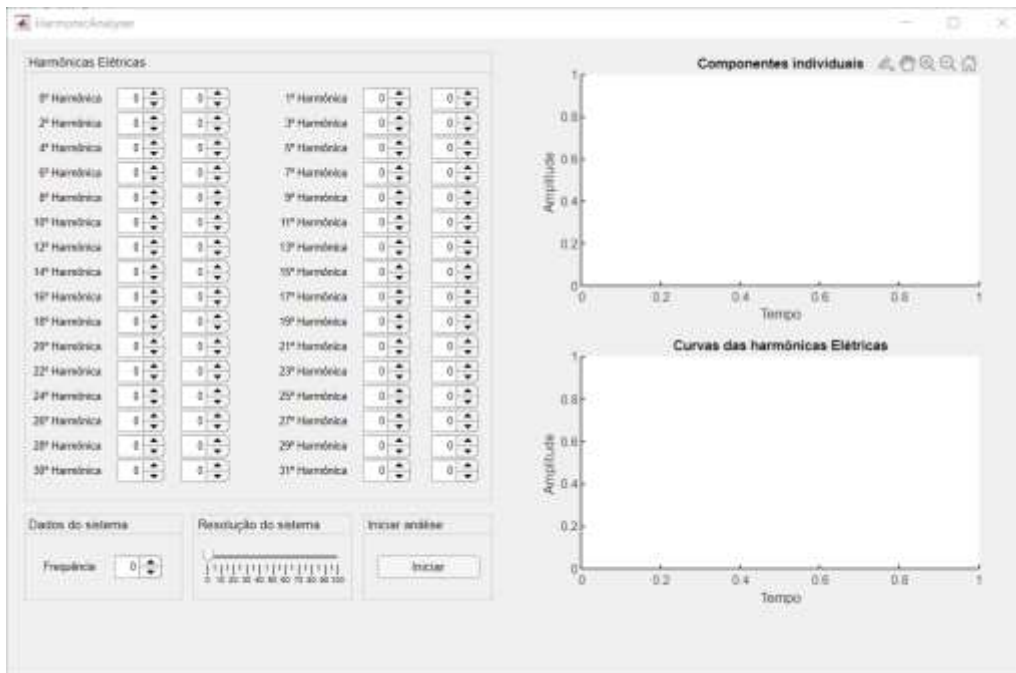
Sendo assim, o objetivo do *software* é demonstrar de acordo com o espectro inserido no sistema, as componentes harmônicas decompostas de forma individual, assim como suas características distorcidas.

Então, como já se possui o espectro harmônico, pode-se realizar uma soma destas componentes para verificação das componentes integradas, conforme Equação 5:

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n \text{sen}(nw_0t + \varphi)] \quad (5)$$

Portanto, foi desenvolvido o *software* denominado “*HarmonicAnalyser*”, sendo possível realizar análise de harmônicas até a 31° ordem, sendo contemplado harmônicas de ordem par e ímpar, com frequência fundamental dinâmica conforme Figura 1:

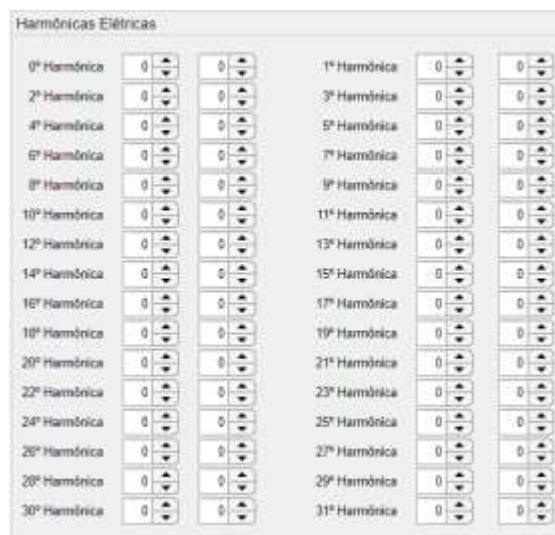
Figura 1 – Software de análise de Harmônicas elétricas



Fonte: (Autores,2021)

Com os dados do espectro harmônico de um determinado sistema, é possível inserir os dados da amplitude e fasor da harmônica, no campo “Harmônicas Elétricas” conforme Figura 2:

Figura 2 – Campo para inserção de dados



Fonte: (Autores,2021)

Para simulação do sistema, foi utilizado um espectro harmônico de uma pesquisa já realizada, abordando um Centro de Controle de Motores (CCM), onde estão presentes diversos equipamentos que utilizam tiristores e máquinas elétricas.

Para o CCM do Processo de Filtração, a carga instalada referente a máquinas elétricas e inversores de frequência, é equivalente a 464,54 KW, cujas medições foram realizadas com o alicate amperímetro 2060 LEM, conforme Tabela 1 (GUEDES JUNIOR; SOUZA, 2015).

Tabela 1 – Dados CCM Processo de Filtração

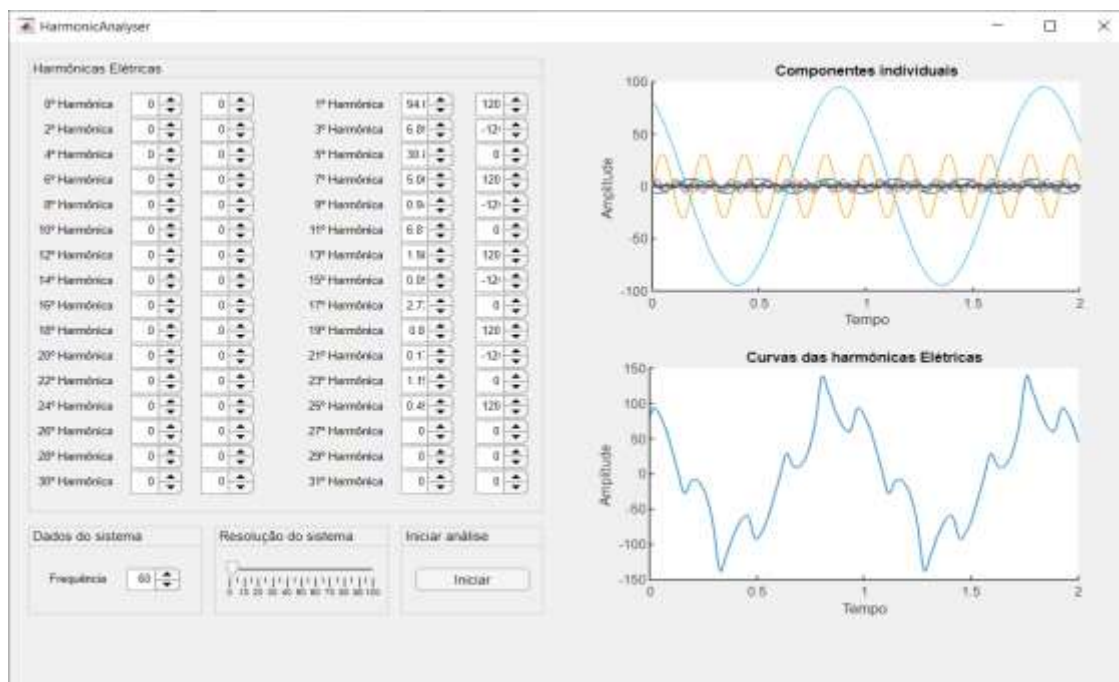
Ordem	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
Amplitude	94,6	6,85	30,8	5,06	0,94	6,81	1,98	0,092	2,73	0,80	0,17	1,19	0,45

Fonte: (Adaptado GUEDES JUNIOR; SOUZA, 2015)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados propostos para simulação, foram inseridos os dados da Tabela 1, conforme demonstra Figura 3, no campo “Harmônicas Elétricas”, sendo definido a frequência fundamental do sistema em 60 HZ.

Figura 3 – Resposta do sistema



Fonte: (Autores, 2021)

Com isso, conforme o objetivo descreve, a ferramenta exibe de acordo com o espectro harmônico de um determinado sistema, as componentes individuais e a forma de onda característica do sistema, de modo didático de verificação das características harmônicas no sistema elétrico.

#### 4 CONCLUSÃO

Conforme foi demonstrado, a análise das harmônicas elétricas é primordial para a avaliação da qualidade de energia atualmente, principalmente devido ao fato da elevada quantidade de modelos de cargas não lineares no setor comercial, residencial e industrial, amplificando as características do efeito das harmônicas no sistema elétrico. Conforme descreve o objetivo da pesquisa, o sistema exibe de forma didática uma ferramenta de análise das componentes harmônicas individuais e a forma de onda característica, para uma verificação técnica ou para representação de forma didática para alunos e pesquisadores do setor. São de diversas maneiras que a ferramenta de análise de harmônicas pode contribuir para o meio científico.

## REFERÊNCIAS

SENS, M.A.; SENS, L.P.; **Harmônicos de tensão no setor elétrico–verificação da instrumentação em campo**. Seminário Internacional de Metrologia Elétrica novembro de 2019, CentroSul, em Florianópolis -SC.

PIMENTA, W.R.; TORTURELLO, L.F.C.R.; SILVA, C.M.F; **Efeito Pelicular por consequência das Distorções Harmônicas**. CREA-RJ, 2019

BATISTA, J.C.; COSTA, J. C.; SUZUKI, D.T.N.N.; MENDES; I.A.; SILVA, O.F.; **Uso de redes neurais artificiais na previsão de correntes harmônicas temporais de 3a e 5a ordem na rede elétrica**. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 7, n. 1, 2020. Trabalho apresentado no XXXIX CNMAC, Uberlândia - MG, 2019.

GUEDES JUNIOR, O. M.; SOUZA, T. M.; **Análise de Distorções Harmônicas em barramento industrial de uma empresa alimentícia**. In: XXXIII International Sodebras Congress, 2015, Salvador. XXXIII International Sodebras Congress, 2015. v. XXXIII. p. 1-5

## **Análise e operação de fornos elétricos de indução**

**Wesley Rossi Pimenta<sup>1</sup>, Cláudio Marcio de Freitas da Silva<sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[wesleyrossi2@bol.com.br](mailto:wesleyrossi2@bol.com.br)*

### **RESUMO**

A conversão de energia, vem desempenhando um papel fundamental em diversos setores da sociedade moderna. Nos processos industriais, a fundição de materiais exerce majoritariamente a maior parcela do consumo de energia das plantas industriais. Os fornos de indução se assemelham a um transformador, cujo secundário está em curto-circuito pelo metal, produzindo calor baseando-se no efeito joule, produzido pela circulação da corrente elétrica no secundário, e o fenômeno de correntes parasitas associadas a permeabilidade magnética disposta pelo material. Sendo assim, o objetivo do trabalho, é realizar uma modelagem elétrica a fim de verificar as características físicas através das variáveis elétricas medidas no circuito primário do forno de indução, tal modelagem minimiza as dificuldades de inspeção e verificação no interior do forno. A análise prematura através de dados do circuito primário, que de fato exibe uma disponibilidade de medição, aliado a ferramentas de automação, garantirá uma maior disponibilidade do equipamento, utilizando-se de análise preditiva do mesmo. Portanto, são diversas características que podem ser avaliadas e trabalhadas com o auxílio de automação industrial, garantindo uma maior confiabilidade e disponibilidade do equipamento.

**Palavras-chave:** Forno de Indução. Condutância. Eletrotérmica.

### **1 INTRODUÇÃO**

A conversão de energia, vem desempenhando um papel fundamental em diversos setores da sociedade moderna. É sabido que o emprego de novas tecnologias ou métodos, confiam uma melhora em termos de eficiência energética.

Nos processos industriais, a fundição de materiais exerce majoritariamente a maior parcela do consumo de energia das plantas industriais (PROCEL, 1997).

Os fornos de indução assemelham-se a um transformador, cujo secundário está em curto-circuito pelo metal, produzindo calor baseando-se no efeito joule produzido pela circulação da corrente elétrica no secundário e o fenômeno de correntes parasitas associadas a permeabilidade magnética disposta pelo material.

A potência desenvolvida no secundário está associada ao fluxo elétrico produzido e a frequência elétrica imposta no sistema (COSTA, 1960).

Os fornos de canal fechado são mais utilizados, e destacam-se pelo fator de potência, fenômeno de contração da veia líquida e melhor rendimento. Porém, são limitados a resistência do revestimento do canal a temperatura, pois existe uma maior incidência de calor no canal, em função do fenômeno da fundição. Sendo assim, realizar observações no canal é primordial para garantir a eficiência do forno e consequentemente prever as consequências de desgaste em relação a utilização e tempo (COSTA, 1960).

O objetivo do trabalho, é realizar uma modelagem elétrica a fim de verificar as características físicas através das variáveis elétricas medidas no circuito primário do forno de indução.

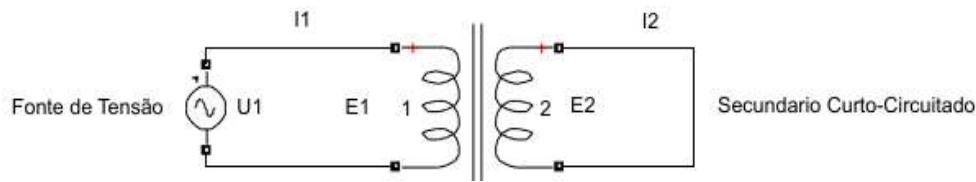
Devido à dificuldade de inspeção e verificação no interior do forno, a análise prematura através de dados do circuito primário, que de fato exhibe uma disponibilidade de medição, aliado a ferramentas de automação, garantirá uma maior disponibilidade do equipamento, aliada a análise preditiva do mesmo.

## 2 METODOLOGIA

### **Princípio de funcionamento dos fornos de indução**

Os fornos de indução, são como transformadores com secundário em curto-circuito, pelo próprio material a ser aquecido como uma única espira, demonstrado Figura 1.

Figura 1: Circuito elétrico simplificado do forno de indução



Fonte: (Autores, 2021)

Aplicando-se a lei de Kirchoff ao circuito elétrico da Figura 1, pode ser verificado que a corrente elétrica do primário é representado por  $I_1$  e a resistência verificada no circuito primário equivale a  $R_1$ . No circuito secundário a corrente elétrica é representada por  $I_2$ , e a resistência elétrica do material a ser fundido  $R_2$ , conforme demonstra Equação 1:

$$-U_1 + I_1 R_1 + E_1 = 0 \Leftrightarrow I_2 R_2 + E_2 = 0 \quad (1)$$

Assim sendo, a tensão induzida pode ser verificada em uma máquina de indução pela Lei de Faraday e fluxo magnético, conforme Equação 2:

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \Rightarrow \phi = \frac{NiA}{\mu l} \quad (2)$$

Pode-se avaliar o fluxo resultante e os fluxos de fugas do circuito. Inicialmente avalia-se o fluxo produzido pela corrente de excitação  $i_1$  no circuito primário como  $\phi_{11}$ . O fluxo  $\phi_{12}$  é oriundo da produção do fluxo da bobina primária na bobina do secundário, o  $\phi_{p1}$  é o fluxo de dispersão associadas as perdas magnéticas no circuito primário, portanto, representa-se conforme Equação 3:

$$\phi_{11} = \phi_{12} + \phi_{p1} \quad (3)$$

Avaliando o circuito secundário, pode se verificar analogamente ao primário, o  $\phi_{22}$  oriundo a corrente produzida por  $i_2$ ,  $\phi_{21}$  é o fluxo produzido pela bobina do circuito secundário na bobina do primário, e  $\phi_{p2}$  é o fluxo de dispersão associadas as perdas magnéticas no circuito secundário. Sendo assim, representa-se conforme Equação 4:

$$\phi_{22} = \phi_{21} + \phi_{p2} \quad (4)$$



Sendo assim, o fluxo comum aos dois enrolamentos será definido por  $\phi_t$ , com isso, representa-se conforme Equação 5:

$$\phi_t = \phi_{21} + \phi_{12} \quad (5)$$

Com isso, a resultante dos fluxos do primário e secundário, são representados por

Equação 6:

$$\phi_{11} + \phi_{21} = \phi_{p1} + \phi_t \Leftrightarrow \phi_{22} + \phi_{12} = \phi_{p2} + \phi_t \quad (6)$$

Portanto, o fluxo total que circula em um enrolamento é a soma do fluxo comum aos enrolamentos do primário e secundário adicionando as perdas de dispersão do respectivo enrolamento. Sendo assim, as tensões induzidas podem ser decompostas em duas componentes, oriundas do fluxo comum entre os enrolamentos, e outra oriunda dos fluxos de fuga. Então, pode se verificar conforme Equação 7:

$$E_1 = N \frac{d\phi_t}{dt} + N \frac{d\phi_{p1}}{dt} \Leftrightarrow E_2 = \frac{d\phi_t}{dt} + \frac{d\phi_{p2}}{dt} \quad (7)$$

Onde N é o número de espiras no enrolamento primário. Na equação é considerado uma espira unitária no circuito secundário, conforme descreve os preceitos de um forno de indução. Considerando os valores instantâneos da corrente elétrica no circuito do primário e secundário, tendo que os coeficientes de autoindução podem ser considerados constantes, pelo fato da dependência associar apenas ao fluxo de dispersão que está imerso no ar, onde a variação do fluxo com a corrente de excitação é linear, conforme Equação 8 e 9:

$$E_1 = N \frac{d\phi_t}{dt} + N \frac{d \frac{NiA}{\mu l}}{dt} = N \frac{d\phi_t}{dt} + \frac{N_p^2 A}{\mu l} \frac{di}{dt} = N \frac{d\phi_t}{dt} + L_1 \frac{di_1}{dt} \quad (8)$$

$$E_2 = \frac{d\phi_t}{dt} + \frac{d \frac{NiA}{\mu l}}{dt} = \frac{d\phi_t}{dt} + \frac{A}{\mu l} \frac{di}{dt} = \frac{d\phi_t}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt} \quad (9)$$

Associando, as tensões induzidas ao circuito elétrico do forno de indução, representado pela Equação 10:

$$-U_1 + I_1 R_1 + N \frac{d\phi_t}{dt} + L_1 \frac{di_1}{dt} = 0 \Leftrightarrow I_2 R_2 + \frac{d\phi_t}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt} = 0 \quad (10)$$

Representando em termos de reatância indutiva conforme Equação 11 e 12:

$$U_1 = I_1 R_1 + N \frac{d\phi_t}{dt} + L_1 I_1 \omega j = -e_1 + (X_1 + R_1) I_1 \quad (11)$$

$$0 = I_2 R_2 + \frac{d\phi_t}{dt} + L_2 I_2 \omega j = -e_2 + (X_2 + R_2) I_2 \quad (12)$$

Analisando as correntes elétricas que circulam no circuito, desprezando a corrente de excitação em função dos valores de  $I_1$  e  $I_2$ , aplica-se a lei de Kirchoff dos nós, verificado na Equação 13:

$$I_1 = -\frac{I_2}{N} \quad (13)$$

Sabendo que,  $\frac{e_1}{e_2} = n$  devido a relação de transformação do transformador, pode se substituir  $e_1$  em  $e_2$ , conforme Equação 14:

$$U_1 = -(X_2 + R_2) I_2 N + (X_1 + R_1) I_1 \quad (14)$$

Substituindo em  $I_2$ , conforme Equação 15:

$$\begin{aligned} U_1 &= (X_2 + R_2) I_1 N^2 + (X_1 + R_1) I_1 \\ &\Rightarrow (R_1 + R_2 N^2) I_1 + (X_1 + X_2 N^2) I_1 \end{aligned} \quad (15)$$

Sabido que, as relações de transformação da máquina se dá conforme Equação 16:

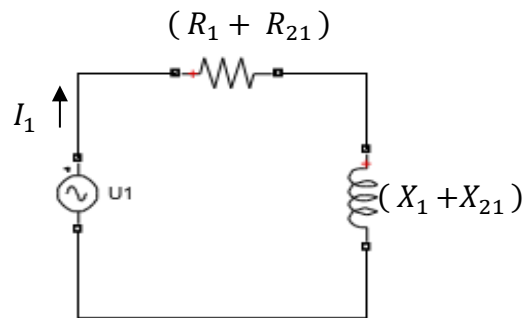
$$\begin{aligned} \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{N_p}{1} = \frac{I_2}{I_1} &\Leftrightarrow \frac{E_1}{I_1} = Z_1 \Leftrightarrow \frac{E_2 N}{I_1} = Z_1 \Leftrightarrow \frac{E_2 N^2}{I_2} = Z_1 \Leftrightarrow Z_2 N^2 \\ &= Z_1 \end{aligned} \quad (16)$$

Então, substituindo conforme Equação 17:

$$U_1 = (R_1 + R_{21}) I_1 + (X_1 + X_{21}) I_1 \quad (17)$$

Podendo se obter o circuito elétrico equivalente de um forno de indução com as impedâncias do secundário refletida no primário, conforme demonstra Figura 2:

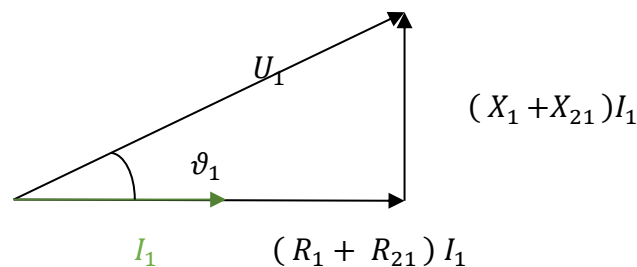
Figura 2: Circuito elétrico equivalente do forno de indução



Fonte: (Autores, 2021)

A partir desta equação, é permitido traçar o diagrama simplificado de um forno de indução com núcleo magnético de forma simplificada, em função dos valores do circuito primário, assim considerando o valor de uma bobina fictícia, sob uma tensão  $U_1$  absorveria uma corrente  $I_1$ , defasada  $\vartheta_1$  entre  $U_1$  e  $I_1$ , conforme demonstra Figura 3:

Figura 3: Diagrama equivalente de um forno de indução



Fonte: (Autores, 2021)

A partir destes dados, é possível verificar a relação da impedância do circuito elétrico com o fator de potência conforme demonstra Equação 18, 19 e 20:

$$U_1^2 = [(R_1 + R_{21}) I_1]^2 + [(X_1 + X_{21}) I_1]^2 = I_1^2 [(R_1 + R_{21})^2 + (X_1 + X_{21})^2] \quad (18)$$

$$\cos \vartheta_1 = \frac{(R_1 + R_{21}) I_1}{U_1} = \frac{(R_1 + R_{21}) I_1}{I_1 \sqrt{[(R_1 + R_{21})^2 + (X_1 + X_{21})^2]}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_i^2}} \quad (19)$$

$$\tan \vartheta_1 = \frac{(R_1 + R_{21})}{(X_1 + X_{21})} = \frac{X_i}{R} = X_i G \quad (20)$$

Sendo assim, pode-se concluir que quanto menor o valor da condutância ou maior o valor da resistência, maior será o fator de potência ou melhor será o fator de potência.

Conforme se realiza nos fornos de indução da Ajax-Wyatt e Russ, onde é provido de uma pequena seção no secundário com o objetivo de aumentar a resistência (COSTA, 1960).

Outro fator que altera o fator de potência é a frequência elétrica imposta no sistema, pois a mesma irá alterar a reatância indutiva conjugada, afirmando assim que, quanto maior a frequência elétrica do sistema, menor será o fator de potência, ou vice e versa.

Uma variável importantíssima nos cálculos do forno de indução é a potência elétrica absorvida pela carga no circuito secundário, onde de fato, ocorre a transformação de energia do sistema, a conversão de energia elétrica em energia térmica. A potência elétrica instantânea é dada, conforme Equação 21 (NILSSON, 2008):

$$P = VI \quad (21)$$

Sendo assim, como a conversão de potência no circuito secundário, se dá pela potência ativa, verificada conforme, Equação 22:

$$P = RI I = R_2 I_2^2 \quad (22)$$

Refletindo dados do circuito secundário para o circuito primário para medição, com as relações,  $I_1 = \frac{I_2}{N}$  e  $Z_2 N^2 = Z_1$ , tem-se Equação 23:

$$P = R_2 I_2^2 = R_2 (I_1 N)^2 = N^2 R_2 I_1^2 \quad (23)$$

Ou mesmo manipulando a Equação 23, tem-se a Condutância do secundário, conforme Equação 24:

$$G_2 = \frac{I_1^2 N^2}{P} \quad (24)$$

A energia cedida ao sistema, pode ser dada conforme Equação 25:

$$E = \int N^2 R_2 I_1^2 dt \quad (25)$$

A transferência de potência máxima, ocorre em circuitos em que operam em regime periódico, quando a impedância da carga é igual o conjugado da impedância de Thévenin verificada aos terminais da carga (NILSSON, 2008).

Considerando, a potência ativa máxima, quando os valores das resistências são equivalentes as reatâncias, considera que  $R = X_i$ , então o valor do fator de potência quando a potência ativa máxima do circuito é equivalente a Equação 26:

$$\cos \vartheta_1 = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_i^2}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + R^2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \vartheta_1 = 45^\circ \quad (26)$$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o objetivo da pesquisa em realizar uma modelagem elétrica a fim de verificar as características físicas através das variáveis elétricas medidas no circuito primário do forno de indução, foi determinado as Equações de potência ativa, energia, fator de potência e condutância, Equações 23, 25, 19 e 24 respectivamente. Dentre todas as variáveis medidas no circuito primário, a condutância se apresenta com grande valia devido a capacidade de verificação do aspecto do canal. O canal apresenta duas características principais denominada erosão ou entupimento, associada a uma elevada condutância e a uma elevada resistência respectivamente.

### 4 CONCLUSÃO

Sendo assim, conforme demonstrado, o forno de indução desempenha um papel fundamental na conversão de energia elétrica em energia térmica, devido a seu bom rendimento. As equações verificadas, representam algumas das características que poderão ser analisadas através de medições no circuito primário do forno e trabalhadas com ferramentas de automação, para garantir uma melhor eficiência e análise preditiva das características elétricas e mecânicas do forno. A condutância está relacionada com o fator de potência, gerando a determinação, que quanto menor o valor da condutância ou maior o valor da resistência, maior será o fator de potência. A conversão da potência elétrica em energia térmica, de acordo com dados do sistema poderá prever a taxa de aquecimento de um forno através da potência

fornecida no circuito primário, e conseqüentemente o rendimento elétrico do forno. Sendo assim, são diversas características que podem ser avaliadas e trabalhadas com o auxílio de automação industrial, garantindo uma maior confiabilidade e disponibilidade do equipamento.

## REFERÊNCIAS

VIEIRA DA COSTA, M.J.P – **fornos de indução** – Dissertação de Doutorado da Universidade do porto - 1960.

PROCEL – **Manual de Conservação de Energia Elétrica Fornos de Indução** – 1997

NILSSON, RIEDEL – **circuitos elétricos** – 8ª Edição - 2008

## **Desenvolvimento do sistema automatizado utilizando o processo de soldagem MIG para realização de brasagem**

**Lívia Alves Freire Abrantes<sup>1</sup>; Sandro Rosa Corrêa <sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[livia\\_alves\\_bm@yahoo.com.br](mailto:livia_alves_bm@yahoo.com.br)*

### **RESUMO**

A soldagem de chapas de aço com revestimentos requer todo o cuidado para não agredir a proteção dada pelo revestimento, face a temperatura utilizada próxima a de fusão do substrato. Por apresentar o zinco baixa temperatura de evaporação, 906°C, a sua soldagem requer todo um cuidado para não comprometer resistência a corrosão dada pelo Zn. A utilização do processo MIG-Brazing é usual na indústria automobilística, mas não para outros seguimentos industriais. Este processo é caracterizado pela utilização do processo de soldagem MIG associado a um consumível de material com baixo ponto de fusão em relação ao aço. Esse trabalho visa apresentar o resultado do desenvolvimento de um sistema de brasagem utilizando um equipamento destinado a soldagem MIG com adequações no processo e parâmetros de brasagem. Foi utilizado como metal base uma chapa de aço zincado na espessura de 1 mm, com acabamento brilhoso obtido por tratamento mecânico. Os parâmetros adotados foram aqueles que apresentaram um cordão homogêneo, arco estável e baixa quantidade de respingo. Os resultados mostraram que a técnica de brasagem automatizada utilizando o sistema adaptado de uma máquina de soldagem MIG apresentou visualmente respostas satisfatórias em relação as variações dos parâmetros de brasagem.

**Palavras-chave:** Brasagem. Chapa de aço. Zinco. MIG-Brazing.

### **1 INTRODUÇÃO**

O aço está presente em diversos produtos e locais, sendo impossível imaginar o mundo sem a sua utilização.

Contudo o aço é um material muito vulnerável à oxidação, condição que faz com que a superfície do material se torne disforme e, com o passar do tempo, possa contribuir para falhas e até mesmo prejudicar sua estética.

Felizmente existem vários tipos de revestimentos, entre eles aqueles a base de zinco, e que são possíveis sua aplicação no aço, sendo o zinco caracterizado por temperatura de fusão e evaporação relativamente baixas 420°C e 906°C, respectivamente (SEJČ et al., 2006).

A galvanização do aço utilizando revestimento de zinco é um dos mais efetivos e econômicos processos de proteção ao aço, pois o zinco tem grande capacidade de proteger o substrato contra a corrosão e ao mesmo tempo manter as boas características no metal, como por exemplo, custo e peso baixos (BREPOHL, 2013), além de possuir excelente plasticidade, leveza, resistência mecânica e boa estética. A galvanização com zinco dá origem ao produto denominado aço zincado.

Como o mercado consumidor vem exigindo a cada dia materiais, principalmente aqueles utilizados para fins domésticos, onde a boa aparência é tão importante quanto sua funcionalidade, as indústrias vêm aprimorando seu processo de fabricação com o uso de aço zincado, contudo também é necessário aprimorar as técnicas para união, o que proporcionou o crescimento do processo denominado MIG-Brazing.

O processo MIG-Brazing possui ao mesmo tempo as características da brasagem e da soldagem MIG, através da utilização de um arco elétrico como fonte de calor, ocorrendo apenas a fusão do material de adição e não do metal de base (MENDES, 2005; MARQUES et al, 2011).

Sendo assim, esse processo por utilizar consumíveis com baixo ponto de fusão, alta velocidade de soldagem e baixo aporte térmico, é considerada a mais acessível técnica de brasagem para substituir a soldagem a arco de chapas finas com revestimento de zinco. Esta técnica reduz a evaporação de zinco durante a brasagem, gera menores tensões residuais e distorções, operação estável e boas propriedades de junta em termos de aparência, microestrutura, resistência mecânica e resistência à corrosão (QUINTINO et al, 2006; SHOME et al, 2015).



Esse trabalho teve como objetivo a elaboração de um sistema de brasagem automatizado utilizando o processo de soldagem MIG e a utilização de consumível de brasagem, conhecido como MIG-Brazing, para união de chapas de aço zincadas.

## 2 METODOLOGIA

A elaboração do procedimento de brasagem nos corpos de provas foi obtida após diversos testes realizados para definição dos melhores parâmetros. Foi adotado como uma brasagem de qualidade os parâmetros que geraram um cordão homogêneo, arco estável e baixa quantidade de respingo.

A brasagem foi realizada utilizando o equipamento de soldagem modelo MIGPulse Sinérgico 4000R fabricado pela empresa Castolin/Eutectic, figura 1, com sistema automatizado de movimentação da tocha, figura 2, localizado na Universidade Federal Fluminense – Campus Volta Redonda. A corrente e a tensão foram obtidas diretamente no display de controle da máquina de solda após a brasagem com corrente contínua com polaridade inversa (CC+).

Figura 10 - Equipamento de soldagem MIG utilizado para brasagem



Fonte: O Autor

Figura 11 - Sistema Automatizado



Fonte: O Autor

Durante a brasagem, a tocha foi mantida inclinada a 70° e perpendicular (90°) ao cordão brasado e foi mantido também constante comprimento de arco ao longo do processo. Nas tabelas 1 e 2 são mostrados os parâmetros nominais utilizados em 4 amostras: 1.1, 1.3, 2.1 e 2.3.

O metal base utilizado foi uma chapa de aço na espessura de 1,0 mm e peso de revestimento de zinco de 38 g/m<sup>2</sup>, submetida a tratamento mecânico com o objetivo de gerar um aspecto brilhoso semelhante ao aço inoxidável na superfície, figura 3.

Figura 12 - Metal Base



Fonte: O Autor

Tabela 1 - Parâmetros de Brasagem

<b>Consumíveis</b>	CuSi3
<b>Diâmetro do Arame</b>	1,0 mm
<b>Velocidade de brasagem</b>	4,85 mm/s
<b>Rendimento</b>	80%
<b>Gás</b>	Argônio
<b>Vazão do Gás</b>	17 l/min
<b>Comprimento do Arco</b>	1,0 mm

Fonte: O Autor

Tabela 2 - Parâmetros de Brasagem

<b>Corrente (A)</b>	<b>Vtagem (V)</b>	<b>Inclinação da Tocha</b>
51	15,3	70°
71	16,2	70°
51	15,3	90°
71	16,2	90°

Fonte: O Autor

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3 são apresentados os resultados dos parâmetros de brasagem obtidos nas amostras 1.1, 1.3, 2.1 e 2.3. Observa-se aumento do aporte térmico com o aumento da corrente para ambas inclinações da tocha, entretanto a tocha perpendicular ao cordão (90°) foi superior em relação a 70°.

Tabela 3 - Parâmetros de Brasagem

Amostra	Corrente (A)	Voltagem (V)	Tocha	Aporte Térmico (J/mm)
1.1	39	18,3	70°	118
1.3	48	19,7	70°	156
2.1	42	19,3	90°	134
2.3	50	21,0	90°	173

Fonte: O Autor

Nas figuras 4 a 7 são mostrados os cordões de brasagem e o efeito do aporte térmico na sua face inferior. Observam-se uma homogeneidade dos cordões, projeção do ciclo térmico em todas as faces inferiores e baixa quantidade de respingos na face superior. Nota-se uma coloração escura em volta do cordão que está associado a evaporação do zinco (NASCIMENTO et al, 2010).

As amostras com maior aporte térmico apresentaram uma quantidade maior de metal de adição devido a maior corrente de brasagem.

Figura 13 - Amostra 1.1 a) face superior e b) inferior



a)



b)

Fonte: O Autor

Figura 14 - Amostra 1.3 a) face superior e b) inferior



a)



b)

Fonte: O Autor

Figura 15 - Amostra 2.1 a) face superior e b) inferior



a)



b)

Fonte: O Autor

Figura 16 - Amostra 2.3 a) face superior e b) inferior



a)



b)

Fonte: O Autor

#### 4 CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento do sistema de soldagem MIG adaptado para brasagem, conhecido como MIG-Brazing foi possível obter cordões contínuos com boa aparência visual e satisfatória resposta dos parâmetros de brasagem.

#### REFERÊNCIAS

BREPOHL, Danielle Cristina de Campos Silva. **Caracterização das camadas formadas no processo de galvanização à quente sobre uma chapa de aço livre de intersticiais**. 2013. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Pesquisa e Pós Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Curitiba, 2013;

QUINTINO, Luísa; PIMENTA, Gervasio; MIRANDA, R. M.; e PÉPE, N. V. MIG Brazing of Galvanized Thin Sheet Joints for Automotive Industry. **Materials and Manufacturing Processes**. Portugal: p. 63–73. Janeiro 2006. DOI: <https://10.1081/AMP-200060621>. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/249072334\\_MIG\\_Brazing\\_of\\_Galvanized\\_Thin\\_Sheet\\_Joints\\_for\\_Automotive\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/249072334_MIG_Brazing_of_Galvanized_Thin_Sheet_Joints_for_Automotive_Industry) Acesso em 14 julho 2020;

SHOME, Mahadev; TUMULURU, Muralidhar. **Welding and Joining of Advanced High Strength Steels (AHSS)**: Introduction to Welding and Joining of advanced high-strength steels (AHSS). USA, 2015. E-book. p. 137 – 147 DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-85709-436-0.00001-1>. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978085709436000011>> Acesso em 12 junho 2020;

MENDES, Marcelo Tavares. **União de Chapas Galvanizadas através de Brasagem por processo “MIG-BRAZING”**. 2005. 147p. Tese (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005;

SEJČ, P.; KUBÍČEK, R. MIG brazing of 304L type stainless steel using CuSi<sub>3</sub> and CuSi<sub>3</sub>MnAl brazing wire. **Kovove Mater**, Vol 53, p. 365–375, janeiro 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.4149/km-2015-5-365>. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/285220847 MIG brazing of 304L type stainless steel using CuSi<sub>3</sub> and CuSi<sub>3</sub>MnAl brazing wire](https://www.researchgate.net/publication/285220847_MIG_brazing_of_304L_type_stainless_steel_using_CuSi3_and_CuSi3MnAl_brazing_wire)> Acesso em 22 junho 2020;

MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz: **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia**. 3ª Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011. 182 p.;

NASCIMENTO, Vinícius Castanheira do; SCOTTI, Américo. Metodologia para parametrizar e avaliar a técnica da “burn-zinc” no processo de soldagem a ponto por resistência. **Soldagem e Inspeção**. São Paulo: Vol 15, No. 1, p.011-021, Jan/Mar 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-92242010000100003>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/si/a/HNj9XshjpHDhwKyJf5bHcgt/?format=pdf&lang=pt.>> Acesso em: 28 setembro 2021.

## **Particulados e aerossóis da indústria nuclear brasileira: um estudo de caso comparativo com foco nas tecnologias de controle**

**Alexandre Roberto Soares<sup>1,2,3</sup>; Samuel Deambrosis Barcellos; Luiz Henrique Farias Kelly<sup>1</sup>**

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, Volta Redonda, RJ.

2 – INB, Indústrias Nucleares do Brasil - INB, Resende, RJ.

3 – AEDB, Associação Educacional Dom Bosco - AEDB, Resende, RJ.

[alexandresoares@inb.gov.br](mailto:alexandresoares@inb.gov.br)

### **RESUMO**

A indústria nuclear brasileira é uma potencial fonte geradora de pó de UO<sub>2</sub>. O controle de particulados e aerossóis no ambiente fabril é comprometimento com a saúde dos trabalhadores. As dimensões das partículas podem ter efeitos internos e externos. Na indústria nuclear os controles das dimensões dos particulados e aerossóis podem ser feitos por atuação no processo, através do controle das áreas superficiais específicas das partículas, além de controles de contenção. No estudo foi investigado a realidade da produção nuclear brasileira de UO<sub>2</sub>, seus processos e controles, requisitos normativos. Foi feita uma análise comparativa, usando o controle de processos para o pó de UO<sub>2</sub>. No estudo o processo AUC – *Ammonium uranyl carbonate* apresenta maior segurança que o processo ADU - *Ammonium diuranate*. As normas CNEN são mais detalhadas em termos de controle de particulados e aerossóis, com controles de finos de UO<sub>2</sub> de 1 a 5µm. A NR 9 e a NR 15 acrescida das orientações da ACGIH atuam em termos de insalubridade a exposição a concentrações de UO<sub>2</sub>, a norma CNEN NN 3.01 e regulações estabelece dimensões e contabilidade para inalação e ingestão. Os níveis de perigos e risco são acentuados no processamento nuclear, em especial nos possíveis vazamentos. Os controles de processo, os programas de monitoramento externo e interno de indivíduos expostos e as mitigações à exposição acrescentam segurança aos trabalhadores.

**Palavras-chave:** UO<sub>2</sub>, AUC, ADU, NR 15 e CNEN

## **1 INTRODUÇÃO**

A indústria nuclear brasileira processa um grande volume de urânio natural que são enriquecidos, chegando ao montante de centenas de toneladas anuais, que visam



suprir a demanda de elementos combustíveis para as usinas nucleares de Angra 1 e Angra 2. O processamento de urânio e seus compostos requer muito cuidado operacional devido à complexidade da química e dos controles, sobretudo materiais com características isotópicas com emissão de raios alfa, beta, gama ou mesmo neutrônica numa eventual exposição. Faz-se mandatário o controle de particulados e aerossóis no ambiente fabril devido aos riscos de inalação, ingestão e deposição cutânea. Quando se trata de particulados e aerossóis da indústria nuclear, dois grandes temas devem ser investigados: o diâmetro aerodinâmico médio das partículas e a solubilidade do aerossol e seus meios de transporte segundo (HANSSON, PETTERSON, E ERIKSSON, 2015). A *Comissão Internacional de Proteção Radiológica* (ICRP) sugere que o diâmetro aerodinâmico médio das partículas de urânio adotado para controle seja de 5  $\mu\text{m}$  na ausência de informações específicas (ICRP PUBLICATION 78, 1997). O estudo sobre os particulados e aerossóis da indústria nuclear brasileira ora proposto buscará de forma geral investigar os reflexos do processamento via úmida para o pó de  $\text{UO}_2$ , processo AUC – *Ammonium uranyl carbonate*, adotado nas dimensões das partículas, incluindo o controle da superfície específica, dimensões das partículas, bem como comparar suas características com o processo ADU - *Ammonium diuranate*, descrevendo aspectos da microestruturas, das dimensões e das morfologias dos particulados e aerossóis de  $\text{UO}_2$ . Esse estudo mostra-se de suma relevância como uma ferramenta avaliativa e comparativa frente as pesquisas internacionais do segmento e aos ditames normativos como NR 9, NR 15, orientações da ACGIH e CNEN NN-3.01. Além dos cuidados dimensionais e concentrações das partículas de urânio, outra questão importante é a superfície específica das partículas dos materiais.

Questão fundamental: por que essa grandeza física medida nos particulados como do urânio, por métodos experimentais muitas vezes sofisticados, é tão importante e deve ser controlada para uma melhor eficiência do processamento e para a segurança das condições operacionais?

Os particulados e aerossóis de urânio é uma realidade em sentido amplo, seja dentro ou fora dos ambientes fabris, como a própria AIEA - *Agência Internacional de Energia Atômica* aponta como alguns fatos curiosos e importantes sobre os particulados e aerossóis de urânio.

1° Fato: todos nós acabamos por ingerir e inalar urânio de formas diversas e involuntariamente, pois pequenas quantidades de urânio natural dispersas podem ser ingeridas e inaladas. Uma pessoa ingere  $1,3\mu\text{g}$  ( $1\mu\text{g} = 1 \text{ micrograma} = 0,000001\text{g}$ ) e  $0,033 \text{ Bq}$  - Becquerel de urânio por dia,. A dose pela ingestão e inalação de urânio deve ser menor que  $1\mu\text{Sv}$ -Sievert por ano.

2° Fato: quando inalado, o urânio se liga a partículas de tamanhos diferentes. Partículas grossas são capturadas na parte superior do sistema respiratório. Partículas finas atingem a parte inferior dos pulmões (região alveolar). A maior parte do urânio ingerido é excretado nas fezes em poucos dias e nunca atinge a corrente sanguínea. Uma fração é transferida para a corrente sanguínea, essa pequena fração permanece nos rins, nos ossos e em outros tecidos moles.

3° Fato: no ar, o urânio existe como uma poeira. O urânio no ar é deposita-se na superfície da água, nas superfícies das plantas e no solo. Essas partículas de urânio acabam voltando ao solo ou ao fundo de lagos, rios e lagoas, onde se misturam com o urânio natural já existente. As concentrações típicas de atividade do urânio no ar são de  $2 \mu\text{Bq}$  por metro cúbico.

4° Fato: os limites atuais de exposição ocupacional para compostos de urânio solúveis estão relacionados a uma concentração máxima de  $3 \mu\text{g}$  de urânio por grama de tecido renal. A fim de garantir que essa concentração renal não seja excedida, as concentrações de urânio solúvel no ar, no local de trabalho de longo prazo (8 horas) deve ser de  $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$  e a curto prazo (15 minutos) de  $0,6 \text{ mg}/\text{m}^3$ .<sup>1</sup>

## 2 METODOLOGIA

Será adotado uma pesquisa bibliográfica situacional, focada em criar uma perspectiva a respeito dos particulados e aerossóis de  $\text{UO}_2$  na indústria nuclear. Após situar a indústria nuclear e a questão dos particulados e aerossóis, será dado ênfase à uma análise comparativa predominantemente qualitativa, com base em pesquisas do segmento nuclear e nas bases normativas nacionais e internacionais.

---

1 Fonte: traduzida e adaptada pelos autores. IAEA – International Atomic of Energy Agency, site acessado em 20 de Fevereiro de 2020, às 20 horas: <https://www.iaea.org/topics/spent-fuel-management/depleted-uranium>

## 2.1. Pesquisa bibliográfica

Nas pesquisas de (HANSSON, PETTERSON, E ERIKSSON, 2015) foram investigados os particulados e aerossóis de  $UO_2$  do processo químico úmido, onde o  $UF_6$  é convertido via carbonato de amônio e uranila (AUC – *Amonium Uranyl Carbonate*) em  $UO_2$ . A pesquisa desses autores é um referencial porque tanto a planta quanto o processo produtivo são idênticos a realidade fabril brasileira. Os autores investigaram a distribuição das partículas de  $UO_2$ , o tamanho, o formato e a composição química. Os autores (LIPPMAN, YEATES e ALBERT, 1980) afirmaram que para a deposição das partículas nas várias regiões do trato respiratório existem os mecanismos de interceptação, de impactação, de sedimentação, de difusão e de precipitação eletrostática, contudo são importantes a impactação, sedimentação e difusão dos depósitos. Outro fator importante é a dimensão e forma das partículas, com  $5 \mu m$  o deslocamento difusional é predominante sobre os mecanismos de impactação e sedimentação. Para (ASSAD, SOOD, CAMPEN e ZYCHOWSKI, 2018), o urânio tem propriedades radiotóxicas e quimiotóxicas que contribuem para efeitos adversos na saúde respiratória, as células-alvo do urânio inalado são macrófagos das vias aéreas e as células epiteliais. No Brasil adota-se normativos internacionais para as caracterizações do pó de  $UO_2$ , essa tratativa é bem aceita pelo órgão regulador CNEN na ausência de normativos nacionais especializados. Adota-se na produção nacional a norma ISO 12800:2003 que é um guia para as medições das áreas superficiais específicas de pó de óxido de urânio pelo método BET. A NR-9 que é a norma de avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos e em seu item 9.6.1.1 acentua que na ausência de limites de tolerância previstos na NR-15 e seus anexos, devem ser utilizados como referência aqueles previstos pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), que utiliza os valores de Limites de Exposição Ocupacional – LEO. A CNEN através da Posição Regulatória 3.01/003:2011 que se refere aos requisitos da Norma CNEN-NN3.01 estabelece os coeficientes de dose a serem adotados, incluindo os advindos de aerossóis entre os níveis de radiação, pela incorporação de partículas de  $UO_2$  na faixa de 1 a  $5 \mu m$ .

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a medida das áreas superficiais específicas, existe uma correlação inversa entre as áreas superficiais específicas e o diâmetro médio de uma única partícula considerada esférica, equação (1) (MERKUS e MEESTERS, 2014), com isso é possível calcular os diâmetros médios aerodinâmicos das partículas, equação (2) (HANSSON, E.; PETTERSSON, H.B.L; FORTIN, C.; ERIKSSON, M., 2017):

$$S = \frac{6\pi D^2}{\pi D^3 \rho} = \frac{6}{D\rho} \text{ ou manipulando a equação } D = \frac{6}{S\rho} \quad (1)$$

$$\text{e } D_{ae} = D \cdot [\rho / (\rho_0 \cdot \chi)]^{1/2} \quad (2)$$

Onde D é o diâmetro médio da partícula esférica,  $\rho$  é a densidade verdadeira da partícula e S é a área superficial específica, lembrando da densidade do UO<sub>2</sub> (10,96 g/cm<sup>3</sup>). D<sub>ae</sub> é o diâmetro médio aerodinâmico das partículas,  $\rho_0$  é a densidade de referência (1 g/cm<sup>3</sup>) e  $\chi$  é um fator de forma dinâmico (adimensional). No Quadro 1 e 2, processos AUC e AUC/ADU, temos o cálculo do diâmetro médio das partículas esféricas e médio aerodinâmico usando as equações (1) e (2).

Quadro 1: Valores medidos típicos dos pós de UO<sub>2</sub> de uma recarga – AUC

Lote	Área superficial específica medida BET em m <sup>2</sup> /g (UO <sub>2</sub> )	Escoabilidade (s/50g)	Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade UO <sub>2</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Diâmetro médio das partículas esféricas (µm)	Diâmetro médio aerodinâmico das partículas (µm)
A	5.70	2.37	2.22	10.96	9.60	38.94
B	5.20	4.84	2.17	10.96	10.53	42.69
C	5.75	4.08	2.17	10.96	9.52	38.60
D	5.82	2.55	2.22	10.96	9.41	38.14
E	5.70	3.26	2.17	10.96	9.60	38.94
F	5.74	3.26	2.17	10.96	9.54	38.67
G	5.12	5.00	2.08	10.96	10.69	43.35
H	5.24	5.15	2.04	10.96	10.45	42.36
I	5.76	4.76	2.08	10.96	9.50	38.54
J	5.10	5.62	2.00	10.96	10.73	43.52

L	5.80	2.61	2.17	10.96	9.44	38.27
M	5.20	6.07	2.04	10.96	10.53	42.69
N	5.70	5.82	2.08	10.96	9.60	38.94
O	5.00	7.51	2.00	10.96	10.95	44.39
P	5.76	5.79	2.08	10.96	9.50	38.54
Q	5.25	7.83	2.00	10.96	10.43	42.28
R	5.78	5.94	2.13	10.96	9.47	38.40
S	5.16	8.12	2.00	10.96	10.61	43.02
T	4.80	10.16	2.04	10.96	11.41	46.24

Fonte: Indústrias Nucleares do Brasil SA- INB, adaptado pelos autores, 2020

Quadro 2: Valores da pesquisa de (LEE et al., 1995) - ADU

Processo	Lote	Área superficial específica em m <sup>2</sup> /g (UO <sub>2</sub> )	Densidade Aparente (Mg/m <sup>3</sup> )	Diâmetro Médio (µm)	Diâmetro médio aerodinâmico das partículas (µm)**
AUC	0	4.86	2.32	27.52	111.58
	0.5	4.75	2.01	18.47	74.89
	1	4.72	1.70	15.31	62.08
	2	4.62	1.54	12.76	51.74
	4	4.57	1.48	10.40	42.17
ADU	0	4.60	1.20	0.90	3.65
	0.5	4.89	1.23	0.72	2.92
	1	4.70	1.22	0.75	3.04
	2	5.11	1.22	0.59	2.39
	4	5.10	1.14	0.64	2.59

Fonte: Lee et al., 1996, \*\*calculado e adaptado pelos autores com a equação (3), 2020

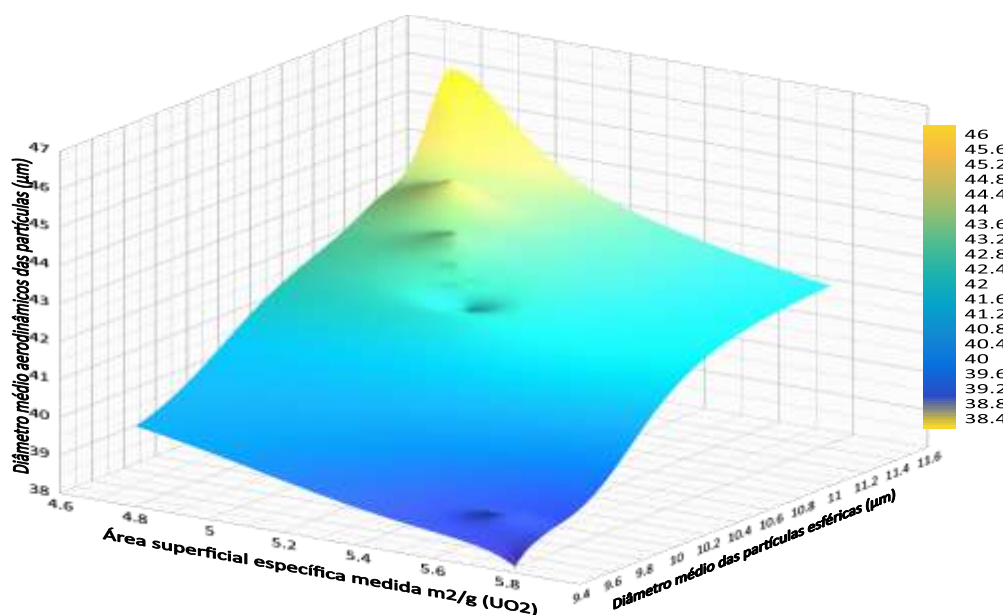
As dimensões das partículas de maneira geral vão desde dimensões nanométricas a micrométricas (MERKUS e MEESTERS, 2014):

Quadro 3: Classificação e dimensões das partículas

Classificação das partículas	Dimensões
Nanopartículas	< 0,1 $\mu\text{m}$
Ultrafinas	0,1-1,0 $\mu\text{m}$
Finas	1,0-10,0 $\mu\text{m}$
Médias	10,0 – 1000,0 $\mu\text{m}$
Grosseiras	1 – 10 mm
Muito grosseiras	> 10 mm

Ao observarmos o Quadro 1 e 3, é possível situar as partículas produzidas pelo processo AUC – *Ammonium uranyl carbonate* ( $\text{UO}_2\text{CO}_3 \cdot 2(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ) como sendo partículas médias para o diâmetro médio aerodinâmico das partículas. Pós de  $\text{UO}_2$  com características semelhantes possuem boa estabilidade e tenderão a gerar menos particulados e aerossóis. Já no Quadro 2 da análise de LEE et al., 1996 e Quadro 3 de classificação e dimensões das partículas, é possível situar como partículas finas para o processo ADU com relação ao diâmetro médio aerodinâmico das partículas. Uma maneira de observar o comportamento das partículas de acordo com a área superficial específica medida em  $\text{m}^2/\text{g}(\text{UO}_2)$  é através de um gráfico tridimensional.

Figura 2: Comportamento das partículas com a área superficial específica – AUC



#### 4 CONCLUSÕES

O Brasil adota a norma ISO 12800:2003 que é um guia para as medições das áreas superficiais específicas de pó de óxido de urânio pelo método BET. O processamento de pó de  $UO_2$  através dos processos AUC no caso brasileiro é uma vantagem de segurança operacional e para os trabalhadores frente ao processo ADU. As partículas de  $UO_2$  são controladas de forma direta pelo controle das áreas superficiais específicas do pó produzido. Comparativamente são pós que formam partículas maiores, portanto mais seguras em termos de processo. Sob o aspecto normativo, comparando as orientações da NR-9, NR-15 e ACGIH para os particulados de urânio com a normatização CNEN, fica evidente que os controles da norma CNEN são mais efetivos por serem contínuos e pelos maiores detalhes em termos de dimensões de particulados e aerossóis, controle de 1 a 5  $\mu m$  para as partículas de  $UO_2$  baseados em incorporação, logo a norma CNEN conforme item 2.2.3 supervisiona dimensões em termos de partículas finas. A que se notar que mesmo a norma CNEN possui limitações em termos de dimensões de particulados e aerossóis, a norma não orienta questões relacionadas a partículas ultrafinas ou nanométricas, menores que 1  $\mu m$ .

## REFERÊNCIAS

HANSSON, Edvin; PETTERSON, Hakan; ERIKSSON, **Mats**: **Uranium Aerosol Characteristics at a Nuclear Fuel Manufacturing Site** - Particle Size, Morphology and Chemical Composition, 2015:18 ISSN: 2000-0456.

ICRP PUBLICATION 78: International Commission of Radiological Protection. Individual monitoring for internal exposure of workers, **Replacement of ICRP Publication 54**, ISSN 0146-6453, v. n° 3/4, 1997

LIPPMAN, M.; YEATES, D.B.; ALBERT, R.E.: Deposition, retention, and clearance of inhaled particles, **British Journal of Industrial Medicine**, 37; 337-362, 1980.

ASSAD, N.; SOOD, A.; CAMPEN, M.J.; ZYCHOWSKI, K.: **Metals-Induced Pulmonary Fibrosis**, Curr Environ Health Rep. 2018 December; 5(4): 486–498. doi:10.1007/s40572-018-0219-7, 2018.

MERKUS, H. G.; MEESTERS, G.M.H.: **Particulate Products – Tailoring Properties for Optimal Performance**, Particle Technology Series, 2014

HANSSON, E.; PETTERSSON, H.B.L; FORTIN, C.; ERIKSSON, M.: **Uranium aerosols at a nuclear fuel fabrication plant**: Characterization using scanning electron microscopy and energy dispersive, 2017.

LEE, YOUNG-WOO; NA S.H.; KIM, S.H.; YANG M.S.; SOHN D.S.: **Efect of milling on the characteristics and sinterability of UO<sub>2</sub> powders from different conversion processes**, Kaeri, Republic of Korea, Jaeri – Conf, 96-006, Japan Atomic Energy Research Institute, Proceeding of the Workshop on Manufacturing Technology and Process for Reactor Fuels, March 22-23, 1995, Tokai, Japan.



## Obtenção e caracterização de lignina de palha de cana-de-açúcar obtida pelo processo Acetosolv

**Paulo Henrique Silva de Oliveira; Bruno Chaboli Gambarato**

*UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.*  
[phsoliveiraquimico@gmail.com](mailto:phsoliveiraquimico@gmail.com)

### RESUMO

A lignina tem se mostrado um importante biomaterial para o desenvolvimento de insumos químicos e produtos de alto valor agregado em substituição a alguns derivados do petróleo nas indústrias químicas e de materiais. Diversas pesquisas estão sendo desenvolvidas para a obtenção de ligninas com estruturas de ligações preservadas, sendo a polpação Organosolv um método que tem-se mostrado bastante eficiente na preservação das ligações éter  $\beta$ -aril, evitando-se a condensação. Este tipo de ligação mantida pode levar a obtenção de derivados fenólicos e cetônicos que se mostram importantes para aplicações nas indústrias. Neste trabalho foi aplicada a polpação Acetosolv à palha de cana previamente triturada, onde a extração da lignina foi realizada por solvólise utilizando-se o ácido acético em água (8:2 v/v), em rotaevaporador em pressão ambiente, sob temperatura de 110°C por 1 h. Esse processo mostrou uma grande preservação da estrutura original da lignina, comprovado através da caracterização por análise elementar onde foi evidenciado o teor de carbono de 55% o que indica baixo teor de resíduos de carboidratos e elevado poder calorífico superior 21,76 kJ.g<sup>-1</sup>. A análise do espectrograma no infravermelho mostrou picos característicos de ligninas HGS e preservação da estrutura original, com poucas modificações químicas no processo.

**Palavras-chave:** Organosolv. Biorrefinarias. Polpação. Biomassa vegetal.

### 1 INTRODUÇÃO

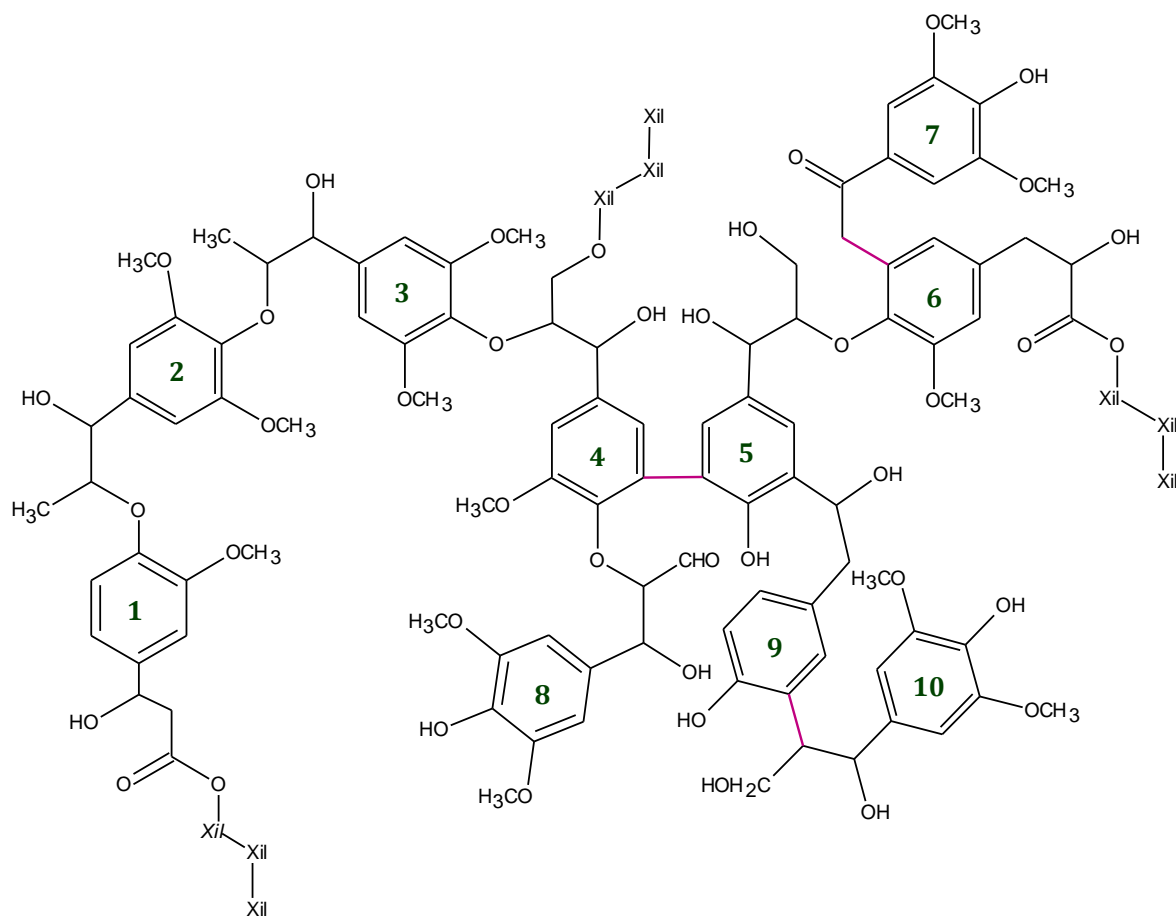
O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo, sendo esta planta responsável pela produção de açúcar e etanol, que atende à demanda do país, bem como é um dos principais produtos de exportação. No contexto da produção de etanol, as pesquisas têm apontado para o aproveitamento dos resíduos da cana, além

do caldo, para a produção do combustível de segunda geração. Os principais resíduos são o bagaço e a palha, que representam, em massa seca, cerca de 28% do material total. A produção do combustível de segunda geração leva a um aumento na produtividade, sem a necessidade do aumento no plantio da cana (DIONÍSIO et al, 2021).

Para viabilizar a produção de etanol de segunda geração, os processos de polpação aplicados à madeira na indústria do papel (sulfito, kraft, soda, organosolv e outros) devem ser adaptados para remover a lignina da matriz lignocelulósica da palha e do bagaço. Tal adaptação é devida às diferenças estruturais entre os materiais lenhosos e as gramíneas, que possuem lignina do tipo HGS, enquanto, nas madeiras, as ligninas são tipo G ou tipo S. As denominações H, G e S se dão em função dos monômeros que compõem a macroestrutura da lignina, sendo o H referente ao álcool p-cumarílico, G ao álcool coniferílico e S ao álcool sinapílico. A estrutura da lignina é complexa, uma vez que a formação da macromolécula se dá pela abstração enzimática de um próton e um elétron dos monômeros disponíveis no citosol e o acoplamento radicalar ocorre aleatoriamente, sendo sua cinética e termodinâmica controlada somente pela estabilidade dos radicais formados. A figura 1 mostra a estrutura da lignina da palha de cana, isolada pelo método de acidólise branda com dioxano, proposta por Gambarato (2014).

Dentre os processos de polpação, aqueles realizados com solventes orgânicos – denominados processos Organosolv – apresentam vantagens ambientais quando comparados aos processos tradicionais, como o sulfito, kraft e soda, uma vez que o solvente pode ser recuperado e utilizado novamente no processo, gerando menos resíduos. Neste contexto, o processo denominado Acetosolv utiliza como agente de isolamento da lignina o ácido acético, que atua como solvente no processo e o isolamento ocorre por solvólise da estrutura da lignina (ZIJLSTRA et al, 2020).

Figura 17 - Estrutura da lignina da palha de cana isolada por acidólise branda



Fonte: GAMBARATO (2014)

Os processos Organosolv, além de viabilizarem a produção de etanol de segunda geração, também produzem ligninas com características físico-químicas interessantes para diversas aplicações, como a produção de energia, poliuretanos sem uso de isocianatos (SARAZIN et al, 2021), nanopartículas para remoção de cromo hexavalente (WANG et al, 2020), além da produção de diversos outros químicos com alto valor agregado (XU et al, 2021).

Dentro deste contexto, neste trabalho, foi realizada a obtenção e caracterização da lignina obtida no processo de polpação Acetosolv da palha de cana-de-açúcar, com o objetivo de conhecer informações estruturais de parâmetros físico-químicos associados a esta lignina.

## 2 METODOLOGIA

### Obtenção e processamento da biomassa

A palha da cana foi obtida em uma fazenda da região do município de Bananal (SP), a qual produz bebida destilada e açúcar mascavo. Após a colheita, no campo, a palha foi triturada em equipamento da fazenda e encaminhada ao Laboratório de Processamento de Materiais do UniFOA. Para sua utilização, inicialmente, a palha foi triturada em moinho de facas até uma granulometria de 30 mesh. Em seguida, o material foi levado a um extrator tipo Soxhlet, onde foram removidos os extraíveis em etanol 95% (v/v) sob temperatura de refluxo durante 2 h. Ao final do processo, a palha foi seca sob temperatura ambiente por 48h, para a evaporação de resíduos do etanol. Em seguida, o material foi levado à estufa por 2h a 105 °C e armazenado para futuros processamentos.

### Polpação Acetosolv e precipitação da lignina

A polpação Acetosolv foi realizada adicionando-se 500 mL de solução ácido acético glacial:água 8:2 (v/v) em um Rotaevaporador, sem adição de vácuo, contendo 30 g da biomassa seca. A reação se processou a 110 °C, sob agitação vigorosa em banho de glicerina durante 1 h. Ao término da reação, após o resfriamento do sistema reacional, procedeu-se a filtração a vácuo do licor organosolv com uso de funil de Buchner. O material retido no filtro foi lavado com água deionizada até pH neutro, seco sob temperatura ambiente e, em seguida, para pesagem, seco a 105°C durante 2h em estufa. O filtrado foi levado à concentração em Rotaevaporador sob vácuo a 70°C até a redução de 50% do volume inicial. Após o resfriamento, o licor negro concentrado foi armazenado em geladeira a 8°C durante 24h.

A precipitação da lignina foi realizada pelo gotejamento de água deionizada gelada sob vigorosa agitação do licor. Após este processo, a lignina foi separada em centrífuga a 1500X, lavada com água deionizada até pH neutro, seca sob temperatura ambiente e, em seguida, levada à estufa a 105 °C por 2h.

### Caracterização da Lignina

Amostras de 1 mg de lignina, previamente secas em dessecador, foram misturadas a aproximadamente 250 mg de KBr, transformadas em pastilhas de

prensagem e submetidas a análise na região do infravermelho ( $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ ) em um espectrômetro de infravermelho FTIR Spectrum GX Perkin Elmer, totalizando 70 aquisições de espectro.

A determinação dos teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre foi realizada em equipamento Perkin Elmer PE 2400 série II CHNS/O no Laboratório Associado de Combustão e Propulsão do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, de Cachoeira Paulista. Foram analisadas 5 réplicas de cada amostra e o teor de oxigênio foi determinado por diferença.

O Poder Calorífico Superior (PCS) foi determinado por meio de uma bomba calorimétrica IKA modelo C200 no Laboratório Associado de Combustão e Propulsão do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, de Cachoeira Paulista. Foram analisadas 5 réplicas de cada amostra.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diferentemente do que acontece com madeira, o processo Acetosolv realizado neste trabalho foi conduzido sob temperatura de refluxo, sem adição de pressão, tornando a polpação mais simples e factível do ponto de vista operacional. Dessa forma, uma vez que as condições operacionais foram diferentes daquelas tradicionais aplicadas para madeira, há a necessidade da identificação do produto obtido. Assim, a análise de FTIR foi realizada com o objetivo de identificar se o material precipitado do licor é, de fato, lignina, por meio da atribuição das bandas de FTIR.

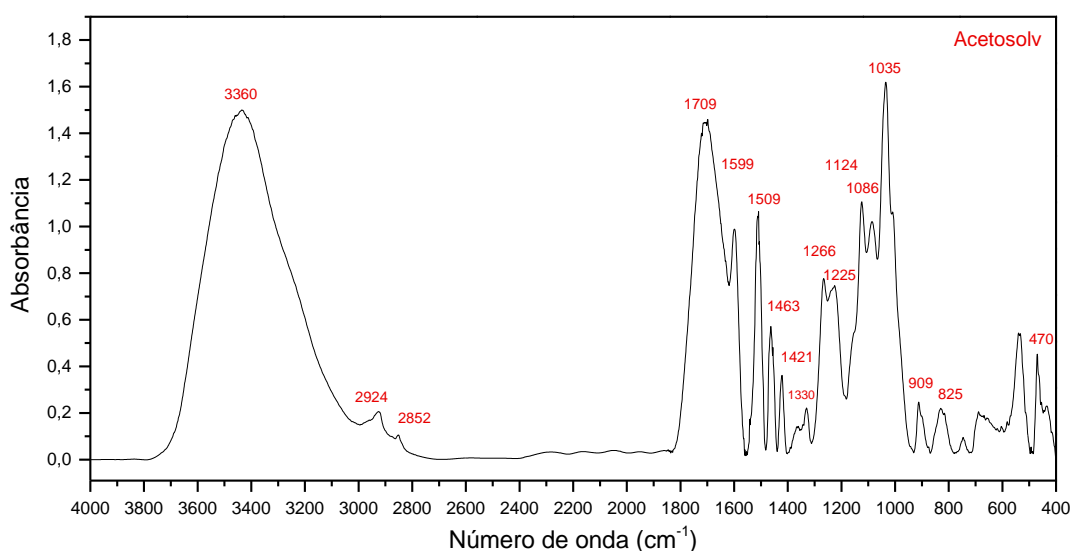
O espectro de FTIR da lignina é apresentado na figura 2. Trata-se de um espectrograma típico de ligninas HGS, com uma banda de absorção larga com pico em  $3360 \text{ cm}^{-1}$  decorrente das hidroxilas e da presença de umidade. Podem ser verificadas, também, bandas de absorção com picos em  $2924$  e  $2854 \text{ cm}^{-1}$ , associadas ao estiramento C-H em grupos metileno alifáticos, que, geralmente, têm origem em ácidos graxos presentes nas amostras.

Na região denominada de impressão digital da lignina, compreendida entre  $1800$  e  $800 \text{ cm}^{-1}$ , é possível verificar o estiramento de carbonilas e carboxilas não conjugadas na banda com pico em  $1709 \text{ cm}^{-1}$ . O espectro mostra ainda uma banda de

absorção bem resolvida a  $1509\text{ cm}^{-1}$ , típica de ligninas, relacionada às vibrações do anel aromático.

A banda com pico em  $1266\text{ cm}^{-1}$  representa vibrações características de unidades G de lignina e a banda a  $909\text{ cm}^{-1}$  é associada a ligação beta 1-4 em carboidratos, indicando que a lignina isolada possui resíduos dos carboidratos da matriz lignocelulósica. Já a banda com pico em  $825\text{ cm}^{-1}$  representa as ligações C-H fora do plano nas posições 2, 5 e 6 em unidades G, 2 e 6 em unidades S e nas posições 2, 3 e 5 nas unidades do tipo H. Sendo assim, pela análise do espectro de FTIR, é possível inferir que o material obtido da precipitação é, de fato, lignina.

Figura 18 - Espectro de FTIR da lignina precipitada do licor Acetosolv



Fonte: os autores (2021)

A tabela 1 apresenta os resultados referentes à análise elementar CHNS/O da lignina precipitada do licor Acetosolv. Verifica-se um teor de carbono de 55%, o que caracteriza um bom isolamento da lignina, com baixo teor de carboidratos. Isso porque os carboidratos da matriz lignocelulósica apresentam teor de carbono de 44% e as unidades de lignina apresentam teor de carbono a partir de 57,9%. Além disso, verificam-se baixos teores de enxofre e nitrogênio, o que atesta a eficiência de remoção da lignina com poucos contaminantes. A partir dos resultados apresentados na tabela 1, foi calculada a fórmula  $C_9$  da lignina, obtendo-se  $C_9H_{11,69}O_{4,39}$ .

Tabela 4 - Resultados da análise elementar CHNS/O da lignina

Composição Elementar (%)				
Carbono	Hidrogênio	Nitrogênio	Enxofre	Oxigênio
55,007	5,953	2,07	1,233	35,737

Fonte: os autores (2021)

Com relação à análise de Poder Calorífico Superior, foi obtido um valor de PCS de 21,76 kJ.g<sup>-1</sup>, o que ressalta o potencial energético da lignina. Quando comparado ao valor de PCS da palha de cana (18,10 kJ.g<sup>-1</sup> – GAMBARATO, 2014), verifica-se que a lignina desse resíduo lignocelulósico apresenta um poder calorífico 20% maior. O elevado poder calorífico apresentado pela lignina é um dos parâmetros termodinâmicos importantes na viabilização das biorrefinarias, uma vez que a biomassa pode levar à autossuficiência energética do processo.

#### 4 CONCLUSÕES

Foi possível isolar a lignina da palha de cana-de-açúcar a partir da precipitação do licor Acetosolv nas condições reacionais utilizadas. A lignina obtida neste trabalho apresentou-se com baixo teor de resíduos de carboidratos, ressaltando sua possibilidade de uso na obtenção de químicos de alto valor agregado. Além disso, foi possível determinar a fórmula C<sub>9</sub> desta lignina, C<sub>9</sub>H<sub>11,69</sub>O<sub>4,39</sub>, que apresentou um teor de carbono de 55% e Poder Calorífico Superior de 21,76 kJ.g<sup>-1</sup>.

#### REFERÊNCIAS

DIONÍSIO, S.R.; SANTORO, D.C.J.; BONAN, C.I.D.G.; SOARES, L.B.; BIAZI, L.E.; RABELO, S.C.; LENCZAK, J.L. Second-generation ethanol process for integral use of hemicellulosic and cellulosic hydrolysates from diluted sulfuric acid pretreatment of sugarcane bagasse. **Fuel**, v. 304, 2021.

GAMBARATO, B.C. **Isolamento e caracterização de ligninas de palha de cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado em Ciências: Biotecnologia Industrial). Universidade de São Paulo, 2014.

SARAZIN, J.; PIZZI, A.; AMIROU, S.; SCHMIEDL, D.; SERNEK, M. Organosolv lignin for non-isocyanate based polyurethanes (NIPU) as wood adhesive. **Journal of Renewable Materials**, v.9 (5), 2021.

WANG, Z.; CHEN, G.; WANG, X.; LI, S.; LIU, Y.; YANG, G. Removal of hexavalent chromium by bentonite supported organosolv lignin-stabilized zero-valent iron nanoparticles from wastewater. **Journal of Cleaner Production**, v. 267, 2020.

XU, J.; LI, M.; QIU, J.; ZHANG, X.; YAO, J. Photocatalytic depolymerization of organosolv lignin into valuable chemicals. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 180, p. 403-410, 2021.

ZIJLSTRA, D.S.; LAHIVE, C.W.; ANALBERS, C.A.; FIGUEIRÊDO, M.B.; WANG, Z.; LANCEFIELD, C.S.; DEUSS, P.J. Mild Organosolv lignin extraction with alcohols: The importance of benzylic alkoxylation. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, v. 8, p. 5119-5131, 2020.



## **Estudo das propriedades mecânicas de um compósito com matriz de resina poliéster reforçado com tecido plano de algodão**

**Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira<sup>1</sup>; Kaio Guilherme Gama de Freitas Ramos<sup>2</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.*

*2 – CIEP 291, Dom Martinho Schlude*

*[janaina.oliveira@foa.org.br](mailto:janaina.oliveira@foa.org.br)*

### **RESUMO**

Nos dias atuais tem-se buscado por materiais que atendam a soluções tipo redução de peso sem perder a resistência mecânica, e nessa linha este trabalho procurou produzir um compósito que atendesse essa demanda. Para esse fim, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho mecânico de um compósito com matriz de resina poliéster reforçado com tecido plano de algodão por meio de ensaios de tração e impacto, a fim de comprovar a viabilidade do seu uso como matriz polimérica para a fabricação de compósitos. A primeira etapa do trabalho foi caracterizar a resina poliéster para em seguida serem confeccionados os compósitos de resina poliéster com camadas de tecido plano de algodão (TPA). Foram confeccionadas quatro placas, uma somente com resina poliéster, e as outras três com dois, quatro e oito camadas de TPA. Na placa com somente resina poliéster foram retiradas quatro amostras para ensaio de tração e três amostra para ensaio de impacto. Os resultados obtidos no ensaio de tração (22,78 MPa) e no ensaio de impacto (3,5 J) foram semelhantes a trabalhos publicados por outros autores. Portanto, a resina poliéster apresenta resultado satisfatório.

**Palavras-chave:** Compósito polimérico. Caracterização física. Resistência a tração.

### **1 INTRODUÇÃO**

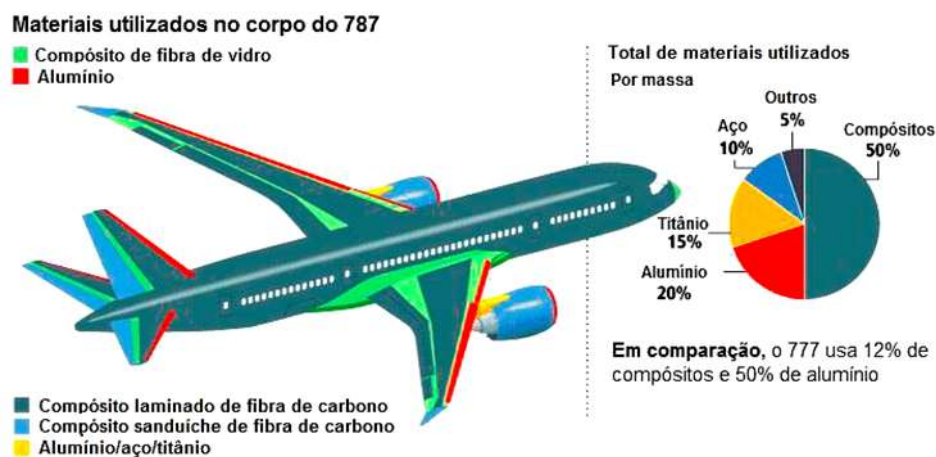
Diversas conquistas tecnológicas atualmente, tais como aeronáutica, aeroespacial, petroquímica, naval, bioengenharia, automobilística, construção civil, energia eólica e de artigos esportivos, entre outras, somente se tornaram viáveis após o surgimento dos compósitos estruturais (LEVY NETO; PARDINI, 2018).

Para atender a propriedades específicas, os materiais compósitos ocupam um lugar de destaque, pois, são obtidos através da mistura de dois ou mais materiais, e apresentam propriedades que não são encontradas em cada um dos componentes individualmente (SOUZA, 2019).

A constante preocupação com a melhor qualidade do meio ambiente, praticidade funcional, estética e economia, tem levado diversos seguimentos, no campo da ciência e pesquisa, ao estudo e desenvolvimento de novos materiais compósitos para várias aplicabilidades nos diversos seguimentos da indústria mundial, tais como, construção civil, automotiva, utensílios para decoração, movelaria, embalagens e paisagismo (MARTINS NETO, 2016).

Um exemplo claro desse avanço técnico-científico é a crescente utilização dos materiais compósitos no ramo da indústria aeronáutica e aeroespacial. Para se ter uma ideia, o avião 787 da Boeing apresenta 50% em massa de materiais compósitos (Figura 1).

Figura 19 – Percentual em massa de materiais utilizados no Boeing 787



Fonte: Adaptado de Modern Airlines (2017)

Segundo Oliveira (2017), os compósitos com matriz polimérica apresentam um número de aplicações elevado e um custo de processamento menor quando comparado aos outros tipos, portanto são os mais pesquisados. As resinas poliéster estão entre as matrizes mais utilizadas, pois, possuem vantagens técnicas e econômicas, tipo boa estabilidade dimensional, cura a frio e pode ser usado em moldes simples e baratos (GOMES, 2015).

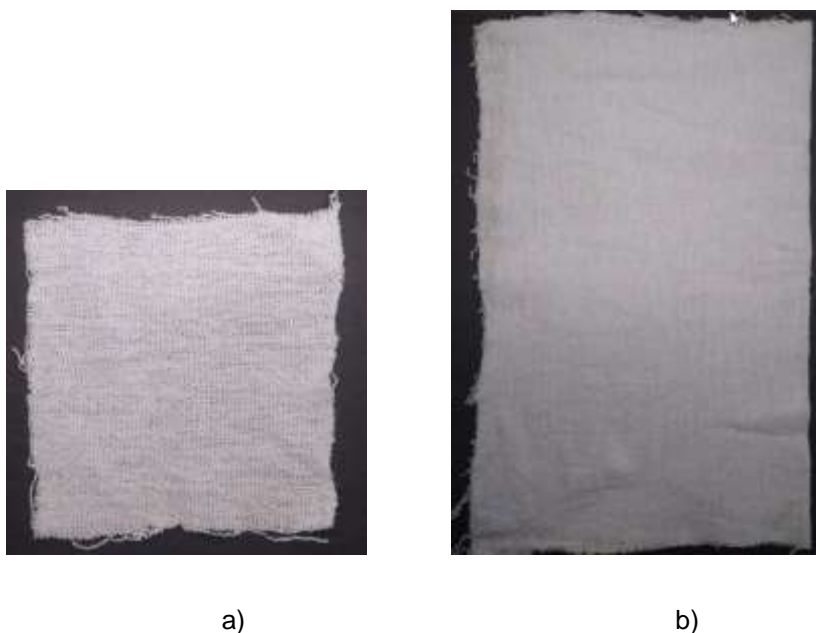
Portanto este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho mecânico de um compósito com matriz de resina poliéster reforçado com tecido plano de algodão por meio de ensaios de tração e impacto, a fim de comprovar a viabilidade do seu uso como matriz polimérica para a fabricação de compósitos. Outro objetivo foi inserir o aluno de Ensino Médio à iniciação em atividades técnico-científicas.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1. Materiais

O reforço utilizado neste trabalho foi o tecido plano de algodão (TPA), com teor com teor de algodão de 100%. O TPA apresenta dois conjuntos de fios (urdume e trama) entrelaçados em ângulo reto. Esse tecido não é tão resistente quanto a outros tipos de tecido (cetim, sarja, entre outros), porém pode ser facilmente encontrado e tem baixo custo. O tecido foi adquirido na dimensão de 0,70 m x 0,90 m. A Figura 2 apresenta duas amostras do referido tecido, um na dimensão 100 mm x 100 mm (molde 1), Figura 2a, e outro na dimensão de 280 mm x 160 mm (molde 2), Figura 2b.

Figura 20 – Tecido plano de algodão utilizado como reforço no compósito



Fonte: Os autores (2021)

Para a fabricação do compósito foi utilizada a resina poliéster ortoftálica cristal com proteção ultravioleta (Arazyn 1.0) e catalisador (Butanox-M50) da marca Redelease. Essa resina foi escolhida pelo menor custo e facilidade de manuseio, pois apresenta viscosidade menor, e pela sua transparência. Ela é uma resina de baixa reatividade, média viscosidade, de cura rápida e uniforme, alta transparência e cristalinidade, durante a polimerização e excelentes propriedades mecânicas finais, com proteção UV (REDELEASE, 2021).

Foram utilizados dois moldes para a fabricação das placas a fim de se confeccionar as amostras, sem o tecido plano de algodão e com o tecido plano de algodão. O molde 1, utilizado para confeccionar os corpos de prova empregados nos ensaios de tração e ensaio de impacto, possui dimensões 280 mm x 160 mm x 8 mm. O molde 2, utilizado para determinar a proporção de catalisador por massa de resina, possui dimensões 100 mm x 100 mm x 15 mm.

## **2.2. Métodos**

Foi retirado quatro amostras a fim de determinar a densidade do tecido plano de algodão. Para este ensaio foi utilizado uma proveta graduada, para medir o volume, e uma balança de precisão, para medir a massa.

Também foi determinada a densidade da resina e do catalisador utilizando uma proveta graduada e uma balança de precisão.

Para a fabricação das placas, seja no molde 1 ou no molde 2, o desmoldante utilizado foi a cera de Carnaúba, ele foi aplicado por toda a superfície do molde para garantir a separação das superfícies de contato entre o molde e a resina.

Utilizando o molde 2 foram confeccionadas 6 amostras, adicionado 180 mL (200 g) de resina mais o catalisador (20, 30, 40, 50, 60 e 70 gotas), a fim de determinar a proporção de catalisador por massa de resina. Segundo o fabricante (REDELEASE, 2021) a proporção do Catalisador Butanox é de 1% em massa/peso (aproximadamente 35 gotas para cada 100 mL).

Após 24 horas a temperatura ambiente, tempo de cura da resina poliéster, foram desmoldadas as amostras e verificadas a qualidade, cura, porosidade, contração e acabamento superficial, e definida a proporção para a produção das placas de compósito no molde 1.

Foram fabricadas quatro placas, utilizando o molde 1, uma somente com resina, para a caracterização da resina poliéster, a segunda com duas camadas de TPA, a terceira com quatro camadas de TPA e a quarta com oito camadas de TPA, o desmoldante foi aplicado antes da fabricação de cada placa e o tempo de cura foi de 24 horas em temperatura ambiente para todas as amostras.

Após a desmoldagem da placa, sem resina, foram preparados os corpos de prova conforme dimensões padronizadas pela ASTM utilizadas neste trabalho, conforme Tabela 1. Os ensaios foram realizados nos laboratórios do UniFOA.

Tabela 5 – Dimensões dos corpos de prova

Ensaio	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Normas utilizadas
Tração	170	25	6	ASTM D3039 (2017)
Impacto	55	10	10	ASTM D6110 (2018)

Fonte: Os autores (2021)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As densidades dos materiais utilizados neste trabalho são relatadas na Tabela 2, essas densidades foram calculadas conforme descrito na metodologia. Na definição da proporção de catalisador por massa de catalisador o melhor resultado encontrado foi a proporção de 50 gotas para 200 g de resina, isto é, 25 gotas para das 100 g de resina, essa proporção foi utilizada para a construção das placas.

Tabela 6 – Característica do TPA utilizados no projeto

Produto	Densidade (g/mL)
TPA	0,900
Catalisador	1,162
Resina	1,109

Fonte: Os autores (2021)

Foram confeccionadas quatro placas, uma somente com resina poliéster ortoftálica cristal com proteção UV, uma com adição de duas camadas de TPA, uma com quatro camadas de TPA, e uma com oito camadas de TPA (Figura 3). Após a obtenção das placas foi identificado que os compósitos de resina, com adição de TPA, não apresentaram a qualidade necessário para a retirada das amostras para a realização dos ensaios de tração e impacto, pois apresentaram superfície irregular e elevada porosidade, isto é, os ensaios de tração e impacto foram aplicados somente na placa, sem adição de camadas de TPA, para tal, foram retiradas sete amostras, quatro para o ensaio de tração e três para o ensaio de impacto.

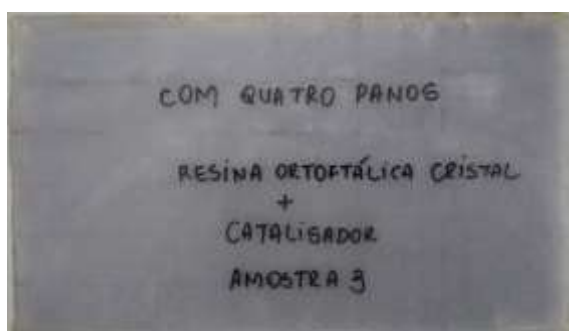
Figura 21 – Placas confeccionadas: a) somente resina; b) duas camadas de TPA; c) quatro camadas de TPA; e d) oito camadas de TPA.



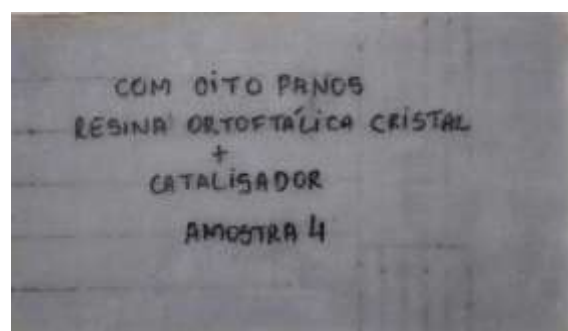
a)



b)



c)



d)

Fonte: Os autores (2021)

A Tabela 3 apresenta os resultados e o comportamento dos parâmetros obtidos no ensaio de tração para a placa, sem adição do tecido plano de algodão.

Tabela 7 – Resultados médios do ensaio de tração para a resina

Resistência à Tração (MPa)	Deformação Total (%)	Módulo de Elasticidade (GPa)
22,78 ± 3,48	4,22 ± 0,75	0,46 ± 0,09

Fonte: Os autores (2021)

Não foi possível realizar a comparação dos resultados do ensaio de tração da amostra, sem adição de camadas de TPA, com os compósitos, porém quando comparados aos resultados obtidos por Marques (2016) – 32,33 MPa, 5% e 0,647 GPa – e Souza (2019) – 30,49 MPa, 7,56% e 0,41 GPa, alguns resultados ficaram próximos.

O resultado do ensaio de impacto, isto é, a energia de impacto também apresentou um valor próximo aos encontrados por Marques (2016) – 2,12 J – e Souza (2019) – 3,14 J. O resultado médio para a resina poliéster foi de  $3,5 \pm 0,5$  J.

#### 4 CONCLUSÕES

Foi obtido com êxito a proporção de catalisador por massa de resina poliéster, utilizada em todas as amostras, porém as placas de compósito confeccionadas apresentaram porosidades sendo necessário a utilização de um diluente recomendado pelo fabricante (Monômero de Estireno), ou melhor, o processo de homogeneização da resina.

Referente aos resultados obtidos pelos ensaios de tração e impacto, da resina poliéster, foram satisfatórios, pois, apresentaram valores próximos encontrados em trabalhos semelhantes. Vale lembrar que a primeira etapa do trabalho foi caracterizar a resina para posteriormente confeccionar o compósito.

Ficou claro a necessidade de continuação deste trabalho para poder verificar o efeito da adição de camadas de TPA a resina poliéster.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) pela disponibilização de equipamentos e funcionários para a condução dos ensaios

experimentais realizados, ao Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica Ensino Médio – PIBIC Ensino Médio/CNPq – 2020/2021.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3039/D3039M**: Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. Philadelphia, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D6110**: Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics. Philadelphia, 2018.

GOMES, Jailton Weber. Obtenção e caracterização de um compósito de matriz polimérica e resíduos gerados pela manufatura do MDF (medium density fiberboard). 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

LEVY NETO, Flaminio; PARDINI, Luiz Claudio. **Compósitos estruturais**: ciência e tecnologia. 2ª ed. ampliada. São Paulo: Blucher, 2018.

MARQUES, Marcelo de Souza. **Obtenção e caracterização de um compósito polimérico de matriz poliéster e reforço/carga de tecido plano de algodão**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

MARTINS NETO, José Antônio. **Obtenção, caracterização e utilização de um compósito com matriz de resina poliéster e carga de fibras de sisal**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

MODERN AIRLINERS. **Boeing 787 Dreamliner Specs**. 2017. Disponível em: <<http://www.modernairliners.com/boeing-787-dreamliner/boeing-787-dreamliner-specs/>>. Acesso em: 02 ago. 2021.

OLIVEIRA, Luan Carvalho Santana de. **Obtenção e caracterização de um compósito de matriz de resina de poliéster e resíduos de madeira produzidos em marcenarias**.



2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

REDELEASE. **Resina cristal com proteção UV.** Disponível em: <  
<https://www.redelease.com.br/resina-cristal-com-protecao-uv-5-100-kg.html>>.

Acesso em: 24 agosto de 2021.

SOUZA, Luiz Guilherme Vieira Meira de. **Efeitos da adição de tecido de fibra de vidro tipo E a um compósito de resina poliéster e tecido de fibra de algodão.** 2019. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Natal, 2019.

## Gerenciamento e filtragem no acesso web por DNS

**Pedro Henrique Guerra Ribeiro<sup>1</sup>; Mariana de Almeida Barnabé<sup>1</sup>; Venicio Siqueira Filho<sup>1</sup>; Salete Leone Ferreira<sup>1</sup>**

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[pedrohenrique.rt@hotmail.com](mailto:pedrohenrique.rt@hotmail.com)

### RESUMO

Este trabalho tem por finalidade apresentar as metodologias utilizadas para o desenvolvimento de um sistema que propicia o gerenciamento web e permitirá ao cliente, restringir o acesso a sites por parte de dispositivos de sua rede, de uma maneira fácil em um ambiente integrado. O projeto visa dar autonomia ao gerente da rede, automatizando todo um processo complexo por trás feito por um técnico capacitado, em linha de comando. Ela será responsável por configurar e aplicar as especificações de bloqueio no servidor *Linux*, o qual utiliza o serviço de resolução de nomes (DNS) para realizar as operações de bloqueio. A plataforma será desenvolvida com a utilização de algumas linguagens como, *HTML*, *JavaScript*, *PHP* e *C++*, usando a metodologia PjBL (Aprendizagem Baseada em Projetos) para a construção do sistema de gerenciamento. Este estudo faz parte do trabalho de conclusão de curso e por isso encontra-se em andamento

**Palavras-chave:** DNS. Bloqueio de Sites. Sistema Web. PjBL.

### 1 INTRODUÇÃO

No mundo atual é de conhecimento geral que o acesso à internet está presente no ambiente de trabalho corporativo. Hoje, se torna impossível imaginar a execução de atividades em escritórios e empresas, sem equipes conectadas à internet desempenhando suas inúmeras atividades. Os benefícios proporcionados por essa conectividade são enormes, trazendo diversas facilidades, comodidades e com certa eficiência, não só na comunicação entre equipes internas, como também entre as empresas e o mercado em geral, aumentando consideravelmente a produtividade das pessoas, qualificando e personalizando o atendimento ao cliente e promovendo o uso de sistemas de forma mais rápida e integrada.

Porém a utilização dessas tecnologias também oferecem seus riscos. Destacando um dos mais relevantes, é com relação à segurança da informação, que envolve possíveis perdas, roubos ou indisponibilidade de informações referentes as empresas, seus colaboradores e clientes. Uma causa muito comum entre os problemas de segurança é o uso indevido dos usuários, com acessos a sites nocivos, através de links e mensagens que acabam instalando vírus nos equipamentos (computadores, notebook, ou celular etc.) comprometendo de alguma forma seus dados e podendo também afetar a estrutura da empresa.

Além do risco à segurança, também pode ser citado outros pontos importantes que afetam o funcionamento da empresa de forma negativa, através do uso desregulado da internet, sendo estes a perda de foco e ociosidade dos colaboradores e mau dimensionamento dos recursos.

Mais do que nunca este é o momento em que as empresas devem se preocupar com a segurança das informações. Com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) entrando em vigor este ano, as empresas assumem a responsabilidade jurídica para com os dados guardados por elas, e para auxiliar em uma das frentes de segurança na proposta apresentada com a construção do DNSFILTER.

A proposta é apresentar as metodologias utilizadas no desenvolvimento de um sistema para controlar a utilização web através do serviço de resolução de nomes, permitindo que através de uma interface de gerenciamento sejam aplicados bloqueios de acesso a determinados sites ou categorias que não sejam desejáveis em um ambiente de trabalho.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1. Metodologia PjBL**

Para a construção do sistema de gerenciamento DNSFILTER foi utilizada a metodologia PjBL (Aprendizagem Baseada em Projetos), na qual o foco é a construção de conhecimento através de um trabalho longo e contínuo de estudo, cujo objetivo é atender a um desafio ou problema. Como o projeto visa atender a um dos principais problemas de segurança nas empresas, uso indevido da internet por parte dos usuários, houve um processo de muita pesquisa e análise, observando o

comportamento de usuários, estimando perdas e danos, estabelecendo hipóteses de como apresentar um produto cabível e personalizado para a necessidade de cada gestão e então passando para uma solução prática que busca satisfazer o problema inicial. A metodologia foi de grande auxílio ao projeto, estimulando o desenvolvimento de competências e integração de novos conhecimentos.

A Aprendizagem baseada em projetos, também chamada de PjBL (*Project Based Learning*) é uma metodologia capaz de unir curiosidade à construção de conhecimento, de maneira que o aluno se torna protagonista da aprendizagem, desenvolvendo habilidades e competências para a resolução de uma situação problema. Esse modelo exige empenho e dedicação dos alunos, fazendo-os exercer a tomada de decisões, independência e engajamento. Com essa abordagem o professor passa apenas a orientar os alunos, observando suas ações e dando sugestões, enquanto eles discutem hipóteses e planejam seus passos para a resolução do problema e finalização do projeto.

Figura-1: Pontos chave do PjBL

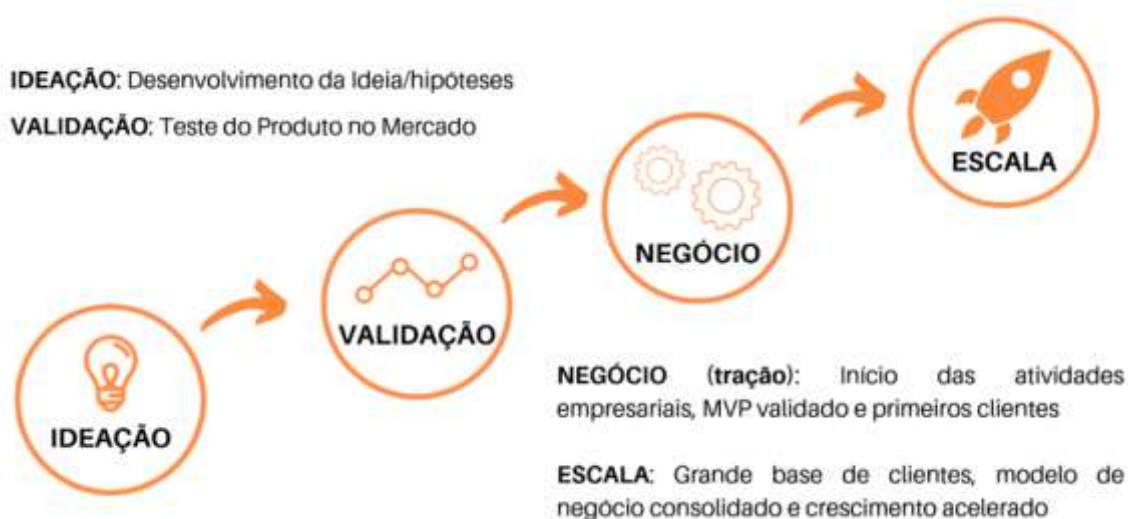


Fonte: <https://www.fazeducao.com.br/post/implementar-a-aprendizagem-baseada-em-projetos>

## 2.2. Metodologias Startup

Desenvolver uma startup não é uma tarefa fácil, e ao longo desse processo podem surgir incertezas e inseguranças nos possíveis caminhos a seguir. Para superar essas dificuldades e ganhar mais confiança, é necessário priorizar o desenvolvimento, além de realizar testes e entender mais sobre suas ideias. É nesse contexto que surge a necessidade de uma metodologia para startup, que tem como papel fundamental orientar os passos do empreendedor e direcionar as equipes para que mantenham o foco na construção da solução. Para que a aplicação da metodologia tenha sucesso é necessário a conscientização do empreendedor em relação a seu negócio, suas fases e os recursos indicados para cada uma delas. Também é imprescindível, uma escolha adequada de pessoal para composição do time que irá atuar no negócio.

Figura-1: Construção de uma Startup



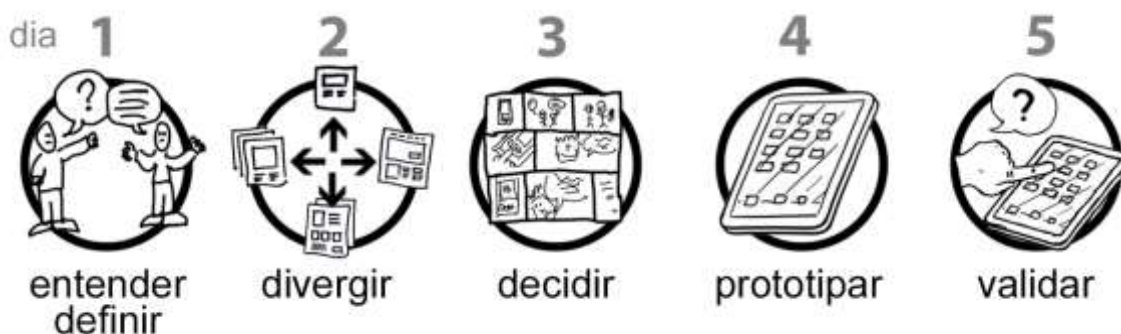
Fonte: <https://www.caputoadvogados.com.br/direito-empresarial>

## 2.3. Metodologia Sprint

A metodologia Sprint, ou também conhecido como Design Sprint, é uma metodologia ágil desenvolvida pela Google Ventures que tem como objetivo validar a viabilidade de um projeto de maneira extremamente rápida, através da pontuação e resolução de problemas críticos que podem afetar o desenvolvimento do negócio. Esse método propõe que em apenas cinco dias, seja possível apontar os problemas, propor soluções, realizar protótipos e testes e enfim descobrir se o projeto tem futuro.

Por ser uma metodologia capaz de evidenciar se uma solução realmente faz sentido a seus consumidores, ela torna possível prevenir maus investimentos e economizar tempo e recursos.

Figura 3: Fases da Sprint



Fonte: <https://medium.com/@dennervaldt/um-caso-de-uso-do-design-sprint-9673f4a41520>

## 2.4. Filtragem Web e seus benefícios para a Empresa

A segurança dos dados corporativos de uma empresa vem se tornando uma preocupação cada vez maior. Além dos danos internos que podem ser causados, também existe o problema jurídico que pode surgir caso os mesmos sejam roubados ou usados indevidamente. Os principais causadores de problemas de segurança nas empresas, são os usuários da rede que utilizam os recursos corporativos de maneira indevida. Neste contexto, o sistema DNSFILTER aparece como uma solução fácil e eficiente para atuar nessa frente de segurança, permitindo que o gerente da rede realize bloqueios de acesso web, de maneira personalizada, para que cada colaborador utilize o necessário para a realização de seu trabalho sem prejudicar a segurança da empresa. Além do auxílio na segurança corporativa, outros benefícios são, a redução da ociosidade e perda de foco dos colaboradores e melhor dimensionamento dos recursos de rede da empresa.

## 2.5. Modelo de Negócio e sua Ideação

A proposta visa atuar como parte do protocolo de segurança das empresas, nosso projeto está sendo criado para incrementar um appliance já existente e comercializado, pela nossa parceira, Arba Technology, que está há mais de 20 anos no mercado e trabalha com diversas soluções de segurança. Essa nova função que

estamos criando é uma alternativa para filtragem de conteúdo. Diferente das soluções mais conhecidas no mercado, que fazem esse controle geralmente através de *WEBFILTERS* que trabalham com *Proxy*, nossa solução realiza os bloqueios utilizando o serviço DNS.

Nossa ideia foi criar uma interface extremamente simples para a configuração, trabalhando com categorias a serem bloqueadas, escondendo toda a complexidade do programa em realizar as interceptações e redirecionamentos para o bloqueio das urls requeridas pelos usuários. Além da facilidade na configuração é também é de fácil implementação, pois diferente do *Proxy* a nossa solução não requer nenhuma configuração nos equipamentos dos clientes, após instalada, já está pronta para uso e é aplicada inclusive para os equipamentos que utilizam o *wifi* da empresa.

## 2.6. Modelo CANVAS

Para deixar claro a ideia de funcionamento do DNSFILTER, apresenta-se o Modelo de Negócio, através do Quadro *Canvas* apresentado a seguir na Figura-3.

Figura-3: Quadro Canvas do Projeto DNSFILTER

<b>Parcerias-Chave</b>  • Empresa Arba Technology	<b>Atividades-Chave</b>  • Desenvolvimento e manutenção da plataforma	<b>Proposta de Valor</b>  • Plataforma que permite a filtragem de conteúdo web, de uma maneira fácil e personalizada, através de categorias que podem ser aplicadas aos ips especificados pelo cliente de acordo com sua organização e necessidades	<b>Relacionamento</b>  • Gama de clientes da Arba  • Recomendações	<b>Segmento Clientes</b>  • Empresas que buscam segurança na TI
	<b>Recursos-Chave</b>  • Appliance  • Plataforma tecnológica  • Equipe comercial da Arba		<b>Canais</b>  • Painel WEB disponível no appliance	
<b>Estrutura de Custos</b>  • Equipe de desenvolvimento e manutenção da plataforma		<b>Fontes de Receitas</b>  • Taxa de implementação do módulo pronto  • Mensalidade fixa de utilização do módulo por cada cliente		

Fonte: Desenvolvido pela Equipe do Projeto

### 3 CONCLUSÃO

A preocupação com segurança da informação é imprescindível nos dias de hoje e mesmo sabendo que não há segurança absoluta, as empresas devem se organizar para possuir um nível de segurança aceitável, que seja capaz de minimizar os impactos de alguma possível falha. A segurança da informação de uma corporação depende de tecnologias, mas também de planejamento e ações efetivas. Para isso, é preciso conhecer mais que as ameaças e riscos, é preciso entender o negócio e seus objetivos, para que então a segurança seja alinhada corretamente. É nesse contexto que surge a nossa plataforma, com o objetivo de auxiliar na segurança das empresas, trazendo facilidade e autonomia. Permitindo que os clientes, mesmo aqueles com equipe de conhecimento básico, sejam capazes de adequar a solução à sua realidade e assim desmistificar o conceito de complexidade relacionado à segurança.

### REFERÊNCIAS

Engage. Project Based Learning: o que é e como implementar. **Engage**. 2018. Disponível em <https://blog.engage.bz/project-based-learning/>. Acesso em: 16 abr. 2021.

AMORIM, Carine. O que são Metodologias Ativas? Um guia com tudo que você precisa saber [2021]. **Plataforma Jovens Gênios**. 2020. Disponível em: <https://blog.jovensgenios.com/metodologias-ativas/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

DINIZ, Yasmine. Entenda o que são e como trabalhar as metodologias ativas. **Imaginie**. 2020. Disponível em: <https://educacao.imaginie.com.br/metodologias-ativas/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

AIESEC. Metodo Sprint Passo a Passo para aplicar em seus Projetos. Disponível em: <https://aiesec.org.br/metodo-sprint-passo-a-passo-para-aplicar-nos-seus-projetos/>

Oxigênio Aceleradora. Por que você deve contar com uma metodologia para startup. Disponível em: <https://blog.oxigenioaceleradora.com.br/metodologia-para-startup/>



## Resistência à corrosão in-vitro de ligas à base de Ti biocompatíveis

Emanuel Santos Jr.<sup>1</sup>; Monique Osorio Talarico da Conceição<sup>2</sup>; Sinara Borborema<sup>2</sup>

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.

2 – UERJ, Faculdade de Tecnologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, RJ.

[monique.OSORIO@gmail.com](mailto:monique.OSORIO@gmail.com)

### RESUMO

As ligas à base de titânio são amplamente utilizadas para aplicações biomédicas. De fato, a liga Ti-6Al-4V é a liga de Ti mais comumente usada, apesar da presença dos elementos de Al e V em sua composição serem considerados citotóxicos. Com isso, o desenvolvimento de ligas à base de Ti consideradas não- citotóxicas é oportuno e útil. O objetivo desse estudo é comparar o comportamento de corrosão entre as ligas Ti-10Mo-20Nb (forjada à quente), Ti comercialmente puro (Ti-cp) e Ti-6Al-4V comercial por meio de ensaios de polarização potencioestática em solução de Ringer. A amostra Ti-cp apresentou um potencial de corrosão ( $E_{corr}$ ) de cerca de -700 mV, enquanto que as ligas Ti-10Mo-20Nb e Ti-6Al-4V apresentaram valores de  $E_{corr}$  variando de -400 mV a -312,5 mV. Com relação ao parâmetro resistência à polarização calculado ( $R_p$ ), os desempenhos das ligas de Ti estudadas corroboram com os resultados encontrados para  $E_{corr}$ ; isto é, a liga Ti-cp apresentou, no mínimo, valores em torno de 40% menores para resistência à polarização calculada. Com base nestes resultados, a liga experimental Ti-10Mo-20Nb apresentou um comportamento de resistência à corrosão parecido ao da liga comercial Ti-6Al-4V. Nesse sentido, a liga experimental Ti-10Mo-20Nb (forjada a quente) pode ser considerada uma opção de liga à base de Ti sem a presença de elementos citotóxicos.

**Palavras-chave:** Corrosão. Ligas de Ti. Biomateriais.

### 1 INTRODUÇÃO

Ligas à base de titânio têm sido muito empregadas na área biomédica devido, principalmente, às suas propriedades anti-corrosivas e mecânicas. A liga Ti-6Al-4V é uma das ligas mais utilizadas para aplicação em biomateriais, porém o uso de elementos como Al e V se mostraram tóxicos para o organismo humano quando

utilizados como próteses (GEETHA, 2009). Diante disso, o desenvolvimento de ligas à base de Ti não-citotóxicas é atual e oportuno.

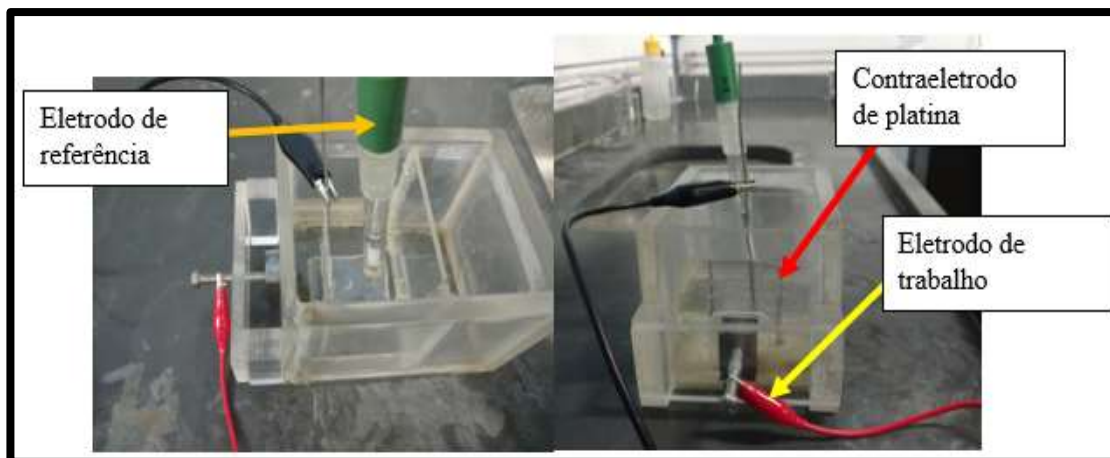
As ligas de Ti do tipo  $\beta$  metaestável possuem propriedades mecânicas, em especial um módulo de elasticidade que depende não somente de sua composição mas também dos tratamentos termomecânicos aplicados. Estas ligas para serem usadas em aplicações ortopédicas requerem um balanço entre alta resistência mecânica e baixo módulo de elasticidade a fim de evitar o efeito *stress shielding* (escudo de tensão) e, ao mesmo tempo, atender aos requisitos de biocompatibilidade. Estudos anteriores mostraram que a composição da liga Ti-10Mo-20Nb apresenta uma maior relação dureza específica-módulo de elasticidade (GABRIEL, 2015). Essa correlação é um parâmetro empregado para avaliação mecânica de ligas metálicas para aplicação como biomateriais.

Com base nisso, este trabalho investiga e compara a resistência à corrosão das ligas Ti comercialmente puro (Ti-cp), Ti-6Al-4V comercial e Ti-10Mo-20Nb experimental por meio de ensaios de polarização potencioestática em solução de Ringer.

## 2 METODOLOGIA

No estudo foram utilizadas três diferentes ligas à base de titânio, a saber: titânio comercialmente puro (Ti-cp), a liga comercial Ti-6Al-4V e a liga experimental forjada a quente Ti-10Mo-20Nb. A avaliação da resistência à corrosão foi realizada por ensaios de polarização potencioestática em solução de Ringer (8,6 g/L NaCl, 0,3 g/L KCl e 0,33 g/L CaCl<sub>2</sub>) com pH = 7,0 à temperatura ambiente (YETIM, 2011). A solução de Ringer é um meio eletrolítico que simula o fluido corpóreo (SILVA; COSTA, 2020). A célula eletrolítica contém três eletrodos: uma tela de Pt usada como contra-eletródo, Ag/AgCl (calomelano) saturado como eletrodo de referência e a amostra metálica (liga de Ti) como eletrodo de trabalho, como mostra a montagem experimental na figura 1.

Figura 1 - Célula eletroquímica utilizada na realização do ensaio potenciodinâmico.



Fonte: Autores, 2021.

As amostras das ligas à base de Ti foram previamente lixadas e polidas e, então, submetidas aos ensaios eletroquímicos. A área exposta na solução de Ringer foi de 0,21 cm<sup>2</sup>. As curvas de polarização anódica foram obtidas em relação ao potencial de circuito aberto (OCP), iniciando-se uma varredura de potencial de -800 mV até +1500 mV, com velocidade de varredura de 1,0 mV/s. Para cada amostra foram realizados três ensaios no potenciostato Autolab PGSTAT302N do UniFOA.

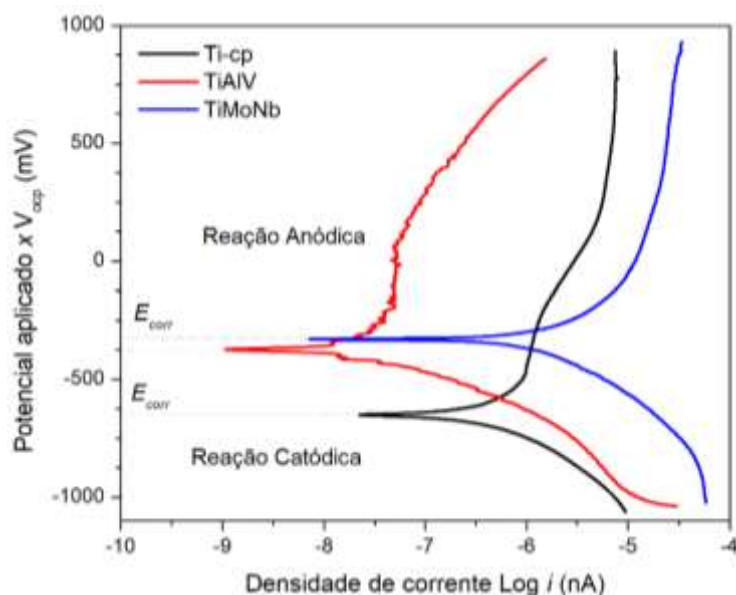
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de polarização obtidas nos ensaios eletroquímicos para as amostras Ti-cp, Ti-6Al-4V e Ti-10Mo-20Nb são apresentadas na figura 2.

Após a determinação do potencial de circuito aberto ( $V_{ocp}$ ), iniciou-se a aplicação de potenciais em taxas pré-definidas no circuito fechado, gerando curvas como mostradas na figura 2. A varredura do potencial foi iniciada no sentido catódico devido às modificações que ocorrem na composição (e cargas) do eletrólito nas proximidades do eletrodo de trabalho (amostra). A reação catódica apresenta uma região mais linear, enquanto a reação anódica pode apresentar trechos não-uniformes. Os principais parâmetros analisados a partir das curvas de polarização são: potencial de corrosão ( $E_{corr}$ ), corrente de corrosão ( $I_{corr}$ ) e a resistência à corrosão calculada ( $R_p$ ). A partir destes dados, foi possível avaliar quantitativamente a

resistência à corrosão das ligas de Ti submetidas às condições dos ensaios de polarização.

Figura 2 - Curvas de polarização obtidas em solução de Ringer para ligas: Ti-cp, Ti-6Al-4V e Ti-10Mo-20Nb.



Fonte: Autores, 2021

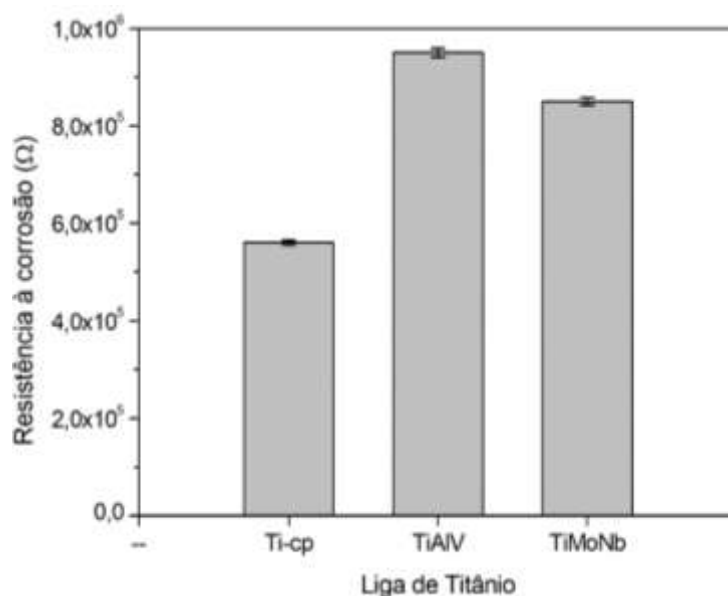
O potencial de corrosão ( $E_{corr}$ ) é o potencial onde predominam as reações catódicas e, elevando-se o potencial, inicia-se a reação no sentido inverso (anódico). A região passiva pode apresentar diferentes configurações, as quais indicam o comportamento do eletrodo de trabalho durante uma reação anódica. Por exemplo, quando ocorre a formação de um filme passivo sobre a superfície da amostra há queda da corrente no eletrólito, funcionando como uma barreira à difusão de íons (WOLYNEC, 2003). A amostra Ti-cp apresentou um potencial de corrosão ( $E_{corr}$ ) de cerca de  $-700$  mV, enquanto que as ligas Ti-10Mo-20Nb e Ti-6Al-4V apresentaram valores de  $E_{corr}$  variando de  $-400$  mV a  $-312,5$  mV. Independente da amostra, não foram notadas indicações de formação corrosão por pite até o potencial máximo aplicado. De fato, o titânio forma uma fina camada passiva sobre a superfície da amostra, a qual é responsável pela resistência à corrosão de ligas de Ti. Nesse contexto, a figura 2 mostra que as ligas Ti-6Al-4V comercial e Ti-10Mo-20Nb apresentaram maiores valores de  $E_{corr}$ , sugerindo uma melhor propriedade anti-corrosiva nestas ligas em comparação à amostra de Ti comercialmente puro.

A resistência à polarização ( $R_p$ ) é outro parâmetro bastante utilizado na indústria para monitorização *in-situ* do potencial de corrosão de um material (WOLYNEC, 2003). No cálculo de  $R_p$  é levado em conta as inclinações das retas utilizadas ( $b_a$  e  $b_c$ ) e da corrente de corrosão ( $i_{corr}$ ). De acordo com a equação de Stern-Geary (STERN; GEARY, 1957), temos que:

$$R_p = \frac{1}{2,303} \frac{b_a b_c}{(b_a + b_c)} \left( \frac{1}{i_{corr}} \right) \quad (1)$$

A figura 3 mostra os resultados obtidos de  $R_p$  calculados para as ligas de Ti avaliadas. As ligas Ti-6Al-4V e Ti-10Mo-20Nb apresentaram valores para  $R_p$ , no mínimo, cerca de 40% acima dos valores calculados para a amostra de Ti-cp. Portanto, pode-se afirmar que a amostra de Ti comercialmente puro é menos resistente aos mecanismos de corrosão nas condições dos ensaios em solução de Ringer.

Figura 3 - Resistência à polarização calculada ( $R_p$ ) para ligas: Ti-cp, Ti-6Al-4V e Ti-10Mo-20Nb ( $n = 3$ ).



Fonte: Autores, 2021

Em resumo, três diferentes ligas à base de Ti comerciais e experimental foram submetidas a ensaios de polarização anódica para avaliação da resistência à corrosão. Os testes foram conduzidos em solução de Ringer, o qual mimetiza a composição do plasma, embora não seja fisiologicamente perfeita (SILVA; COSTA, 2020). As curvas de polarização mostradas na figura 2 corroboram com os cálculos

da resistência à polarização da figura 3. Nesse sentido, uma vez que a liga experimental Ti-10Mo-20Nb apresentou resultados semelhantes àqueles da liga comercial Ti-6Al-4V, ela parece ser interessante para aplicações biomédicas em fluido corpóreo, com propriedades anti-corrosivas satisfatórias. Estudos de citotoxicidade da liga experimental deverão ser realizados para avaliação *in-vitro* de sua biocompatibilidade.

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios de polarização indicam que a liga Ti-10Mo-20Nb apresenta um potencial de corrosão no valor de aproximadamente  $-310$  mV, o qual é levemente maior comparado às ligas comerciais Ti-cp e Ti-6Al-4V.

Da mesma forma, os valores calculados para resistência à polarização das ligas Ti-6Al-4V e Ti-10Mo-20Nb foram, no mínimo, cerca de 40% superiores aos da liga Ti-cp. Em termos da resistência à corrosão, a liga experimental Ti-10Mo-20Nb forjada a quente torna-se uma opção às ligas que contém elementos citotóxicos (Al e V) para aplicações biomédicas.

#### REFERÊNCIAS

GABRIEL, S. B.; REZENDE, M.C.; ALMEIDA, L.H.; NUNES, C. A.; DILLE, J.; SOARES, G. A. Control of the Microhardness to Young Modulus Ratio by Mechanical Processing of a Ti-10Mo-20Nb Alloy. **Materials Research**, v. 18, suppl 2, p. 39-42, 2015. DOI 10.1590/1516-1439.343514.

GEETHA, M.; SINGH, A.K.; ASOKAMANI, R.; GOGIA, A.K. Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants - a review. **Progress in Materials Science**, v. 54, p. 397–425, 2009.

SILVA, W.A.; COSTA, D. A. A. COMPARAÇÃO ENTRE SOLUÇÃO SALINA 0,9% E CRISTALOIDES BALANCEADOS: revisão bibliográfica. **Journal Of Surgical And Clinical Research**, v. 11, n. 2, p. 113-127, 2020. doi/10.20398/jscr.v11i2.20733.

STERN, M.; GEARY, A.L., Electrochemical Polarization: I . A Theoretical Analysis of the Shape of Polarization Curves. **Journal of the Electrochemical Society**, v. 104, n. 1, p. 56-63, 1957.

YETIM, A. F.; ALSARAN, A.; CELIK, I.; EFEGLU, I. Corrosion behaviour of Ti DLC deposition on prenitrided 316L stainless steel and Ti-6Al-4V alloy. **Corrosion Engineering, Science And Technology**, v. 46, n. 4, p. 439-444, 2011. DOI 10.1179/147842209x12464471864457.

WOLYNEC, Stephan. **Técnicas eletroquímicas em corrosão**. São Paulo: Edusp, 2003.

## Influência dos parâmetros de reação na determinação da atividade hidrolítica de células íntegras do fungo *Rhizopus oryzae*

**Willian de Souza Matias Reis<sup>1</sup>; Ana Karine Furtado de Carvalho<sup>1,2</sup>; Ernandes Benedito Pereira<sup>2</sup>**

1 – EEL-USP, Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, SP.

2 - UNIFAL, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG

[willian.matias@usp.br](mailto:willian.matias@usp.br)

### RESUMO

O desenvolvimento de tecnologias industriais ambientalmente favoráveis com a utilização de catalisadores biológicos vem ganhando destaque dentro dos setores industriais e com isso o uso de enzimas como catalisadores em setores de bioprocessos vem aumentando a cada dia, sendo uma alternativa para a utilização de catalisadores químicos. O uso da via enzimática proporciona diversos benefícios atrativos para a indústria como alta seletividade, especificidade e atuação em condições brandas, além de grande aplicabilidade em diversas reações. Dentre as enzimas utilizadas industrialmente, as lipases se destacam por poderem ser aplicadas na indústria farmacêutica, cosmética, oleoquímica; na produção de biodiesel, biossurfactantes, ésteres aromáticos, biolubrificantes e lipídios estruturados. As lipases (triacilglicerol acil-hidrolases; EC 3.1.1.3) são enzimas que catalisam a hidrólise de triglicerídeos em ácidos graxos livres e glicerol na interface água-lipídio. A atuação das lipases em reações de hidrólise, sofrem a influência de diversos parâmetros como o tempo de incubação, quantidade de biocatalisador e concentração de substrato. Diante deste cenário, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar o tempo de incubação, massa de biocatalisador e a concentração do substrato como parâmetros na determinação da atividade hidrolítica das lipases produzidas pelo fungo *Rhizopus oryzae* CCT 3759 Para tanto, foi realizado o cultivo submerso do fungo *Rhizopus oryzae* a 30 °C, 180 rpm, por 72 h utilizando o azeite de oliva como indutor na a produção das lipases. Ao fim do cultivo a biomassa e o extrato bruto foram aplicados na reação de hidrólise da emulsão do azeite de oliva, sendo que foi avaliado as influência dos parâmetros do tempo de incubação (5 e 10 min), concentração do substrato (10 e 25 % (m/v)) e a quantidade de biocatalisador (0,1, 0,2 e 0,3 g) foram avaliados. Como resultados, para o extrato bruto obteve-se valores de



atividade de  $6,49 \pm 0,21$  a  $23,61 \pm 0,36$  U/mL e para a biomassa com 10 % de substrato e 5 min de reação a atividade variou de 396,20 a 277,72 U/g, com 10 % de substrato e 10 min de reação a atividade das lipases variou de 187,45 a 62,99 U/g, com 25 % de substrato e 5 min de reação a atividade variou de 135,90 a 184,18 U/g e com 25 % de substrato e 10 min de reação a atividade variou de 118,46 a 92,21U/g. Pelos resultados obtidos, viu-se que o aumento da massa de biocatalisador e do tempo de reação resultou no decréscimo das atividades das lipases das células íntegras do *Rhizopus oryzae* CCT3759. Sendo assim, as melhores condições para determinação da atividade hidrolítica foi avaliada com 10 % de substrato, 5 min de reação e 0,1 g de biomassa, resultando em uma atividade lipolítica de 396,20 U/g.

**Palavras-chave:** *Rhizopus oryzae*. Células Íntegras. Fermentação Submersa. Lipase. Atividade Hidrolítica.

## 1 INTRODUÇÃO

As lipases (EC 3.1.1.3) podem ser obtidas de fontes animais, vegetais e microbianas. Essas enzimas atuam na hidrólise de ligações éster-carboxílicas de triglicerídeos, resultando na liberação de ácidos graxos e glicerol. Podem atuar em reações de esterificação, interesterificação e transesterificação, sendo assim podem ser aplicadas em diferentes segmentos industriais, tais como alimentos, detergente, têxtil, cosméticos, farmacêutico, produção de biodiesel (RIOS *et al.*, 2019).

Em geral, os microrganismos mais utilizados para a produção de lipases são fungos dos gêneros *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Geotrichum* e *Fusarium*, leveduras do gênero *Candida* e bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Burkholderia*. As lipases produzidas por microrganismos, em sua maioria são, excretadas para o meio para captar os nutrientes para a célula microbiana, entretanto, algumas espécies de fungos filamentosos podem manter a lipase retida por um período de tempo antes ser liberada no meio de cultivo (MAROTTI *et al.*, 2017). Dentre as lipases intracelulares têm-se as lipases ligadas ao micélio, que por estarem naturalmente imobilizadas, possuem sua atividade catalítica preservada e sendo assim podem ser aplicadas como biocatalisadores, eliminando parcialmente etapas de alto custo como as de purificação, recuperação e imobilização (DE CASTRO *et al.*,

2019). Na literatura, células íntegras com elevada atividade lipolítica do fungo do gênero *Rhizopus* sp. Já foram aplicadas em reações de hidrólise de óleos vegetais (ANDRADE *et al.*, 2014; REIS *et al.*, 2021).

Fatores como pH e temperatura já são conhecidos por influenciarem na atividade enzimática. Outros parâmetros que também afetam a ação das lipases em uma reação são o tempo de incubação, quantidade de biocatalisador fornecido para a reação, área superficial, quantidade de ácidos graxos formados na reação e concentração de substrato (PUTHLI *et al.*, 2006). Neste contexto, foi avaliado o tempo de incubação, massa de biocatalisador e a concentração do substrato como parâmetros na determinação da atividade hidrolítica das lipases produzidas pelo fungo *Rhizopus oryzae*.

## 2 METODOLOGIA

A linhagem utilizada foi a *Rhizopus oryzae* CCT 3759, obtida da Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia André Tosello (Campinas/SP/Brazil). Os fungos, mantidos sob refrigeração a 4 °C em meio ágar sabouraud, foram repicados, a cada dois meses, a 28 °C por 7 dias, sendo, em seguida, conservados em geladeira a 4°C. O azeite de oliva (Carbonell®) foi adquirido no comércio local. Goma arábica, fosfato de potássio monobásico, fosfato de sódio monobásico, fosfato de sódio bibásico da Dinâmica®; sulfato de magnésio heptahidratado, hidróxido de sódio, nitrato de sódio, álcool etílico 70%, da Vetec® e a peptona de soja da HIMEDIA®. Todos os outros reagentes e solventes foram de grau analítico foram adquiridos da Synth e Vetec®.

## 3 CULTIVO SUBMERSO DE *RHIZOPUS ORYZAE* CCT 3759 PARA A PRODUÇÃO DE LIPASES

O inóculo do fungo realizado em meio de cultura líquido composto pelo azeite de oliva (comercial) e peptona (Himedia®) de acordo com a metodologia de REIS *et al.*, 2021. Um inóculo de 10<sup>6</sup> esporos de cada espécie foi transferido assepticamente para Erlenmeyers de 250 mL, contendo volume final de meio de cultura de 100 mL. Em seguida, os frascos foram incubados por 72 h a 28°C sob agitação (180 rpm). Ao final

do cultivo, a biomassa formada foi separada do meio e a biomassa e o filtrado foram quantificados quanto à atividade hidrolítica.

#### 4 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE REAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE HIDROLÍTICA

Para estabelecimento das condições adequadas para determinação de atividade lipolítica da biomassa celular foi avaliado a influência do tempo de reação, massa de biomassa utilizada e concentração de substrato. Foram avaliados os parâmetros de tempo de incubação (5 e 10 min), concentração do substrato (10 e 25% (m/v)) e a quantidade de biocatalisador (0,1, 0,2 e 0,3 g). Um resumo das condições dos ensaios realizados estão descritos na Tabela 1.

**Tabela1** – Ensaio da influência do tempo de reação, concentração de substrato e massa de biocatalisador para a determinação da atividade lipolítica das lipases de *Rhizopus oryzae*.

Parâmetros de Reação Hidrolítica	Ensaio											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Substrato (%)	10	10	10	10	10	10	25	25	25	25	25	25
Tempo de Incubação (min)	5	5	5	10	10	10	5	5	5	10	10	10
Massa de Biocatalisador (g)	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3

Fonte: Do autor

#### 5 DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE HIDROLÍTICA

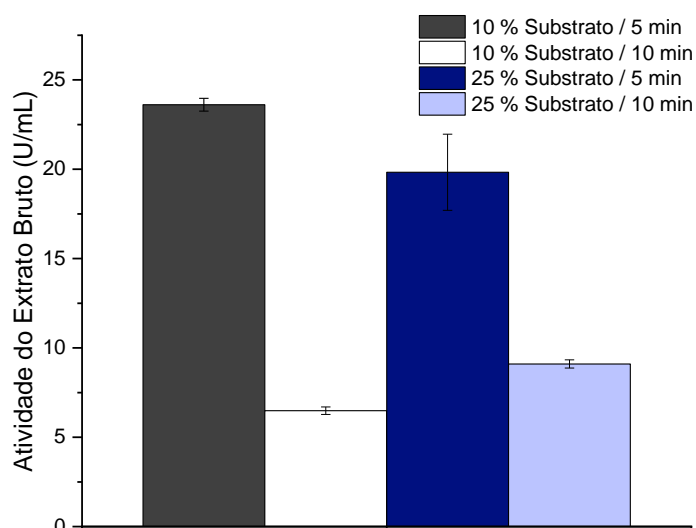
A atividade lipolítica do extrato bruto e da biomassa foi determinada pelo método de hidrólise da emulsão do azeite de oliva (MAROTTI *et al.*, 2017). Foram avaliados a quantidade de biocatalisador (0,1, 0,2, 0,3 g), o tempo de incubação (5 e 10 min) e a concentração do substrato na reação (10 e 25%). Para a determinação da atividade do extrato bruto foi empregado as mesmas condições de substrato e tempo de reação das utilizadas para a avaliação da atividade da biomassa, sendo utilizado 1 g de extrato bruto. Uma unidade de atividade enzimática é definida como a quantidade

de enzima necessária para a liberação de 1  $\mu\text{mol}$  de ácidos graxos livres por minuto, em condições de pH e temperatura pré-determinadas.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Afim de se confirmar a baixa atividade hidrolítica das lipases extracelulares produzidas pelo fungo *Rhizopus oryzae* CCT3759, o extrato bruto foi aplicado nos ensaios de hidrólise variando a concentração de substrato e o tempo de incubação. Os resultados obtidos estão descritos na Figura 1.

Figura 1 – Atividade hidrolítica do extrato bruto de fermentação.

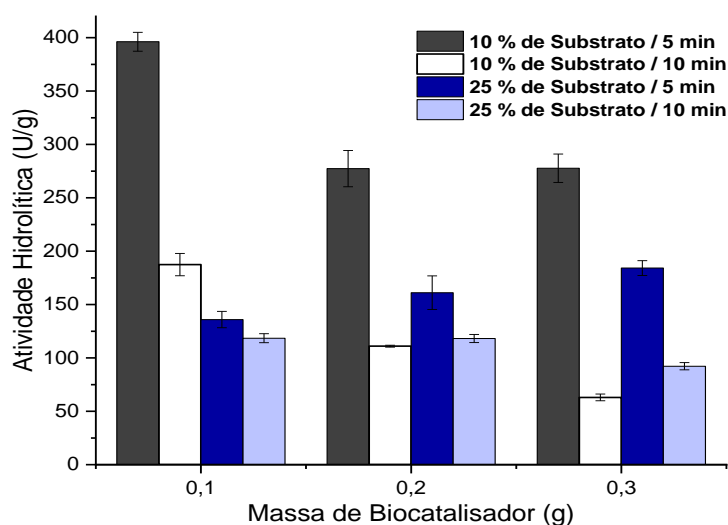


Fonte: Do autor.

Pelos resultados descritos na Figura 1, o extrato bruto obtido demonstrou baixa atividade em todas as condições aplicadas, obtendo valores de  $6,49 \pm 0,21$  a  $23,61 \pm 0,36$  U/mL. Nota-se que com uma incubação de 5 min, maiores valores de atividade hidrolítica foram obtidos, contudo o aumento da concentração de substrato resultou na diminuição da atividade lipolítica das lipases. Já com um tempo de reação de 10 min, com uma maior concentração de substrato (25% (m/V) as lipases extracelulares forneceram uma atividade lipolítica superior à obtida com uma menor concentração de substrato (10% (m/v)). Resultados similares foram reportados por Lima, 2017 e Lima e colaboradores (2019), que obtiveram valores de atividade do extrato bruto entre  $8,7 \pm 1,19$  a  $16,3 \pm 1,23$  U/mL e  $6,20 \pm 0,29$  a  $17,60 \pm 2,83$  U/mL, respectivamente.

Para a avaliação dos parâmetros de reação na determinação da atividade hidrolítica, as lipases ligadas ao micélio de células íntegras obtidas na fermentação do fungo *Rhizopus oryzae* foram aplicadas nos ensaios descritos na Tabela 1. Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Ensaio de estabelecimento dos parâmetros de hidrólise para determinação da atividade lipolítica da lipase de *Rhizopus oryzae*.



Fonte: Do autor.

Avaliou-se a influência do tempo de incubação, da concentração de substrato e da massa de biomassa em reações de hidrólise, com o intuito de estabelecer as melhores condições adequadas para determinar a atividade hidrolítica das lipases.

Observando a Figura 2, o aumento da concentração do substrato e do tempo de reação para cada massa de biocatalisador observa-se uma diminuição da atividade hidrolítica da biomassa, as atividades obtidas variaram de  $62,99 \pm 3,17$  a  $396,20 \pm 8,83$  U/g. As melhores condições de hidrólise foram obtidas com 10 % de substrato, 5 min de reação e 0,1 g de biomassa, atingindo uma atividade lipolítica de  $396,20 \pm 8,83$  U/g. Nessas condições, o aumento de massa de biomassa catalítica resultou na diminuição de atividade hidrolítica, sendo que a atividade obtida com 0,2 e 0,3 g de biomassa, apresentaram resultados similares ( $277,31$  e  $277,72$  U/g, respectivamente). O aumento da massa de micélio utilizado na hidrólise, somente influenciou positivamente na atividade da lipase, utilizando 25 % de substrato e 5 min de reação,

resultando em um aumento de 135,90 U/g para 184,18 U/g de biomassa ao se aumentar a massa de biocatalisador de 0,1 g para 0,3 g.

Nota-se que ao aumentar o tempo de reação e a massa de biomassa na reação de hidrólise, para ambas as concentrações de substrato, ocorreu a diminuição progressiva da atividade da lipase. Para as reações que ocorreram com o substrato a 10 %, o aumento concomitante do tempo de reação e da massa de biomassa, resultou no aumento da redução de atividade de 52,69 % (396,20 para 187,45 U/g) com 0,1 g de biomassa, e de 77,32 % (277,72 para 69,99 U/g) com 0,3 g de biomassa. Para as reações com o substrato a 25 % com 10 min de reação, o mesmo comportamento na atividade da lipase foi observado, com uma redução máxima de 49,94 %, quando 0,3 g de biocatalisador foi aplicada como catalisador.

Na literatura, resultados similares já foram reportados. No trabalho de Lima e colaboradores (2017), foram avaliados as atividades do fungo *Penicillium citrinum*, onde 10 % de substrato, 10 min de reação e 0,1 g de biomassa foram utilizados como parâmetros na determinação da atividade das células íntegras, obtendo atividades de  $80,12 \pm 1,93$  a  $256,81 \pm 1,82$  U/g. As mesmas condições foram empregadas por Marotti e colaboradores (2017) e Lima e colaboradores (2019), onde as biomassa de fungos do gênero *Penicillium* alcançaram atividades entre  $49,9 \pm 1,3$  a  $199,3 \pm 9,5$  U/g e  $36,78 \pm 12,01$  a  $271,67 \pm 10,47$  U/g, respectivamente. Braz e colaboradores (2020), obtiveram  $160 \pm 5,3$  U/g com 10 % substrato, 5 min de reação e 0,1 g de biomassa do fungo *Mucor circinelloides*.

## 7 CONCLUSÕES

O aumento da concentração do substrato teve efeito negativo sob a atividade da lipase e que o aumento do tempo de reação e massa de biomassa não proporcionaram aumento de atividade lipolítica da biomassa, foi definido que para a determinação da atividade hidrolítica das células íntegras do fungo *Rhizopus oryzae* CCT3759 os seguintes parâmetros devem ser adotados: 10% (m/v) de substrato, 0,1g de biocatalisador e 5 min de reação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNIFAL-MG pelo apoio técnico e financeiro e também ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) com a concessão de bolsa.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. S. S. *et al.* *Mucor circinelloides* whole-cells as a biocatalyst for the production of ethyl esters based on babassu oil. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 37, n. 12, p. 2539–2548, 2014.

BRAZ, C. A. *et al.* Production of Value-Added Microbial Metabolites: Oleaginous Fungus as a Tool for Valorization of Dairy By-products. **BioEnergy Research**, p. 1–11, 2020.

LIMA, R. T. *et al.* Mycelium-bound lipase from *Penicillium citrinum* as biocatalyst for the hydrolysis of vegetable oils. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 22, p. 101410, 2019.

LIMA, R. T. Produção de células íntegras de *Penicillium citrinum* para aplicação na hidrólise do óleo de soja. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Calda, 2017.

PUTHLI, M. S.; RATHOD, V. K.; PANDIT, A. B. Enzymatic hydrolysis of castor oil: Process intensification studies. **Biochemical Engineering Journal**, v. 31, p. 31-41, 2006.

REIS, W. S. M. *et al.* Production and Characterization of Whole-Cell *Rhizopus oryzae* CCT3759 to be Applied as Biocatalyst in Vegetable Oils Hydrolysis. **Catalysis Letters**, p. 1-11, 2021.

RIOS, N. S. *et al.* Further stabilization of lipase from *Pseudomonas fluorescens* immobilized on octyl coated nanoparticles via chemical modification with bifunctional agents. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 141, p. 313–324, 2019.

## **Análise de falha de uma alavanca de engate de marchas automotivo**

**Alex Noronha da Silva<sup>1</sup>; Sandro Rosa Correa<sup>1</sup>.**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[alexnoronhavr@gmail.com](mailto:alexnoronhavr@gmail.com)*

### **RESUMO**

Atualmente dentro do plano de desenvolvimento de novos veículos comerciais, temos os testes de campo em vias urbanas e rurais que visam a certificação e o desenvolvimento de todos os sistemas e componentes desse novo modelo. Esse estudo teve como objetivo analisar a falha de uma alavanca de engate de marchas utilizada em ônibus destinados ao mercado mexicano. Foram realizadas caracterizações da peça falhada para verificação de suas características mecânicas e metalúrgicas utilizando como referência as normas de engenharia para qual foi projetada. Foram observadas marcas de fadiga que são características de componentes que sofrem carregamentos cíclicos. O material base apresentou características típicas de um material SAE 1018, entretanto as trincas originaram de defeitos ocasionados na execução da solda de união da barra utilizada como alavanca de engate.

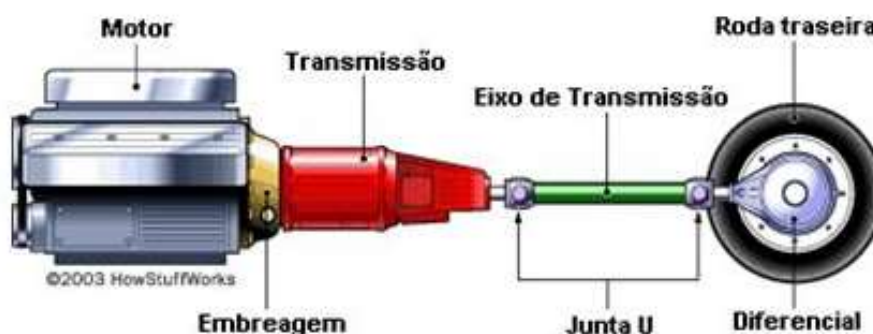
**Palavras-chave:** Alavanca de engate. Caminhão. Fadiga. Solda. Fratura.

### **1 INTRODUÇÃO**

Em um sistema propulsor convencional de um veículo utilitário, temos basicamente um motor de combustão interna, um sistema de transmissão com engrenagens internas (caixa de câmbio ou marchas), eixo cardan, eixo traseiro, além de rodas e pneus, que fazem com que o veículo tenha uma maior eficiência em suas velocidades de trabalho conforme mostrado na figura 1.

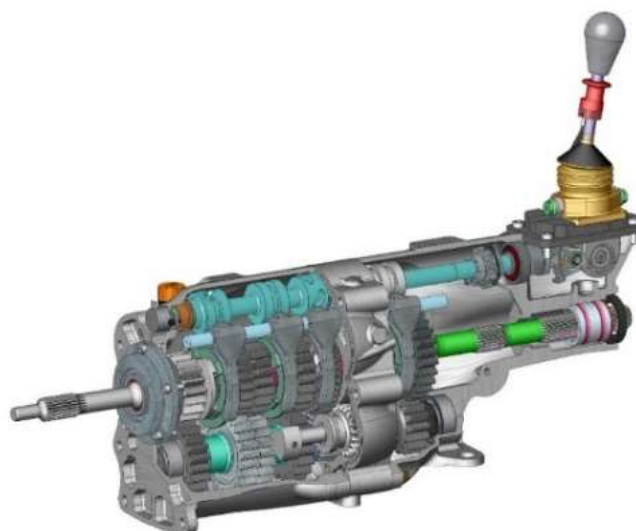


Figura 1 – Componentes de um sistema de propulsor convencional

Fonte: Site Portal Lubes<sup>2</sup>

A caixa de câmbio é um componente construído com engrenagens que fazem as combinações para as trocas de marchas. Nos automóveis em que a troca das marchas é feita manualmente, ele também comporta a alavanca de marchas do câmbio, item do nosso estudo, e esse é o responsável por mover as engrenagens, e assim modificar as marchas conforme figura 2.

Figura 2 - Caixa de câmbio.

Fonte: Site Educação Automotiva<sup>3</sup>

<sup>2</sup> <https://portallubes.com.br/2016/11/sistema-de-transmissao/> - Acessado em 30/09/2021.

<sup>3</sup> <https://educacaoautomotiva.com/2018/06/24/cambio-como-funciona/> - Acessado em 28/09/2021.

O subcomponente da caixa de câmbio, a alavanca de engate, é uma barra maciça de perfil circular de aço, com seções unidas por soldagem utilizando o processo GMAW (Gas Metal Arc Welding), figura 3.

Figura 3 – Alavanca de engate de marchas de ônibus.



Fonte: O autor

Essa alavanca de engate é submetida a esforços e vibrações em toda sua vida útil, isto proveniente do trabalho nas trocas de marchas e vibrações recebidas do veículo em seu uso cotidiano, que varia de acordo com a operação, topografia e pavimentação.

A literatura especializada tem mostrado que, dentre as distintas causas de falha de componentes mecânicos, a mais comum é devida à fadiga do material. Do número total de falhas, as provocadas por fadiga perfazem de 50% a 90%, sendo na maioria das vezes falhas que ocorrem de forma inesperada, repentinamente, portanto bastante perigosas. A fadiga é uma redução gradual da capacidade de carga do componente, pela ruptura lenta do material, consequência do avanço quase infinitesimal das fissuras que se formam no seu interior. Este crescimento ocorre para cada flutuação do estado de tensões. As cargas variáveis, sejam cíclicas ou não, fazem com que, ao menos em alguns pontos, tenhamos deformações plásticas também variáveis com o tempo. (DA ROSA, 2002, p. 223).

Estas deformações levam o material a uma deterioração progressiva, dando origem à trinca, a qual cresce até atingir um tamanho crítico, suficiente para a ruptura final, em geral brusca, apresentando características macroscópicas de uma fratura frágil. (DA ROSA, 2002).

Na figura 4 se observa a alavanca de engate fraturada que será o objeto de análise do artigo, com intuito de identificar a causa da falha ocorrida nos testes de desenvolvimento realizados nas vias urbanas e rurais.

Figura 4 – Alavanca de engate fratura nos testes de rodagem.



Fonte: O autor

## 2 METODOLOGIA

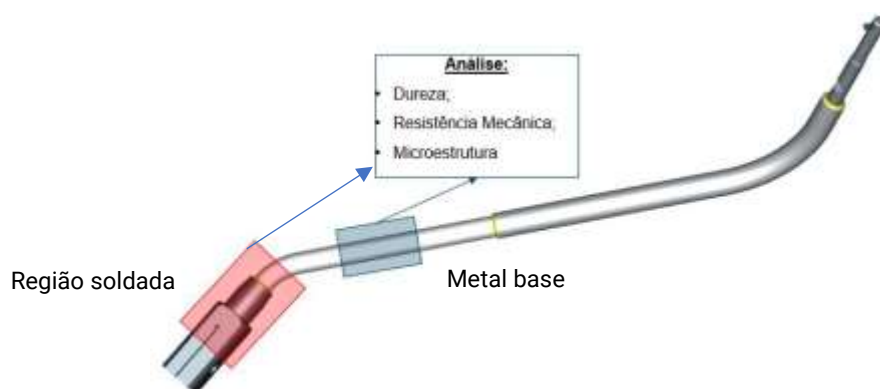
Foi utilizado um veículo do tipo Ônibus com 15 toneladas de PBT – Peso bruto total em um circuito urbano e rural que tem uma duração de 180.000 km e nesse circuito temos velocidades controladas de acordo com o tipo de via, topografia e localidade. A alavanca de engate teve uma quebra que gerou a falha com 85.000 km de teste, sendo necessário o veículo retornar rebocado para a oficina para reparo. Para chegar à causa da falha, foi feita a caracterização da barra de aço feita com o material SAE 1018 conforme norma SAE J 1397-92, cordão de solda e da região falhada, nos laboratórios de materiais da Volkswagen:

1. Ensaio mecânico: Foram realizados ensaios de dureza Brinell no durômetro Instron Wolpert.
2. Metalografia da barra de aço: A análise metalográfica foi feita no Microscópio Óptico Olympus BX61.
3. A análise da superfície de fratura foi realizada utilizando o microscópio de eletrônico de varredura (MEV) Evo MA10

4. Análise macroscópica da superfície da região falhada com Estereoscópio Olympus SC30;

A figura 5 mostra as regiões que foram retiradas amostras para os ensaios de caracterização. Vale ressaltar que a região em vermelha foi a que apresentou a falha.

Figura 5 – Esquema da região amostrada da alavanca de engate para caracterização.



Fonte: O autor.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de dureza são apresentados na tabela 1 e estão dentro da faixa especificada para o material SAE 1018 conforme norma SAE J 1397-92.

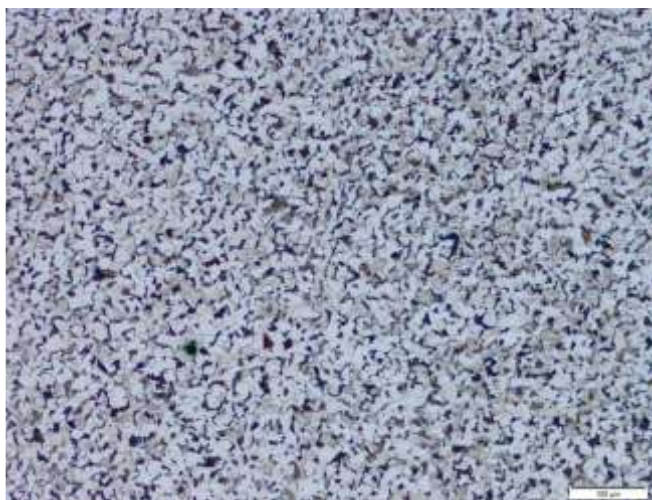
Tabela 1 – Resultado do ensaio de dureza

Dureza Brinell (HB)		
Amostra	Especificado	Encontrado
Metal base	126	186

Fonte: O Autor

Foi realizada a análise metalográfica do metal base com ataque nital 3% e foi observada uma microestrutura equiaxial homogênea composta de uma matriz ferrítica e baixa fração volumétrica de perlita, figura 6.

Figura 6 – Microestrutura do metal base – Ataque nital 3%. Aumento 100X.

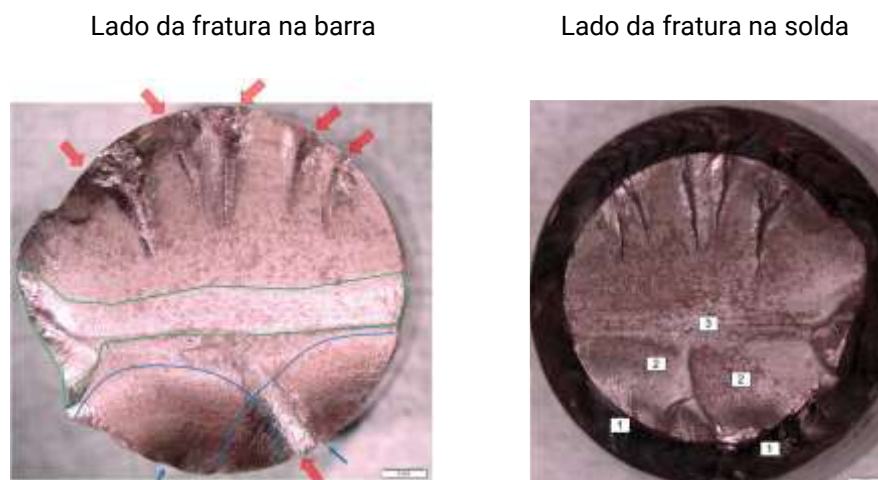


Fonte: O autor.

Observa-se na figura 7 e figura 8 diversos pontos de nucleação da trinca. Acredita-se que as nucleações desses diversos pontos aconteceram de forma simultânea, pois é possível identificar na fratura as marcas de catraca (setas vermelhas). Essas marcas de catraca são características de fratura por fadiga (CAMPANHARO et al, 2018).

Duas frentes bem características de nucleação de trinca por fadiga foram apontadas pelas setas em azul. As linhas em azul indicam as marcas de praia, indício de fratura por fadiga. Já em verde foi delimitado a região de fratura final por sobrecarga. Nota-se, que neste caso a fratura final ocorreu no centro da peça.

Figura 7 – Regiões da fratura. (1) Nucleação da trinca; (2) Crescimento estável da trinca; (3) Fratura final.



Fonte: O Autor.

Após a retirada da tinta que recobria a solda, verificou-se um cordão de solda com defeitos superficiais, mostrando uma solda mal executada. Além disso, nota-se que a fratura ocorre em sua maior parte na barra em região próxima da solda como mostra as setas em vermelho, figura 8.

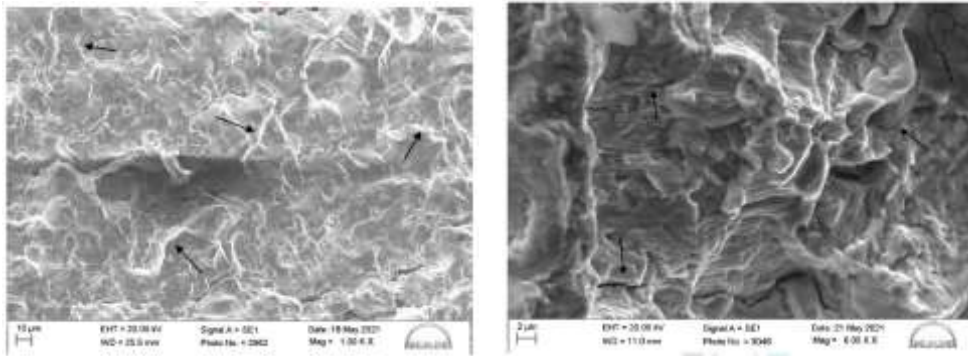
Figura 8 – Região da solda com fratura.



Fonte: O Autor.

Os fractogramas (a) e (b) são mostrados figura 9, foi possível observar a região de aspecto amassado com presença de linhas de formação na superfície de fratura (setas pretas) e região de crescimento estável da trinca: estrias de fadiga bem definidas e trincas secundárias (setas pretas), respectivamente, características de materiais que sofreram carregamentos cíclicos (MIRANDA, 2021).

Figura 9 – Fractogramas da superfície de fratura obtidas no MEV.



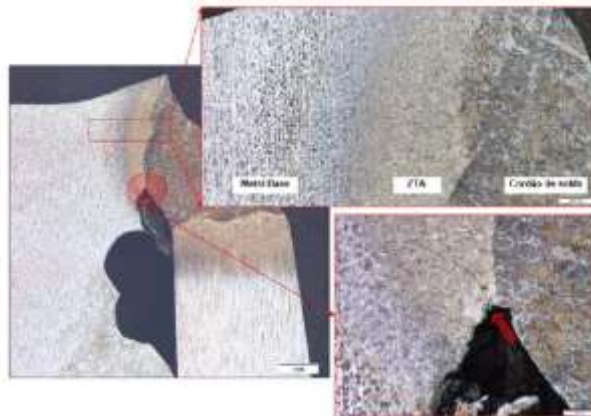
Fractograma (a)

Fractograma (b)

Fonte: O autor.

Já a figura 10 mostra a região da solda onde é possível observar na seta vermelha a formação de uma trinca na região interna da barra, que cresce na direção do metal base.

Figura 10 – Micrografia da região da junta soldada.



Fonte: O autor.

#### 4 CONCLUSÕES

Após análises de conformidade do material, constatou-se que a peça atende ao especificado em desenho para resistência mecânica, e chegou-se as seguintes conclusões:

1) Análise micrográfica via MEV da região falhada apresentou evidências de fratura por fadiga do material e uma fratura final caracterizada por micromecanismo dúctil;

2) Análise macrográfica mostra que houve nucleação de trinca em diversos pontos de forma radial, sendo dois deles bem visíveis. Observa-se, também, soldagem mal executada e com defeitos superficiais que contribuíram para o processo de fratura por gerar concentradores de tensão;

3) Análise micrográfica da superfície transversal da região falhada indicou que as trincas ocorreram na região da ZTA e caminharam na direção do metal base (ponto de menor dureza).

## REFERÊNCIAS

Campanharo, Brunno Fontoura; Amorim, Pablo Altoé. **Análise de falha em parafusos estruturais de máquinas de ensaio de fadiga de tubos flexíveis**. 73º Congresso Anual da ABM – Internacional, 2018, São Paulo, Brasil.

Da Rosa, Edison. **Análise da Resistência Mecânica** – Mecânica da Fratura e Fadiga. 2002, 223p. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica.

Miranda, R.S.; Cruz, C.; Cheung, N.; Cunha, A.P.A. **Fatigue Failure Analysis of a Speed Reduction Shaft**. *Metals* 2021, 11, 856. <https://doi.org/10.3390/met11060856>

Society of Automotive Engineers SAE. J 1397. **Estimated mechanical properties and machinability of steel bars**. Ed. 1992.

<https://educacaoautomotiva.com/2018/06/24/cambio-como-funciona/>, consulta realizada em 28 de setembro de 2021.

<https://portallubes.com.br/2016/11/sistema-de-transmissao/>, consulta realizada em 30 de setembro de 2021.



## Síntese da heteroestrutura $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$ assistida por polietilenoimina

**Lara Barbosa de Oliveira Pinheiro<sup>1</sup>; Tamires Martinhão Machado<sup>2</sup>; Bojan A. Marinkovic<sup>1,2</sup>**

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.

2 – PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

[poliveiralara@hotmail.com](mailto:poliveiralara@hotmail.com)

### RESUMO

O processo de fotocatalise heterogênea tem sido cada vez mais estudado para degradação de poluentes atmosféricos. Como principal material utilizado para este fim, o  $\text{TiO}_2$  tem sua capacidade fotocatalítica restringida à sua alta energia de banda proibida, que utiliza apenas radiação ultravioleta para formação de pares elétron-buracos e, conseqüentemente, radicais oxidativos, ativos na mitigação de agentes poluentes. Desta forma, algumas estratégias estão sendo adotadas com o intuito de diminuir o gap de energia do  $\text{TiO}_2$ , aumentando a faixa de comprimentos de onda úteis para fotocatalise heterogênea. Este trabalho destina-se à obtenção de heteroestruturas do tipo casca-caroço (*core-shell*) de  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$  para posterior aplicação em fotocatalise heterogênea para abatimento de gases  $\text{NO}_x$ . O acoplamento do semicondutor  $\text{TiO}_2$  com nanocristais de  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  e moléculas de acetilacetona (Acac) pode levar ao aumento do intervalo de comprimentos de onda de excitação do  $\text{TiO}_2$  para as regiões do infravermelho e do visível, respectivamente.

**Palavras-chave:**  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$ . PEI. Co-precipitação. MEV.

## 1 INTRODUÇÃO

A cada ano, novos materiais luminescentes são pesquisados a fim de se atender às diversas demandas da sociedade atual, no desenvolvimento de dispositivos ópticos como lasers, diodos de emissão de luz, células fotovoltaicas e compostos marcadores biológicos. Assim, compostos luminescentes à base de fluoreto de sódio e ítrio são excelentes candidatos a essas aplicações, uma vez que possuem propriedades como alta transparência nas regiões do ultravioleta, visível e

infravermelha, (UV-Vis-NIR), alto índice de refração, baixa energia de fônon, entre outras (DINIC 2020).

Em especial, o fluoreto de sódio e ítrio dopado com íons itérbio e érbio ( $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$ ) é conhecido pelo fenômeno de conversão de fótons de baixa energia para fótons de alta energia (espectros IV para visível e/ou UV), processo esse denominado de conversão ascendente (*up-conversion*). Além disso, requisitos específicos como tipo de fase cristalina e morfologia de partículas, favorecem a eficiência desse processo (LI C. et al, 2007).

Este trabalho se destinou em desenvolver uma metodologia simples e de baixa temperatura para a obtenção de nanocristais de fluoreto de sódio e ítrio. Como estratégia experimental para controle da morfologia de partículas, a síntese do  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  ocorreu na presença do agente quelante polietilenoimina (PEI), que modula o crescimento de cristais.

Posteriormente, as partículas de  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  foram recobertas com o sistema  $\text{TiO}_2\text{-Acac}$ , levando à formação da heteroestrutura  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$ , para aplicação em fotocatalise heterogênea. A fotocatalise heterogênea consiste em um semicondutor que, ao absorver luz cujo fóton tem energia igual ou maior que seu band gap (banda proibida), faz com que haja a formação de um par eletrônico elétron/buraco ( $e^-/h^+$ ), devido à promoção de um elétron da banda de valência (BV) para a banda de condução (BC). Esse par forma radicais ativos quando espécies químicas que estão adsorvidas na superfície do semicondutor, interagem com ele. Radicais oxidativos como a hidroxila ( $\text{OH}^\cdot$ ) e superóxido ( $\text{O}_2^\cdot^-$ ) podem degradar o  $\text{NO}_x$ , que é um dos grandes poluentes gasosos relacionado às questões ambientais e climáticas.

O  $\text{TiO}_2$  é um dos fotocatalisadores mais utilizados na fotocatalise heterogênea, porém devido ao seu alto *band gap*, tem baixa atividade fotocatalítica efetiva no espectro visível, sendo ativo principalmente sob luz UV. Entretanto, a modificação da sua superfície pelo acetilacetona (Acac) aumenta a sua atividade catalítica (HABRAN M. et al, 2018). A síntese de heteroestruturas do tipo *core-shell*, utilizando nanocristais conversores ascendentes de energia, se mostra eficiente para reações fotocatalíticas visto que a absorção da luz solar de frequência no infravermelho e emissão de luz de frequência no UV-visível por um nanocristal conversor tende a aumentar a eficiência

da fotocatalise. Dessa forma, o  $\text{NaYF}_4$  pode servir como um intermediário que emite luz visível que ao ser absorvida pelo  $\text{TiO}_2$  produz reações fotocatalíticas mais eficientes.

## 2 METODOLOGIA

A síntese de nanoestruturas de  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  foi realizada via método de coprecipitação a partir de soluções dos sais nitratos e fluoreto de sódio de concentração igual à  $0,35 \text{ mol L}^{-1}$ . A composição de cada componente foi determinada a partir da composição nominal  $\text{NaY}_{0.8}\text{Yb}_{0.17}\text{Er}_{0.03}\text{F}_4$ . Inicialmente foram preparadas soluções aquosas de sais nitratos. Adicionalmente, a estas soluções aquosas de Nitratos de ítrio ( $\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ ), itérbio ( $\text{Yb}(\text{NO}_3)_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$ ) e érbio ( $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$ ) foram adicionados em 12 mL da solução do polietilenoimina (PEI). Posteriormente, uma solução de fluoreto de sódio (NaF), previamente preparada, foi adicionada sob agitação magnética na solução dos sais nitratos. O pH foi ajustado e mantido em 12 com a adição conveniente de solução de hidróxido de sódio (NaOH) a  $1 \text{ mol L}^{-1}$ . A síntese foi mantida sob agitação por 1 h. Ao final desse tempo, o precipitado foi centrifugado por 5 minutos sob 5000 RPM, lavado com água destilada e etanol três vezes, e então seco em estufa a  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Após a uma inicial caracterização por difração de raios-X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV), uma parte do pó previamente sintetizado foi utilizado para recobrimento com o sistema  $\text{TiO}_2\text{-Acac}$  segundo o seguinte procedimento: 40 mg de pó do composto  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  foi disperso em  $140 \text{ }\mu\text{L}$  de etanol e banho ultrassônico por 5 minutos. Logo em seguida,  $20 \text{ }\mu\text{L}$  de acetilacetona (Acac) foram adicionados à suspensão de  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  e sonicada por mais 5 minutos, obtendo-se uma suspensão de cor amarelada. Então,  $14,8 \text{ }\mu\text{L}$  de isopróxido de titânio (TTIP) foram adicionados à suspensão amarelada sob agitação magnética, em temperatura ambiente, por 40 min. Para que a reação de hidrólise se iniciasse,  $89 \text{ }\mu\text{L}$  de ácido nítrico  $0,015 \text{ mol/L}$  foram adicionados ao sistema sob agitação magnética, seguido de aquecimento a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  por 8 horas, a fim de assegurar a reação de condensação e formação de  $\text{TiO}_2\text{-Acac}$ . O xerogel avermelhado  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@ \text{TiO}_2\text{-Acac}$  foi obtido após a completa evaporação do solvente com o auxílio de um dessecador, em

temperatura ambiente. Finalmente, o pó do composto  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@ \text{TiO}_2\text{-Acac}$  foi mantido em estufa em  $100\text{ }^\circ\text{C}$  por 12 horas para completa secagem do material.

Os difratogramas das amostras preparadas foram coletados em um difratômetro D8 Advance da Bruker, radiação  $\text{CuK}_\alpha$  ( $K_\alpha = 1,5418\text{ \AA}$ ), no intervalo  $2\theta = 10\text{-}70^\circ$ , utilizando-se passos de  $0,02^\circ$  e 1 s por passo. As imagens de MEV foram adquiridas por um microscópio eletrônico de varredura da Hitachi, modelo TM3000, acoplado a um espectrômetro de raios-X por dispersão de energia (EDS), modelo SwiftED3000.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a fotografia do material obtido em cada etapa do procedimento experimental.

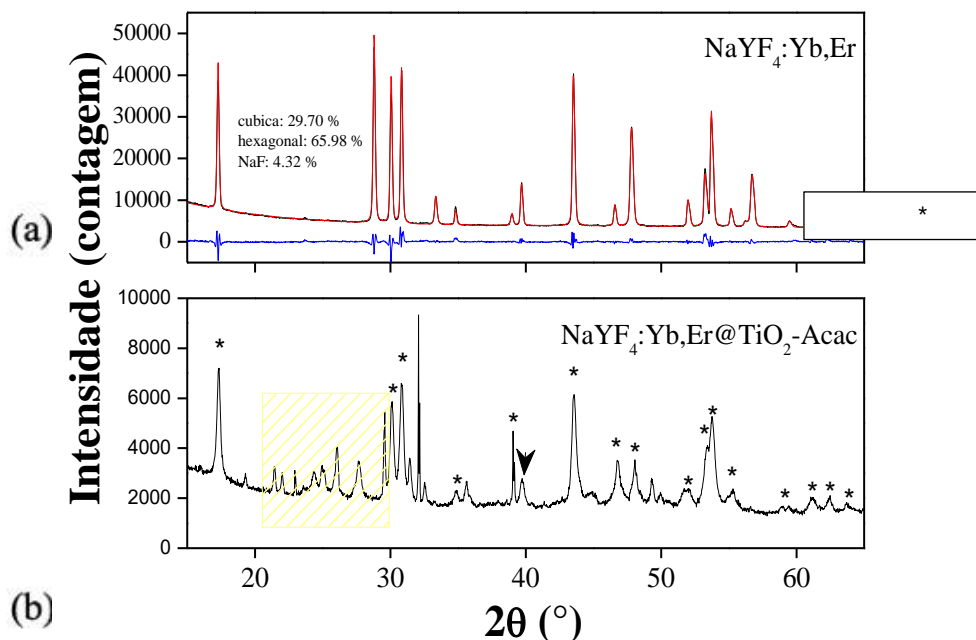
Figura 22 - Fotografia da amostra preparada em cada etapa do procedimento experimental. Sendo (a) pó do composto  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  disperso em etanol, (b) adição de acetilacetona (Acac) à suspensão de  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  e (c) obtenção de  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@ \text{TiO}_2\text{-Acac}$ .



Fonte: (AUTOR, 2021)

A mudança da coloração do material sugere a formação da heteroestrutura  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@ \text{TiO}_2\text{-Acac}$  e sua absorção na região do visível. A Figura 2 mostra os difratogramas da amostra  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  e da heteroestrutura  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@ \text{TiO}_2\text{-Acac}$ .

Figura 2 - Difratoograma das amostras  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  (a) e  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$  (b).



Fonte: (AUTOR, 2021)

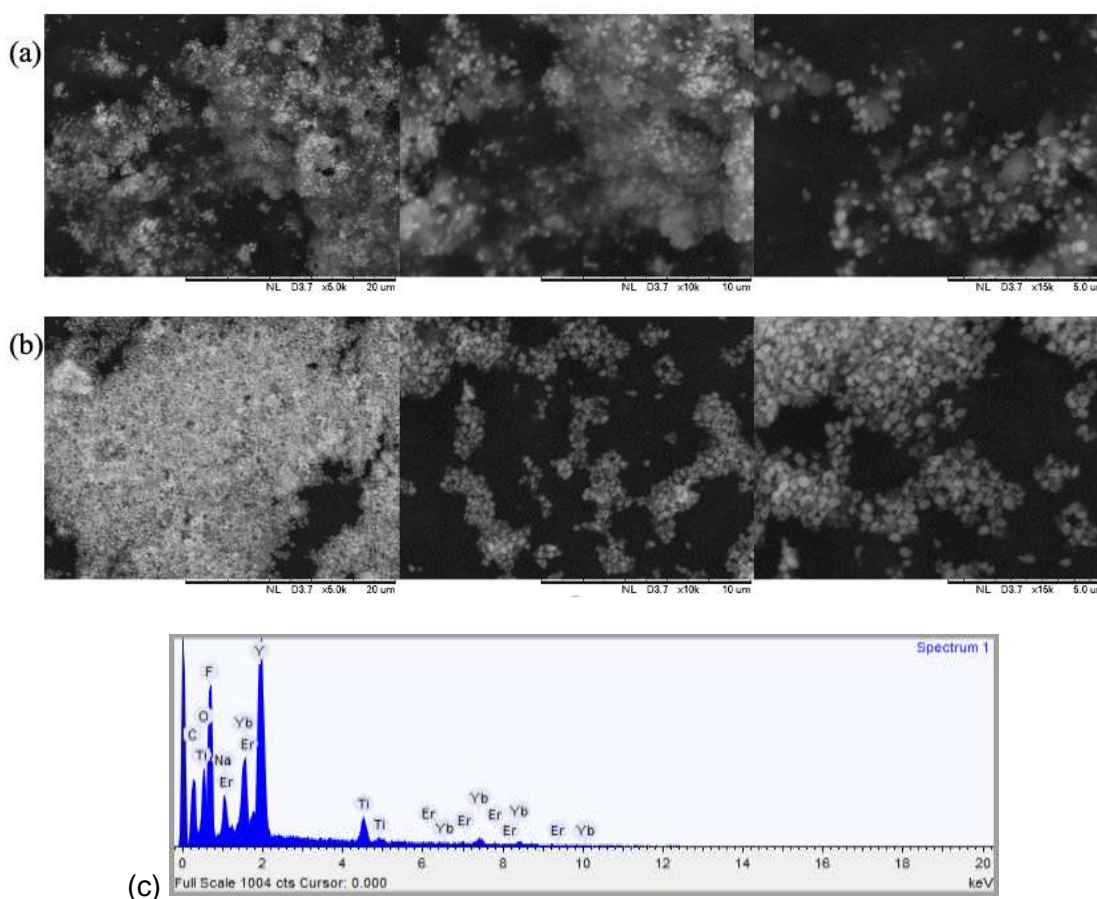
O difratograma da amostra  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  (Figura 2a) apresenta picos das fases hexagonal e cúbica, além da NaF. A análise realizada via método de refinamento de Rietveld revelou que a amostra preparada é constituída de 29,70% de fase cúbica, 66,00% de fase hexagonal e 4,3% de NaF. O pico localizado em  $2\theta = 38,84^\circ$  refere-se ao NaF possivelmente do excesso de NaF utilizado na síntese com o objetivo de induzir a formação de  $\text{NaYF}_4$ . Durante o processo de secagem e calcinação, o NaF remanescente da solução mãe pode ter sido depositado sobre os cristais de  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  (KUZNETSOV S. V. et al, 2012).

Por outro lado, o difratograma obtido para a heteroestrutura  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$  mostra predominância na obtenção da fase hexagonal (demarcados por um \*), sem apresentar picos da fase cúbica. Além disso, o difratograma ainda apresenta picos referentes às fases  $\text{YF}_3$  (em amarelo) e NaF (apontado por uma seta). A obtenção das fases  $\text{YF}_3$  e NaF pode indicar que o processo de recobrimento, que utiliza temperatura e agitação vigorosa, está induzindo a formação da fase  $\beta\text{-NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  (hexagonal), o que é um resultado esperado, seguida da decomposição térmica da fase hexagonal. Assim, pode-se sugerir que o

material obtido tenha sido constituído de diferentes heteroestruturas:  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$  e  $\text{YF}_3:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$ , que também são bastante utilizados em processos fotocatalíticos.

A morfologia dos materiais foi estudada por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV). A Figura 3 mostra as imagens MEV para as amostras  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  e  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$ , além do espectro de EDS da amostra  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$ .

Figura 23 - Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura da amostra  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  (a) e  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$  (b) e EDS (c).



Fonte: (AUTOR, 2021)

Pela análise das imagens da Figura 3 (a) é possível sugerir que as partículas apresentam formatos de prismas hexagonais, com tamanho estimado de até 500 nm. As partículas estão dispersas, não apresentando grandes aglomerados.

A Figura 3 (b) mostra partículas aparentemente com mesmo tamanho que as da Figura 3 (a), indicando a formação da camada externa bem fina de  $\text{TiO}_2$ . O espectro

de EDS confirma a obtenção da heteroestrutura  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}@\text{TiO}_2\text{-Acac}$ , uma vez que apresenta sinal de Ti, de intensidade significativa. Confirmando que o processo de recobrimento foi, aparentemente, bem-sucedido.

#### 4 CONCLUSÕES

O método de síntese por co-precipitação mostrou-se eficiente na obtenção de partículas do conversor ascendente  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$ . A síntese assistida por PEI mostrou a obtenção de partículas hexagonais, monodispersas e de morfologia bem definida. Além disso, o espectro de EDS confirma a formação da heteroestrutura  $\text{NaYF}_4:\text{Yb}^{3+},\text{Er}^{3+}$  e  $\text{TiO}_2\text{-Acac}$ , com ampla faixa de absorção no visível de acordo com a mudança de cor do pó, sugerindo alto potencial para fotocatalise e degradação de poluentes como o  $\text{NO}_x$ .

#### AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Síntese de Nanomateriais do Departamento de Engenharia Química e de Materiais da PUC-Rio (DEQM/Puc-Rio) onde a síntese dos materiais foi realizada. E ao Laboratório de Caracterização de Materiais do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) pela realização da difração de raios-X (DRX).

#### REFERÊNCIAS

- DINIC, I. et al. Up-converting nanoparticles synthesis using hydroxyl-carboxyl chelating agents: fluoride source effect. **Journal of Chemical Physics**, [s. l.], Agosto 2020. DOI 10.1063/5.0016559. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343919489\\_Up-converting\\_nanoparticles\\_synthesis\\_using\\_hydroxyl-carboxyl\\_chelating\\_agents\\_Fluoride\\_source\\_effect](https://www.researchgate.net/publication/343919489_Up-converting_nanoparticles_synthesis_using_hydroxyl-carboxyl_chelating_agents_Fluoride_source_effect). Acesso em: 18 setembro 2021.
- LI, C. et al. Highly Uniform and Monodisperse  $\beta\text{-NaYF}_4:\text{Ln}^{3+}$  (Ln = Eu, Tb, Yb/Er, and Yb/Tm) Hexagonal Microprism Crystals: Hydrothermal Synthesis and Luminescent Properties. **Inorganic Chemistry**, [s. l.], v. 46, n. 16, p. 6329–6337, 30 jun. 2007. DOI

<https://doi.org/10.1021/ic070335i>. Disponível em:  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ic070335i>. Acesso em: 18 setembro 2021.

HABRAN, M. et al. TiO<sub>2</sub> anatase nanorods with non-equilibrium crystallographic {001} facets and their coatings exhibiting high photo-oxidation of NO gas. **Environmental Technology**. v. 39, p. 231–239. 2018. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/313887792\\_TiO\\_2\\_anatase\\_nanorods\\_with\\_nonequilibrium\\_crystallographic\\_001\\_facets\\_and\\_their\\_coatings\\_exhibiting\\_high\\_photo-oxidation\\_of\\_NO\\_gas](https://www.researchgate.net/publication/313887792_TiO_2_anatase_nanorods_with_nonequilibrium_crystallographic_001_facets_and_their_coatings_exhibiting_high_photo-oxidation_of_NO_gas). Acesso em: 30 setembro 2021.

KUZNETSOV, S. V. et al. Synthesis and luminescent characteristics of submicron powders on the basis of sodium and yttrium fluorides doped with rare earth elements. **Nanotechnologies in Russia**, v. 7, ed. 11-12, p. 615–628, jun. 2012. DOI 10.1134/S1995078012060067. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/257864304\\_Synthesis\\_and\\_luminescent\\_characteristics\\_of\\_submicron\\_powders\\_on\\_the\\_basis\\_of\\_sodium\\_and\\_yttrium\\_fluorides\\_doped\\_with\\_rare\\_earth\\_elements](https://www.researchgate.net/publication/257864304_Synthesis_and_luminescent_characteristics_of_submicron_powders_on_the_basis_of_sodium_and_yttrium_fluorides_doped_with_rare_earth_elements). Acesso em: 14 abr. 2020.



## **Produção de copos biodegradáveis utilizando biomassa de coco**

**Tulio Cezar de Aguiar Oliveira<sup>1</sup>; Paola Sara Martins Furtado<sup>1</sup>; Ana Luísa Léo Vasconcelos<sup>1</sup>; Rhayanna Diz Gonçalves<sup>1</sup>; Ana Carolina Callegario Pereira<sup>1</sup>; Cirlene Fourquet Bandeira<sup>1</sup>; Sérgio Roberto Montoro<sup>1</sup>**

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[sergio.montoro@foa.org.br](mailto:sergio.montoro@foa.org.br)

### **RESUMO**

Acredita-se que no Brasil a produção de copo descartável esteja próxima de 100 mil toneladas ano, visto que a reciclagem de plástico no Brasil não acontece em todas as regiões. São consumidos no Brasil aproximadamente 720 milhões de copos plásticos descartáveis diariamente, o equivalente a 1.500 toneladas de resíduos por dia, em média. Destes, apenas 22% são reciclados. Arelado a este problema quanto a reciclagem dos copos descartáveis, deve se levar em consideração a dificuldade em realizar de maneira correta a destinação, dado que atualmente os materiais são descartados de forma errada e vão parar nos aterros sanitários. Um copo plástico descartável demora cerca de 250 a 400 anos para se decompor e, mesmo após esse período, todo ele pode continuar presente no meio ambiente, pois acaba se transformando em micro plástico e continua na natureza. O objetivo geral deste trabalho será o desenvolvimento de copos descartáveis usando polipropileno reforçado com fibras de coco e avaliar suas características mecânica e térmica, além da viabilidade econômica, comparando os benefícios financeiros e ambientais gerados pela troca dos tradicionais copos plásticos de poliestireno pelos copos sustentáveis. A incorporação da biomassa de coco no PP, nas proporções de 10%, 20% e 30% (m/m) será realizada através de um homogeneizador termocinético marca *Dryzer*, disponível no Laboratório de Processamento de Materiais do UniFOA. Ao término dos processamentos das três famílias de compósitos, os mesmos serão moídos em um moinho de facas disponível no Laboratório de Processamento de Materiais do UniFOA. Os compósitos moídos serão usados para a confecção dos corpos de provas para os ensaios mecânicos e também para as demais caracterizações. Até o momento foi processado o compósito contendo 10% de fibras e realizado o ensaio de tração. Na formulação com 10% de pó da biomassa de coco pode-se verificar um aumento de 15% do módulo elástico quando comparado ao

polímero puro. Com os resultados obtidos até o momento, pode-se concluir que será vantajoso inserir a biomassa de coco para a produção de copos biodegradáveis, uma vez que parte da matéria prima não renovável (PP) será substituída por uma matéria prima de fonte renovável e com características biodegradáveis (biomassa de coco).

**Palavras-chave:** Reciclagem. Sustentabilidade. Biomassa renovável.

## 1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial é um grande marco da humanidade. Foi a partir desse período que os produtos deixaram de ser manufaturados e passaram a ser maquinofaturados, o que permitiu uma produção em massa, com maior oferta de produtos no mercado e, conseqüentemente, preços mais acessíveis à população (CAVALCANTE; SILVA, 2011). Acredita-se que atualmente no Brasil a produção de copo descartável esteja próxima de 100 mil toneladas ano, visto que a reciclagem de plástico no Brasil é muito precária. Destes, apenas 22% é reciclado, de acordo com Moraes (2015). Entre os maiores sendo que o preço por quilo do material pode ser vendido por até R\$0,20.

Sendo assim é necessário ter mais de 400 copos descartáveis para obter um quilo, ressaltando que desde sua invenção ainda em 1950, apenas 9% foi realmente reciclado para entrar novamente no ciclo de produção. Atrelado a este problema quanto a reciclagem dos copos descartáveis, deve se levar em consideração a dificuldade em realizar de maneira correta a destinação, dado que atualmente os materiais são descartados de forma errada e vão parar nos aterros sanitários, um copo plástico descartável demora cerca de 250 à 400 anos para se decompor e mesmo após esse período todo ele pode continuar presente no meio ambiente, pois acaba se transformando em micro plástico e continua na natureza já que o copo descartável é feito de poliestireno, um componente derivado do petróleo uma matéria prima que não é renovável.

O objetivo geral deste trabalho será o desenvolvimento de copos descartáveis usando polipropileno reforçado com biomassa de coco e avaliar suas características mecânica e térmica, além da viabilidade econômica, comparando os benefícios financeiros e ambientais gerados pela troca dos tradicionais copos plásticos de poliestireno pelos copos sustentáveis.

## 2 METODOLOGIA

A incorporação da biomassa de coco no PP, nas proporções de 10%, 20% e 30% (m/m) foi realizada através de um homogeneizador termocinético marca *Dryzer*, disponível no Laboratório de Processamento de Materiais do UniFOA.

Ao término dos processamentos das três famílias de compósitos, os mesmos foram moídos em um moinho de facas disponível no Laboratório de Processamento de Materiais do UniFOA. Os compósitos moídos serão usados para a confecção dos corpos de provas para os ensaios mecânicos e também para as demais caracterizações.

Até o momento foi processado o compósito contendo 10% de biomassa e realizado o ensaio de tração.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises de resistência a tração, verificou-se que a adição da biomassa de coco ao PP acarretou um aumento significativo na resistência mecânica (tensão máxima), quando comparados ao PP puro.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios de tração realizados no PP puro e no compósito reforçado com 10% de biomassa de coco. Na formulação com 10% de pó da biomassa de coco pode-se verificar um aumento de 15% do módulo elástico quando comparado ao polímero puro.

No trabalho realizado por Pisanu et. al (2014), na formulação com 60% de pó da fibra de coco em PEAD os autores verificaram um aumento de 26% do módulo elástico quando comparado ao polímero puro e, justificaram esse aumento devido ao fato que, uma adição de uma carga rígida, pó de coco, à matriz polimérica pode restringir a sua mobilidade e deformação resultando no aumento do módulo elástico. Vale ressaltar que, como ainda se tratam de análises preliminares, os resultados encontrados até o momento serão comparados com as demais adições de biomassa (20% e 30%) e, posteriormente, analisados e discutidos tendo como base trabalhos encontrados na literatura.

Tabela 1 - Tabela modelo (aberta nas laterais)

Material	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão máxima (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)	Alongamento (%)
PP Puro	11,30 ± 0,39	18,26 ± 0,44	167,83 ± 5,97	54,38 ± 7,89
PP-10%	13,02 ± 0,21	20,11 ± 0,11	226,37 ± 2,88	58,92 ± 5,77

Fonte: Os autores

#### 4 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos até o momento, pode-se concluir que será vantajoso inserir a biomassa de coco para a produção de copos biodegradáveis, uma vez que parte da matéria prima não renovável (PP) será substituída por uma matéria prima de fonte renovável e com características biodegradáveis (biomassa de coco).

#### REFERÊNCIAS

- CAVALCANTE, Z. V. & S; SIQUEIRA, M. L. **A importância da revolução industrial no mundo da tecnologia**. VII EPCC, Encontro Internacional de Produção Científica. Outubro, 2011.
- MORAIS, L. **Plástico: descarte correto é desafio**. Revista Ecológico. Seção Ecológico nas escolas. Maio, 2015.
- PISANU, L; VIANA, J. D.; AZEVEDO, J. B.; SANTOS, Z. I. G.; NASCIMENTO, M. L. F. **Influência do pó de fibra de coco nas propriedades mecânicas do polietileno de alta densidade**. 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá/MT, 2014.

## **Avaliação do tratamento da biomassa de bambu via solução alcalina na presença de $\text{NaBH}_4$ para aplicação como reforço em compósitos de matrizes termoplásticas**

**Sabrina Pires Arantes<sup>1</sup>; Francine Pamponet Pereira<sup>1</sup>; Ana Carolina Callegario Pereira<sup>1</sup>, Cirlene Fourquet Bandeira<sup>1</sup>, Sérgio Roberto Montoro<sup>1</sup>**

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[sergio.montoro@foa.org.br](mailto:sergio.montoro@foa.org.br)

### **RESUMO**

A crescente necessidade do consumo de tecnologias limpas fortalece as pesquisas focadas nos materiais obtidos de fontes renováveis. A utilização de fibras naturais, como uma alternativa às fibras sintéticas, na confecção de produtos comerciais contribuiu com a geração de riquezas e com a redução do impacto ambiental causado pela produção e descarte de bens de consumo já que são materiais abundantes, de fonte renovável e que contribuem para o melhor aproveitamento do potencial agrícola brasileiro. As fibras vegetais podem ser utilizadas como reforços em polímeros termoplásticos, termorrígidos e borrachas devido às suas inúmeras vantagens frente às fibras sintéticas como baixo custo, baixa densidade, biodegradabilidade, baixa abrasividade e não toxicidade. Com o objetivo de obter-se uma adesão satisfatória entre as fibras e a matriz, a biomassa foi submetida a tratamento alcalino com 5% (m/m) de NaOH e com adição de 1% (m/m) de  $\text{NaBH}_4$  na função de agente protetor. Com o intuito de avaliar as características superficiais das biomassas, antes e após o tratamento químico, as mesmas foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Após a secagem da massa de biomassa de bambu que passou pelo tratamento alcalino, foi encontrada uma massa de aproximadamente 24 g. Dessa forma, comparando-se com o valor inicial (30 g), ocorreu uma perda de massa de 6 g. Essa redução de massa era esperada, uma vez que o tratamento alcalino promove a remoção parcial de lignina, hemicelulose e outros componentes presentes na biomassa natural (por exemplo, ceras, extrativos, etc). Com o tratamento de alcalino com NaOH +  $\text{NaBH}_4$ , as fibras mais externas apresentaram uma superfície rugosa com as fibrilas mais soltas, devido ao efeito da remoção da lignina. Considerando que a lignina atua como um ligante entre as fibrilas, ao ser retirada provocou o processo de fibrilação. Através da interpretação das micrografias de microscopia eletrônica de

varredura (MEV) também pode-se afirmar que compósitos com fibras tratadas tenderão a ter uma menor quantidade de vazios e menor quantidade de *pull-out*, sugerindo maior adesão com a matriz polimérica do que os compósitos com fibras sem tratamento. Dessa forma, pode-se concluir que a biomassa da casca do bambu após sofrer o tratamento alcalino com NaOH + NaBH<sub>4</sub> pode ser uma alternativa eficiente para ser utilizada como agente de reforço em compósitos poliméricos com matrizes termoplásticas.

**Palavras-chave:** Biomassa renovável. Materiais sustentáveis. Reaproveitamento.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de fibras naturais, como uma alternativa às fibras sintéticas, na confecção de produtos comerciais contribuiu com a geração de riquezas e com a redução do impacto ambiental causado pela produção e descarte de bens de consumo já que são materiais abundantes, de fonte renovável e que contribuem para o melhor aproveitamento do potencial agrícola brasileiro. As fibras vegetais podem ser utilizadas como reforços em polímeros termoplásticos, termorrígidos e borrachas devido às suas inúmeras vantagens frente às fibras sintéticas como baixo custo, baixa densidade, biodegradabilidade, baixa abrasividade e não toxicidade (BENINI, 2011).

Além disso, são facilmente modificadas por agentes químicos. Essas características tornam as fibras vegetais materiais tecnologicamente interessantes em diversas aplicações, como em carpetes, vasos, cordas, telhas, estofados de automóveis, colchões, entre outras. Entre os exemplos de fibras naturais brasileiras estão as fibras de coco, da bananeira, da palma, de curauá, de sisal, de juta, do bagaço de cana-de-açúcar, das palhas de arroz e trigo, da piaçava, do algodão (ALBINANTE, 2013).

A maior parte dos problemas relacionados às fibras naturais se deve aos grupamentos hidrofílicos presentes em sua estrutura química. Esses grupos conferem às fibras naturais uma característica polar, enquanto os polímeros olefínicos são apolares. Misturas entre diferentes materiais apresentam uma interação interfacial muito fraca, o que resulta em produtos finais com propriedades mecânicas inferiores às dos polímeros puros.

Para se obter uma mistura polimérica uniforme e com boas propriedades, é necessário aumentar a interação entre os componentes, o que pode ser conseguido submetendo a fibra, ou o polímero, a um tratamento químico (ALBINANTE, 2013).

Tratamentos químicos na fibra natural vêm sendo amplamente pesquisados e utilizados. Entre eles, podem-se citar a mercerização, o tratamento com ácidos, com grupos silano, acetil, isocianato, permanganato e peróxido. Esses tratamentos atuam melhorando a interface entre a fibra e a matriz (ALBINANTE, 2013). Os principais componentes das fibras vegetais são celulose ( $\alpha$ -celulose), hemicelulose, lignina, pectinas e ceras.

A celulose é um polímero natural constituído por unidades repetitivas de D-anidroglicose ( $C_6H_{10}O_5$ ) unidas nas posições C1 e C4 por ligações  $\beta$ -1,4-glicosídicas. Cada unidade repetitiva contém três hidroxilas livres e o grau de polimerização (GP) da celulose é de cerca de 10.000. Como estes reforços fibrosos não conseguem formar ligações químicas diretas com a resina, em um compósito polimérico, tratamentos superficiais são, geralmente, necessários para que se obtenha uma maior adesão na interface. O tratamento alcalino (que é realizado em solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH)) é um dos tratamentos químicos mais usados para fibras vegetais.

A importante modificação feita por esse tratamento é o rompimento da ligação de hidrogênio (no grupo OH), presente na estrutura da lignina, cera e óleos que recobrem a superfície externa da parede celular da fibra, despolimerizando a celulose (MORAES, 2009). A caracterização química encontrada na literatura, indica que os tratamentos alcalinos realizados com 5% de NaOH e com adição de 1% de  $NaBH_4$  são mais competentes no arrefecimento da composição amorfa (hemicelulose) e acréscimo da composição cristalina (celulose) nas fibras lignocelulósicas (ALBINANTE et al., 2013; MERLINI et al., 2012).

O presente projeto tem como principal objetivo promover uma avaliação sobre a utilização de fibras de bambu tratadas via solução alcalina na presença de borohidreto de sódio e sua posterior utilização como agente reforçador em compósitos de polipropileno (PP).

## 2 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida para o cumprimento dos objetivos propostos neste trabalho foi otimizada e realizada para avaliar a viabilidade técnico-científica da proposta.

### 2.1. Materiais

#### *Biomassa de bambu*

A biomassa de bambu utilizada nesse trabalho foi gentilmente doada pela aluna de mestrado Francine Pomponet Pereira. As fibras de bambu foram lavadas, trituradas, moídas e peneiradas (peneira de 50 *mesh*) nos laboratórios do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA.

#### *Hidróxido de Sódio (NaOH)*

O hidróxido de sódio que foi usado nesse trabalho foi adquirido da empresa Alquilabor Suprimentos Analíticos, situada na cidade de São José dos Campos/SP. Foi usado NaOH em lentilhas PA (98% de pureza) da marca Neon.

#### *Borohidreto de Sódio (NaBH<sub>4</sub>)*

O borohidreto de sódio que foi usado nesse trabalho foi adquirido da empresa Alquilabor Suprimentos Analíticos, situada na cidade de São José dos Campos/SP. Foi usado o NaBH<sub>4</sub> PA, na forma de pó (98% de pureza) da marca Neon.

#### *Água destilada*

Para o preparo das soluções alcalinas foi utilizada água destilada, disponível no Laboratório de Química da Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba.

### 2.2. Métodos

#### *Tratamento alcalino da biomassa de bambu*

Para a realização do tratamento alcalino da biomassa de bambu foram utilizadas as metodologias descritas na dissertação de mestrado de Moraes (2010), onde o autor efetuou o tratamento superficial de fibras de sisal e na dissertação de mestrado de Gehlen (2014), onde a autora realizou o tratamento superficial em fibras de açaí e curauá.

Com o objetivo de obter-se uma adesão satisfatória entre a biomassa e uma futura matriz termoplástica, a biomassa de bambu foi submetida a tratamento



alcalino com 5% de NaOH (m/m), com adição de 1% NaBH<sub>4</sub> (m/m), na função de agente protetor.

O procedimento utilizado no tratamento com 5% NaOH + 1% de NaBH<sub>4</sub> consistiu no preparo de uma solução contendo 198 g de NaOH e 39,6 g de NaBH<sub>4</sub> em 4,0 L de água destilada, onde 30 g de biomassa, após serem agitadas a solução alcalina ora preparada, ficaram imersas por 24 h a 25°C, sendo que a proporção de solução alcalina/fibras foi baseada na dissertação de mestrado de Moraes (2010). Após o tratamento, a biomassa de bambu foi filtrada e lavada em água corrente e, por fim, colocada em estufa com circulação de ar a 60°C por 24 h. A estufa que foi usada para promover a secagem da biomassa tratada foi uma estufa microprocessada de secagem, modelo Q317M-32 da marca Quimis, instalada no Laboratório de Química da Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba.

#### *Análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)*

As análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foram realizadas em um microscópio marca LEO, modelo LEO 1450VP, localizado no Departamento de Engenharia de Materiais da Escola de Engenharia de Lorena (EEL/USP).

As superfícies das amostras de biomassa de bambu in natura e tratadas foram revestidas por uma fina camada de ouro utilizando-se uma metalizadora, marca BAL-TEC, modelo MED 020 *Coating System*, provida com o sistema MCS 010 *Multi Control System*, também localizada no Departamento de Engenharia de Materiais da Escola de Engenharia de Lorena (EEL/USP).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### *Tratamento alcalino da biomassa da casca do açaí*

Após a secagem da massa de biomassa de bambu que passou pelo tratamento alcalino, foi encontrada uma massa de 24 g. Dessa forma, comparando-se com o valor inicial (30 g), ocorreu uma perda de massa de 6 g. Essa redução de massa era esperada, uma vez que o tratamento alcalino promove a remoção parcial de lignina, hemicelulose e outros componentes presentes na biomassa natural (por exemplo, ceras, extrativos, etc).

### *Microscopia eletrônica de varredura das biomassas in natura e tratada*

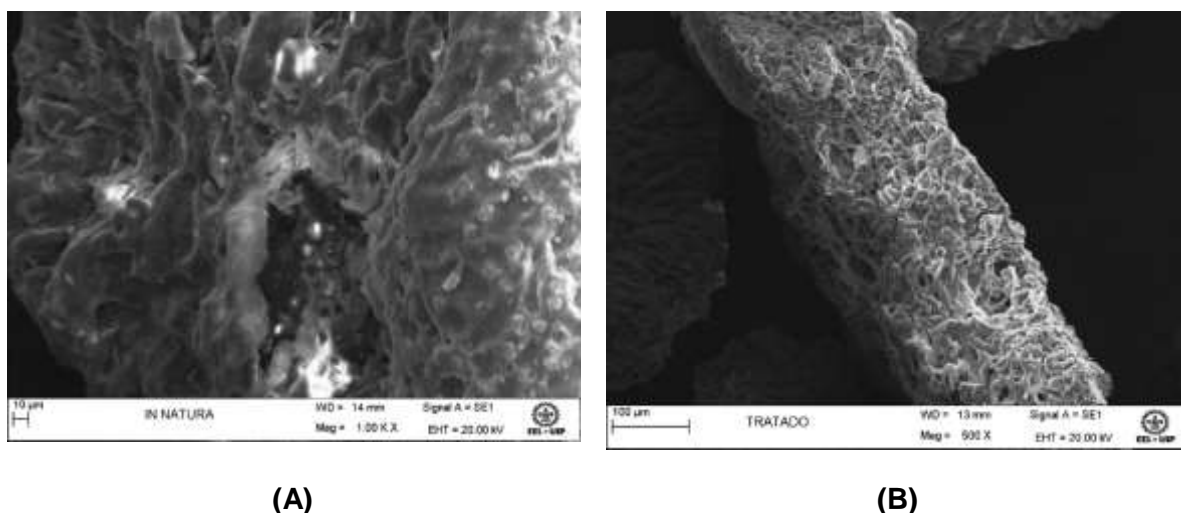
As análises por microscopia eletrônica de varredura tiveram por objetivo determinar as características das fibras “*in natura*” e tratadas quimicamente, quanto a morfologia e ao aspecto superficial, além de avaliar o efeito do tratamento químico alcalino sobre a superfície das mesmas. As micrografias das biomassas “*in natura*” e tratadas estão dispostas na Figura 1.

Analisando as imagens das fibras “*in natura*” (Figura 1A), observou-se uma camada lisa superficial, que representa a casca da fibra, associada à presença de ceras e extrativos, além dos constituintes amorfos como a lignina e a hemicelulose.

Com o tratamento de alcalino com NaOH + NaBH<sub>4</sub>, (Figura 1B), as fibras mais externas apresentaram uma superfície rugosa com as fibrilas mais soltas, devido ao efeito da remoção da lignina. Considerando que a lignina atua como um ligante entre as fibrilas, ao ser retirada provocou o processo de fibrilação.

Vale ressaltar que no trabalho de Benini (2011), a autora também verificou a alteração da morfologia e do aspecto superficial em fibras de bagaço de cana de açúcar e em fibras de coco verde após passarem por tratamentos químicos de mercerização e branqueamento, tratamentos esses que objetivaram também a remoção da lignina.

Figura 1: MEV da biomassa de bambu: (A) “*in natura*” 1000x, (B) após tratamento alcalino com NaOH + NaBH<sub>4</sub> 500x.



Fonte: os autores.

#### **4 CONCLUSÕES**

O presente trabalho promoveu a avaliação do tratamento químico alcalino na biomassa de bambu, objetivando melhorar a compatibilidade da biomassa natural quando utilizada como agente de reforço em compósitos poliméricos de matrizes termoplásticas.

Após a secagem da massa de biomassa de açaí que passou pelo tratamento alcalino, foi encontrada uma massa de 24 g. Dessa forma, comparando-se com o valor inicial (30 g), ocorreu uma perda de massa de 6 g. Essa redução de massa era esperada, uma vez que o tratamento alcalino promove a remoção parcial de lignina, hemicelulose e outros componentes presentes na biomassa natural (por exemplo, ceras, extrativos, etc).

Com o tratamento de alcalino com NaOH + NaBH<sub>4</sub>, (Figura 7B), as fibras mais externas apresentaram uma superfície rugosa com as fibrilas mais soltas, devido ao efeito da remoção da lignina. Considerando que a lignina atua como um ligante entre as fibrilas, ao ser retirada provocou o processo de fibrilação.

Dessa forma, pode-se concluir que a biomassa da casca do açaí após sofrer o tratamento alcalino com NaOH + NaBH<sub>4</sub> pode ser uma alternativa eficiente para ser utilizada como agente de reforço em compósitos poliméricos com matrizes termoplásticas.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba e da Escola de Engenharia de Lorena (EEL-USP) pela colaboração.

#### **REFERÊNCIAS**

BENINI, K. C. C. C. Desenvolvimento e Caracterização de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras Lignocelulósicas: HPIS/Fibra da Casca do Coco Verde e Bagaço de Cana de Açúcar. 2011, f. 106-113. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá – SP, 2011.

ALBINANTE, S. R. et al.: **Revisão dos Tratamentos Químicos da Fibra Natural para Mistura com Poliolefinas.** *Quim. Nova*, v. 36, n. 1, p. 114 – 122, 2013. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422013000100021&script=sci...tlnq=p](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422013000100021&script=sci...tlnq=p)

Acesso em: 04 de outubro de 2021.

MORAES, A. G. O. et al. Análise de Weibull para o caráter protetor do íon boroidreto no tratamento alcalino superficial de fibras de sisal. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros - Foz do Iguaçu, PR - Outubro/2009.

## **Estudo das características estruturais e das propriedades mecânicas do ferro fundido nodular em diferentes tratamentos térmicos**

**Janaina da Costa Pereira Torres De Oliveira<sup>1</sup>; Júlia Cruz Bruno Corga<sup>1</sup>; Lara Thielmann Lucas Saldanha<sup>1</sup>; Maria Paula De Castro Ferreira Fontes<sup>1</sup>**

*1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.  
[janaina.oliveira@foa.org.br](mailto:janaina.oliveira@foa.org.br)*

### **RESUMO**

Nos dias atuais a demanda por materiais com menor custo e maior eficiência tem aumentado significativamente, uma das formas de alcançar as novas exigências de mercado é empregar novos materiais com resistência similar ou superior, mas com baixa densidade, outra forma é aumentar a resistência de materiais tradicionais adicionando elementos de liga ou aplicando tratamento térmico. O ferro fundido nodular faz parte desse grupo de estudo. Este trabalho teve como objetivo, avaliar o ferro fundido nodular através da caracterização microestrutural de diferentes tratamentos térmicos de forma a relacionar a microestrutura com as propriedades mecânicas encontradas neste material. As amostras foram cedidas por uma metalúrgica da região do Médio Paraíba do estado do Rio de Janeiro. Elas foram seccionadas e os seguintes tratamentos térmicos foram realizados: recozimento, normalização, ferritização, austempera, e tempera e revenido. Após o tratamento térmico foram usinadas nas dimensões para o ensaio de tração e de dureza Brinell, para definir as propriedades mecânicas. Também foram realizados os ensaios metalográficos em microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura a fim de caracterizar a microestrutura obtida em cada tratamento térmico. Os resultados apresentados corresponderam ao esperado, o ferro fundido nodular temperado e revenido obteve uma matriz martensítica com maior resistência mecânica, 1306,6 MPa, e o ferritizado apresentou a maior ductilidade, 18,5 % de alongamento, com uma matriz completamente ferrítica.

**Palavras-chave:** Microscopia eletrônica de Varredura. Ferritização. Resistência a tração.

## 1 INTRODUÇÃO

O ferro fundido é um os metais mais utilizados na produção de peças fundidas. Segundo a ABIFA (2021), no Brasil, entre janeiro a agosto de 2021 a produção de peças fundidas em ferro fundido correspondeu a 80,8 % da produção total de fundidos com um crescimento de 33,9 % em relação ao mesmo período de 2020, justificando a sua importância não só industrial como acadêmica também.

Segundo Almeida (2014), os ferros fundidos fazem parte de um grupo de materiais de grande importância industrial pois, além de suas características próprias, o ferro fundido através de modificações em sua composição e tratamentos térmicos pode ser utilizado em aplicações que há algum tempo eram consideradas exclusivas dos aços.

Para a maioria dos ferros fundidos o carbono existe como grafita e tanto a microestrutura quanto o comportamento mecânico dependem da composição e do tratamento térmico (CALLISTER, 2018). Os ferros fundidos são classificados de acordo com a forma da grafita, com a relação do aspecto da fratura ou com alguma propriedade mecânica relevante (GUESSER, 2009), os principais tipos são os ferros fundidos cinzentos, branco, mesclado, vermicular, maleável e nodular (ou dúctil).

De acordo com Guesser (2009), os ferros fundidos nodulares têm como uma das propriedades importantes a ductilidade e apresentam a grafita em forma de nódulos. Esses nódulos se dão pela adição de uma pequena quantidade de magnésio e/ou cério ao ferro fundido cinzento antes da fundição, a fase Matriz que envolve essas partículas é perlita e/ou ferrita, dependendo do tratamento térmico, sendo normalmente perlita em uma peça fundida (COLPAERT, 2008).

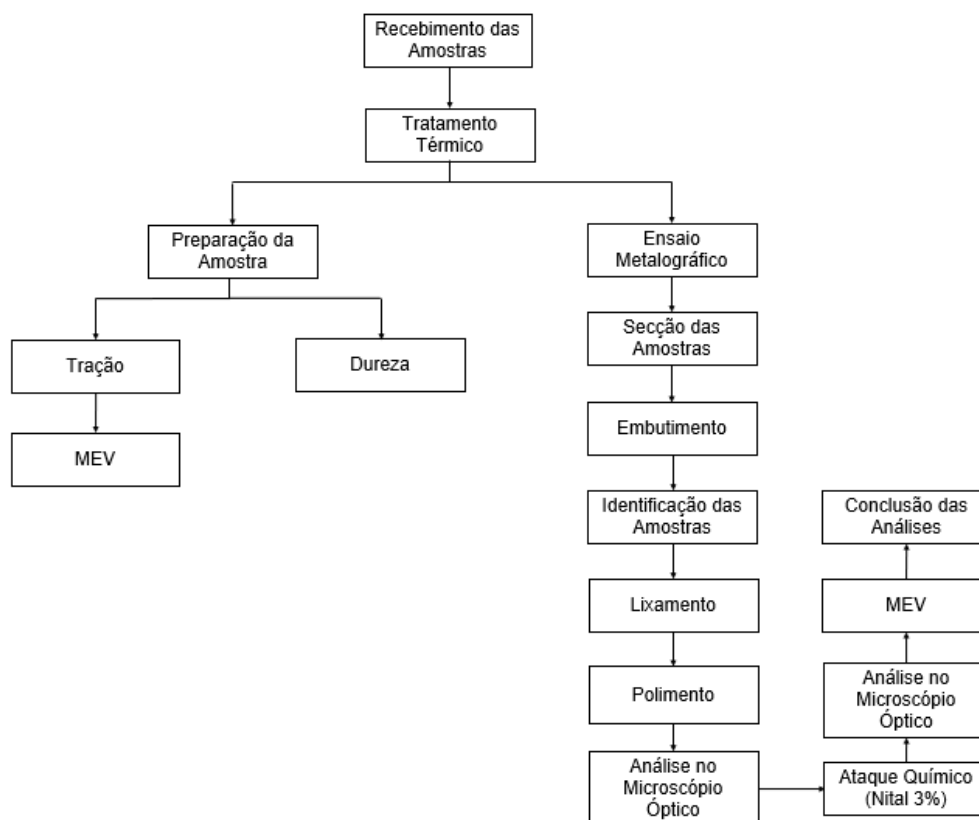
Segundo Guesser (2009), as propriedades mecânicas dos ferros fundidos nodulares são influenciadas por sua matriz, incluindo a forma da grafita, o número de nódulos e o espaçamento interlamelar, além de outros fatores como composição do material.

Este trabalho teve como objetivo, avaliar o ferro fundido nodular através da caracterização microestrutural de diferentes tratamentos térmicos de forma a relacionar a microestrutura com as suas propriedades mecânicas obtidas.

## 2 METODOLOGIA

O projeto de estudo das características estruturais e das propriedades mecânicas do ferro fundido nodular em diferentes tratamentos térmicos é um projeto de iniciação científica que teve como base de pesquisa a natureza básica, abordagens quantitativa e qualitativa, com objetivo de caráter exploratório e explicativo usando o método experimental. A Figura 1 apresenta as técnicas e métodos utilizados neste trabalho.

Figura 24 – Fluxograma de técnicas e métodos utilizados



Fonte: Os autores (2021)

## 3 MATERIAIS

As amostras utilizadas neste trabalho foram de Ferro Fundido Nodular, cedidas por uma metalúrgica da região do Médio Paraíba do estado do Rio de Janeiro. Elas foram seccionadas em um total de doze amostras, destinadas aos tratamentos térmicos e ensaios metalográficos. Seis amostras, após tratadas termicamente,

sofreram ensaios de tração e dureza e as outras seis, pelos ensaios metalográficos. Os tratamentos térmicos aplicados são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação das amostras quanto ao tipo de tratamento térmico

<b>Quantidade de amostras</b>	<b>Tratamentos Térmicos</b>
2	Como recebida (Fundida)
2	Austenitizada a 900 °C por 1h, temperada em óleo e revenida a 480 °C por 2h
2	Austenitizada a 900 °C por 1h e recozida no forno
2	Ferritizada a 760 °C por 5h
2	Austenitizada a 900 °C por 1h e normalizada ao ar
2	Austenitizada a 900 °C por 1h e austemperada a 400 °C por 2h.

Fonte: Os autores (2021)

## 4 MÉTODOS

A usinagem dos corpos de prova e os ensaios de tração e dureza Brinell foram realizados na Saint-Gobain Canalizações e toda a preparação e o ensaio metalográfico foram realizados nos laboratórios do UniFOA. O Quadro 2 apresenta as normas utilizadas neste trabalho para a caracterização mecânica.



Quadro 2 – Normas utilizadas para a caracterização das propriedades mecânicas

<b>Ensaio</b>	<b>Normas utilizadas</b>
Tração	NBR ISO 6892-1 (2013)
Dureza Brinell	NBR ISO 6506-1 (2019)

Fonte: Os autores (2021)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Microscopia Óptica

Após a realização dos tratamentos térmicos seis amostras foram preparadas, sem ataque, para o ensaio metalográfico a fim de se verificar a distribuição de nódulos de grafita no ferro fundido nodular para os diferentes tipos de tratamento térmicos, utilizando um microscópio óptico. A Figura 2 apresenta a distribuição dos nódulos de grafita no material com os aumentos de 400 X. A partir dessas análises confirmou-se que as amostras recebidas foram de ferro fundido nodular, visto que apresentaram grafita em formas nodulares, e verificou-se que apesar de diferentes tratamentos térmicos ocorreu uma regularidade entre os espaçamentos dos nódulos, mostrando distribuição homogênea dos nódulos na matriz.

Figura 25 – Microscopia óptica do ferro fundido nodular, polido mecanicamente, sem ataque, com aumento de 100 X



Microscopia óptica, sem ataque com aumento 400 X, como recebido



Microscopia óptica, sem ataque com aumento 400 X, austenitizada a 900 °C por 1h, temperada em óleo e revenida a 480 °C por 2h



Microscopia óptica, sem ataque com aumento 400 X, austenitizada a 900 °C por 1h e recozida no forno



Microscopia óptica, sem ataque com aumento 400 X, ferritizada a 760 °C por 5h



Microscopia óptica, sem ataque com aumento 400 X, austenitizada a 900 °C por 1h e normalizada ao ar



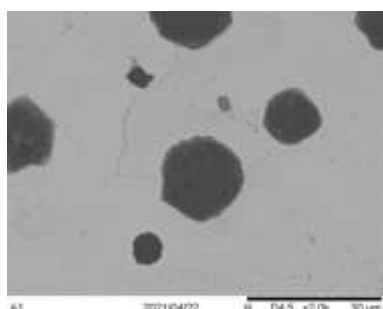
Microscopia óptica, sem ataque com aumento 400 X, austenitizada a 900 °C por 1h e austemperada a 400 °C por 2h

Fonte: Os autores (2021)

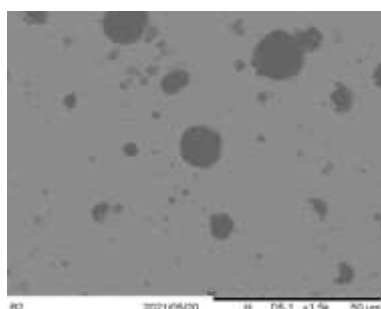
## 6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

As amostras também foram analisadas no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) a fim de se obter as microestruturas dos diferentes tratamentos térmicos realizados no ferro fundido nodular. As amostras foram atacadas quimicamente com Nital 3 % e a microestrutura resultante foi analisada (Figura 3).

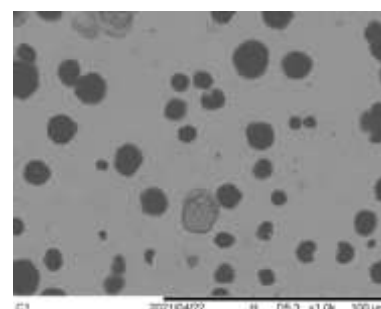
Figura 26 – Microscopia Eletrônica do ferro fundido nodular nas amostras, com ataque Nital 3%, quimicamente atacadas, com aumentos variados



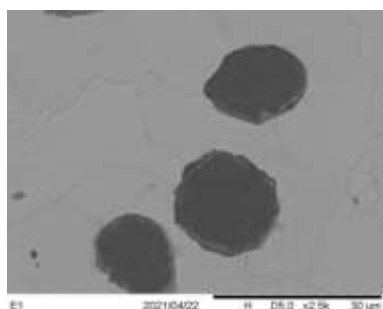
MEV, com aumento 2000 X, como recebido.



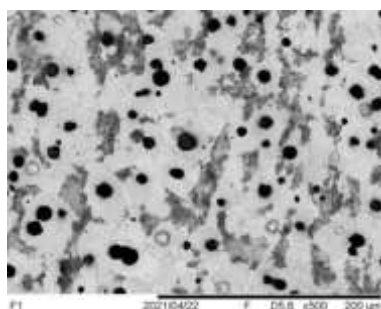
MEV, com aumento 1500 X, austenitizada a 900 °C por 1h, temperada em óleo e revenida a 480 °C por 2h.



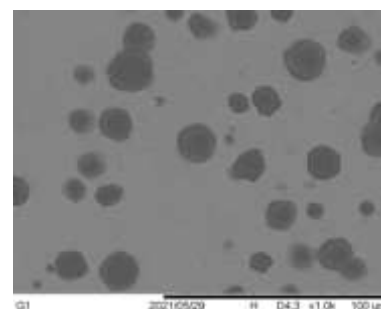
MEV, com aumento 1000 X, austenitizada a 900 °C por 1h e recozida no forno.



MEV, com aumento 2500 X, ferritizada a 760 °C por 5h.



MEV, com aumento 500 X, austenitizada a 900 °C por 1h e normalizada ao ar.



MEV, com aumento 1500 X, austenitizada a 900 °C por 1h e austemperada a 400 °C por 2h.

Fonte: Os autores (2021)

Na Figura 3 é observado que a amostra como recebida, possui grafita com nódulos e matriz ferrítica. A amostra temperada e revenida apresentou nódulos de grafita e matriz constituída de ferrita e contendo martensita com pequenas grafitas. Na amostra recozida observou-se matriz ferrítica-perlítica, característica do tipo de tratamento térmico efetuado. Na amostra ferritizada, a micrografia revelou nódulos de grafita em matriz completamente ferrítica. Na amostra normalizada verificou-se a presença de nódulos de grafita em uma matriz de perlita fina com ferrita e na amostra austemperada pode-se notar a bainita na matriz juntamente com os nódulos de grafita.

## 7 ENSAIO MECÂNICOS

A Tabela 2 apresenta os resultados das propriedades mecânicas para o ferro fundido, em diferentes tratamentos térmicos. Esses resultados foram obtidos após o ensaio de tração e de dureza Brinell.

Tabela 8 – Propriedades mecânicas, do ferro fundido, nos diferentes tratamentos térmicos

<b>Amostra</b>	<b>Limite de Resistência (MPa)</b>	<b>Limite de Escoamento (MPa)</b>	<b>Alongamento (%)</b>	<b>Dureza (HB)</b>
Como recebida	511,1	349,4	13,1	150
Recozida	476,7	276,5	14,6	126
Austemperada	505,5	349,9	18,4	121
Ferritizada	555,1	436,0	18,5	146
Normalizada	703,8	529,2	9,2	172
Temperada e revenida	1306,6	41,0	3,5	439

Fonte: Os autores (2021)

O ferro fundido temperado e revenido apresentou o maior limite de resistência mecânica, a maior dureza e o menor alongamento, essa característica classifica-o como um ferro fundido com elevada resistência mecânica e consequentemente elevada resistência ao desgaste. O tratamento térmico que produziu o maior alongamento foi o ferro fundido ferritizado, esse resultado já era esperado pois ele apresenta uma matriz ferrítica, conforme pode ser visto na Figura 3. Comparando o meio de resfriamento do tratamento térmico de recozimento, dentro do forno, e o normalizado, ao ar, ficou claro a influência direta da taxa de resfriamento, pois o ferro

fundido normalizado, que possui a maior taxa de resfriamento, apresentou um limite de resistência, um limite de escoamento e dureza superiores ao do ferro fundido recozido, que apresentou um maior alongamento.

## **8 CONCLUSÕES**

Ao verificar as micrografias, sem ataques químicos, dos materiais submetidos aos tratamentos térmicos verificou-se uma homogeneidade no tamanho dos grãos em cada amostra, porém notou-se que as grafitas variaram de tamanho e espaçamento de um tratamento térmico para o outro.

Analisando os microconstituintes das amostras quimicamente tratadas podemos concluir que eles variam e se transformam de um tratamento térmico para outro, variando características e propriedades mecânicas. Os microconstituintes puderam ser mais bem observados na análise utilizando o microscópio eletrônico de varredura (MEV), sendo observados como alguns dos microconstituintes os nódulos de grafita, a ferrita, as perlitas grossa e fina, a bainita e a martensita, elementos citados em ordem de dureza. Os elementos constituídos em cada tratamento foram dentro do esperado pelos autores.

No ensaio de tração verificamos que o material que apresentou maior resistência a tração (1306,6 MPa) foi o ferro fundido temperado e revenido, resultado esperado, por causa da elevada quantidade de martensita evidenciado em sua microestrutura. O ferro fundido com menor resistência (476,7 MPa) foi o recozido, resfriado no forno. O ferro fundido que apresentou a maior ductilidade (18,5 %) foi o ferritizado, que obteve uma matriz completamente ferrítica. O ferro fundido austemperado apresentou ductilidade (18,4 %) bem próximo a do ferritizado, porém com o limite de resistência e de escoamento inferiores. O ensaio de dureza apresentou resultado semelhantes ao de tração.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) pela disponibilização de equipamentos e técnicos para a condução dos ensaios

experimentais realizados e ao Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica – PIBIC – 2020/2021.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO (ABIFA). **Desempenho do setor de fundição.**

Agosto de 2021. Disponível em: <<https://www.abifa.org.br/wp-content/uploads/2021/09/08-BOLETIM-AGOSTO-21.pdf>>. Acessado em: 22 set. 2021.

ALMEIDA, W. L. Análise do Comportamento Mecânico e dos Aspectos Macro e Microestruturais do Ferro Fundido Nodular Submetido a Ciclos Térmicos de Soldagem. 2014. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia dos materiais) - CEFET/MG, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 6506-1:** Materiais metálicos – Ensaio de dureza Brinell – Parte 1: Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 6892-1:** Materiais metálicos – Ensaio de tração – Parte 1: Método de ensaio a temperatura ambiente. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais:** uma introdução. 9 ed. Rio de Janeiro, 2018.

COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns.** 4ª. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

GUESSER, Wilson Luiz. **Propriedades mecânicas dos ferros fundidos.** São Paulo: Blucher, 2009.