

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Brenda Ellen Lima Rodrigues | Daniela Abreu de Souza
(Organizadores)



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
E ENGENHARIAS:

Conhecimento e informação 2

**Atena**
Editora
Ano 2023

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Brenda Ellen Lima Rodrigues | Daniela Abreu de Souza
(Organizadores)



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
E ENGENHARIAS:

Conhecimento e informação 2

**Atena**
Editora
Ano 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Profª Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Ciências exatas e da terra e engenharias: conhecimento e informação 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Brenda Ellen Lima Rodrigues
Daniela Abreu de Souza

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra e engenharias: conhecimento e informação 2 / Organizadoras Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Brenda Ellen Lima Rodrigues, Daniela Abreu de Souza. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-1133-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.338232004>

1. Inovações tecnológicas. 2. Pesquisa. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Rodrigues, Brenda Ellen Lima (Organizadora). III. Souza, Daniela Abreu de (Organizadora). IV. Título.

CDD 607.2

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

A obra “Ciências exatas e da terra e engenharias: Conhecimento e informação 2”, é uma obra que aborda uma discussão técnico-científica sendo este compilado composto por vinte capítulos. O volume abordará de forma categórica e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que abordam temáticas relacionadas a caminhos das Ciências exatas e da Terra, bem como suas contribuições e seus impactos nos ambientes econômicos e sociais.

O principal objetivo desta obra é compartilhar estudos e pesquisas realizadas por instituições distintas de ensino e pesquisa do país priorizando a disseminação do conhecimento. Em todos esses trabalhos a linha de abordagem foi voltada para aspectos relacionados às Ciências exatas, tecnologia da informação, ensino de ciências agrárias e áreas afins.

Os temas aqui abordados sempre são atualizados visando garantir avanços não apenas em organizações, mas para toda sociedade. Além disso eles vem evoluindo diariamente, e tem caráter interdisciplinar, por englobar diversos seguimentos.

Desta forma, esta obra pretende colaborar para o enriquecimento das áreas de ciências exatas e da terra e engenharias, visando proporcionar melhorias e novas ideias de pesquisas para crescimento desses diversos setores, contribuindo ativamente com conhecimento e informação aos leitores.


Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Brenda Ellen Lima Rodrigues

Daniela Abreu de Souza


CAPÍTULO 1 1**AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM: A UTILIZAÇÃO DO MOODLE COMO FERRAMENTA DE ENSINO**

Carolinna Martins Ferreira
 Chirlene Rodovalho de Lima Viana
 Ebenezer Santos Da Silva
 Elizeu de Aragão Pereira
 Genilda M. da Silva de Moraes
 Gustavo de Oliveira Andrade
 Joelma Silva Amaral Vieira
 Josina Sampaio da Silva
 Palloma Moreira Cabral
 Raimunda Sousa dos Santos
 Wérica Sousa Veloso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382320041>


CAPÍTULO 2 9**ANÁLISE DA ASSOCIAÇÃO ENTRE AS ATITUDES E PRECEÇÕES DOS ESTUDANTES PORTUGUESES EM RELAÇÃO À FÍSICA: ERA DIGITAL, SÉCULO XXI**

Maria Meirelles
 Helena Cristina Vasconcelos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382320042>

CAPÍTULO 320**ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS, POR MEIO DE LINGUAGEM R, E PREVISÃO DE ACIDENTES AUTOMOBILÍSTICOS APLICANDO DE ESTATÍSTICA E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS**


Márcio Mendonça
 Francisco de Assis Scannavino Junior
 Kleber Romero Felizardo
 Kazuyochi Ota Junior
 Andressa Haiduk
 José Augusto Fabri
 Marcio Aurélio Furtado Montezuma
 Wagner Fontes Godoy
 Henrique Cavalieri Agonilha
 Luiz Henrique Geromel
 Matheus Gil Bovolenta
 Emanuel Ignacio Garcia
 Lucas Botoni de Souza
 Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin
 Fabio Rodrigo Milanez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382320043>

CAPÍTULO 432**A SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CONSCIENTIZAÇÃO**


E IMPORTÂNCIA DE TREINAMENTOS PARA OS TRABALHADORES

Jayne Carlos Piovesan
 Raduan Krause Lopes
 Rickey Gehre Holanda Moreira da Silva
 Vitor Alexandre Galvão da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382320044>

CAPÍTULO 544**AS PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES E A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DAS PROPRIEDADES DO SOLO**

Driele Matos Lima
 José Júnior Pontes Neto
 Pedro Gerlivando de Brito Filho
 Raduan Krause Lopes
 Reanne Mimo Baratella
 Vanessa Karen Rodrigues Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382320045>

CAPÍTULO 660**CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE MANDIOCA DO GRUPO SECA E SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA AGROINDÚSTRIA FAMILIAR**

Rayssa Silva dos Santos
 Suely Cristina Gomes de Lima
 Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382320046>


CAPÍTULO 788**ANÁLISE DA ARBORIZAÇÃO URBANA DA PRAÇA PEDRO AMÉRICO DE SALES GOMES EM IMPERATRIZ, MA**

Antonio Igor Rios de Sousa
 Paula de Kássia Sobreira Silva
 Chaiane Rodrigues Schneider
 Jaqueline Macedo Gomes
 Dalton Henrique Angelo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382320047>

CAPÍTULO 899**COMPARAÇÃO DO MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO BRASILEIRO COM EQUIVALENTES DE PORTUGAL E AUSTRÁLIA**

João Vitor Possebon Dias
 João Alberto da Costa Ganzo Fernandez
 Márcia Maria Machado Steil
 Andrea Murillo Betioli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382320048>

CAPÍTULO 9 111**DEGRADAÇÃO DE AMOXICILINA POR POAs UV E UV/H₂O₂ UTILIZANDO**

UMA LÂMPADA UV-C DE MERCÚRIO ACOPLADA EM UM REATOR


Ana Laura da Rocha
 Cristiano de Aguiar Pereira
 Lucélia Hoehne

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382320049>

CAPÍTULO 10..... 123

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE CALIBRAÇÃO MULTIVARIADA PARA QUANTIFICAR A CONCENTRAÇÃO DE HERBICIDAS ÁCIDOS EM AGROQUÍMICOS EMPREGANDO A ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO


Thiane Rodrigues França
 Aurelice Barbosa de Oliveira
 Jessyca Aline da Costa Correia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200410>

CAPÍTULO 11 142

DETERMINAÇÃO DE METAIS DE IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL E CAPACIDADE REDUTORA EM FLORES, FOLHAS E SEMENTES DE ABÓBORA (*Cucurbita spp*)


Maria Vitória de Andrade Telles
 Aline Maiara Valendorff
 Chalder Nogueira Nunes
 Sueli Pércio Quináia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200411>

CAPÍTULO 12..... 150

ADAPTAÇÃO DE RETÍFICAS PLANAS PARA USINAGEM DE PEÇAS CILÍNDRICAS: DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO


William Manjud Maluf Filho
 Gabriel Nascimento Ferreira
 Igor Sampaio Faqueiro
 Thiago Alves Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200412>

CAPÍTULO 13..... 174

FUZDETECT: SISTEMA DE DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ATAQUES DE NEGAÇÃO DE SERVIÇO

Ariane Ventura
 Vivek Nigam
 Iguatemi Fonseca


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200413>

CAPÍTULO 14..... 180

GERMINAÇÃO, VIGOR E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MILHO COM CLORETO DE SÓDIO

Stefany de Souza Xavier

Fernanda Macedo de Araujo Azeredo
 Evelyann Teixeira Silva
 Gabrielle Vandam Simonetti de Oliveira
 Júlia Ramos de Oliveira
 Nicole Pereira de Souza Rocha
 Pedro Soares de Melo
 Rebecca de Andrade Klein Ricardo
 Daniel Moncada Pereira Marques
 Gabriela Martins Correa
 Cristina Moll Hüther

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200414>

CAPÍTULO 15.....191

IMOBILIZAÇÃO DE PEROXIDASE DE RAIZ FORTE EM CASCA DE NOZ-PECÃ: INFLUÊNCIA DO CARREGAMENTO ENZIMÁTICO


Ani Caroline Weber
 Cristiano de Aguiar Pereira
 Bruno Eduardo da Silva
 Guilherme Schwingel Henn
 Sabrina Grandó Cordeiro
 Bruna Costa
 Jéssica Samara Herek dos Santos
 Lucineia Cavalheiro Schneider
 Eduardo Miranda Ethur
 Lucélia Hoehne

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200414>

CAPÍTULO 16.....202

PLANEJAMENTO DE TRAJETÓRIA DE UM BRAÇO ROBÓTICO POR MEIO DE POLINÔMIOS DE TERCEIRO E QUINTO GRAU E UMA VERSÃO INICIAL DE INTERFACE HOMEM-MÁQUINA


Márcio Mendonça
 Emanuel Ignácio Garcia
 Fabio Rodrigo Milanez
 Wagner Fontes Godoy
 Edson Luis Bassetto
 Luiz Francisco Sanches Buzachero
 Michelle Eliza Casagrande Rocha
 Emerson Ravazzi Pires da Silva
 Rodrigo Rodrigues Sumar
 Ricardo Breganon
 Rogério Breganon
 Andre Luis Shiguemoto
 Matheus Gil Bovolenta
 Jhonatas Luthierry Barbosa dos Santos
 Francisco de Assis Scannavino Junior
 Wesley Candido da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200416>

CAPÍTULO 17..... 212

MODELAGEM MOLECULAR *IN SILICO* DE SPIKE-RBM DE VARIANTES DO SARS-COV-2


Emerson Willian Danzer
Rafael Bertolini Frigori

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200417>

CAPÍTULO 18.....222

PREVISÃO DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA EM MICROGRID CONSIDERANDO NÍVEIS MENOS AGREGADOS POR MEIO DA APLICAÇÃO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL GRNN COMBINADA COM O MÉTODO ESTATÍSTICO SARIMA


Nelson Nunes André Junior
Carlos Roberto Mendonça da Rocha
Marcos Ricardo Müller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200418>

CAPÍTULO 19.....235

FAILURE REPRODUCTION BENCH IN DIGITAL SYSTEMS OF PROTECTION AND CONTROL-POWERTS


Adriel Rodrigues da Silva
Andrei Gomes Lopes
Cidiney José da Silva
Jorge Javier Gimenez Ledesma
Thiago Sousa Guimarães Peixoto
Oswaldo Hideo Ando Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200419>

CAPÍTULO 20252

ZONEAMENTO AGRÍCOLA CLIMÁTICO DA DOENÇA FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA: UMA REVISÃO

Brenda Ellen Lima Rodrigues
Daniela Abreu de Souza
Samira Santos Araujo
Paula Sara Teixeira de Oliveira
Maria Raysse Teixeira
Gerson Freitas Vieira Neto
Gleicy de Jesus Matos Abreu
Letícia Amorim Cantanhede
Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.33823200420>

SOBRE OS ORGANIZADORES262

ÍNDICE REMISSIVO263

AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM: A UTILIZAÇÃO DO MOODLE COMO FERRAMENTA DE ENSINO

Data de aceite: 03/04/2023

Carolinna Martins Ferreira

Chirlene Rodovalho de Lima Viana

Ebenezer Santos Da Silva

Elizeu de Aragão Pereira

Genilda M. da Silva de Moraes

Gustavo de Oliveira Andrade

Joelma Silva Amaral Vieira

Josina Sampaio da Silva

Palloma Moreira Cabral

Raimunda Sousa dos Santos

Wérica Sousa Veloso

RESUMO: A presente pesquisa estabelece as diretrizes para atuações da educação tecnológica por meio da utilização do ambiente virtual MOODLE, como ferramenta de capacitação pedagógica e inserção de novos recursos de apoio no processo de ensino. A pesquisa apresenta procedimentos que serão empregados durante sua aplicação para a definição das funções e responsabilidades do envolvidos

no processo. Esta ferramenta foi criada por programadores e acadêmicos da educação, sendo este um software livre que constitui na administração das atividades educacionais criando comunidades online em ambientes virtuais voltados para interação entre educandos, professores em diversas áreas, onde são nomeados como administrador, estudante e professor. Desse modo o software livre MOODLE pode ser usado em diversas áreas do ensino como: extensão, educação básica, superior e capacitações de profissionais de forma interativa proporcionando comodidade de aprendizagem daqueles que estão envolvidos no processo de ensino e formação de conhecimento. A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma pesquisa bibliográfica através dos meios tecnológicos e artigos que abordam sobre a temática apresentada, esta que é atualmente é uma ferramenta de grande importância no meio social em geral e que ao utilizar o MODODLE poderá compartilhar conhecimentos e experiências com os envolvidos no processo interativo de aprendizagem colaborativa.

PALAVRAS-CHAVE: Educação; Moodle; Ensino; Capacitação Profissional; Aprendizagem.

VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT: THE USE OF MOODLE AS A TEACHING TOOL

ABSTRACT: The present research establishes the guidelines for performances of technological education through the use of the virtual environment MOODLE, as a tool for pedagogical training and insertion of new resources to support the teaching process. The research presents procedures to be employed during its application to the definition of the roles and responsibilities of the people involved in the process. This tool was created by programrs and academic education, since this is a free software that is in the administration of educational activities creating online communities in virtual environments geared toward interaction between students, teachers in several areas, where they are appointed as administrator, student and teacher. In this way the free software Moodle can be used in several areas of education such as: extension, basic education, and training of professionals interactively providing convenience of learning from those who are involved in the process of education and formation of knowledge. The research was developed from a bibliographic research through technological means and articles that address on the theme presented, which is currently is a tool of great importance in the social environment in general, and that by using the MODODLE can share knowledge and experiences with those involved in the interactive process of collaborative learning.

KEYWORDS: Moodle; education; education; Professional Training; Learning.

INTRODUÇÃO

Ao longo do processo de expansão da escolaridade no Brasil foram surgindo muitos problemas e muitos desses se referem ao processo de ensino aprendizagem através do uso de recursos tecnológicos inadequados. Nota-se que a sociedade ainda encontra-se muito obsoleta a respeito da utilização das ferramentas digitais que favorecem a aprendizagem dentro do ambiente escolar, considerando-as, muitas das vezes, desnecessárias no processo de ensino.

Diante do arsenal de novidades, o uso da tecnologia nos dias de hoje se tornou muito importante no processo de ensino aprendizagem, principalmente por meio da internet, esta que é uma mídia de pesquisa e comunicação que possibilita o processo de “busca”, permitindo com que os usuários possam obter todas as informações que necessitam.

É de sum importância ficarmos atentos, pois a utilização de recursos tecnológicos não é garantia de aprendizagem, uma vez que possuir um computador em casa, não é sinônimo de aprendizagem. É necessário que se realize um planejamento do conteúdo a ser pesquisado de forma a proporcionar maiores desafios aos alunos.

Observa-se também que para dinamizar o processo de ensino, passou-se a usar a ferramenta MOODLE. Ferramenta esta, criada por programadores e acadêmicos baseada na teoria construtivista aumentando de forma significamente, as possibilidades de aprender instigando aos desafios que proporcionam.

No mercado existem diversos softwares, porém o MOODLE é uma ferramenta de

capacitação, onde as tarefas com esse software, consiste na cooperação simultânea de dois ou mais indivíduos permitindo a troca, reflexão e tomada de decisões, tendo como mediador desse processo os recursos tecnológicos que possibilitam a aprendizagem ocasionando uma verdadeira mudança no aluno.

A partir do momento que o professor utiliza-se de recursos e metodologias inovadoras em sua prática pedagógica, esta causa grandes impactos ao aluno, podendo determinar o aprendizado do mesmo, pois em algumas situações as mudanças são necessárias para garantir eficácia no aprendizado.

Devemos ter cautela ao utilizar-se do uso das tecnologias em sala de aula, pois quando utilizada de forma inadequada, não garante resultados no processo de aprendizagem, principalmente quando se utiliza aplicativos que chamem a atenção dos alunos e não se faz a devida exploração, proporcionando ao aluno desafios e reflexões sobre o que se está ensinando. Logo, o docente pode estar utilizando o computador em diversas atividades recíprocas, explorando toda parte física do recurso utilizado como ferramenta de aprendizagem.

A sociedade atual vivencia um processo de desenvolvimento em relação à aquisição de conhecimento, assumindo um papel de grande importância, pois neste meio existe à figura de um profissional com criticidade e reflexivo com capacidade de aprender a aprender a estar desenvolvendo um trabalho interativo com os indivíduos que fazem parte do processo de aprendizagem.

A cada momento ocorrem mudanças no ensino, novos paradigmas e recursos são utilizados para enriquecer o processo de aprendizagem. Proporcionar ao aluno um conhecimento rico e significativo diante da inserção de novas ferramentas pedagógicas ligadas a tecnologia não é permitido paradigmas conservadores, pois esses não terão êxito diante da sua aplicação e abordagem. Portanto, essa pesquisa vem abordar acerca da utilização das novas tecnologias utilizadas em sala de aula, diante da utilização da internet e recursos tecnológicos para favorecer o aprendizado através do ambiente virtual de aprendizagem MOODLE.

AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM E O ENSINO

Para elaboração desta pesquisa foi necessário uma revisão bibliográfica com leituras em diversos artigos, livros, revista com informações sobre a utilização da internet no processo de ensino aprendizagem, pois o que se pretende é desmistificar o novo paradigma educacional que é o uso das novas tecnologias na educação.

A partir de 1924, através do Dr. Sidney Pressey, o homem passou a conviver com as máquinas em sua vida social, pois este criou um equipamento de correção de respostas de múltipla escolha, a que atualmente são usadas para correção de gabaritos de provas, porém em 1950, B.F. Skinner, criou uma máquina que possibilitava o ensino com

instrução programada, sendo que nos anos 60 a instrução já era executada através do computador (CAI), porém apenas nos anos 70 que Control Data Corporation - uma fábrica de computadores - e a Universidade de Linois desenvolveram o PLATO, um programa educacional completo, sendo conhecido no Brasil como PEC (Programas Educacionais por Computador), assim surgindo uma relação entre a informática e a educação. (Valente 1998).

Quando o novo surge o processo de adaptação é lento, pois os custos são bem elevados e principalmente a mão de obra a ser utilizada, além das questões de adaptação cultural e psicológica, porém a informática ultrapassou as paredes dos laboratórios de pesquisa e passou a ser inserida de forma diversificada em diversas áreas, inclusive o meio educacional.

Diante do teclado, por exemplo, o discente encontra um conjunto de símbolos, os quais utilizarão para relacionar com as imagens que irão aparecer na tela. Esses recursos proporcionarão a prática por meio da diversidade de textos que o meio tecnológico proporciona. Com o bom uso da tecnologia o discente sente-se desafiado a descobrir novas informações, refletindo sobre o sistema em que esta inserida e solicitando a ajuda do professor sempre que necessário. Podemos perceber que utilizar a informática no processo de aprendizagem leva o educando a despertar sua autonomia, através da curiosidade e dos desafios encontrados.

Com a inserção da tecnologia no meio educacional, muitas foram às pesquisas na criação de software e aplicativos para a educação, um desses softwares de ensino através da tecnologia foi à criação da plataforma de aprendizagem MOODLE. Com o objetivo de gerenciamento da aprendizagem através de um ambiente que oportunizasse o saber, em 1999 o Australiano Martin Dougiamas, criou a plataforma Moodle, cuja sigla é Modular ObjectOriented Dynamic Learning Environment, denotando um ambiente modular de aprendizagem dinâmica para formação de conhecimento permitindo aos professores formarem salas de estudo e atividades a serem realizadas pelos alunos de forma interativa, favorecendo através dos fóruns a discussão de conteúdos oferecidos no ambiente (TECHTUDO, 2015).

Nota-se que a troca de informações é favorável ao aprendizado por meio do MOODLE, pois essa permite que o professor possa sanar as dúvidas e tenha reciprocidade de informações através do material disponibilizado. Os docentes que utilizam essa ferramenta de aprendizagem em suas disciplinas é recomendado que busquem personalizar o ambiente atraindo os discentes, pois este ambiente oferece grande flexibilidade de rotinas de estudo.

Atualmente esta ferramenta é mais utilizada no processo de EaD (educação a distância), sendo composta para realização dos acessos de ferramentas que permitem as ações de estudo e postagem de material como: páginas de texto, em HTML, acesso aos arquivos em formatos diversos, como PDF, DOC, PPT, Flash, áudio e vídeo, acesso aos

links externos, como URLs, e aos diretórios, incluindo pastas de arquivos no servidor.

O MOODLE permite que os usuários possam participar de atividades online como chats e fórum de discussões o que favorece o trabalho em equipe e interação dos participantes mesmo que a distância, sendo essa uma forma de interação por meio do ambiente virtual. Além dessa possibilidade de troca, a pedagogia do MOODLE se relaciona com o modelo sócio construtivista, sendo que nesse paradigma o aluno constrói seu próprio conhecimento através da dedicação e comprometimento.

Sabe-se que a educação transforma o ser e esta não deve ser vista no campo profissional apenas como meio de instrução, o professor deve oportunizar ao aluno a construção de conhecimento e o desenvolvimento das competências. Sendo assim, é importante que se pense e repense a educação, de forma a inserir novos paradigmas educacionais nas atividades pedagógicas como o computador, pois este pode ser utilizado como meio de informação para o aluno mantendo assim uma abordagem pedagógica vigente e possibilitando a informatização do processo instrucional, preparando um profissional competente de modo a não se tornar obsoleto.

As tecnologias na escola tende a elevar o nível de desenvolvimento dos sentidos e estimulam a ampliação dos limites dos sentidos no que se refere ao potencial cognitivo do ser humano, pois a ferramenta de aprendizagem MOODLE pode ser utilizada pelos profissionais da educação para adquirir e compartilhar novos conhecimentos através da tecnologia já ambientada, podendo utiliza-la como paradigma no processo de ensino aprendizagem. Porém, este deve ser cauteloso ao inserir os recursos tecnológicos em suas aulas, para que este não seja rejeitado pelos sujeitos envolvidos.

Deve-se capacitar os professores para utilizarem as novas tecnologias em benefício do aprendizado do aluno comprometendo-se em planejar cuidadosamente todas as etapas que serão realizadas no processo sempre realizando o trabalho em grupo que é fundamental na utilização das novas tecnologias. O docente deve pesquisar softwares que chamem a atenção dos envolvidos no processo e os estimulem a solucionar problemas, desse modo os educandos se sentirão mais atraídos. Vale destacar que é sempre necessário certo cuidado na hora de planejar trabalhar com a ferramenta selecionada, pois esta deve ter alguma relação com o que se esta trabalhando em sala de aula e um objetivo a atingir.

O que a maioria dos professores tem ao uso da informática na sala de aula, muitas vezes é o medo do novo, ou simplesmente olham o computador e suas ferramentas como algo difícil para trabalhar, ou simplesmente porque os alunos conhecem mais o computador do que os próprios professores. Porém, o que se sabe é que o computador não veio para dificultar a vida das pessoas, mas sim para ajudar e facilitar muitas atividades que seriam difíceis de serem realizadas sem a informática, como organização de notas dos alunos em planilha eletrônica, produção e correção de trabalho, educação a distância, acessar sua conta bancária, envio arquivos digitais instantâneo, apuração de urnas eletrônicas, utilização de cartão de crédito dentre outras.

Um dos principais fatores para se obter sucesso na utilização da ferramenta MOODLE é a capacitação dos professores para trabalharem com a nova realidade educacional que vem a ser este novo paradigma e para que esse recurso possa ser utilizado significativamente é necessário que haja compromisso em usá-los em benefício do aprendizado discente.

Assim, com o bom uso deste paradigma inovador no ambiente de aprendizagem e a junção de outros recursos, as possibilidades de aprender se multiplicam instigadas aos desafios que proporcionam através dos softwares e ferramentas, pois esses são desenvolvidos para prender a atenção dos usuários e aumentar suas habilidades.

A ferramenta MOODELE não é utilizada de maneira individual, sendo que esta dividida em: tutor (o software que instrui o aluno), tutorado (software que permite o aluno instruir o computador) e ferramenta (software com o qual o aluno manipula a informação).

O trabalho com esse paradigma permite uma ação cooperativa simultânea entre vários sujeitos, tal atividade permite troca, reflexão durante a tomada de decisões, favorecendo assim aprendizagem através dos recursos tecnológicos e uma consciência crítica na formação do pensamento do discente envolvido no processo.

A partir do momento que há mudança nos paradigmas do processo de aprendizagem, tal ação torna-se impactante, pois o processo de iniciação a mudanças pode se tornar lento possibilitando ou não uma aprendizagem significativa em relação ao conteúdo abordado. Moran (2013, p. 31), destaca que por meio das tecnologias digitais, os discentes tornam-se protagonistas do processo de formação de saberes.

São diversas as ferramentas de atividades que fazem parte desse ambiente e que proporciona aos discentes envolvidos uma maior interatividade. Claro (2014) destaca:

- **Fórum e chats:** estas fazem parte do processo de comunicação entre discentes e docentes, tendo como objetivo principal a aclaração das dúvidas e o debate do tema exposto;
- **Glossário:** serve para a pesquisa de termos e definições para os alunos que consultam o ambiente;
- **Diário:** ferramenta de apoio e uso restrito do professor para inserção de conceitos e notas;
- **Questionários:** significa o feedback do professor ao conteúdo trabalhado ,através de questões a serem respondidas ou por meio de pesquisa;
- **Tarefas:** destinada ao envio dos arquivos das atividades desenvolvidas pelos discentes e sobre observação do docente. · **Wiki:** é uma ferramenta que permite o trabalho colaborativo, por meio da criação de documentos que podem ser compartilhado a outras páginas;
- **Base de dados:** nesta ferramenta estão inseridos imagens, arquivos de texto. Vídeos e áudios enviados pelos alunos, sendo possível que todos que acessem

possam visualizar as postagens.

O computador, quando bem utilizado para auxiliar na aprendizagem torna-se uma ferramenta eficaz, mas necessita de cuidados e análises das atividades para que não ocorram prejuízos nos processos de ensino e aprendizagem.

Com a troca de informações o professor poderá criar aulas atrativas e construtivas nos dias atuais, e somente fazendo uso de tecnologias e softwares disponíveis os mesmos podem criar atividades que chamem a atenção dos alunos, para que os mesmos tenham interesse em realizá-la.

Autores como Freire (1996) contribuiu significativamente para na inserção da politicidade na vida humana, pois acreditava que ninguém nascia pronto e que cada ser poderia construir a sua história de vida, sendo que para Freire, o destino não esta definido, este acontece ao longo dos acontecimentos da vida.

A educação não é neutra e nem se associa com ações partidárias, mas através das atitudes e ações espontâneas, valorizando assim a criatividade do indivíduo diante do seu posicionamento de ética perante o mundo. Por essa razão, é que a alfabetização é uma ampliação dos símbolos que se aprende, pois estes são modificados ao longo dos tempos de acordo com a necessidade da humanidade. Esse é o caso da tecnologia, pois esta possibilita a interação do conhecimento com o mundo, servindo esta como ferramenta no processo de ensino e alfabetização, sendo caracterizadas como instrumento de ação humana do mundo para o mundo, sendo que através de novos códigos e ferramentas crescem o número de possibilidades de decodificar a realidade.

Na prática pedagógica de Paulo Freire as tecnologias estiveram sempre presentes como instrumentos do processo de conhecimento. "Nunca fui ingênuo apreciador da tecnologia: não a divinizo, de um lado, nem a diabilizo, de outro. Por isso, sempre estive em paz para lidar com ela." (FREIRE, 1996, P. 97).

O que Paulo freire nos mostra, é que a tecnologia não é uma ferramenta difícil de ser utilizada e pode ser inserida no processo de aprendizagem desde que utilizada corretamente e com objetivos bem traçados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que as tecnologias na escola elevam o nível de desenvolvimento dos sentidos e estimulam a ampliação desses limites no que se refere ao potencial cognitivo do ser humano.

De forma a promover essa ampliação, deve-se capacitar os professores para utilizarem as novas tecnologias em benefício do aprendizado do aluno comprometendo-se em planejar cuidadosamente todas as etapas que serão realizadas no processo, procurando sempre a realização de trabalho em grupo, a colaboração e a cooperação. O docente precisa propor atividades que chamem a atenção dos alunos e os estimulem a

solucionarem problemas, assim os educandos se sentirão mais atraídos durante o processo de ensino e aprendizagem.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTÚDIO SITE. História do Moodle. Disponível em:><https://www.estudiosite.com.br/site/Moodle/historia-do-Moodle/>> Acessado em 18 de abril de 2018.

FREIRE, P., Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. 13. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

MORAN, J. M., Novos Caminhos no Ensino a Distância. Centro de Educação a Distância (CEAD). SENAI, Rio de Janeiro, 1994.

SABBATINI, R. M. E., Ambiente de Ensino e Aprendizagem via Internet A Plataforma Moodle .Instituto edumed. Disponível em: <http://www.ead.edumed.org.br/file.php/1/PlataformaMoodle.pdf>.> Acessado em 21 de abril de 2018.

O FUTURO da Escola: Seymour Papert e Paulo Freire - uma conversa sobre informática, ensino e aprendizagem. Produção da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – TV PUC. São Paulo: PUC-SP, 1995. Vídeo na Internet (60 min.), Formato MP4, son., color. Disponível em <http://acervo.paulofreire.org:80/xmlui/handle/7891/395> Acessado em 21 de abril de 2018.

VALENTE, J. A., ALMEIDA, F. J. de., Visão analítica da informática na educação no Brasil: a questão da formação do professor. Revista Brasileira de Informática na Educação – Número 1 – 1997.

ANÁLISE DA ASSOCIAÇÃO ENTRE AS ATITUDES E PRECEÇÕES DOS ESTUDANTES PORTUGUESES EM RELAÇÃO À FÍSICA: ERA DIGITAL, SÉCULO XXI

Data de submissão: 13/02/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Maria Meirelles

Universidade dos Açores, Faculdade de Ciências e Tecnologia
São Miguel, Açores, Portugal
Centro I&D Okeanos
HORTA, Portugal
<https://orcid.org/0000-0001-9356-3045>

Helena Cristina Vasconcelos

Universidade dos Açores, Faculdade de Ciências e Tecnologia
São Miguel, Açores, Portugal
Laboratory for Instrumentation, Biomedical Engineering and Radiation Physics (LIBPhys), Lisboa
<https://orcid.org/0000-0001-5935-870X>

RESUMO: No século XXI, vivemos num sistema social global, caracterizado pela complexidade, imprevisibilidade e interdependência e por isso são vários os desafios que os países, as instituições, as organizações e os indivíduos em geral terão de enfrentar. Os avanços tecnológicos ocorrem todos os dias. Ser competitivo na era digital implica ser fluente na linguagem em que os avanços tecnológicos operam. Preparar indivíduos com competências que correspondam a estes desafios, é da

responsabilidade do sistema educativo. As propostas curriculares na área da Física para o ensino básico, secundário e universitário devem evidenciar a necessidade de adequação destas, à constante necessidade de formar cidadãos capazes de acompanhar a evolução tecnológica e aptos para integrar o mercado de trabalho. Pensa-se que, o “mote” de promoção da ciência na área da Física seja ministrado utilizando uma linguagem simples, recorrendo à observação de experiências e de fenómenos físicos, aliados a exemplos do quotidiano, para que os alunos tenham uma melhor perceção e compreensão da utilidade e aplicação desta área do conhecimento. Neste trabalho o processo de recolha de informação, foi realizado com recurso a um inquérito por questionário, aplicado a uma amostra da população portuguesa (continente e ilhas), que decorreu entre março e maio de 2022. A maioria do tipo de questões foi de natureza fechada. Estas permitem maior facilidade no tratamento dos dados, mas recolhem informação menos detalhada. A finalidade deste inquérito é avaliar, em geral, duas dimensões relacionadas ao estudo da área científica Física, sendo estas; “a *atitude dos alunos em relação à disciplina de Física*” e

“percepções dos alunos sobre o ensino e a aprendizagem da disciplina de Física”. Para testar a confiabilidade da pesquisa foi utilizado o coeficiente Alfa de Cronbach. O coeficiente foi aplicado a 4 questões de cada uma das duas dimensões acima referidas. Os resultados obtidos refletem que em um mesmo questionário as confiabilidades das dimensões podem diferir. A fim de se poder estabelecer algumas conclusões, sobre todos os itens do questionário, foram utilizadas técnicas estatísticas. Nesta pesquisa a população dos inquiridos conta com 145 estudantes, na sua maioria residentes na Região Autónoma dos Açores.

PALAVRAS-CHAVE: Atitude, percepção, ensino, aprendizagem, Física, Portugal.

ANALYSIS OF THE ASSOCIATION BETWEEN THE ATTITUDES AND PERCEPTIONS OF PORTUGUESE STUDENTS REGARDING PHYSICS: DIGITAL ERA, 21ST CENTURY

ABSTRACT: In the 21st century, we live in a global social system, characterized by complexity, unpredictability and interdependence and therefore there are several challenges that countries, institutions, organizations and individuals in general will have to face. Technological advances occur every day. Being competitive in the digital age implies being fluent in the language in which technological advances operate. Preparing individuals with skills that correspond to these challenges is the responsibility of the education system. Curriculum proposals in the area of Physics for basic, secondary and university education must highlight the need to adapt these to the constant need to train citizens capable of keeping up with technological evolution and able to integrate the labor market. It is thought that the “motto” for promoting science in the area of Physics is taught using simple language, resorting to the observation of experiences and physical phenomena, combined with examples from everyday life, so that students have a better perception and understanding of the usefulness and application of this area of knowledge. In this work, the process of collecting information was carried out using a questionnaire survey, applied to a sample of the portuguese population (mainland and islands), which took place between March and May 2022. Most of the question type was of closed nature. These allow for greater ease in the processing of data, but collect less detailed information. The purpose of this survey is to evaluate, in general, two dimensions related to the study of the scientific area Physics, namely; “students’ attitude towards Physics” and “students’ perceptions of Physics teaching and learning”. To test the reliability of the survey, Cronbach’s Alpha coefficient was used. The coefficient was applied to 4 questions of each of the two dimensions mentioned above. The results obtained reflect that in the same questionnaire the reliabilities of the dimensions can differ. In order to establish some conclusions about all the items of the questionnaire, statistical techniques were used. In this survey, the population of respondents comprises 145 students, most of whom live in the Autonomous Region of the Azores.

KEYWORDS: Attitude, perception, teaching, learning, Physics, Portugal.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, houve um aumento no uso de métodos físicos para estudar diferentes fenômenos [1]. Este desenvolvimento deve-se aos físicos que se aventuraram fora de seus domínios de interesse tradicionais, mas também, devido, a cientistas de outras

disciplinas que ao longo dos séculos XIX e XX mostraram que estas podem ser bem-sucedidas com a utilização de conceitos físicos.

Segundo [2], as competências que os alunos necessitam na área científica da Física são o pensamento crítico, a resolução de problemas, a inovação, dimensões estas associadas ao desempenho académico e aos processos de ensino e aprendizagem. O relatório [3], sugere que os professores; i) tornem os conteúdos a trabalhar relevantes para os alunos; ii) “tragam” o mundo exterior para dentro da sala de aula; iii) levem os alunos para fora da sala de aula; iv) criem oportunidades para que os alunos possam interagir uns com os outros, com outros professores e adultos em experiências de aprendizagem significativas. Segundo a fonte de dados da PORDATA [4], em Portugal, a população residente com 15 e mais anos, utilizando os Censos de 2021, verifica-se que o nível de escolaridade completo mais elevado é:

- Sem escolaridade – 5,9%
- 1º Ciclo do Ensino Básico – 22,3%
- 2º Ciclo do Ensino Básico – 9,6%
- 3º Ciclo do Ensino Básico – 17,8%
- Ensino Secundário – 23,5%
- Ensino Médio – 1,2%
- Ensino Superior – 19,8%

De acordo com [5], foi elaborado um questionário que consistiu em colocar a um conjunto de 145 estudantes, uma série de perguntas com respeito a identificar as atitudes em relação à Física e as percepções sobre o ensino e a aprendizagem da Física. Depois, de elaboradas as questões, foi criado o questionário, utilizando a plataforma Google Forms, sendo o mesmo disponibilizado online, com o recurso às redes sociais.

Os resultados dos questionários aplicados aos alunos, que procuram medir e identificar as suas atitudes e percepções, poderão ser importantes indicadores de como o currículo e as metodologias adotadas pelos professores portugueses podem ou não ser ajustadas tendo em conta a opinião, a sugestão, em suma a “voz dos alunos”.

METODOLOGIA DA PESQUISA E CARACTERIZAÇÃO SÓCIO DEMOGRÁFICA

Entre os métodos de coleta de dados para análise, um merece atenção especial: aquele em que as informações são colhidas através de questionários divulgados nas redes sociais. Sem dúvida, é um método atrativo, que conduz a resultados confiáveis, além de utilizar procedimentos que tornam os seus custos reduzidos. Assim, a este questionário sobre “*Atitudes e Percepções dos Estudantes Portugueses em Relação à Física*” responderam 145 pessoas. O objetivo inicial foi perceber as características sócio demográficas da população

da amostra. 65,7% dos inquiridos são do sexo feminino. A faixa etária mais representativa, em termos de idade, foi a dos 18 aos 20 anos. Para idades inferiores a 18 anos responderam, apenas, 13,1% da população da amostra. Os inquiridos com idade superior a 25 anos contabilizam 13,8% dos estudantes que responderam ao questionário. Quanto ao nível de formação dos inquiridos, salienta-se que 34,3% da amostra desta população frequentam o ensino superior. Enquanto, 57,4% são alunos do ensino secundário. Continuando com a análise dos dados recolhidos verifica-se que 66,9% dos indagados residem nos Açores, sendo 94,5% da amostra dos inquiridos afetos ao estado civil solteiro. Na Figura 1 são apresentadas as características sócio demográficas da população da amostra.

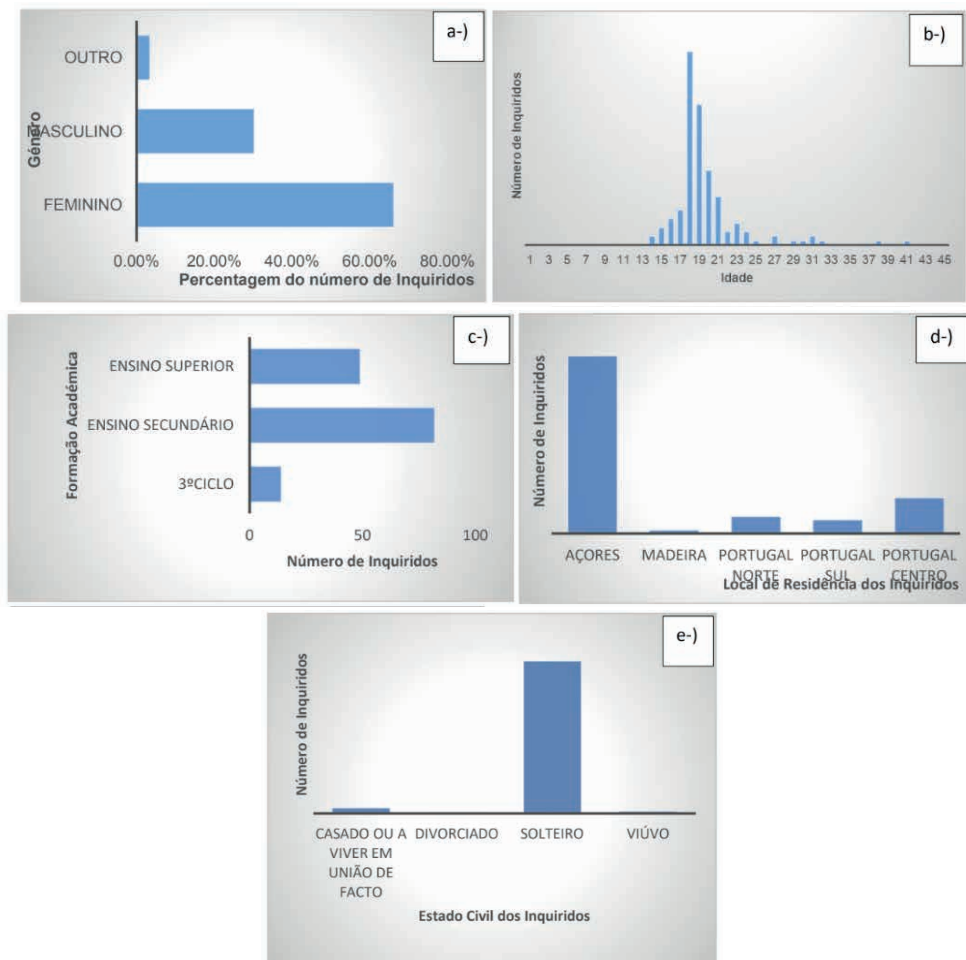


Figura 1 – Características sócio demográficas da população da amostra:

- a-) género dos inquiridos
- b-) idade dos inquiridos
- c-) formação académica dos inquiridos
- d-) local de residência dos inquiridos
- e-) estado civil dos inquiridos

Considerando a definição de atitude em Psicologia Social, esta pode ser entendida como a tendência ou predisposição adquirida e relativamente estável para agir, pensar ou sentir de uma determinada forma (positiva ou negativa) face a um objeto, pessoa, situação, grupo social, instituição, conceito ou valor. E, percepção que segundo [6], é um processo que ocorre no cérebro e possui muitos estágios, envolvendo seleção, processamento, organização e integração das informações recebidas pelos sentidos, foram elaboradas as duas dimensões do questionário, com 13 itens para a dimensão – “*A Atitude dos Alunos em Relação à Disciplina de Física*” e 10 itens para a dimensão – “*Percepções dos Alunos sobre o Ensino e a Aprendizagem da Disciplina de Física*”, Tabela 1.

Dimensões	
1. <i>A Atitude dos Alunos em Relação à Disciplina de Física</i>	2. <i>Percepções dos Alunos sobre o Ensino e a Aprendizagem da Disciplina de Física</i>
Itens:	Itens:
<ul style="list-style-type: none"> • 1.1. O conhecimento da Física é útil para si? • 1.2. Numa escala de 0 a 10, sendo 0 nada relacionado e 10 extremamente relacionado, como considera que a maioria dos tópicos da disciplina de Física estão relacionados à sua vida? • 1.3. Em relação à seguinte afirmação – “O conhecimento que se adquire com o estudo da Física pode ser usado na vida diária”, a sua opinião é: Concordo totalmente, Concordo, Neutro, Discordo e Discordo totalmente. • 1.4. Acha que a Física pode melhorar a vida de uma pessoa? • 1.5. Acha que a Física é importante para o desenvolvimento nacional? • 1.6. Numa escala de 0 a 10, sendo 0 nada provável e 10 extremamente provável, como avalia a probabilidade de a disciplina de Física ser estudada com entusiasmo por todos os alunos? • 1.7. Gosta de acompanhar os últimos desenvolvimentos em ciência e tecnologia? • 1.8. Gosta de aprender os conceitos físicos? 	<ul style="list-style-type: none"> • 2.1. Tem tido a oportunidade de realizar experiências em laboratório para comprovar conceitos físicos? • 2.2. Se respondeu muitas vezes à questão anterior, acha que as atividades práticas realizadas na escola o ajudaram a entender os conceitos Físicos de forma mais eficaz? • 2.3. Considera que os seus professores fornecem informações e conselhos sobre a carreira e oportunidades na área da Física? • 2.4. O seu professor de Física costuma usar uma abordagem criativa e inovadora no ensino desta disciplina? • 2.5. O seu professor de Física incentiva os alunos a pesquisarem informações de Física na Internet? • 2.6. Os seus professores de Física costumam divulgar artigos de Ciências ou Física com os alunos da turma? • 2.7. O seu professor de Física tem o hábito de incentivá-lo a usar os conhecimentos físicos para produzir algum produto ou ideia que possa ser economicamente rentável. • 2.8. Os seus professores de Física realizam Visitas de Estudo a locais que estão associados ao uso de tecnologia científica?

- 1.9. Adora fazer experiências de Física em laboratório?
- 1.10. Acha que a disciplina de Física consiste em atividades ou projetos que ensinam estudantes a pensar de forma crítica e criativa?
- 1.11. Em relação à seguinte afirmação – “A disciplina de Física consiste em atividades ou projetos que encorajam alunos para explorar e investigar”, a sua opinião é: Concordo totalmente, Concordo, Neutro, Discordo e Discordo totalmente.
- 1.12. Numa escala de 0 a 10, sendo 0 nada provável e 10 extremamente provável, como avalia a probabilidade de a disciplina de Física ajudar a preparar o aluno para enfrentar os desafios da tecnologia no século XXI?
- 1.13. Numa escala de 0 a 10, sendo 0 nada interessante e 10 extremamente interessante, como considera o estudo da Física?
- 2.9. Em relação à seguinte afirmação – “Os meus professores de Física sempre me deram a oportunidade de pensar e dar opiniões sobre os conceitos abordados em sala de aula.”, a sua opinião é: Concordo totalmente, Concordo, Neutro, Discordo e Discordo total mente
- 2.10. Em relação à seguinte afirmação – “Os meus professores de Física costumam incentivar-me a participar em competições sobre inovação em ciência.”, a sua opinião é: Concordo totalmente, Concordo, Neutro, Discordo e Discordo totalmente

Tabela 1 – Dimensões e itens utilizados no questionário. Adaptado de [7],

O coeficiente alpha de Cronbach é amplamente utilizado em pesquisas em muitos campos, incluindo a psicologia, a educação, a saúde e os negócios. É comumente utilizado para avaliar a qualidade de questionários e escalas de mensuração antes de serem utilizados em pesquisas. Além disso, é uma ferramenta útil para identificar itens fracos em uma escala e, assim, melhorar a validade da escala. O cálculo do coeficiente alpha de Cronbach é baseado no princípio de que quanto mais altamente correlacionados forem os itens de uma escala, maior será a consistência interna da escala. [8] afirma que este coeficiente varia de 0 a 1, onde um valor próximo a 1 indica uma alta consistência interna e um valor próximo a 0 indica uma consistência interna fraca. Em resumo, o coeficiente alpha de Cronbach é uma medida importante da confiabilidade em psicometria e é amplamente utilizado para avaliar a consistência interna de questionários e escalas de mensuração. É uma ferramenta valiosa para garantir a qualidade e a validade de pesquisas em muitos campos.

Como método de decisão para avaliar a consistência interna dos vários itens afetos às duas dimensões deste estudo, calculamos o coeficiente alfa de Cronbach. De acordo com [9], os limites de confiabilidade do coeficiente alfa de Cronbach são os seguintes:

- $\alpha \leq 0,30$ – Muito baixa

- $0,30 < \alpha \leq 0,60$ – Baixa
- $0,60 < \alpha \leq 0,75$ – Moderada
- $0,75 < \alpha \leq 0,90$ – Alta
- $\alpha > 0,90$ – Muito alta

Com base na escala apresentada, após o cálculo deste coeficiente pode-se decidir acrescentar mais algum item ao questionário, ou retirar algum item, com o objetivo de aumentar o valor do coeficiente e por conseguinte a confiabilidade do questionário.

No presente estudo foi calculado o coeficiente alfa de Cronbach entre quatro itens de cada uma das duas dimensões, Tabela 2.

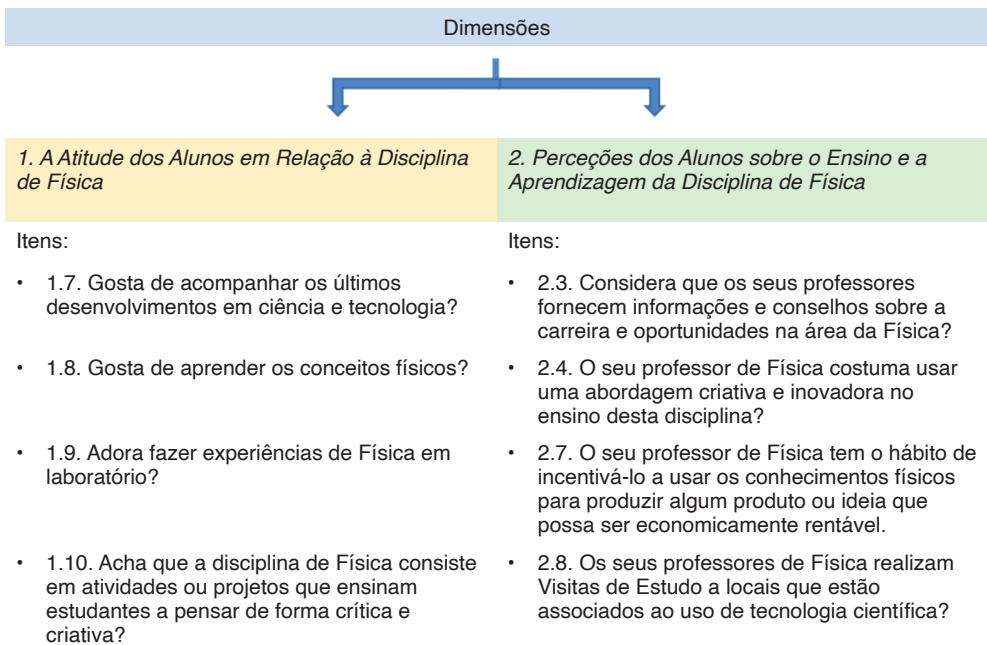


Tabela 2 – itens das duas dimensões selecionados para o cálculo do coeficiente alfa de Cronbach.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Vamos iniciar a observação das respostas atendendo à dimensão 1 – “*A Atitude dos Alunos em Relação à Disciplina de Física*”. Analisando as respostas dadas pelos 145 estudantes portugueses, verifica-se que, em relação à questão – “*O conhecimento da Física é útil para si?*”, 53,8% dos inquiridos responderam sim. 25,5% responderam talvez e 20,7% não consideram o conhecimento da Física útil para os próprios estudantes. Quando os inquiridos foram confrontados com a pergunta – “*O conhecimento que se adquire com o estudo da Física pode ser usado na vida diária*”, 64,4% dos estudantes responderam concordo ou concordo totalmente. Destes 44,7% respondeu que a Física é importante

para o desenvolvimento nacional. Ao analisarmos as respostas dos inquiridos à questão – *“Como avalia a probabilidade de a disciplina de Física ser estudada com entusiasmo por todos os alunos?”*, obtivemos que 11,03% consideram entusiasmante o estudo da Física, e 74,5% refletem um entusiasmo moderado pelo estudo da referida área científica. Referenciando a questão – *“Gosta de acompanhar os últimos desenvolvimentos em ciência e tecnologia?”*, obtivemos que 89,6% acompanham os desenvolvimentos científicos e tecnológicos. Desta percentagem de estudantes 98% responderam sim à pergunta – *“Gosta de aprender os conceitos físicos?”*. A componente experimental da área científica Física é considerada importante. À questão - *“Adora fazer experiências de Física em laboratório?”*, 67,6% responderam afirmativamente. Ponderando as respostas dadas pelos inquiridos à questão – *“Acha que a disciplina de Física consiste em atividades ou projetos que ensinam estudantes a pensar de forma crítica e criativa?”*, obtivemos 52,4% de respostas positivas e 30,3% de respostas indecisas. Quando os estudantes são questionados acerca de – *“A disciplina de Física consiste em atividades ou projetos que encorajam alunos para explorar e investigar”*, 63,4% concordam com a afirmação e 20,7% dos inquiridos não têm opinião formada acerca deste assunto. À questão – *“Como avalia a probabilidade de a disciplina de Física ajudar a preparar o aluno para enfrentar os desafios da tecnologia no século 21”*, as respostas refletem uma probabilidade moderada, partilhada por 60% dos estudantes. Indagados os alunos acerca da questão – *“Como considera o estudo da Física?”*, 10,3% consideram o estudo da Física muito interessante, 42% consideram interessante e 47,6% consideram pouco interessante.

De seguida, vamos apresentar os resultados obtidos pelas respostas dos inquiridos, à dimensão 2 – *“Percepções dos Alunos sobre o Ensino e a Aprendizagem da Disciplina de Física”*. Analisando as respostas dos alunos à questão – *“Tem tido a oportunidade de realizar experiências em laboratório para comprovar conceitos físicos?”*, 60% referiram poucas vezes, 20% referiram nunca e 20% referiram muitas vezes. Acerca da questão – *“Se respondeu muitas vezes à questão anterior, acha que as atividades práticas realizadas na escola o ajudaram a entender os conceitos Físicos de forma mais eficaz?”*, 89,6% responderam sim. Quando auscultados sobre a questão – *“Considera que os seus professores fornecem informações e conselhos sobre a carreira e oportunidades na área da Física?”*, obtivemos 49,6% de afirmações positivas. Em relação à pergunta – *“O seu professor de Física costuma usar uma abordagem criativa e inovadora no ensino desta disciplina?”*, 50,3% concordam com a abordagem adotada pelo seu professor de Física. Das respostas à questão – *“O seu professor de Física incentiva os alunos a pesquisarem informações de Física na Internet?”*, apenas 17,9% dos alunos responderam que recebem este incentivo com frequência e 9,6% dos alunos, referem que, os seus professores de Física divulgam artigos de Ciências ou Física em sala de aula, com alguma frequência. Sobre a questão – *“O seu professor de Física tem o hábito de incentivá-lo a usar os conhecimentos físicos para produzir algum produto ou ideia que possa ser economicamente rentável”*,

33,1% afirmam que recebem este tipo de incentivo. “Os meus professores de Física sempre me deram a oportunidade de pensar e dar opiniões sobre os conceitos abordados em sala de aula.”,33,1% estão de acordo com esta afirmação. Ao analisarmos as respostas dos alunos em relação à questão – “Os meus professores de Física costumam incentivar-me a participar em competições sobre inovação em ciência”, 22,7% estão de acordo com a afirmação referida.

Na Figura 2, encontram-se os resultados do cálculo do coeficiente alfa de Cronbach. Para a dimensão 1 – “A Atitude dos Alunos em Relação à Disciplina de Física”, obtivemos o

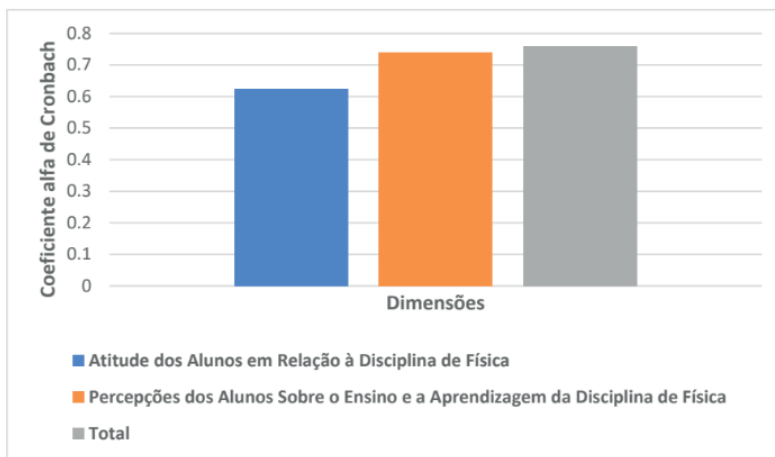


Figura 2 – Coeficiente alfa de Cronbach para cada dimensão e dimensão total.

valor 0,623, considerando os itens de 1.7 a 1.10 do questionário. Enquanto, para a dimensão 2 – “Percepções dos Alunos sobre o Ensino e a Aprendizagem da Disciplina de Física”, foi encontrado o valor 0,74 do coeficiente acima citado para os itens 2.3, 2.4, 2.7 e 2.8. Ambas as dimensões correspondem a uma confiabilidade moderada.

CONCLUSÃO

A atitude e a percepção dos alunos durante o ensino e a aprendizagem na escola são preocupações importantes para determinar a efetividade destes processos. É crucial saber se o conteúdo da área científica Física está sendo compreendido pelos alunos. Daí a realização deste estudo para investigar a relação entre as habilidades no século XXI e as atitudes e percepções dos alunos em relação à Física.

Da análise das respostas ao questionário, verifica-se que uma larga percentagem dos estudantes portugueses revelam ter um entusiasmo moderado pelo estudo da Física, e que, inclusive, acompanham a informação divulgada acerca dos desenvolvimentos

científicos e tecnológicos. Consideram importantes as aulas laboratoriais, no entanto, o acesso ao laboratório é referido que acontece poucas vezes. Tendo sido reconhecido por estes, que as aulas laboratoriais ajudam a entender os conceitos físicos de forma eficaz. Uma percentagem moderada dos inquiridos tem a noção de que a área da Física contribui para que os estudantes pensem de forma crítica e criativa. Uma reduzida percentagem de alunos refere ter recebido incentivo dos seus professores para participarem em competições sobre inovar em ciência. Uma quantidade moderada de alunos tem uma percepção de que a Física o ajudará a estar preparado para os desafios tecnológicos ao longo do século XXI. Revelam pouco conhecimento acerca de oportunidades profissionais nesta área da ciência.

Com base na análise realizada através das respostas ao questionário, as atitudes dos alunos em relação à Física são de nível moderado, assim como, as percepções dos alunos sobre o ensino e aprendizagem de Física.

O cálculo do coeficiente alfa de Cronbach, demonstrou que, estamos perante uma confiabilidade moderada para as duas dimensões adotadas neste questionário (questões 1.7 a 1.10, 2.3, 2.4, 2.7 e 2.8). Mesmo, não tendo calculado a confiabilidade dos outros itens, foi decidido não desprezar nenhum deles para cada dimensão.

REFERÊNCIAS

[1] Jusup, M., et al., (2022). Social Physics. Physics Report 948. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2021.10.005>

[2] Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321. Winterton, J., Deist, F. D., & Stringfellow, E. (2005).

[3] Partnership for the 21st Century Skills (sd). Learning for the 21st century. A Report and Mile Guide for the 21st century skills. Washington: Partnership for the 21st Century Skills. Recuperado a 20 de junho de 2014 de http://www.p21.org/storage/documents/P21_Report.pdf

[4] PORDATA_Fontes de Dados: INE - X, XII, XIV, XV e XVI Recenseamentos Gerais da População, última atualização: 2022-12-02. Base de Dados de Portugal | Pordata

[5] Quivy, R., & Campenhoudt, L. V. (2005). Manual de investigação em ciências sociais Lisboa: Gradiva.

[6] <https://www.efdeportes.com/efd191/percepcao-na-infancia-aplicacoes-praticas.htm>

[7] Soh, T. M. T., Arsad, N. M., Osman, K. (2010). The Relationship of 21st Century Skills on Students' Attitude and Perception towards Physics. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 7(C) (2010) 546–554. Elsevier.

[8] Gliem, Joseph A. Gliem, Rosemary R Cronbach's Calculating, Interpreting, and Reporting Cronbach's Alpha ... Midwest Research to Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education 2003 www.ssnpstudies.com/wp/wp.../Gliem-Gliem.pdf

[9] FREITAS, A. L. P., RODRIGUES, S. G. A. Avaliação da confiabilidade de questionário: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12, 2005, 07-09 nov, Bauru-SP. Anais... Bauru-SP: UNESP, 2005.

ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS, POR MEIO DE LINGUAGEM R, E PREVISÃO DE ACIDENTES AUTOMOBILÍSTICOS APLICANDO DE ESTATÍSTICA E REDES NEURAS ARTIFICIAIS

Data de aceite: 03/04/2023

Márcio Mendonça

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

Francisco de Assis Scannavino Junior

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

Kleber Romero Felizardo

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica UTFPR - Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/6914500968214052>

Kazuyochi Ota Junior

Mestrando - PPGEM-CP - Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Mecânica
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

Andressa Haiduk

Dimension Engenharia - Ponta Grossa –
PR
<http://lattes.cnpq.br/2786786167224165>

José Augusto Fabri

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná Departamento Acadêmico
de Computação (DACOM) - Cornélio
Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/1834856723867705>

Marcio Aurélio Furtado Montezuma

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná - Departamento Engenharia
Mecânica (DAMEC) - Cornélio Procópio
– PR
<http://lattes.cnpq.br/2487283169795744>

Wagner Fontes Godoy

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná Departamento Acadêmico de
Engenharia Elétrica (DAELE) - Cornélio
Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/7337482631688459>

Henrique Cavalieri Agonilha

Universidade Filadélfia (Unifil) – Londrina
– PR
<http://lattes.cnpq.br/9845468923141329>

Luiz Henrique Geromel

IFSP Instituto Federal de São Paulo
-Campus Piracicaba - SP
<http://lattes.cnpq.br/3945660888230811>

Matheus Gil Bovolenta

Acadêmico - Universidade Tecnológica Federal do
Paraná Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
<http://lattes.cnpq.br/1518815195539638>

Emanuel Ignacio Garcia

Acadêmico - Universidade Tecnológica Federal do
Paraná Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
<http://lattes.cnpq.br/8501809850590859>

Lucas Botoni de Souza

Mestre - PPGEM-CP - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Mecânica Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/5938489268359300>

Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin

Mestrando - PPGEM-CP - Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Mecânica Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/3352701154826935>

Fabio Rodrigo Milanez

Faculdades da Indústria - Senai Londrina
Departamento Engenharia Elétrica

RESUMO: Este artigo propõe uma análise de uma série temporal, a qual tem uma tendência, como será visto nos resultados estatísticos e nos resultados de uma análise de acidentes com uma base de dados nativa da linguagem R. A priori a decomposição da série não apresenta uma sazonalidade bem redefinida uma curva irregular e alguns resíduos. O que sugere pelo menos dois métodos de análise, um estatístico por meio de regressão, e outro utilizando Redes Neurais Artificiais que a própria linguagem define número de neurônios, entradas recorrentes. Além disso, utilizando Linguagem R foi empregada na análise da qualidade da produção por meio de algumas métricas essenciais nesse tipo de análise para poder comparar os dois modelos. Um parâmetro importante, está no fato de métodos estatísticos clássicos, além da curva de previsão, apresentam com a tendência apresentada pela série com valores máximos e mínimos com normalmente 95% de confiança, enquanto as redes neurais artificiais sou apresentam uma proposta de geração futura. Sugere-se pela base nativa da linguagem R, os dados são reais e foram separados em dois grupos um de teste para treino da rede neural e ajuste do modelo de regressão. Para a posteriori comparar as duas evoluções. De um modo geral, esse artigo pretende fundamentar e sugerir a aplicação da técnica na análise temporal aplicada em engenharia de segurança com uma análise dos resultados a partir das métricas clássicas. E finalmente, o trabalho se encerra com uma conclusão e endereça futuros trabalhos.

PALAVRAS-CHAVE: Séries Temporais, análise e previsão e análise de lucros, histórico de dados reais.

TIME SERIES ANALYSIS, THROUGH R LANGUAGE, AND PREDICTION OF AUTOMOBILE ACCIDENTS APPLYING STATISTICS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ABSTRACT: This article proposes an analysis of a time series, which has a trend, as will be seen in the statistical results and the results of an analysis of accidents with a native database of the R language. A priori, the decomposition of the series does not show seasonality well redefined an irregular curve and some residues. This suggests at least two methods of analysis, one statistical through regression and another using Artificial Neural Networks, that the language defines the number of neurons and recurrent inputs. In addition, using the R language was used to analyse the quality of production through some essential metrics in this type of analysis to be able to compare the two models. An important parameter is the fact that classic statistical methods, in addition to the forecast curve, show the trend shown by the series with maximum and minimum values with average of 95% confidence. At the same time, artificial neural networks do not present a proposal for a future generation. It is suggested by the native base of the R language that the data are real and were separated into two test groups, one for training the neural network and adjusting the regression model. For a posteriori, compare the two evolutions. In general, this article intends to substantiate and suggest applying the technique applied in security engineering with an analysis of the results from the classic metrics. And finally, the work ends with a conclusion and addresses future work.

KEYWORDS: Time series, forecasting, and analysis of gain, accurate historical data.

1 | INTRODUÇÃO

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

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

Séries temporais tem sido utilizadas de forma significativa para geração e consumo de energia com até mais de um método, como será abordado nessa investigação científica devido a importância do tema, como por ser conferido no trabalho de (DEB et al., 2017), e aprendizado de máquina é uma das ferramentas usadas com frequência, como nesse trabalho, como pode ser conferido no trabalho de (PETRI et al., 2014).

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

um período de tempo (NUSRATULLAH et al., 2015).

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

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

Em estatística, econometria, matemática aplicada e processamento de sinais, uma série temporal é uma coleção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo. Em modelos de regressão linear com dados *cross-section* a ordem das observações é irrelevante para a análise, em séries temporais a ordem dos dados é fundamental. Uma característica muito importante deste tipo de dados é que as observações vizinhas são dependentes e o interesse é analisar e modelar essa dependência (ANTUNES; CARDOSO, 2015). Um exemplo clássico da literatura, de modo específico uma biblioteca da linguagem R, é o lucro trimestral da *Johnson Jhonson* de 1960 até 1980 como mostra a Figura 1.

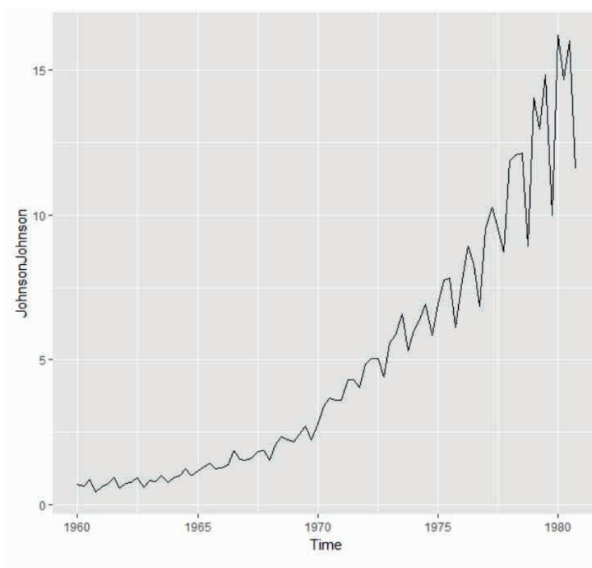


Figura 1: Lucro Trimestral da JhonsonJhonson de 1960 a 1980.

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

Para uma análise mais acurada na série apresentada na figura 1 seria necessário decompor a mesma, entretanto já é possível observar uma tendência de crescimento em praticamente todo o período da mesma e uma aparente sazonalidade próximo aos anos 80.

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

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

Entretanto, Redes Neurais Artificiais (RNA) (DA SILVA; SPATTI; FLAUZINO, 2010), como também outras técnicas computacionais inteligentes como *Fuzzy Cognitive Maps* (FCM) ou Mapas Cognitivos Fuzzy (PEDRYCZ; JASTRZEBSKA; HOMENDA, 2016). Observa-se que é possível empregar Séries Temporais por meio de aplicação de Técnicas Computacionais Inteligentes, porém, esse não é o escopo desse trabalho. E, que os dados empregados são verídicos. A tabela 1 é explicativa e fornece e clarifica a logística da metodologia a ser discutida nessa pesquisa.

Passo 1	Série temporal acidentes da linguagem R
Passo 2	Análise da decomposição da série, tendência sazonalidade, resíduos
Passo 3	Separação dos dados de teste e treinamento
Passo 4	Comparativo das duas previsões com o grupo de teste
Passo 5	Análise da qualidade das previsões por meio das principais métricas

Tabela 1 – Ontologia da pesquisa realizada

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

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

a seção 5, que se destina as referências utilizadas.

2 | FUNDAMENTOS DE SÉRIES TEMPORAIS

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

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

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

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

3 | DESENVOLVIMENTO

Duas técnicas distintas foram empregadas para analisar e comparar as previsões de acidentes com morte automobilística, o que nessa base não distingue se é em rodovia

ou em cidades nos Estados Unidos, base de dados da linguagem R.

Dentre as técnicas a primeira, após a análise da decomposição, a seguir. O método de regressão linear R.L., mais simplista comparado ao aprendizado de máquinas, por meio de redes neurais artificiais R.N.A.

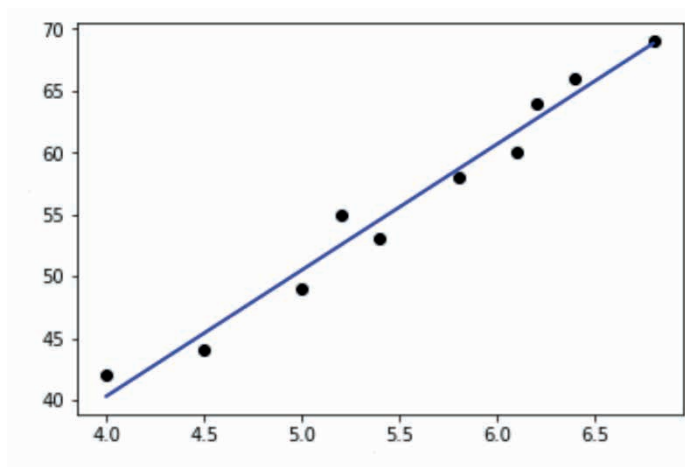


Figura 2: Regressão linear clássica R.L..

A figura 2 mostra uma regressão linear clássica, na qual uma reta busca achar um ponto médio dentre os pontos do experimento, os métodos dos mínimos quadrados são usados na literatura para tal ajuste.

Já para a aplicação das redes neurais consiste em definir a topologia da rede, o número de neurônios na entrada, o número de neurônios com atraso que irão variar de acordo com a complexidade da série temporal, caso a casa. Nesse trabalho a linguagem R já define automaticamente esses parâmetros. A Figura 3 mostra um modelo clássico dessa ferramenta. E, não é escopo do trabalho detalhar as ferramentas, e sim aplicar e discorrer sobre os resultados

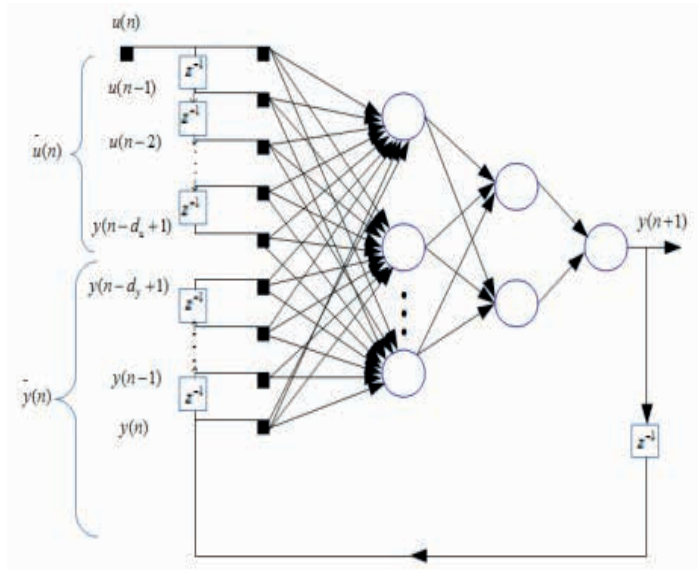


Figura 3: Previsão por meio de redes neurais artificiais R.N.A.

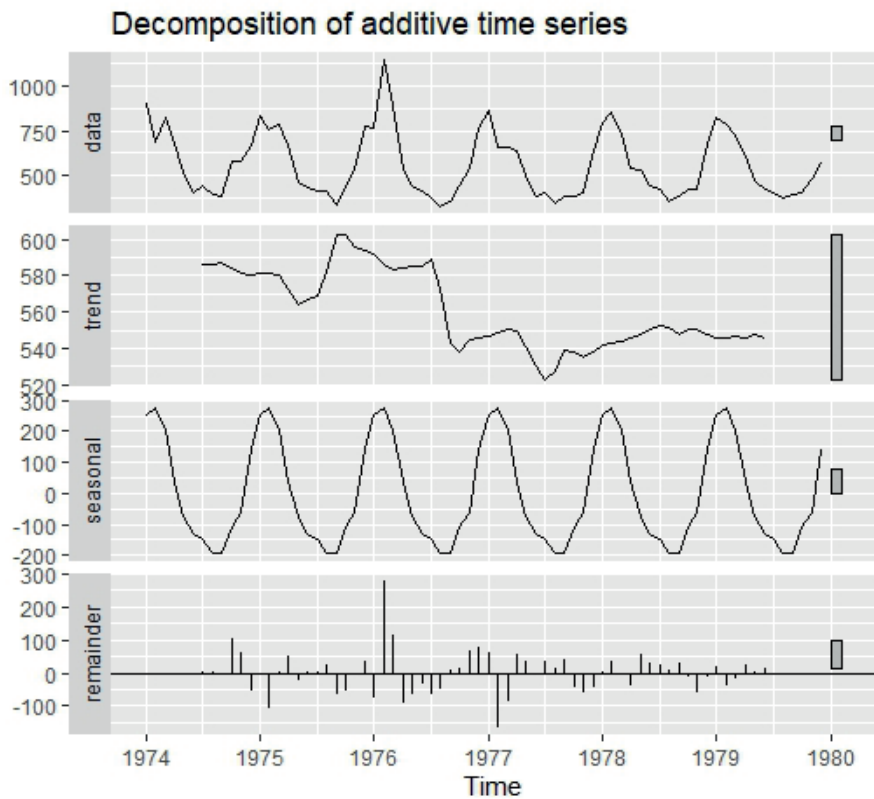


Figura 4: Elementos análise temporal.

Algumas considerações para diminuir acidentes dessa magnitude em países de modo geral, em especial para o Brasil.

O trânsito brasileiro é regulamentado pela Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997: **o Código de Trânsito Brasileiro (CTB)**. Algumas sugestões podem ser elencadas para atenuar esse problema de cunho social severo.

Algumas dicas podem ser aplicadas para ao menos evitar colisões no trânsito

1. Obedeça à distância segura. ...
2. Utilize setas e pisca alerta. ...
3. Respeite as faixas horizontais. ...
4. Fique atento às sinalizações. ...
5. Controle a sua velocidade. ...
6. Descanse sempre que precisar. ...
7. Faça revisão no carro periodicamente. ...
8. Conheça procedimentos de segurança.
9. Utilize cinto de segurança, esse último item atenuou muito nos EUA quando foi obrigatório.

As tabelas 2 e 3 mostram as métricas que quantificam a qualidade da predição. Nesse trabalho, as métricas foram aplicadas nos testes, e quanto menor o valor da métrica melhor é a qualidade da predição.

A rigor as métricas empregadas foram ME. *Mean Error*, erro médio, a R.N.A. teve um resultado significativamente menor que a regressão linear, como foram encontrados valores negativos, nesse aspecto a R.L. teve melhor resultado (mais negativo, menor).

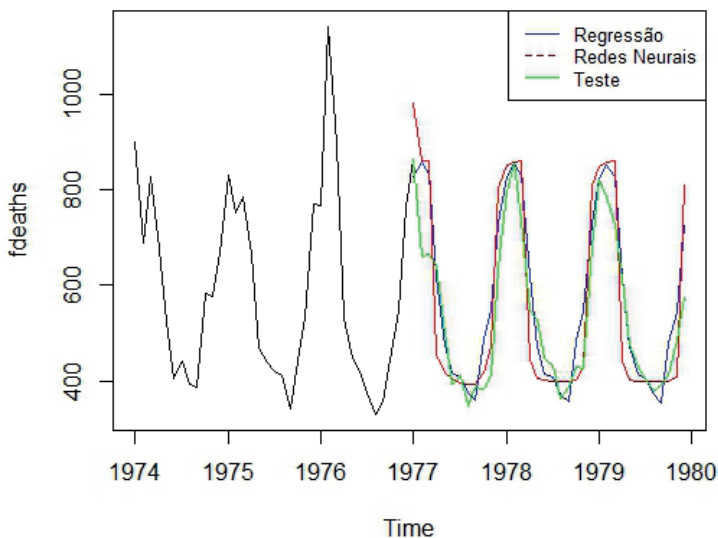


Figura 5: Decomposição da Série temporal.

Fonte: Autoria Própria.

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE
Training set	0.0000	70.5901	47.1296	-0.9287	7.5113
Test set	-36.1944	73.9892	54.4167	-6.4682	10.3276

Tabela 2 - Resultados para o método da regressão

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE
Training set	0.03362	48.3835	34.7471	-0.9832	6.4230
Test set	-19.8185	99.7224	74.6505	-2.5178	12.8565

Tabela 3 - Resultados para o método das RNA

Já a métrica RMSE *root mean square error*, erro médio quadrado R.L. teve valor menor que a R.N.A., o que confere melhor desempenho também. Já a métrica MAE *mean Absolute error*, teve menor resultado para a técnica de R.L. A métrica MPE *mean percentage error*, média percentual de erro a técnica R.L. também teve resultado menor; assim como a MAPE *mean Absolute percentagem error*, erro absoluto percentual foi menor.

Desse modo, apesar do método de regressão linear ser mais simples obteve resultados melhores do que a técnica de aprendizado de máquina, em especial redes neurais artificiais nos dados de teste, com as principais métricas de desempenho, esse resultado já foi sugerido com a comparação das curvas em uma avaliação visual, na qual a curva da R.L. se apresentou mais próxima da curva real de teste.

De acordo com o parágrafo anterior duas considerações devem ser feitas. Primeiramente, não se pode generalizar que a predição em R.L. é melhor do que a R.N.A.,

foi melhor sim de acordo com os resultados das métricas para esse caso específico. E o código de redes neurais em R é uma “caixa” preta e determina parâmetros como número de neurônios e de entradas em atraso de forma automática. Possivelmente, com uma batelada de opções poder-se-ia ter melhores resultados.

4 | CONCLUSÃO

Apesar dos resultados e análise, ainda serem iniciais, foram satisfatórios, pois as duas técnicas empregadas tiveram resultados visualmente diferentes, e até mesmo a análise quantificada foi possível por meio das métricas observar melhores resultados para o problema proposto, com sério impacto e importância social, que a regressão linear apresentou resultados mais convincentes, e como foi supracitado, essa conclusão não deve ser generalizada, e ficou demonstrado que a complexidade do método não pode garantir melhores resultados, como era de se esperar com técnicas de *machine learning*, redes neurais artificiais nessa pesquisa.

Futuros trabalhos endereçam aumento no intervalo de análise para tentar identificar com mais acurácia, com intervalos de treinos diferentes, e mais opções de configuração para técnicas de *machine learning*, em especial. Outra possível investigação futura é de se aplicar modelo ARIMA, por meio da função `Auto_Arima` da linguagem R, nesse caso a aplicação da suavização exponencial, parte do pressuposto que os dados mais recentes terem maior influência na série temporal, a qual poderá contribuir na melhoria do modelo.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, J. L. F.; CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 3, p. 565–576, set. 2015.
- DA SILVA, I. N.; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. **Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas: curso prático**. 1. ed. São Paulo: ARTLIBER, 2010.
- DEB, C. et al. A review on time series forecasting techniques for building energy consumption. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, n. January, p. 902–924, 2017.
- NUSRATULLAH, K. et al. **Detecting changes in context using time series analysis of social network**. 2015 SAI Intelligent Systems Conference (IntelliSys). **Anais...IEEE**, nov. 2015 Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7361265/>>
- PEDRYCZ, W.; JASTRZEBSKA, A.; HOMENDA, W. Design of fuzzy cognitive maps for modeling time series. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 24, n. 1, p. 120–130, 2016.
- PETRI, I. et al. A modular optimisation model for reducing energy consumption in large scale building facilities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 38, p. 990–1002, 2014.

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

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

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

A SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CONSCIENTIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA DE TREINAMENTOS PARA OS TRABALHADORES

Data de submissão: 08/02/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Jayne Carlos Piovesan

Centro Universitário São Lucas Porto
Velho
Porto Velho – Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/9698895015301332>

Raduan Krause Lopes

Centro Universitário São Lucas Porto
Velho
Porto Velho – Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/4240928242745906>

Rickey Gehre Holanda Moreira da Silva

Centro Universitário São Lucas Porto
Velho
Porto Velho – Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/0563438192287932>

Vitor Alexandre Galvão da Silva

Centro Universitário São Lucas Porto
Velho
Porto Velho – Rondônia
<https://lattes.cnpq.br/6779204330540853>

RESUMO: A segurança, a saúde e a qualidade de vida no trabalho são fatores primordiais dentro de uma empresa, pois se deve considerar o trabalhador como o elemento mais importante em todos os setores produtivos. A melhor

forma de prevenção é a conscientização do empregador e do empregado acerca da importância de proporcionar máxima segurança e higiene no local de trabalho, para que as atividades sejam executadas de forma sadia e adequada. Assim se explica a grande necessidade de treinamentos técnicos, pois quando são treinados aprendem agir com segurança e responsabilidade sem colocar sua vida e de outras pessoas em risco. A presente pesquisa tem como objetivo apresentar o quanto é importante que os trabalhadores tenham treinamentos técnicos antes de realizar qualquer tipo de serviço ou utilizar equipamentos, e, além disso, os trabalhadores e os empregadores precisam ter consciência dessa tamanha importância. O estudo foi apresentado através de uma pesquisa bibliográfica e análise da literatura pertinente, e ao final foi constatado que a solução do problema na segurança e saúde no trabalho se encontra também na prevenção e conscientização das empresas e também do empregado.

PALAVRAS-CHAVE: Prevenção;
Conscientização; Treinamentos; Segurança.

WORK SAFETY IN CIVIL CONSTRUCTION: AWARENESS AND IMPORTANCE OF TRAINING FOR WORKERS

ABSTRACT: The safety, health and the quality of working life are key factors within a company because one must consider the worker as the most important element in all productive sectors. The best form of prevention is awareness of employer and employee about the importance of providing maximum safety and hygiene at work, so that the activities are performed in a healthy and appropriate manner. This explains the great need for technical training, because when they learn are trained to act safely and responsibly without putting your life and others at risk. This research aims to present how important it is that workers have technical training before performing any service or use of equipment, and in addition, workers and employers need to be aware that such importance. The study was presented through a literature review and analysis of the literature, and in the end it was found that the solution of the problem on safety and health at work is also found in the prevention and awareness of company and employee.

KEYWORDS: Prevention; Awareness; Workout; Safety.

INTRODUÇÃO

Um dos ramos mais antigos do mundo é a construção, desde que o homem ainda vivia em cavernas até os dias de hoje. A indústria da construção civil passou por um grande e rápido processo de transformação e desenvolvimento, seja na área de projetos, de equipamentos ou na área pessoal. Resultante da construção civil houve a perda de milhões de vidas provocadas por acidentes de trabalho e doenças ocupacionais, causadas principalmente, pela falta de orientação e conscientização dos trabalhadores segundo Gonçalves *et al* (2006).

A Indústria da Construção Civil é nacionalmente caracterizada por apresentar um elevado índice de acidentes de trabalho, não somente pelas construções desordenadas nas grandes cidades, mas pela falta da mão de obra especializada, os acidentes de trabalho vêm aumentando, sendo que os acidentes que ocorrem na indústria da construção civil ultrapassam, em números, os da indústria em geral.

Segundo Medeiros e Rodrigues (2001), a construção civil está em segundo lugar na frequência de acidentes registrados em todo o país. Esse perfil pode ser traduzido como gerador de inúmeras perdas de recursos humanos e financeiros no setor.

É preciso levar em consideração que o homem que está por trás dos trabalhos é a essência do universo, e por isso a segurança, a saúde e a qualidade de vida no trabalho são fatores muito importantes dentro de uma empresa e precisam ser levados em consideração para que os trabalhadores realizem suas atividades com qualidade e segurança.

Segundo Rosso e Oliveira (2005), um dos fatores que contribuem para o elevado número de acidentes, além da falta do serviço preventivo, é que a construção civil não é um processo homogêneo, existe uma diversificação de obras que envolvem um grande número de atividades. Ainda Boigues *et al* (2006), relatam que no Brasil, o problema de

segurança, saúde e qualidade de vida relacionada diretamente ao trabalho não foi motivo de preocupação durante mais de três séculos, já que a mão de obra era constituída, em sua maioria, por escravos.

Tentar fazer com que as pessoas se conscientizem para a segurança do trabalho, nos dias atuais, é mais que uma necessidade. O treinamento ajuda a educar os trabalhadores, proporcionando-lhe um ambiente de trabalho mais saudável, seguro e elevando a autoestima dos profissionais da construção para que assim façam um bom trabalho sem que aconteçam acidentes.

O trabalho originado desta pesquisa tem como objetivo apresentar uma contribuição em relação a necessidade de conscientização da parte do trabalhador e da empresa, e como é importante a realização dos treinamentos para os trabalhadores e todos que compõe o quadro da empresa.

SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O art. 196, da Constituição Federal diz que o direito a saúde é garantido a todos os cidadãos por meio de medidas que visem à redução do risco de doenças e outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação. A Segurança do Trabalho é então definida como:

“O conjunto de medidas que versam sobre condições específicas de instalação do estabelecimento e de suas máquinas, visando à garantia do trabalhador contra a natural exposição aos riscos inerentes à prática da atividade profissional (Constituição da República Federativa do Brasil, 1988)”.

Segurança do Trabalho pode ser definida como a ciência que, através de metodologias e técnicas apropriadas, estuda as possíveis causas de acidentes do trabalho, e tem o objetivo de prevenir sua ocorrência, cujo papel é assessorar o empregador, tentando buscar a preservação da integridade física e mental dos trabalhadores e a continuidade do processo produtivo (Votorantim metais, 2005).

As medidas de segurança são responsabilidades da empresa, porque somente é possível garantir a segurança no trabalho, tentando eliminar ou minimizar as condições inseguras do ambiente de trabalho e conscientizar os trabalhadores a terem cuidado com a sua segurança e saúde. Porém é dever do trabalhador se comportar de acordo com as normas de segurança, do ambiente e da situação, logo se exercer o trabalho de forma correta irá conseguir evitar acidentes consigo mesmo e com os colegas. Mas como muitas vezes a atenção não é suficiente, ocorrem os acidentes, que poderiam ser evitados com as simples medidas de prevenção.

A falta de segurança dentro dos canteiros de obra acontece também por causa da mão de obra desqualificada, pois quando o trabalhador não tem qualificação para fazer o serviço por ele dito ou manusear alguma ferramenta acaba por colocar sua vida e até a de outras pessoas em risco.

Mesmo com os avanços de equipamentos de proteção individual ou coletiva e o aprimoramento das normas fazendo com que cada vez elas fiquem mais rígidas, ainda sim continuam acontecendo acidentes que às vezes podem até mesmo ceifar a vida do trabalhador.

A falta de treinamentos direcionados a segurança do trabalhador tem contribuído grandemente para a ocorrência de elevados índices de acidentes de trabalho no setor da construção civil. Como se não bastasse à falta de treinamento, também existe a falta de instruções sobre o correto uso dos Equipamentos de proteção individual (EPIs) e os Equipamentos de proteção coletiva (EPCs) que também é um fator que contribui para a ocorrência de acidentes de trabalho.

Para Neves apud Amaral (1999), as causas de acidentes na construção civil são as mais diversas possíveis, dentre as quais podem ser citadas:

- Ausência de um planejamento adequado;
- Não previsão de riscos na fase de projeto;
- Utilização inadequada de materiais e equipamentos;
- Erros na execução;
- Inexistência da definição de responsabilidades;
- Falta de informação.

Como a construção civil é o setor que individualmente emprega mais pessoas, apresenta elevadas taxas de frequência e de gravidade de acidentes, e com isso acaba concentrando o maior número de acidentes e de dias perdidos, tentando mostrar assim a prioridade que deve ser dada ao assunto segurança do trabalho na construção civil.

ACIDENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

É grande a quantidade de acidentes de trabalho na construção civil e isso vem preocupando os arquitetos e engenheiros, porque qualquer um pode ser vítima, direta ou indireta, de acidentes graves, estejam ou não eles trabalhando no canteiro de obras. Informação e conscientização não são problemas individuais, são também problemas coletivos.

Segundo Boigues et al (2006), acidente de Trabalho é uma ocorrência não programada e indesejada, inesperada ou não, que interrompe ou interfere o processo normal de uma atividade e a vida dos trabalhadores, trazendo por consequências dor, perdas e até morte. Existem vários tipos de acidentes, como lesão física ou lesão corporal, doença ocupacional, que pode ser doença do trabalho ou doença profissional, e a perturbação funcional.

Os acidentes de trabalho têm causado grandes prejuízos econômicos e sociais. Os problemas econômicos decorrem de vários aspectos, por exemplo, os altos custos das

indenizações, diminuição da produtividade, perdas de equipamentos, de horas de trabalho e materiais, entre outros. Já os problemas sociais decorrem das sequelas deixadas pelos acidentes, que causam incapacidade temporária ou permanente, parcial ou total, isso quando não ocorre o mais grave de todos neste caso o óbito do trabalhador, uma tragédia para as famílias, para os companheiros de trabalho e também para as empresas.

Os acidentes são causados pelos atos inseguros ou pelas condições inadequadas. Os atos ou ações inseguras são aquelas causadas pelos próprios trabalhadores que não tem consciência do perigo, ou às vezes até tem, porém mesmo assim se arisca. Já as condições inadequadas estão presentes diretamente no ambiente de trabalho, ou seja, é uma situação em que o ambiente pode proporcionar riscos de acidentes.

São exemplos de atos inseguros: negligência com as normas de segurança, falta do uso do EPI (Equipamento de Proteção Individual), não observação da sinalização de segurança e atividades de risco sem análise de risco. E como as seguintes situações de condições inadequadas: falta de limpeza e organização no canteiro, partes móveis de equipamentos, trabalho em altura sem o equipamento adequado, falta de inspeção de rotina em equipamentos, além de vazamentos e transbordos em tanques.

MEDIDAS DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As medidas de prevenção de riscos de acidentes fazem parte do gerenciamento da segurança dentro da indústria da construção civil. Considerando que a segurança do trabalho deve estar entrelaçada à rotina da empresa, caminhando junto com o processo produtivo, tem-se que ela deve estar inserida no sistema de gestão dessa organização. Assim, todo o processo interno acontecerá em sintonia entre as partes.

O objetivo das medidas de prevenção é a tentar eliminar ou minimizar os riscos de acidentes ou doenças ocupacionais; seja na elaboração do Mapa de Riscos pela CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes), na elaboração do PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção) ou do PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional), no uso adequado de EPI ou de EPC e no treinamento e a conscientização dos trabalhadores. A NR 18 (2018) apresenta algumas diretrizes e ferramentas de como deve ser as condições de meio ambiente de trabalho na indústria da construção e como funciona o PCMAT e a CIPA.

Outro exemplo de medida de prevenção de acidentes na construção civil são os diálogos diários de segurança (DDS), que são oportunidades para que se implante a cultura da segurança nas diversas áreas de uma empresa, desenvolvendo nos colaboradores o hábito da conversa sobre assuntos relativos à saúde e segurança do trabalho.

Essas conversas são rápidas e podem ser realizadas diariamente (DDS) ou semanalmente (DSS), antes do início das atividades, com duração de aproximadamente 5 a 10 minutos, no próprio local onde o trabalho será realizado. Uma conversa para apresentar

os riscos diários que todos estão expostos, para lembrar a maneira correta do uso dos EPI's, para ver como os trabalhadores se encontram neste dia de trabalho, se estão bem ou com algum problema, para falar sobre o uso de máquinas e equipamentos, e etc. Além disso, a NR 6 (2022) - Equipamentos de proteção individual (EPI), destaca o que é de responsabilidade do empregado e do empregador dentro da obra em referência aos EPI's.

CONSCIENTIZAÇÃO DOS TRABALHADORES

Um grande inimigo da segurança do trabalho nas obras é a falta de interesse e colaboração dos trabalhadores. É desnecessário ficar falando o quanto é importante à educação na prevenção de acidentes de trabalho, a conscientização do risco deve partir de cada trabalhador. Ainda que muitos acidentes de trabalho aconteçam por causa da falta de cuidado das pessoas, ausência de medidas ou atitudes precárias em relação à segurança, a maior incidência ainda é por causa do comportamento inseguro de muitos trabalhadores.

Segundo Medeiros e Rodrigues (2001) desafiar um risco se torna uma estratégia para alguns trabalhadores superarem os medos. Tudo se passa então, como se fossem eles que criassem cada risco. A autoconfiança criada pelos trabalhadores pode ser adquirida através de suas experiências prática acumulada em seu tempo de serviço. E essas experiências podem permitir perfeitamente a criação de errados procedimentos de trabalho, o que pode gerar muitos acidentes.

A falta do uso dos EPIs, o uso incorreto destes, o manuseio de equipamentos sem a manutenção necessária, tudo isso em prol da rapidez no serviço, são alguns dos erros mais frequentes nas obras que causam acidentes, às vezes gravíssimos.

Existem várias formas e incentivos de tentar sensibilizar os funcionários para esse problema, dentre elas, as mais usadas são: palestras, reuniões, treinamentos, integrações de trabalhadores novos, cartazes e placas espalhadas pelo canteiro, Semana Interna de Prevenção de Acidentes de Trabalho (CIPA), jornais periódicos e principalmente fiscalização rigorosa.

Vale resaltar que mesmo que a empresa entregue todos os EPIs necessários, realize treinamentos e diálogos de segurança, adote medidas de segurança em máquinas e equipamentos, cabe a cada trabalhador ter uma atitude permanente de valorização da segurança do trabalho, da sua vida e da vida dos outros trabalhadores que realizam os serviços em conjunto.

TREINAMENTO DOS TRABALHADORES

O treinamento de segurança do trabalho pode ser conceituado como um processo educacional que tem como objetivo proporcionar à conscientização e orientação dos trabalhadores para os riscos que estão presentes em suas funções e atividades profissionais, e também ao ambiente de trabalho.

Segundo Paula e Alves (2013) educar os trabalhadores para a saúde e segurança é mais do que uma obrigação legal, é uma questão de princípio pela qual toda empresa e empreendedor devem zelar. Com o passar dos anos, o mundo do trabalho vem testando grandes transformações, assim fazendo com que os trabalhadores se exponham às mais variadas situações de risco à saúde. Para os prevenicionistas, as ações educativas de Saúde e Segurança do Trabalho assumem um papel relevante e transformador.

De acordo com Peloso e Zandonadi (2012), os treinamentos precisam ser constantes, pois além da rotatividade de funcionários, o grau de instrução destes é baixo. Por isso, quando a empresa investe na realização de programas de treinamento, ela está valorizando seu funcionário e conseqüentemente fazendo com que os mesmos tenham ações que possam prevenir os acidentes de trabalho.

Para Vasconcellos (2001), o treinamento é uma das responsabilidades gerenciais de maior importância, é um investimento de fundamental importância às empresas, porque o objetivo de toda empresa é ter lucro, e para alcançar este objetivo a empresa precisa ter clientes satisfeitos que comprem seus produtos e/ou serviços e divulguem a sua satisfação para outras pessoas, garantindo assim uma penetração de mercado mais elevada.

Para ter clientes satisfeitos, a empresa deve produzir com qualidade para saciar os desejos e as necessidades do consumidor. Para ter qualidade em tudo, devem-se ter pessoas qualificadas produzindo, e para ter estas pessoas, a empresa deve investir na preparação das mesmas através de treinamentos.

Não se deve considerar o treinamento somente como um aperfeiçoamento na execução de tarefas, mas também como apoio na prevenção de acidentes, por isso a obrigação do empregador em criar meios para elaboração e execução dos treinamentos de segurança, capacitando os trabalhadores a se conscientizarem da importância do EPC e do EPI no ambiente trabalho, desenvolvendo habilidades técnicas e profissionais na prevenção de acidentes.

Porém, no caso dos empregados, os treinamentos na área da segurança e saúde do trabalho são uma ótima ferramenta de aquisição de conhecimentos a respeito das medidas e dos procedimentos corretos que devem ser realizados durante a execução de suas atividades, por isso os trabalhadores devem participar atentamente dos treinamentos para poder realizar os serviços sem preocupações quanto à saúde e a segurança de cada um destes.

QUANDO, PORQUE E PARA QUE REALIZAR OS TREINAMENTOS

A função dos gestores da segurança é adotar medidas de modo a prevenir acidentes e doenças decorrentes do trabalho, para tornar compatível o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador. Por isso para alcançar esses objetivos é de fundamental importância que os trabalhadores participem de treinamentos que os capacite.

Para o trabalhador, ser treinado é muito importante e significa a oportunidade de ganhar conhecimento sobre os riscos aos quais ele está sujeito, sobre as medidas de proteção a serem tomadas em uma situação de risco, as medidas de segurança, a utilização correta dos equipamentos de segurança, dentre outros conhecimentos. O trabalhador só tem a ganhar com os treinamentos e cabe a ele se proteger e agir conforme as normas e os procedimentos existentes. Um trabalhador sem conhecimentos não tem como se proteger e muito menos cobrar dos gestores uma posição caso aconteça algum acidente que possa prejudicá-lo ou prejudicar a empresa.

Os treinamentos referentes à segurança e saúde do trabalho deverão ser realizados sempre que ocorrer alguns dos requisitos como: Necessidade de conscientização dos funcionários; Mudança de cargo/função; Antes de realizar alguma determinada tarefa; Admissão dos trabalhadores; Mudança na execução de determinada atividade; Aumento do número de acidentes de trabalho; Aumento do índice de afastamentos; Sempre que se tornar ou julgar necessário.

Segundo Stefano (2008) é obrigatório por lei, o treinamento sobre segurança do trabalho, e é efetuado antes do início dos trabalhos diários logo pela manhã, deve conter os seguintes itens:

- Equipamento de proteção individual (EPI) – O técnico faz uma demonstração do correto uso, e frisa sempre a importância do uso.
- Equipamento de proteção coletiva (EPC) – Demonstração da forma correta de construção e manutenção das proteções individuais e coletivas nos edifícios previamente planejadas no PCMAT da obra.
- Riscos ambientais – Conscientização dos funcionários sobre os riscos existentes no canteiro de obra.
- Acidentes de trabalho – Falar para os funcionários sobre as consequências dos acidentes de trabalho.
- Primeiros socorros – Orientar sobre as primeiras medidas a serem tomadas se acontecer algum acidente.
- Combate a incêndio – Orientações sobre riscos de possíveis incêndios e como lidar com tal situação.

A realização de treinamentos relativos à segurança e saúde do trabalho estabelecem algumas vantagens, tais como: Aumento da produtividade; A motivação dos funcionários; Redução do índice de acidentes de trabalho; Melhora da qualidade do serviço e do produto; Redução dos custos; Minimização do índice de doenças ocupacionais; Bem-estar no ambiente de trabalho.

ONDE REALIZAR E ALGUNS TEMAS DE TREINAMENTOS

Os treinamentos podem ser realizados no próprio local de trabalho ou em outras instituições voltadas apenas para capacitação do trabalhador, também existem as opções dos treinamentos através da internet. Cabe ao gestor verificar qual melhor opção atende às necessidades da empresa e dos trabalhadores, em relação aos horários, custos, metodologia, material de capacitação e profissionais envolvidos.

Existem diversos temas de treinamentos ligados à segurança e saúde do trabalhador, entre os mais populares podemos citar: Trabalho em altura. CIPA. Trabalhadores em Espaço Confinado. Operador de Caldeiras. Máquinas e Equipamentos. Norma Regulamentadoras, as NRs. Utilização correta de equipamentos de segurança individual e coletivos. Ergonomia. Prevenção de acidentes. Doenças ocupacionais. Acidentes de trabalho. Higiene ocupacional. Inspeção de segurança. Primeiros socorros. Análise de controle de riscos, entre outros.

Os treinamentos e cursos relativos à segurança e saúde do trabalho são normalmente realizados presencialmente, no entanto com o avanço da tecnologia muitos cursos passaram a ser oferecidos via internet, popularmente chamados por cursos online, cursos à distância ou simplesmente, cursos EAD.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Os procedimentos metodológicos abordados no presente estudo, a priori, basearam-se na pesquisa qualitativa e de natureza básica. Adotou-se o modelo exploratório devido sua abrangência nas pesquisas bibliográfica. O trabalho foi desenvolvido e organizado de forma que primeiro foi relatado qual a importância da construção civil e da segurança do trabalho na sociedade, como o trabalhador se porta perante os riscos e como os acidentes ocorrem, logo em seguida, foram sugeridas medidas de prevenção para esses acidentes levando em consideração a conscientização e os treinamentos ao quais os trabalhadores devem ser submetidos.

O presente trabalho foi elaborado através de pesquisa bibliográfica exploratória, utilizando-se de livros, internet e outros trabalhos que abordam o assunto, bem como a legislação e normativas relacionadas. A pesquisa teve o objetivo de sanar dúvidas e acrescentar conhecimento sobre a importância da conscientização e dos treinamentos que os trabalhadores devem ter e receber. Os dados foram organizados e expressados de tal maneira que fossem conectados uns aos outros, sendo assim um assunto depende do outro para melhor entendimento do trabalho.

DISCUSSÃO FINAL DA PESQUISA

Fica claro que a vida e o bem-estar do colaborador devem estar sempre em primeiro

lugar, logo é necessário que a segurança do trabalho nos ambientes de serviço seja colocada em prática para que assim todos os colaboradores realizem suas atividades sem preocupações ou medo de acontecer algo.

Mas para que isso aconteça, é necessário que o empregador tenha na consciência que a segurança do trabalho não é um gasto, mas sim um investimento, onde futuramente esse investimento irá proporcionar menos surpresas e gastos com possíveis acidentes de trabalho que aconteceram por falta de prevenção.

Segundo Cavalcanti (2006), existe muitas empresas que negligenciam as atitudes com referência a segurança do trabalho, muitos acham que é desnecessário e que cada um tem que cuidar de si, outro fator também são os custos que às vezes se tornam alto, mas são cuidados necessários, pois a produtividade e o bom desempenho estão diretamente ligados à satisfação do profissional.

É preciso que o empregador saiba a importância dos treinamentos para todos os colaboradores que lhe prestam serviço, pois assim todos irão realizar suas atividades sabendo como fazer, como usar o EPI corretamente e por isso os diálogos diários e semanais são tão importantes, porque com uma conversa que se renova todos os dias os colaboradores estarão mais atentos a tudo o que forem fazer.

Assim que o empregador oferecer todos os meios da segurança do trabalho, os colaboradores precisam então fazer sua parte e realizar suas tarefas sempre prezando sua segurança e a dos colegas, participando atentamente de todos os treinamentos, diálogos diários e semanais, colocando sempre com atenção os equipamentos de proteção individual e coletiva, entre outros.

Cada colaborador precisa ter consciência do risco que estão à mercê em cada atividade realizada. Muitas vezes acontece de trabalhadores terem tamanha experiência no serviço que realiza e não querer mais usar os EPI's, pois acham que já sabem realizar a tarefa sem necessitar da utilização destes e então é quando por falta de conscientização da parte do trabalhador acontece o acidente de trabalho, que pode ser até fatal causando a morte deste que escolheu ficar exposto ao perigo pensando que a atividade a realizar já não lhe demonstrava risco algum.

Logo é de suma importância que cada um saiba das suas responsabilidades, tanto o empregador quanto o empregado, o que às vezes não acontece e é aí então onde acontecem os acidentes de trabalho.

CONCLUSÃO

Foram apresentados conceitos sobre segurança do trabalho, a importância da construção civil na indústria, exemplos de como os acidentes de trabalho podem surgir e também apresentadas algumas medidas de prevenção para esses acidentes, que são muito comuns.

A maneira como o trabalhador é tratado pela direção das empresas, os meios disponibilizados para orientá-lo e treiná-lo, e a conscientização de cada trabalhador em relação à produtividade com qualidade, que depende necessariamente da prevenção e do controle de acidentes, foram, mesmo que de forma superficial, levantados e expostos neste trabalho.

A solução do problema na segurança e saúde no trabalho se encontra também na prevenção e conscientização das empresas de que é melhor prevenir do que a cobrir altos custos com problemas relacionados à falta de segurança e falta de cuidados pela vida dos funcionários e então ter que arcar com altas despesas geradas pelos acidentes que acontecem.

Logo, aspira-se futuramente a aquisição de resultados positivos desse assunto, determinados através de uma significativa melhora dos diretores em relação ao reconhecimento e à motivação em implantar nas empresas mecanismos voltados à prevenção e ao controle de acidentes, disponibilizando aos seus comandados meios para que os mesmos possam exercer suas atividades com segurança.

REFERÊNCIAS

AMARAL, T. G. Elaboração e aplicação de um programa de treinamento para trabalhadores da construção civil. 1999. 194 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/ SC.

BOIGUES, C. C. A. Et al. Segurança e qualidade de vida no trabalho: uma análise qualitativa em empresas de médio porte da região de Presidente Prudente. 2006. TCC – trabalho de conclusão de curso em Administração. Presidente Prudente/SP.

CAVALCANTE, A. M. S. Treinamento como ferramenta estratégica para o crescimento organizacional. 2006. Trabalho de Pós-Graduação em Administração de Empresas. Vila Velha/ES.

FERREIRA, A. T. X.; TAQUES, A. L. G.; AGUIAR, M. J. N. Treinamento para trabalhadores da indústria da construção civil com base na lei federal nº 6.514/77. 2005. 95 f. TCC (Especialização em Engenharia de segurança do trabalho) - Engenharia Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR.

GONÇALVES, C. R. et al. Higiene e Segurança do Trabalho. 2006. Trabalho de conclusão de curso – TCC. São José dos Campos/SP.

MEDEIROS, J. A. D.; RODRIGUES, C. L. P. A existência de riscos na indústria da construção civil e sua relação com o saber operário. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2001, Salvador. Anais... Salvador: ABEPRO, 2001.

Ministério do Trabalho e Emprego - MTE. Norma Regulamentadora - NR 6 – Equipamentos de proteção individual (EPI). 22 de dezembro de 2022.

Ministério do Trabalho e Emprego - MTE. Norma Regulamentadora - NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. 19 de abril de 2018.

OLIVEIRA, V. F.; OLIVEIRA, E. A. E. Q. O papel da indústria da construção civil do espaço e do desenvolvimento regional. 2012. 11 f. Artigo (The 4th International Congress on university-Industry Cooperation) – Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade de Taubaté – UNITAU, Taubaté/SP.

OLIVEIRA, M. L.; SILVEIRA, F.; VENTURINI, J. S.; NICOLA, J. P.; SILUK, A. R. Proposta de ações baseadas nos 11 princípios da *lean construction* para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria – RS. Revista Espacios, Vol. 37, N° 21, pag. 17. 2016.

PAULA, J. C.; ALVES, C. R. S. T. A importância do treinamento na prevenção de acidentes de trabalho: Investimento que dá retorno. 2013. Encontro de Seminários. Cruz Alta/RS.

PELLOSO, E. F.; ZANDONADI, F. B. Causas da Resistência ao Uso do Equipamento de Proteção Individual (EPI). 2012. Artigo científico. Cuiabá/MT.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – Casa Civil. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – Casa Civil. Lei N° 8.213, de 24 de Julho de 1991.

ROSSO, M. P. R.; OLIVEIRA, S. C. F. A importância do treinamento técnico na construção civil, em atividades com riscos de quedas de altura. 2005. 107 f. Monografia (Especialização em Engenharia de segurança do trabalho) - Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma/SC.

STEFANO, C. Segurança na construção civil: Trabalho de educação, conscientização e medidas de proteção. 2008. 58 f. TCC (Graduação do curso de Engenharia Civil) – Engenharia Civil, Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo/SP.

SISTEMA DE GESTÃO VOTORANTIM. Manual do Observador. 1.ed. Juiz de Fora: VOTORANTIM METAIS, 2005.

SILVA, D. C. Um sistema de gestão da segurança do trabalho alinhado à produtividade e à integridade dos colaboradores. 2006. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG.

SOARES, J. G. Porque a construção civil cresceu 9,7% em 2021? A Gazeta, 2022. Acessado em: <https://www.agazeta.com.br/colunas/juarez-gustavo-soares/por-que-a-construcao-civil-cresceu-97-em-2021-0322>, no dia 05 de fevereiro de 2023, as 10:00 horas.

VASCONCELLOS, J. E. Treinamento: Do planejamento à execução. Pós- Graduação em Gestão de Recursos Humanos. 2001. Rio de Janeiro/RJ.

WEBSTER, M. F. Programas de Prevenção de Riscos Ambientais. 1996. Curitiba: Editora Gênese.

AS PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES E A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DAS PROPRIEDADES DO SOLO

Data de submissão: 26/02/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Driele Matos Lima

Centro Universitário São Lucas (UNISL)
Porto Velho – RO
<http://lattes.cnpq.br/7163876292166697>

José Júnior Pontes Neto

Centro Universitário São Lucas (UNISL)
Porto Velho – RO
<http://lattes.cnpq.br/7232969863946220>

Pedro Gerlivando de Brito Filho

Centro Universitário São Lucas (UNISL)
Porto Velho – RO
<http://lattes.cnpq.br/4391114552700718>

Raduan Krause Lopes

Centro Universitário São Lucas (UNISL)
Porto Velho – RO
<http://lattes.cnpq.br/4240928242745906>

Reanne Mimo Baratella

Centro Universitário São Lucas (UNISL)
Porto Velho – RO
<http://lattes.cnpq.br/7567295019655672>

Vanessa Karen Rodrigues Lopes

Centro Universitário São Lucas (UNISL)
Porto Velho – RO
<http://lattes.cnpq.br/4750963762376157>

RESUMO: O presente artigo tem por objetivo retratar as patologias que surgem nas edificações, devido a projetos mal executados e a negligência quanto ao estudo do solo, situação que poderia ser evitada se alguns profissionais se dedicassem a estudar isoladamente o solo e suas propriedades. Desse modo, o estudo visa identificar quais os impactos e a influência do solo em uma construção civil, de tal forma que a escolha adequada do tipo de solo irá afetar diretamente à segurança e a estrutura da edificação. A partir disso, através de um estudo aprofundado e um bom planejamento, as patologias poderão ser evitadas e a edificação terá uma boa estabilidade, priorizando o acompanhamento inicial do projeto e suas particularidades, até a conclusão da obra. Assim, haverá uma maior segurança na edificação e maior economia, tornando-se um bom investimento.

PALAVRAS-CHAVE: Patologia das Fundações, Interação solo-estrutura, Investigação Geotécnica, Fundações, Projetos.

THE PATHOLOGYS OF FOUNDATIONS AND THE IMPORTANCE OF THE STUDY OF SOIL PROPERTIES

ABSTRACT: This article aims to portray the pathologies that arise in buildings, due to poorly executed projects and negligence regarding the study of the soil, a situation that could be avoided if some professionals would dedicated themselves to study the soil and its properties in isolation. In this way, the study aims to identify the impacts and influence of the soil in a civil construction, in such a way that the appropriate choice of soil type will directly affect the safety and structure of the building. From this, through an in-depth study and a good planning, pathologies can be avoided and the building will have good stability, prioritizing the initial monitoring of the project and its particularities, until the completion of the work. Thus, there will be greater security in the building and greater economy, becoming a good investment.

KEYWORDS: Pathology of foundations, Soil-structure interaction, Geotechnical Investigation, Foundations, Projects.

1 | INTRODUÇÃO

Na construção civil, a fundação é responsável pela distribuição do peso dos materiais para o solo, de modo que a escolha adequada dele, é fundamental para o sucesso integral da obra. É inegável que o solo é o elemento principal em uma construção, tendo em vista que ele influenciará na escolha mais compatível para a fundação, ou seja, ficará responsável por receber os esforços solicitados, suportando cargas e tensões. Diante disso, entende-se que o conhecimento a respeito das características do solo, é a medida paliativa que impedirá o aparecimento de problemas futuros nas fundações. (ALBUQUERQUE, 2019).

De acordo com Schnaid (2000), na construção civil é comum que abandonem as fases de estudo dos tipos de solo, pois, em razão do alto custo financeiro que a obra pode trazer, optam por fazerem uso de correlações empíricas ou negligenciarem os procedimentos iniciais, que serão o pilar para o sucesso da construção. Como resultado, surgem ações patológicas que coibirão para o desabamento da edificação, colocando em risco à vida da população e causando inúmeros prejuízos econômicos.

A fase de infraestrutura de uma edificação é considerada indispensável para ampliar o tempo de vida útil da obra, já que ela sustentará toda a estrutura e os esforços solicitantes, sejam eles permanentes ou variáveis, que virá a sofrer com o passar dos anos. Por isso, torna-se fundamental conhecer a base terrena, bem como o tipo de solo e a análise da presença de rochas na área. No mesmo grau de importância, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos voltados para a identificação do tipo de estrutura que será usada, verificando se ela será compatível com o solo escolhido, buscando prevenir as futuras patologias e garantindo a saúde e segurança dos usuários da construção. (MILITITSKY, 2015)

Salienta-se que a importância da análise geotécnica, encontra-se condicionada à construção de uma edificação, cujo o propósito é evitar futuras irregularidades, com isso, um estudo minucioso poderá identificar qual fundação será compatível com o solo que se

deseja usar, de modo a impedir o aparecimento de impactos prejudiciais na construção civil e causando danos severos a toda estrutura. Portanto, é de extrema funcionalidade, obter informações que contribuirão para uma melhor escolha do tipo de fundação, assim como o conhecimento geotécnico oferecerá segurança à coletividade e maior durabilidade da edificação. (APL ENGENHARIA, 2018).

Ante o exposto, os fatos demonstram a relevância do estudo geotécnico, levando-se em conta que as empresas não proporcionam esse estudo, chegam ocasionalmente a representar até 5% a 10% do valor total da obra, desprezando o estudo do solo. (MILITITSKY, 2015).

Em suma, o estudo das influências das propriedades do solo teve como base de estudos pesquisas bibliográficas e artigos científicos, de maneira que as informações trazidas visam trazer ao leitor um conhecimento sobre a necessidade de um estudo aprofundado sobre todas as etapas de construção de uma fundação, compreendendo que um planejamento detalhado é indispensável para dar início à construção da obra.

2 | IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DO SOLO E DE SUAS PROPRIEDADES

Para que se tenham estruturas sólidas, capazes de suportar os fenômenos naturais e os acontecimentos imprevisíveis, é indispensável que haja o conhecimento aprofundado do solo, já que este servirá de base para uma futura fundação. Diante disso, no estudo isolado das propriedades físicas e químicas do solo, tem-se o relatório que identificará as deformações e irregularidades que possam interferir na fundação, assim como verificará qual tipo de estrutura é compatível com o solo estudado e, portanto, será construído respeitando as limitações daquela área. (SOUZA, VENDER, MARQUES, LUIZ, 2018)

Além disso, é dever do Engenheiro Civil realizar um estudo das variações climáticas mais decorrentes naquele local, com a finalidade de escolher a estrutura ideal para aquela região. É fato que não análise dessas etapas pelo profissional civil, intervirá na longevidade das fundações e na evolução de patologias. A priori, cabe mencionar que o estudo do solo segue uma cadeia linear até chegar na construção total da fundação, dessa forma, veja-se abaixo:

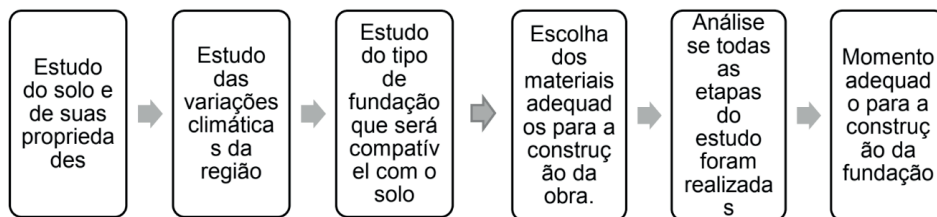


Figura 1: Fluxograma da cadeia linear do estudo do solo até a construção total da obra

Fonte: Elaborado pelos autores

Logo, através da realização de todas essas etapas, a construção da fundação será bem executada e atenderá aos padrões de segurança, protegendo o meio ambiente e a população da região.

2.1 A mecânica do solos

conforme o que leciona Pinto (2006), as obras da construção civil se baseiam pelo solo e, com isso, requer que o comportamento dele seja devidamente estudado. Sobretudo, a mecânica dos solos é responsável por estudar a forma como ele reagirá com as tensões que receberá quando a força for aplicada. Ademais, quando existem escavações ou escoamento de água, unidas elas compõem o estudo denominado de Ciência da Engenharia, instrumento que o Engenheiro Civil vai empregar na elaboração de seus projetos.

Destarte, em uma construção civil geralmente as dúvidas em relação ao solo surgem bem na metade da execução da obra, isso se dá primordialmente pelo não conhecimento da propriedade estudada e pela urgência em finalizar a construção. (MILITITSKY, 2015)

Sobretudo, com a utilização da mecânica do solo, são realizadas sondagens e todos os demais testes, com a finalidade de descobrir as propriedades desse solo, reunindo todo o conhecimento técnico da área para elaboração do projeto, oferecendo ao especialista as informações necessárias sobre a fundação adequada a ser implantada na edificação. (MILITITSKY, 2015)

Sabe-se que um dos problemas mais frequentes decorrentes da análise incorreta ou ausência da investigação do solo, encontra-se atrelada à ocorrência de patologia nas fundações, pois, ele é o elemento que integra o conjunto de fundações e, portanto, faz-se necessária a investigação detalhada do subsolo. (VITÓRIO, 2003)

2.2 Interação solo-estrutura

A interação solo-estrutura relaciona a maneira como uma estrutura irá se comportar quando ela for solicitada por ação do carregamento externo, de forma que a carga gerada pelas fundações irá impactar na capacidade do solo, por esse motivo, é essencial que exista harmonia entre o solo e a estrutura, com o intuito de garantir a compatibilidade entre eles. (MILITITSKY, 2015)

Nesse sentido, as fundações são dimensionadas para receber as cargas da estrutura, que foram definidas no projeto estrutural. Ocorre que, o que geralmente acontece é que muitas das vezes os profissionais não avaliam o nível de deformação do terreno, o que pode gerar um baixo desempenho da estrutura da edificação. (MILITITSKY; CONSOLI. SCHNAID, 2005)

3 | FUNDAÇÕES

Milititsky (2015) descreve as fundações como elementos de suma importância, pois são elas que suportarão todas as cargas das edificações, transmitindo esse peso ao solo. Dessa forma, a NBR 6122/10 divide as fundações em dois tipos: as rasas e as profundas.

3.1 Fundações rasas

As fundações rasas podem ser definidas quando as tensões estão sobre a base da fundação, além de sua profundidade ser inferior a duas vezes a sua menor dimensão, logo, é utilizada ao máximo 3,00 metros abaixo do nível piso. Como exemplo se tem: sapatas, radier, bloco de fundação e viga baldrame.

3.1.1 Sapatas

São tipos de fundações superficiais, feitas em blocos de concreto armado e tem a principal função de distribuir as cargas de uma edificação ao solo, por meio de suas bases, que resistem principalmente à flexão. Os tipos mais comuns de sapatas são: isoladas, corridas, alavancadas e associadas.

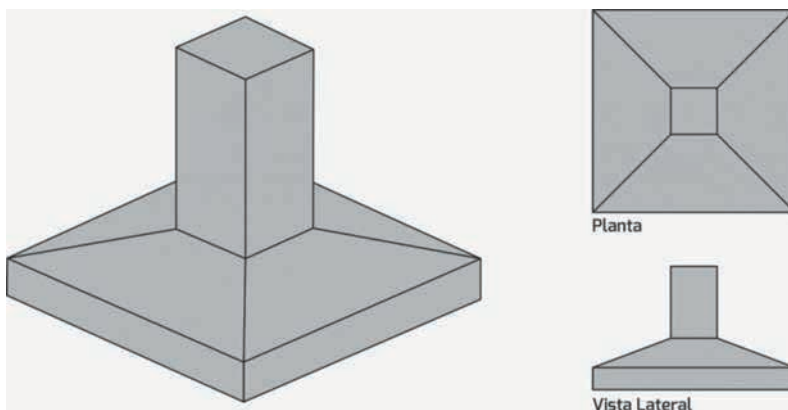


Figura 2: Sapata Isolada

Fonte: Darós (2020)

3.1.2 Radier

Trata-se de uma fundação rasa que aparenta ser uma laje ou placa que ocupa toda a construção, é feita de concreto armado e recebe toda a carga da estrutura, abrangendo parte ou todos os pilares da estrutura, distribuindo os carregamentos.

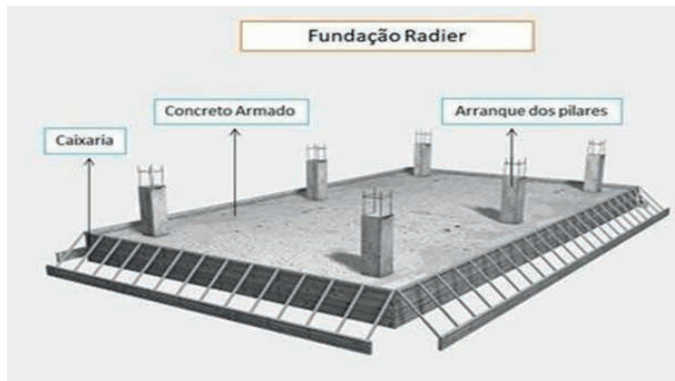


Figura 3: Radier

Fonte: Schneider (2020)

3.1.3 Bloco de fundações

São denominados de elementos de apoio, feitos somente de concreto e normalmente se encontram em forma de pedestal, dimensionado para que as tensões de tração sejam resistidas pelo concreto, sem precisar de armadura.

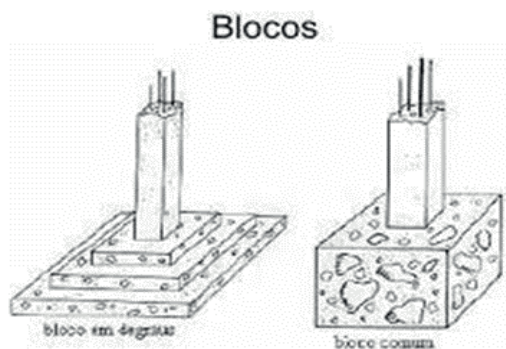


Figura 4: Bloco de Fundação

Fonte: Lages (2018)

3.1.4 Viga baldrame

É a parte que divide a infraestrutura (fundação) da superestrutura (estruturas acima do solo). Esse elemento recebe as cargas através das paredes e as transmite para que a fundação distribua ao solo.



Figura 5: Viga Baldrame

Fonte: Ghizzi (2021)

4 | FUNDAÇÕES PROFUNDAS

Conforme a NBR 6122/10, são consideradas fundações profundas aquelas que tem a base ou a ponta apoiada assentadas a uma profundidade maior 8 vezes a sua menor dimensão em planta, tendo no mínimo 3 metros de profundidade.

4.1 Tubulão

São as chamadas fundações de grande porte, em que tem a sua seção circular e a base alargada. Antes de sua concretagem, um operário deve descer até a sua base pra realizar o alargamento e finalizar o serviço. Sendo divididos em tubulões a céu aberto e tubulões pneumáticos.

4.2 Tubulação a céu aberto

Conhecidas como poço a céu aberto ou chamadas de pocinhos, sua escavação pode ser mecanizada ou manual, podendo ser executada com ou sem revestimento, de concreto ou de aço e normalmente feitos acima do lençol freático.



Figura 6: Tubulação a céu aberto

Fonte: Pereira (2021)

4.3 Tubulação pneumático

Sua execução abaixo do lençol freático, ou seja, abaixo do nível da água, necessita da utilização de ar comprimido com pressão, que é minimamente utilizado em razão dos riscos e custos elevados. Em solos arenosos, a pressão é maior para compensar as perdas de cargas e de ar, enquanto que os solos argilosos, a pressão necessária é um pouco menor que a pressão neutra.

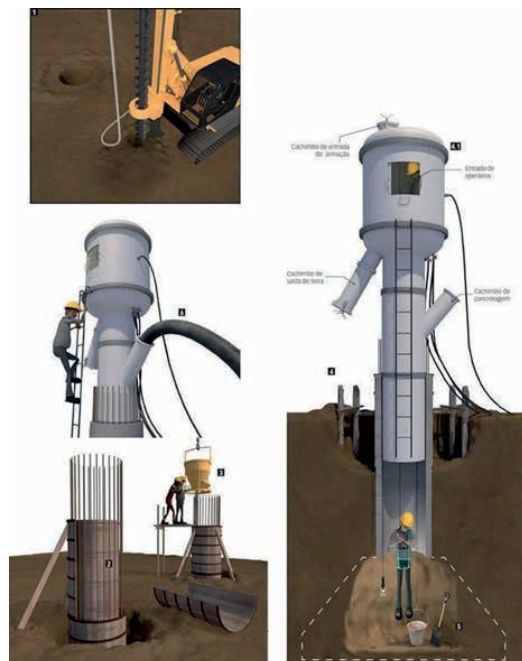


Figura 7: Tubulação Pneumático

Fonte: Pereira (2021)

5 | ESTACAS

Conceitua-se como uma fundação profunda de seção transversal pequena e de grande comprimento, podendo ser perfuradas ou cravadas por equipamentos e ferramentas, sem a necessidade de descida do operário.

5.1 Estaca escavada

Feitas de concreto armado e moldadas “in situ”, a execução é feita com a retirada do solo.

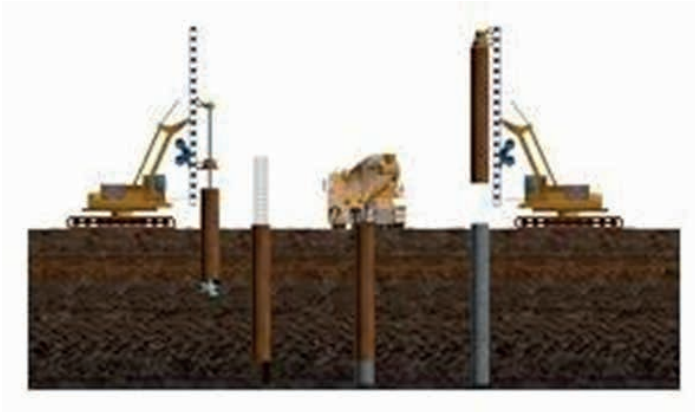


Figura 8: Execução da estaca escavada

Fonte: Geo (2020)

5.2 Estaca franki

Moldada “in loco”, utilizando-se uma base alargada, que é feita pela cravação de um tubo metálico por meio de bucha preenchido com material granular ou concreto, necessita de um bate estaca para a sua execução.

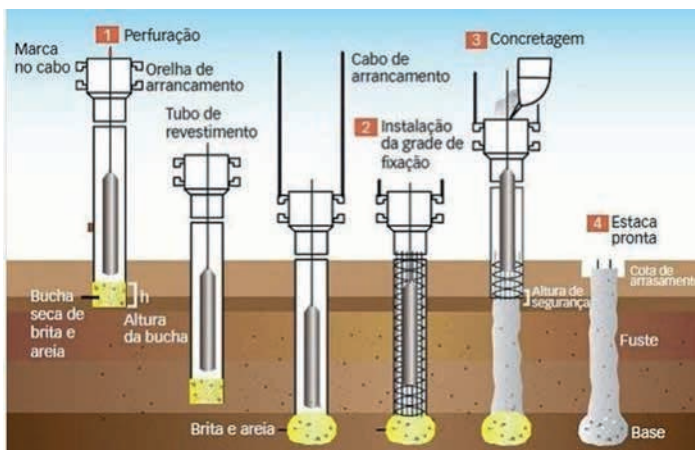


Figura 9: Execução da estaca Franki

Fonte: Schneider (2019)

5.3 Estaca strauss

Moldada “in loco”, também utiliza o bate estaca, mas não tem sua base alargada. De

modo que são executadas, enchendo-se de concreto as perfurações que foram escavadas.

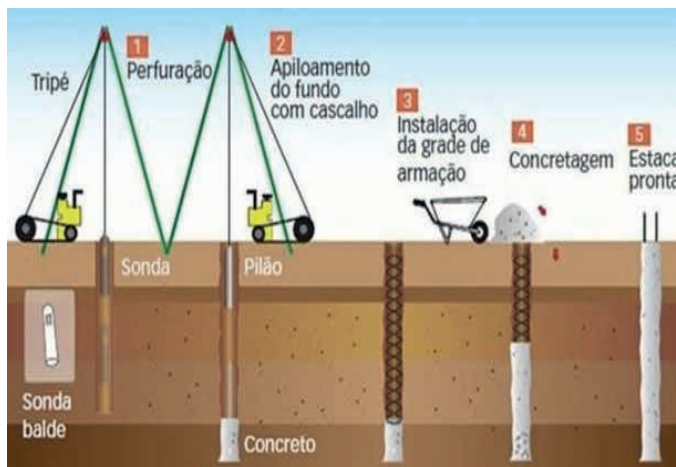


Figura 10: Execução da estaca Strauss

Fonte: Terres (2020)

5.4 Estaca hélice contínua

Moldada “in loco”, é executada por meio de trado helicoidal contínuo e injeção de concreto, sua armadura é colocada somente após o concreto. Sendo monitoradas por meio de equipamentos eletrônicos das suas etapas de execução.

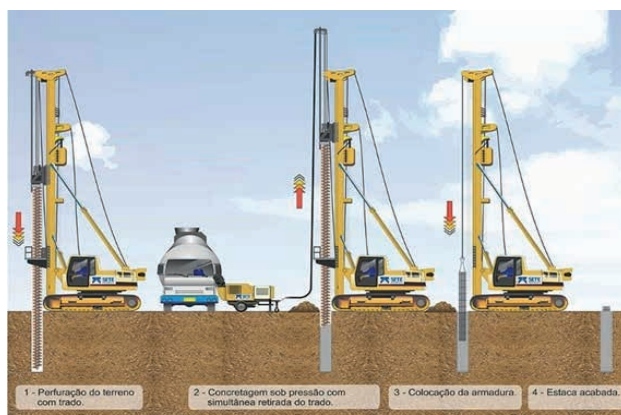


Figura 11: Execução da estaca hélice contínua

Fonte: Pereira (2017)

5.5 Estaca pré-moldada de concreto

Ela é feita de concreto pré-moldado, em que é inserida no terreno através de golpes de martelo de gravidade, de explosão, hidráulico ou vibratório. Não possuem etapa de escavação, por isso são chamadas de estaca de deslocamento.



Figura 12: Estacas pré-moldadas de concreto

Fonte: Marinho (2019)

5.6 Estaca metálica

Fabricada industrialmente, podendo ser laminada ou soldada, simples ou múltipla, com tubos de chapa dobrados ou canelados, estando presentes tubos com ou sem costura e trilhos.



Figura 13: Estacas metálicas

Fonte: Moscoline (2019)

5.7 Estaca de madeira

São as chamadas estacas de deslocamento, sem escavação do solo, sua madeira deve ter boa resistência e troncos retilíneos, que são cravados no solo.

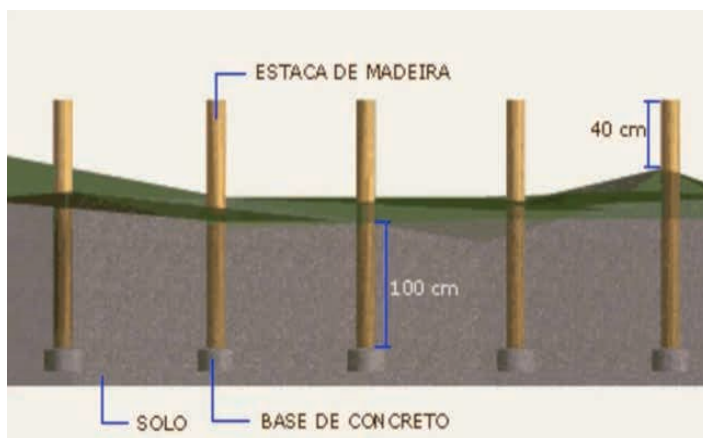


Figura 14: Estacas de madeira

Fonte: Moscoline (2019)

6 | PATOLOGIA NAS FUNDAÇÕES

As manifestações patológicas geralmente são causadas pela ação de agentes agressivos, a partir do momento em que são identificadas insuficiências na área, haja vista os erros encontrados nos projetos, gerando consequências na execução do projeto, no tempo e alterações externas. (CÓIAS, 2006).

Em contrapartida, Milititsky (2015) entende que os estudos das fundações não são realizados da forma adequada, tendo em vista que os valores atribuídos à obra nem sempre são suficientes para suprir todas as necessidades do local, conseqüentemente, tem-se inúmeros problemas na vida útil das fundações, desencadeando desastres de grandes proporções e que, poderiam ser evitados se houvesse uma adequação e obediência às normas técnicas.

Como consequência do mal planejamento, as empresas terão que arcar com o reforço da fundação, com outra contratação de profissionais e produção de relatório de diagnóstico do problema, ou seja, terão que pagar novamente para realizar todas as etapas que negligenciaram, ocasião em que o gasto será bem maior do que o investido inicialmente. (MILITITSKY, 2015)

Alonso (2020) narra que é fundamental um estudo qualificado do local em que será executado a estrutura, promovendo o conhecimento sobre a topografia do terreno, dos dados geotécnicos, do tipo de solo e, principalmente, do tipo de construção, para assim

conseguir projetar os deslocamentos admissíveis e atribuir funcionalidade à área.

Em função disso, o planejamento e o conhecimento necessário das patologias nas fundações para Joppert (2007) são estudos que não devem ser feitos superficialmente, reparando só a parte estética e deixando de lado as estruturas internas, ambos precisam ser priorizados, a fim de evitar as consequências de alto risco como a deterioração camuflada da estrutura. Pode-se identificar uma das consequências das patologias na fundação, conforme a imagem abaixo:



Figura 15: Consequência das patologias na fundação

Fonte: Milititsky (2015)

6.1 Patologias mais decorrentes nas fundações

Os motivos que levam uma fundação a sofrer de patologias podem ser identificadas por inúmeras situações, uma delas é a falta de qualificação técnica e o desgaste de uma edificação com o passar dos anos, que seria o desgaste natural que todas as fundações irão sofrer em algum momento. Dessa maneira, as adversidades mais frequentes podem ser elencadas em fissuras nas peças estruturais, como pilares, vigas, lajes e trincas de revestimento, podendo ser simples ou complexas, analisando-se a necessidade ou não de estudos ou ferramentas que solucionarão o problema. (RIPPER; SOUZA, 1998).

Logo em seguida, tem-se descrito alguns dos problemas mais típicos nas fundações rasas e profundas.

Tipo de Fundação	Problemas Típicos Decorrentes
Fundações Rasas	Tensões de contato excessivas, incompatíveis com as reais características do solo, resultando em recalques inadmissíveis ou ruptura
	Fundações em solos/aterros heterogêneos, provocando recalques diferenciais
	Fundações sobre solos compressíveis sem estudos de recalques, resultando grandes deformações
	Fundações apoiadas em materiais de comportamento muito diferencial, sem junta, ocasionando o aparecimento de recalques diferenciais
	Fundações apoiadas em crosta dura sobre solos moles, sem análise de recalques, ocasionando a ruptura ou grande deslocamento da Fundação.

Tabela 1: Problemas mais decorrentes nas Fundações Rasas

Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2005)

Tipo de Fundação	Problemas Típicos Decorrentes
Fundações Profundas	Estacas de tipo inadequado ao subsolo, resultando mau comportamento
	Geometria inadequada, comprimento ou diâmetro inferiores aos necessários.
	Estacas apoiadas em camadas resistentes sobre solos moles, com recalques incompatíveis com a obra
	Ocorrência de atrito negativo não previsto, reduzindo a carga admissível adotada para estaca

Tabela 2: Problemas mais decorrentes nas Fundações Profundas

Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2005)

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, é possível compreender que antes de dar início a construção de uma fundação, o primeiro estudo que deve haver, primordialmente, deve ser o estudo do solo, embora a parte estética e o barateamento da construção são os pontos mais priorizados ultimamente. Do mesmo modo, foi possível compreender a dinâmica das estruturas, entendendo que o estudo dessas etapas pode poupar sérios problemas no futuro e gastos desnecessários.

Ademais, com a realização criteriosa de todas as etapas de estudo, o sucesso da construção será conquistado, contribuindo para a durabilidade e segurança do local, uma vez que os solos não são todos iguais, apresentando particularidades que devem ser levadas em consideração no momento da construção, do mesmo modo que cada um deles reagirá de uma forma distinta quando submetido a grandes tensões.

Dessa maneira, o profissional através dos estudos, terá um relatório dotado de informações de caráter químico e físico do local, em que influenciará na escolha do método adequado para cada tipo de solo.

Foi levantado também que muitos profissionais pulam as etapas necessárias e depois de um tempo, se deparam com patologias que desconhecem a origem, frutos de um

mal planejamento da construção.

Portanto, construir uma fundação envolve fases muito complexas que não podem ser negligenciadas, estudando o solo, a compatibilidade dele com a fundação desejada e o estudo sobre os fenômenos climáticos da região, para assim, construírem uma fundação que ofereça conforto e segurança a toda comunidade.

REFERÊNCIAS

ALBURQUERQUE, D. **Tipos de Fundações: Qual a importância em uma obra e como escolher o mais adequado.** 2019. Blog IPOG. Disponível em: <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-arquitetura/tipos-de-fundacoes/#:~:text=A%20funda%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20a%20estrutura.momento%20de%20levantar%20uma%20obra>. Acesso em: 20 set. 2022.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Previsão e controle das fundações.** São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2011. 156p. Acesso em: 25 nov. 2022.

APL ENGENHARIA: **ENTENDA A IMPORTÂNCIA DE PROJETOS GEOTÉCNICOS PARA OBRAS DE ENGENHARIA PUBLICAÇÃO 2018.** BLOG APL, 2018. Disponível: <https://blog.apl.eng.br/entenda-a-importancia-de-projetos-geotecnicospara-obras-de-engenharia/>. Acesso em: 20 set. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações.** Rio de Janeiro, 2010.

ANDRÉ, Álvaro; VENDER, Karolina; RODRIGUES, Amanda; LUIZ, José. **Discutindo o conceito de Fundações.** 2018. Pesquisa UNIFIMES. Disponível em: <https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/398>. Acesso em: 23 set. 2022.

CARVALHO C. S; FALCONI, Frederico F; FROTA, Régis G. Q; HACHICH, Waldemar; NIYAMA, Sussumu; SAES, José Luís. **Fundações: Teoria e Prática. ABEF Ass. Brasileira de Empresas de Eng. de Fundações e Geotecnia/ABMS Ass. Brasileira de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica.** Acesso em: 20 nov. 2022.

MENEGAL, Ricardo. **Estaca Franki. Carluc,** 2021. Disponível em: <https://carluc.com.br/projeto-de-fundacao/estaca-franki/>. Acesso em: 26 nov. 2022.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações.** São Paulo: 2ed. Ed. Oficina de Textos, 2008. Acesso em: 24 nov. 2022.

PEREIRA, Maurício; NEVES, Rafael; FAGUNDES, Fabiano. **Patologia em fundações: Identificação e prevenção de problemas.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. 2020, Ed. 11, Vol. 06, pp. 26-43. Acesso em: 25 nov. 2022.

PEREIRA, Caio. **Estaca Hélice Contínua – Vantagens e Desvantagens.** Escola Engenharia, 2017. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/estacahelice-continua/>. Acesso em: 27 nov. 2022.

PEREIRA, Caio. **Estaca Strauss – Vantagens e Desvantagens. Escola Engenharia, 2013.** Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/estacastrauss/>. Acesso em: 27 nov. 2022.

PEREIRA, Caio. **Fundações Profundas**. Escola Engenharia, 2016. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/fundacoes-profundas/>. Acesso em: 26 nov. 2022.

REBELLO, Yopanan C. P. **Fundações. Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento**. 3. ed. Ed: Zigurate: Acesso em: 22 nov. 2022.

VITÓRIO, Afonso. **FUNDAMENTOS DA PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS NAS PERÍCIAS DE ENGENHARIA**. Instituto Pernambucano de avaliações e perícias de engenharia, Recife, 200. Acesso em: 21 set. 2022.

CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE MANDIOCA DO GRUPO SECA E SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA AGROINDÚSTRIA FAMILIAR

Data de submissão: 06/03/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Rayssa Silva dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará
Castanhal-Pará
<https://orcid.org/0000-0002-2196-383X>

Suely Cristina Gomes de Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará
Castanhal-Pará
<https://orcid.org/0000-0003-4521-673X>

Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará
Belém-Pará
<https://orcid.org/0000-0002-1661-7609>

RESUMO: A farinha de mandioca é um alimento essencial para a população da Amazônia, em especial a paraense, sendo base alimentar e fonte de carboidratos, para diversas famílias de todas as classes sociais, devido a cultura de origem indígena enraizada na região. Porém, esse alimento, ainda é produzido de forma rudimentar, comprometendo sua qualidade. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização da farinha de mandioca do grupo seca produzida em uma casa

de farinha localizada na Agrovila Nazaré em Castanhal-PA e sugerir melhorias no empreendimento conforme às Boas Práticas de Fabricação, como suporte à comercialização dos produtos do agricultor familiar na região. Para isso, foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas na farinha, cujos resultados foram tabulados e comparados com o preconizado no regulamento técnico da farinha de mandioca. A maioria dos parâmetros avaliados estavam conformes ao regulamento com exceção do teor de amido, cascas e entrecasas, fibra bruta e matéria estranha. Também foi realizado um treinamento em boas práticas de fabricação para sugerir melhorias ao proprietário mediante as problemáticas observadas na rotina laboral e também no que foi constatado nos resultados das análises laboratoriais. Durante o treinamento foram feitas recomendações de baixo custo, mais direcionadas a melhorar as práticas de higiene adotadas na produção. Contudo, também foi constatada a necessidade de implementar melhorias na infraestrutura do retiro. Então, após a avaliação do layout da casa de farinha, foi verificado que o fluxo de produção é adequado, mas que ainda requer modificações estruturais. Nesse

trabalho, há a sugestão de um novo layout com melhorias na infraestrutura e recomendações de equipamentos adequados à produção de alimentos, visando atender aos requisitos estipulados pelas boas práticas, resultando na melhoria da qualidade do produto ofertado.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade. Farinha. Legislação. Boas práticas de fabricação.

CHARACTERIZATION OF CASSAVA FLOUR OF THE SECA GROUP AND SUGGESTIONS FOR IMPROVEMENTS FOR FAMILY AGROINDUSTRY

ABSTRACT: Cassava flour is an essential food for the population of the Amazon, especially in Pará, being a food base and source of carbohydrates for several families of all social classes, due to the indigenous culture rooted in the region. However, this food is still produced in a rudimentary way, compromising its quality. Thus, the objective of this work was to characterize the cassava flour of the dry group produced in a flour house located in Agrovila Nazaré in Castanhal-PA and to suggest improvements in the enterprise in accordance with Good Manufacturing Practices, in support of the commercialization of the products of the family farmer in the region. For this, physical-chemical and microbiological analyzes were performed on the flour, the results of which were tabulated and compared with that recommended in the technical regulation of cassava flour. Most of the parameters evaluated were in compliance with the regulation with the exception of starch content, shells and barks, crude fiber and foreign matter. Training in good manufacturing practices was also carried out to suggest improvements to the owner through the problems observed in the work routine and also in what was found in the results of the laboratory analyzes. During the training, low-cost recommendations were made, more aimed at improving hygiene practices adopted in production. However, there was also a need to implement improvements in the retreat's infrastructure. Then, after evaluating the layout of the flour mill, it was found that the production flow is adequate, but that it still requires structural modifications. In this work, there is the suggestion of a new layout with improvements in infrastructure and recommendations for equipment suitable for food production, aiming to meet the requirements stipulated by good practices, resulting in improving the quality of the product offered.

KEYWORDS: Quality. Flour. Legislation. Good manufacturing practices.

1 | INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é cultivada em mais de 100 países tropicais e subtropicais, especialmente naqueles em desenvolvimento, evidenciando sua importância na segurança alimentar de muitos povos. É uma cultura rústica, cujas características favorecem sua propagação em condições adversas como baixos índices pluviométricos e solos de baixa fertilidade assim como resistência ou tolerância a pragas e doenças (FREIRE et al. 2014).

Dentre as demais tuberosas, a mandioca possui maior versatilidade, pois a partir dessa raiz pode ser produzida a mandioca minimamente processada, congelada ou refrigerada, ou pré-cozida e congelada e o “chips”, além disso pode-se fabricar a fécula, popularmente conhecida como goma, o beiju, o tucupi, muito utilizado no preparo de pratos

típicos, a farinha de tapioca e também, como maior destaque, a farinha de mandioca (CEREDA, 2005).

Segundo a Instrução Normativa nº 52/2011 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, entende-se por farinha de mandioca o produto obtido das raízes de mandioca do gênero *Manihot* submetidas a processo tecnológico adequado de fabricação e beneficiamento. Conforme o processo tecnológico empregado para sua obtenção a farinha de mandioca pode ser classificada em três grupos: seca, d'água ou bijusada (BRASIL, 2011).

A farinha de mandioca do grupo seca é a mais consumida no Brasil. É produzida em todas as regiões do país com algumas particularidades que variam conforme a cultura local ou o acesso a tecnologias. O processo de fabricação desse tipo de farinha ocorre da seguinte forma: as raízes são recebidas, lavadas e descascadas, em seguida são trituradas e a massa obtida é acondicionada em sacos que são empilhados até o limite da prensa para a retirada da manípueira. Após a prensagem, a massa é esfarelada e peneirada para então ser levada ao forno para secar e torrar. Após torrada, a farinha é acondicionada nas embalagens e armazenada até o momento da comercialização (FOLEGATTI; MATSUURA; FERREIRA FILHO, 2005).

Na região amazônica, o principal subproduto obtido da mandioca é a farinha de mandioca, também conhecida como farinha de mesa. O processo de beneficiamento da mandioca para obtenção da farinha bem como de outros subprodutos ainda é bastante artesanal. Essa produção ocorre, em sua maioria, em pequenos e simples estabelecimentos denominados de casas de farinha, localizadas nas proximidades das moradias dos agricultores (CARDOSO, 2005; MODESTO JÚNIOR; ALVES, 2014).

No estado do Pará a farinha de mandioca é produzida essencialmente pela agricultura familiar e representa para esses sujeitos segurança alimentar, principalmente para a população mais pobre, e também contribui na fixação do homem no campo por meio da geração de emprego e renda no meio rural (CRAVO; SOUZA, 2016; NOGUEIRA; JESUS, 2019).

As técnicas empregadas na produção da farinha são constituídas por saberes tradicionais repassados entre as gerações, constituindo o patrimônio cultural das comunidades produtoras (SILVA, 2015). No entanto, alguns procedimentos empregados são inadequados à produção de alimentos e podem comprometer a qualidade e segurança da farinha de mandioca que está sendo produzida.

Em vista disso, verifica-se a importância da implementação das Boas Práticas de Fabricação (BPF) durante a produção da farinha de mandioca, visto que essa ferramenta estabelece os procedimentos higienicossanitários que devem ser aplicados em todo o fluxo de produção de forma a garantir a inocuidade, a identidade e qualidade do alimento produzido (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL, 2019). Mas, é importante salientar que o agricultor deve compreender o que são as boas práticas e, principalmente, a importância de sua implantação durante a fabricação do alimento, de forma que haja o comprometimento em cumprir os requisitos estipulados pela legislação vigente.

Assim, esse trabalho objetivou realizar a caracterização da farinha de mandioca do grupo seca produzida em uma casa de farinha localizada na Agrovila Nazaré em Castanhal-PA e sugerir melhorias no empreendimento conforme às Boas Práticas de Fabricação, como suporte à comercialização dos produtos do agricultor familiar na região.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo de natureza aplicada e transversal, tem caráter exploratório e descritivo, com abordagem qualitativa e quantitativa. O trabalho foi dividido nas seguintes partes sequenciais: escolha da casa de farinha para realização da caracterização da farinha de mandioca do grupo seca, coleta das amostras de farinha de mandioca e realização das análises laboratoriais, verificação dos conhecimentos prévios em BPF dos manipuladores e proprietário da casa de farinha selecionada, realização de treinamento em BPF para os manipuladores e proprietário e sugestões de melhorias no estabelecimento com base nos resultados obtidos das análises de laboratório e observações durante o treinamento.

Inicialmente a pesquisa foi desenvolvida junto aos 11 produtores de farinha de mandioca da Agrovila de Nazaré e região circunvizinha (Figura 1) que são associados à Associação de Moradores e Agricultores da Agrovila Nazaré (AMAN). Após a seleção da casa de farinha para ser o objeto desse estudo e aceitação do proprietário em participar da pesquisa, a realização do treinamento em BPF bem como demais etapas da pesquisa foram realizadas somente no estabelecimento selecionado.

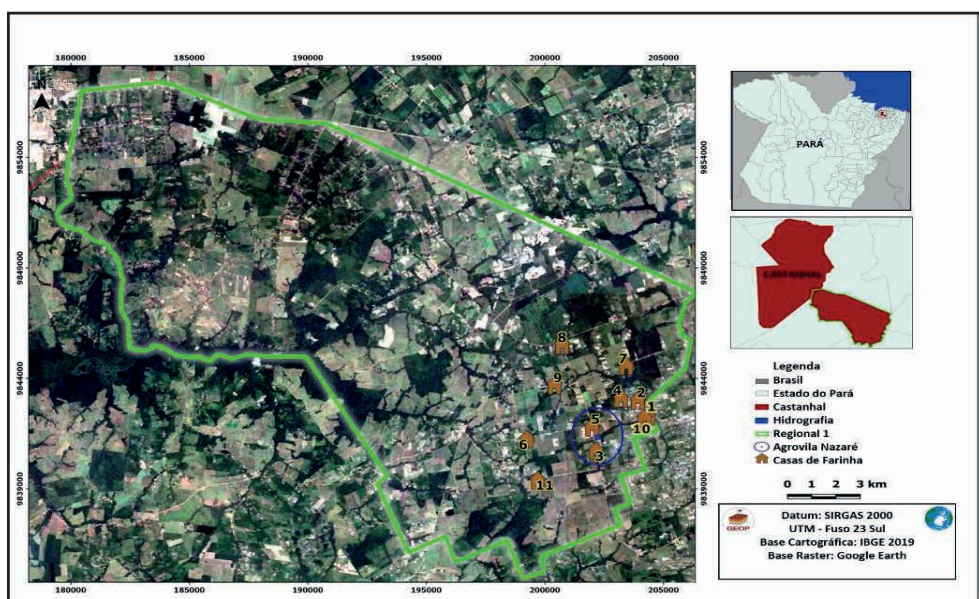


Figura 1: Localização das casas de farinha

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.1 Seleção da casa de farinha

Para selecionar a casa de farinha de mandioca para participar desse estudo, primeiramente foi aplicada a lista de verificação de Boas Práticas de Fabricação, documento anexo a RDC nº 275/2002 (BRASIL, 2002) nas casas de farinha associadas para elaborar o panorama sanitário. Concomitantemente, foi realizado um levantamento da quantidade de farinha de mandioca produzida por mês, por cada associado. Mediante aos resultados obtidos, a casa de farinha que teve menor percentual de adequação e que possui elevada produção mensal de farinha foi a selecionada para realizar o treinamento em BPF, visto que por possuir elevada produção e, por consequência, comercialização, atinge maior número de consumidores, e o alto grau de inadequação pode comprometer a qualidade e a segurança da farinha de mandioca que será consumida.

2.2 Coleta das amostras e análises de laboratório

Assim, na casa de farinha de mandioca, objeto desse estudo, foram coletadas 3kg de amostras de farinha de mandioca para a realização das análises de laboratório preconizadas na Instrução Normativa nº 52/2011 (BRASIL, 2011), a qual estipula o regulamento técnico da farinha de mandioca. As análises de umidade, acidez, teor de amido, teor de cinzas foram realizadas conforme metodologia descrita no Instituto Adolfo Lutz (2008). A análise de atividade de água foi efetuada conforme métodos da ISO 21807:2012 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2012), a de fibra bruta segundo a AOAC 991.43 (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL, 2005) e granulometria conforme a USP 786 (UNITED STATES PHARMACOPEIAL CONVENTION, 2012). Todas as análises também seguiram os direcionamentos estipulados na Instrução Normativa nº 52/2011 (BRASIL, 2011).

E para as análises determinadas na Instrução Normativa nº 60/2019 a qual estabelece a lista de padrões microbiológicos para alimentos, as análises solicitadas para a farinha são: *Salmonella*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* (BRASIL, 2019) e também foi realizada a análise microbiológica para detecção de *Staphylococcus aureus*. A análise de *Salmonella* foi feita conforme metodologia disposta na ISO 6579:2002 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2002), a de *Bacillus cereus* foi realizada conforme métodos dispostos na ISO 7932:2004 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2004), a de *Escherichia coli* foi feita conforme metodologia na Instrução Normativa nº 30/2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2018) e a análise de *Staphylococcus aureus* foi realizada conforme métodos dispostos na ISO 6888-1:1999 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1999).

As análises físicas de matéria estranha e cascas e entrecascas estipuladas na Instrução Normativa nº 52/2011 (BRASIL, 2011), foram realizadas em 1kg de amostra seguindo as instruções de análise contidas na própria legislação. Os resultados obtidos

foram tabulados no software Microsoft Excel.

2.3 Aplicação de questionário sobre boas práticas de fabricação

Após a seleção da casa de farinha foi feita a aplicação de um questionário estruturado com perguntas abertas e fechadas relacionadas às Boas Práticas de Fabricação no intuito de verificar se os manipuladores e o proprietário da casa de farinha selecionada conhecem esse programa da qualidade e que percepção eles possuem em relação as atitudes que devem ser empregadas ao produzir um alimento. A elaboração e aplicação do questionário seguiram as instruções de Gerhardt et al. (2009). Os resultados obtidos foram tabulados e analisados com auxílio do software Microsoft Excel utilizando as ferramentas disponíveis no próprio sistema.

2.4 Treinamento em boas práticas de fabricação e sugestões de melhorias para a casa de farinha

Foi realizado um treinamento em BPF com os manipuladores e proprietário da casa de farinha em estudo, no próprio ambiente de produção, em 4 dias alternados totalizando a carga horária de 8h. Como material de apoio, foi utilizado um livreto, de linguagem simples e ilustrativo, com temáticas relacionadas às BPF para auxiliar os manipuladores e proprietário nesse processo de aprendizagem

Durante o treinamento em BPF foi observada a rotina laboral, as práticas de produção adotadas bem como o layout e o fluxo de produção da casa de farinha avaliada e os equipamentos e utensílios utilizados. Assim, conforme o observado, foram feitas sugestões de melhorias ao proprietário em relação a estrutura da casa de farinha por meio da criação de uma proposta de layout de uma casa de farinha seguindo o preconizado na legislação vigente, ou seja, levando em consideração o espaço adequado para a realização das atividades bem como a ordem e linearidade do fluxo de produção, e também foram feitas orientações em relação às práticas higiênicas que devem ser adotadas durante a produção dos alimentos assim como os equipamentos e utensílios que são próprios ao beneficiamento da farinha.

2.5 Questões éticas

Essa pesquisa foi avaliada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Campinense de Ensino Superior (ICES-UNAMA) sob o protocolo nº 42639120.6.0000.5173. Os indivíduos que aceitaram participar da pesquisa assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido o qual fornece informações sobre os objetivos da pesquisa, riscos e benefícios decorrentes da sua participação no estudo desenvolvido, assim como um Termo de Autorização para Uso de Imagem, Gravação e/ou Depoimento. Aos analfabetos, os pesquisadores fizeram uma explicação detalhada da pesquisa e após a anuência do participante, foi recolhida sua digital.

3 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A casa de farinha de mandioca selecionada para a realização da coleta e caracterização da amostra de farinha de mandioca assim como realização do treinamento em Boas Práticas de Fabricação e sugestões de melhorias foi aquela que tem maior produção mensal de farinha de mandioca, mensurada pela quantidade de sacos de 60kg de farinha produzidos por mês, e que possuiu o menor percentual de adequação, determinado por meio da aplicação da lista de verificação de boas práticas de fabricação e cálculo do panorama sanitário conforme a quantidade de itens atendidos em cada bloco de avaliação.

Conforme pode ser observado na Figura 2, todas as casas de farinha avaliadas obtiveram baixo percentual de adequação, visto que poucos itens na lista de verificação de boas práticas de fabricação foram assinalados como conformes, classificando-as no grupo 3, o qual corresponde de 0 a 50% de itens atendidos, segundo estipula a própria legislação (BRASIL, 2002), e em relação a produção mensal de farinha, apesar de variar bastante entre os agricultores, observa-se que a quantidade mensal produzida é expressiva.

Assim, a casa de farinha que corresponde aos requisitos associados, baixo percentual de adequação e elevada produção mensal é a casa de farinha codificada com o número 8, no entanto, por motivos pessoais, o proprietário se recusou a participar do estudo. Dessa forma, o empreendimento subsequente, codificado com o número 1, foi o selecionado, visto que atende aos requisitos estipulados e o proprietário aceitou participar da presente pesquisa.

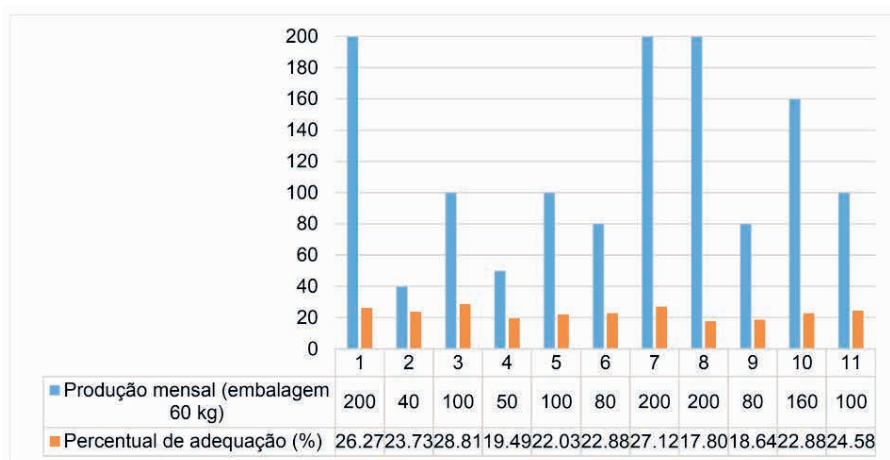


Figura 2: Correlação da produção mensal e percentual de adequação das casas de farinha

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados das análises físicas e físico-químicas da amostra de farinha coletada no empreendimento selecionado estão expressos na Tabela 1.

Parâmetros avaliados	Valor encontrado
Granulometria*	35%
Umidade	5,45%
Acidez total	0,74 meq**/100g
Teor de amido	75%
Teor de cinzas	0,94%
Fibra bruta	7g/100g
Cascas e entrecascas	10,9g/100g
Matéria estranha	Presença em 1kg
Atividade de água	0,45

*material retido em Tyler 9 (2,0mm)

**meq - miliequivalentes

Tabela 1: Resultados das análises físicas e físico-químicas da amostra de farinha coletada

Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme resultado da análise de granulometria (Tabela 1), a amostra da farinha de mandioca do grupo seca avaliada é da classe grossa porque o que ficou retido na peneira com abertura de malha de 2mm ultrapassa 10%, segundo preconiza o regulamento técnico desse produto.

A granulometria é determinada na etapa de peneiramento, que ocorre logo após a prensa da farinha, onde a massa compactada é passada na peneira para formação dos grânulos da farinha de mandioca, para então prosseguir para a etapa de secagem da massa. Há produtores que também realizam o peneiramento da massa após a secagem antes de ir para a torra, visando reduzir ainda mais os grânulos e obter maior homogeneidade.

É importante que o produtor se atente a obter uma peneira com abertura de malha adequada, para alcançar a granulometria desejada e de acordo com a classe de farinha que pretende obter, visando manter a homogeneidade em sua produção. Chisté et al. (2007), classificam a falta de padronização da farinha de mandioca como um empecilho para sua comercialização.

A umidade está relacionada principalmente a torração do produto, como o tempo e a temperatura do forno e a apropriada prensagem (ÁLVARES; MIQUELONI; NEGREIROS, 2016). Assim, pode-se afirmar que essas etapas foram realizadas adequadamente, pois o valor de umidade encontrado está abaixo de 13%, conforme o estipulado na legislação.

Álvares et al. (2013), ao avaliar diferentes amostras de farinha de mandioca comercializadas no Acre também detectaram que as amostras se encontravam dentro do preconizado, pois os resultados obtidos variavam entre 3,89 a 11,50%. Os autores ainda ressaltam a importância de a farinha de mandioca atender ao preconizado na legislação quanto à umidade, pois valores superiores a 13% favorecem a multiplicação microbiana,

resultando na deterioração do alimento em curto período de tempo.

Em relação a acidez, a farinha analisada possui baixa acidez visto que o valor encontrado na amostra foi inferior a 3,0 meq NaOH (0,1N)/100g. Assim como o observado por Lima et al. (2020) que verificou que as amostras de farinha de mandioca comercializadas em Recife também estavam em conformidade com o padrão legal apresentando valores de acidez variando entre 0,13 a 0,92 meq NaOH (0,1N)/100g.

Segundo Dias e Leonel (2006) elevados teores de acidez podem indicar falta de higiene durante o processo produtivo assim como permitem conhecer o tempo de exposição da massa da mandioca à temperatura ambiente elevada, visto que o aumento no tempo da fermentação favorece o aumento na acidez do produto (ÁLVARES et al. 2013). Característica não desejável a farinha de mandioca do grupo seca, tendo em vista o processo tecnológico empregado para sua obtenção.

O teor de amido apresentado na amostra coletada está abaixo do estipulado pela legislação, visto que determina como valor mínimo de teor de amido 80%. Portella (2015), no entanto, ao analisar a farinha produzida em Roraima verificou que os teores de amido encontravam-se dentro do estipulado pela legislação variando de 82,15% a 95,96%.

Alguns autores discorrem sobre os motivos que influenciam o baixo percentual de amido na farinha de mandioca. Souza et al. (2008), relacionam o teor de amido à proporção desse componente nas variedades da mandioca, ou seja, se as raízes possuírem elevado teor de amido a farinha obtida também apresentará elevados teores.

Dias e Leonel (2006), relacionam o teor de amido ao beneficiamento, pois afirmam que a intensidade da prensagem pode influenciar no teor de componentes na massa, pois quanto menor a prensagem da massa ralada menor é a perda dos componentes na manipueira. Assim como Chisté e Cohen (2007), que ao deixar a massa triturada em repouso sob temperatura ambiente por 24h na produção da farinha de mandioca do grupo seca, verificaram que houve aumento na acidez e redução no teor de amido em decorrência do processo fermentativo, pois o amido é utilizado para produção de açúcares e ácidos orgânicos (CHISTÉ; COHEN, 2011).

Quanto ao teor de cinzas, a amostra avaliada apresentou-se dentro do estipulado pela legislação que é menor ou igual a 1,4%. No entanto, no estudo de Álvares et al. (2013), os autores verificaram que 83% das amostras avaliadas apresentaram elevado teor de cinzas, variando entre 0,97 a 1,84%, estando algumas amostras fora do limite estabelecido.

Segundo Chisté e Cohen (2010), o teor de cinzas pode estar relacionado às características intrínsecas das raízes utilizadas no beneficiamento ou ao próprio processo de fabricação, indicando a presença de areia ou processamento inadequado, como lavagem e descascamento das raízes realizados de forma inapropriada (DIAS; LEONEL, 2006).

Para o teor de fibra bruta o regulamento técnico da farinha de mandioca estabelece como limite máximo de 4g/100g, dessa forma, a amostra avaliada apresentou valor acima do limite preconizado. Álvares et al. (2013), constataram que 50% das amostras de farinha

de mandioca comercializada no Acre encontravam-se fora dos padrões estipulados pela legislação para o teor de fibra bruta.

Álvares et al. (2016), afirmam que o teor de fibras pode estar relacionado aos cultivares de mandioca utilizados assim como das características do solo e o clima a que são submetidos. Nesse contexto, Souza et al. (2010) afirmam a importância de conhecer o período adequado à colheita, pois se realizado tardiamente pode resultar em raízes fibrosas e com teor de amido reduzido. Cardoso Filho et al. (2012), apesar de destacarem os benefícios das fibras por sua atuação no trato gastrointestinal, relatam que o elevado teor de fibras na farinha de mandioca pode ser resultado de falhas no processamento, principalmente na etapa de descasque da mandioca.

Quanto ao teor de cascas e entrecascas, notou-se que a amostra analisada de farinha de mandioca apresentou elevada quantidade, estando fora do estipulado pela legislação que preconiza o valor máximo de 3,9g/100g. Campos et al. (2018), ao avaliar a quantidade de cascas e entrecascas presentes na farinha de mandioca produzida na comunidade Lagoa de São João, verificaram que os resultados obtidos para cascas variaram entre 0,09 a 1,20, estando de acordo com a legislação, assim como os resultados obtidos para as entrecascas, com apenas uma amostra apresentando valor acima do exigido.

A elevada quantidade de cascas e entrecascas pode estar relacionada a falhas na etapa de descasque da mandioca, ou seja, ainda há resíduos de cascas e entrecascas na raiz, resultando na presença desses componentes no produto final.

Segundo a Instrução Normativa nº 52/2011 entende-se por matéria estranha qualquer material não constituinte do produto, oriundo de contaminação biológica ou material indesejável que indique condições ou práticas de higiene inadequadas durante o processo produtivo (BRASIL, 2011).

Em vista desse conceito, na amostra de farinha de mandioca avaliada foram encontrados pedaços de madeira, folha de planta, material minúsculo de cor preta e dois insetos pequenos mortos. Ao avaliar a qualidade das farinhas produzidas pela agricultura familiar em Minas Gerais, Viana et al. (2019), encontraram matérias estranhas em 90% das amostras avaliadas, assim como encontraram em 100% das amostras fragmentos de insetos e em duas amostras encontraram insetos inteiros.

A maioria das unidades de processamento da farinha de mandioca são artesanais, de estrutura rudimentar, com construções abertas e com a utilização de equipamentos e utensílios de madeira (DOMINGUES; CARVALHO; ROSA, 2017). Assim, a presença de pedaços de madeira pode ser justificada pelo material dos equipamentos e utensílios utilizados durante o processo de produção e a presença da folha da planta e dos insetos pode ser fundamentada pelo fácil acesso ao local de produção visto que a casa de farinha não possui paredes, portas e janelas com telas de proteção assim como teto forrado, que impeçam a entrada de sujidades em geral bem como de insetos, cabendo ressaltar que nos entornos da casa de farinha há a presença de vegetação, o que favorece a ocorrência dos

fatos citados. Quanto aos resíduos de coloração preta, podem ser oriundos da casca da mandioca que não foi completamente removida no descascamento.

Apesar de não ser requerida no regulamento técnico da farinha de mandioca, a análise de atividade de água foi realizada devido a sua importância para a multiplicação microbiana. O resultado dessa análise mostrou que a amostra não está sujeita a atividade de um amplo espectro de microrganismos. Ao analisar a atividade de água da farinha de mandioca do Território da Cidadania no Vale do Juruá, Álvares et al. (2016) observaram em seus resultados uma variação da atividade de água entre 0,27 a 0,60.

Durante o treinamento em BPF, verificou-se que o agricultor utiliza corante na farinha. Quando questionado sobre a procedência do corante o mesmo afirmou que não sabe pois o compra na feira e não há nenhuma informação sobre o produto na embalagem e para aplica-lo na farinha, utiliza as recomendações fornecidas pelo vendedor.

Também foi observada essa prática em algumas das outras casas de farinha participantes desse estudo, onde os agricultores afirmaram utilizar corante em sua produção e desconhecem sua procedência. Quando questionados sobre o motivo de utilizar corante na farinha afirmaram que é solicitação dos clientes, para dar qualidade a farinha, ter diversidade de farinhas para vender e que a utilização varia conforme a variedade de mandioca, isto é, se a mandioca for branca, utilizam o corante.

Abreu e Mattietto (2014), afirmam que é comum a utilização de corantes sintéticos no beneficiamento da farinha de mandioca que tem por objetivo intensificar a coloração amarela. Apesar de oferecer cores mais intensas e com maior estabilidade a pouco custo, de todos os aditivos alimentares, os corantes artificiais são os mais genotóxicos (SASAKI et al., 2002; FREITAS, 2012).

Na classe dos corantes artificiais, o amarelo tartrazina possui maior enfoque pelos alergistas e toxicologistas pois estima-se que uma a cada 10 mil pessoas apresenta reações a esse corante como falta de ar, tosse seca, urticária e angioderma, podendo também desencadear a ocorrência de hipercinesia em pacientes hiperativos. Nesse sentido, verifica-se a importância de indicar a presença desse corante na embalagem do produto, visto que há pessoas que são hipersensíveis a seus componentes além de atender aos níveis de ingestão diária aceitável (IDA) recomendados na legislação (FREITAS, 2012; FRANCO, 2014).

Para a farinha de mandioca, segundo a IN 52/2011 considera-se como sua coloração “a cor predominante do produto, decorrente da variedade de mandioca utilizada ou da tecnologia de fabricação (torração) ou do uso de corantes naturais, quando autorizados para a farinha de mandioca, conforme legislação específica” (BRASIL, 2011).

Assim, apenas os corantes orgânicos naturais estipulados na Resolução nº 44/1977 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (BRASIL, 1977) são autorizados na produção da farinha de mandioca. Mediante a isso, é necessário que o agricultor saiba quais corantes são permitidos e, assim, troque de fornecedor para adquirir

corantes conformes à legislação e de procedência conhecida.

Quanto às análises microbiológicas, os resultados estão descritos na Tabela 2.

Parâmetros avaliados	Valor encontrado	Valor estipulado na legislação
Salmonella	Ausência em 25g	Ausência em 25g
Bacillus cereus	< 10 ¹ UFC*/g	< 10 ³ UFC/g
Escherichia coli	< 10 ¹ UFC/g	< 10 ² UFC/g
Staphylococcus aureus	Ausência em 0,1g	Ausência em 0,1g

*UFC - unidades formadoras de colônias

Tabela 2: Resultados das análises microbiológicas da amostra de farinha coletada

Fonte: Elaborado pelos autores

Como pode ser observado na Tabela 2, os resultados das análises de *Salmonella*, *Bacillus cereus* e *Escherichia coli* mostraram-se satisfatórios pois encontram-se dentro do estipulado na legislação vigente (BRASIL, 2019), assim como os resultados obtidos para *Staphylococcus aureus* (BRASIL, 1978).

Isso pode estar relacionado a eficiência das etapas de escalda da massa da mandioca e da torra da farinha, pois com auxílio de termômetro infravermelho, foi aferida a temperatura de ambos os fornos, o forno de escalda apresentou temperatura média em torno de 94,8 °C e o forno de torra apresentou temperatura média em torno de 99,5 °C. A elevada temperatura dos fornos garantiu a qualidade microbiológica da farinha de mandioca produzida bem como adequados teores de umidade e atividade de água.

Dósea et al. (2010), ao avaliar a farinha de mandioca produzida em unidades artesanais, verificou que a contaminação por *Bacillus cereus* nas amostras foi inferior a 10 UFC.g⁻¹. Hollerverger (2013), no entanto, ao analisar a farinha de mandioca comercializada na cidade de Parintins, detectou a presença de *Salmonella* em todas as amostras avaliadas, indicando condições insatisfatórias de higiene durante o preparo e/ou comercialização. Segundo Chen et al. (2009), mesmo de ocorrência rara, vários surtos de salmonelose foram associados ao consumo de produtos de baixa umidade prontos para o consumo, como é o caso da farinha de mandioca. Assim, os autores recomendam, dentre outras medidas, a adoção de métodos que previnam a entrada e proliferação desse microrganismo no ambiente de produção visando a segurança do alimento obtido.

Teixeira e Souza (2019), ao analisar a farinha de mandioca comercializada no Ceará, verificaram a presença de *Escherichia coli* em uma das amostras avaliadas acima do limite preconizado pela legislação. Já Ferreira Neto et al. (2004), ao avaliarem amostras de farinha de mandioca em diferentes períodos de armazenamento, também não verificaram a presença de *Staphylococcus aureus* no início e durante a armazenagem.

Analisando os resultados obtidos, devido aos parâmetros de teor de amido, fibra

bruta, cascas e entrecasca e matéria estranha não estarem de acordo com o preconizado no regulamento técnico da farinha de mandioca, segundo classificação estipulada pela própria legislação, a amostra foi considerada como fora do tipo, podendo ser comercializada desde que no rótulo seja identificado tal condição. No entanto, mesmo com os demais parâmetros adequados, devido a presença de insetos mortos, a amostra passa a ser considerada como desclassificada e, portanto, imprópria ao consumo humano, tendo sua comercialização proibida, conforme preconiza o seu regulamento (BRASIL, 2011).

Reitera-se, portanto, que mesmo que a etapa de torrefação garanta a segurança microbiológica da farinha de mandioca produzida, ainda é necessário implementar melhorias estruturais na casa de farinha bem como adquirir maquinários apropriados de forma a garantir a completa adequação do produto fabricado à norma regulamentadora que o rege.

Treinamento em Boas Práticas de Fabricação

Antes da realização do treinamento foi aplicado um questionário com perguntas relacionadas às Boas Práticas de Fabricação e assuntos correlatos para verificar se os manipuladores e o proprietário da casa de farinha em estudo possuem conhecimento acerca desse assunto. Dessa forma, constatou-se que o proprietário não sabe o que são as BPF assim como desconhece sua importância e os benefícios que podem gerar quando implementadas na rotina de produção. Contudo, ao ser questionado sobre os cuidados necessários a produção da farinha de mandioca para que tenha qualidade, alegou que é importante ter higiene, lavar bem as raízes e os equipamentos utilizados na produção da farinha.

Em relação aos manipuladores, 50% dos entrevistados alegaram já ter ouvido falar sobre esse programa da qualidade, no entanto, todos os manipuladores disseram não saber a importância e os benefícios que as BPF podem oferecer. Quando questionados sobre os cuidados que devem ser empregados na produção de alimentos disseram, de maneira geral, que é importante ter higiene, manter o local de produção limpo e lavar bem as mãos.

Antes de realizar um treinamento em BPF com filhos de agricultores, Fidelis et al. (2016) também aplicaram um questionário a fim de averiguar o conhecimento que possuíam quanto a essa ferramenta da qualidade. Dos entrevistados, 60% disseram que não sabem o que são as boas práticas e 100% demonstraram interesse em aprender mais sobre o assunto para aplicar no seu empreendimento familiar e repassar para os demais membros da comunidade a qual fazem parte.

Verifica-se então que os produtores entrevistados possuem alguns conhecimentos básicos relacionados aos requisitos de higiene abordados no programa de boas práticas. Assim, o treinamento proporcionou o aprofundamento nesses temas de forma a destacar a importância e os benefícios que as BPF podem ofertar quando implantadas.

O treinamento ocorreu no ambiente de produção e durante a rotina de trabalho para que os manipuladores assim como o proprietário recebessem as orientações necessárias conforme as problemáticas detectadas. Aliado às orientações foi fornecido um livreto ilustrativo e de linguagem simples para facilitar a compreensão dos assuntos abordados.

Cruz (2007), ao ofertar cursos de BPF em agroindústrias rurais de pequeno porte verificou os efeitos positivos sobre a mudança de posicionamento e hábitos dos agricultores frente às exigências da legislação. A autora também constatou a importância de utilizar dinâmicas que considerem as particularidades dos agricultores como o baixo nível de escolaridade e a escala de produção reduzida, de forma a facilitar seu envolvimento bem como a construção do conhecimento em BPF.

Sugestões de melhorias

As sugestões de melhorias ao empreendimento selecionado foram feitas segundo as observações realizadas durante o treinamento aliado aos resultados das análises laboratoriais para melhor orientar o proprietário quanto as modificações necessárias no estabelecimento visando aprimorar a qualidade da farinha de mandioca obtida. Como o proprietário alegou não dispor, atualmente, de recursos financeiros para realizar modificações estruturais, as sugestões fornecidas durante o treinamento, para adequar-se às limitações do proprietário, não requerem um elevado investimento financeiro.

No que se refere às instalações, as orientações fornecidas ao proprietário foram: limpeza da área externa à casa de farinha, limpeza frequente do teto da casa de farinha, fazer a limpeza das instalações com água e sabão, manter o ambiente de produção limpo e organizado, manter os animais longe da casa de farinha, fazer a instalação de lavatório para mãos no ambiente de produção. Quanto aos equipamentos e utensílios foi sugerido: realizar a higienização dos sacos de rafia utilizados para acondicionar a massa durante a prensa para a retirada da manipueira e fazer a higienização dos equipamentos e utensílios. Foi relatado ao proprietário que a presença de matéria estranha na farinha pode ser resolvida por meio da adequação estrutural da casa de farinha e utilização de equipamentos adequados à produção.

Aos manipuladores foi orientado utilizar toucas e avental, não utilizar adornos durante a produção, barbear-se, utilizar vestimentas limpas e adequadas ao ambiente de produção e praticar bons hábitos de higiene pessoal, lavar as mãos corretamente e sempre que necessário, não falar durante a manipulação do alimento, realizar corretamente a higiene do ambiente de produção bem como dos equipamentos e utensílios além de mantê-los sempre limpos e organizados, também foi recomendado evitar realizar a prova da farinha com as mãos utilizando para isso utensílios exclusivos e destinados a esse fim.

Quanto à produção da farinha de mandioca foi recomendado colocar as raízes em cima de lonas limpas ou em basquetas plásticas, realizar a seleção e descartar as raízes danificadas e efetuar a higienização da mandioca antes do beneficiamento. Também foi

sugerido realizar o descasque e lavagem das raízes mais cuidadosamente para reduzir os valores de fibra bruta e cascas e entrecasas, pois sua presença pode estar contribuindo para que esses valores estejam acima do estipulado no regulamento técnico.

Considerando que a prensagem é feita adequadamente e não é extraída a goma, o baixo teor de amido na farinha pode estar relacionado às características da matéria-prima, ou seja, as raízes utilizadas possuem pouca quantidade de amido. Recomendou-se então ao proprietário analisar a mandioca que utiliza na produção da farinha e buscar orientações visando a melhoria nesse parâmetro. Quanto ao produto final, foi recomendado lavar as mãos corretamente antes de acondicionar na embalagem para não o contaminar.

As sugestões atendidas durante o treinamento foram a utilização de toucas pelos manipuladores, instalação do lavatório para mãos no ambiente de produção e redução nas conversas paralelas entre os colaboradores. O ambiente de trabalho continuou sendo mantido limpo e organizado e os animais mantidos distantes das instalações.

Em relação as demais sugestões ofertadas, o proprietário afirmou que irá atendê-las, com exceção da higienização dos equipamentos e utensílios pois alegou que devido o material dos equipamentos ser de madeira, impossibilita a retirada completa do sabão o qual é repassado à farinha, alterando o seu sabor. Outra exceção é a higienização da mandioca antes do beneficiamento, pois disse que a implantação dessa etapa irá reduzir sua produtividade, visto que teria que empregar um tempo maior na lavagem das raízes para a retirada da solução sanitizante.

Layout e fluxo de produção: atual e proposto

Durante o treinamento, foi constatada a necessidade de realizar adequações estruturais na casa de farinha. Em vista disso, foi analisado o layout e o fluxo de produção atual da unidade de beneficiamento a fim de verificar as problemáticas existentes para, então, propor melhorias por meio da elaboração de um novo layout, conforme as exigências estipuladas nas legislações vigentes para ser entregue ao proprietário da casa de farinha, para que assim que dispuser de recursos financeiros, possa realizar as adequações fornecidas.

Na Figura 3 consta a planta baixa atual da casa de farinha selecionada para esse estudo. Conforme pode ser observado na imagem, a unidade de beneficiamento possui paredes somente na área dos fornos, onde ocorre as etapas de escalda da massa e torra da farinha e para separar a área de produção da área da fomalha onde ocorre a alimentação dos fornos bem como para auxiliar na estrutura das chaminés, responsáveis por dissipar o calor e a fumaça oriundos da combustão da madeira.

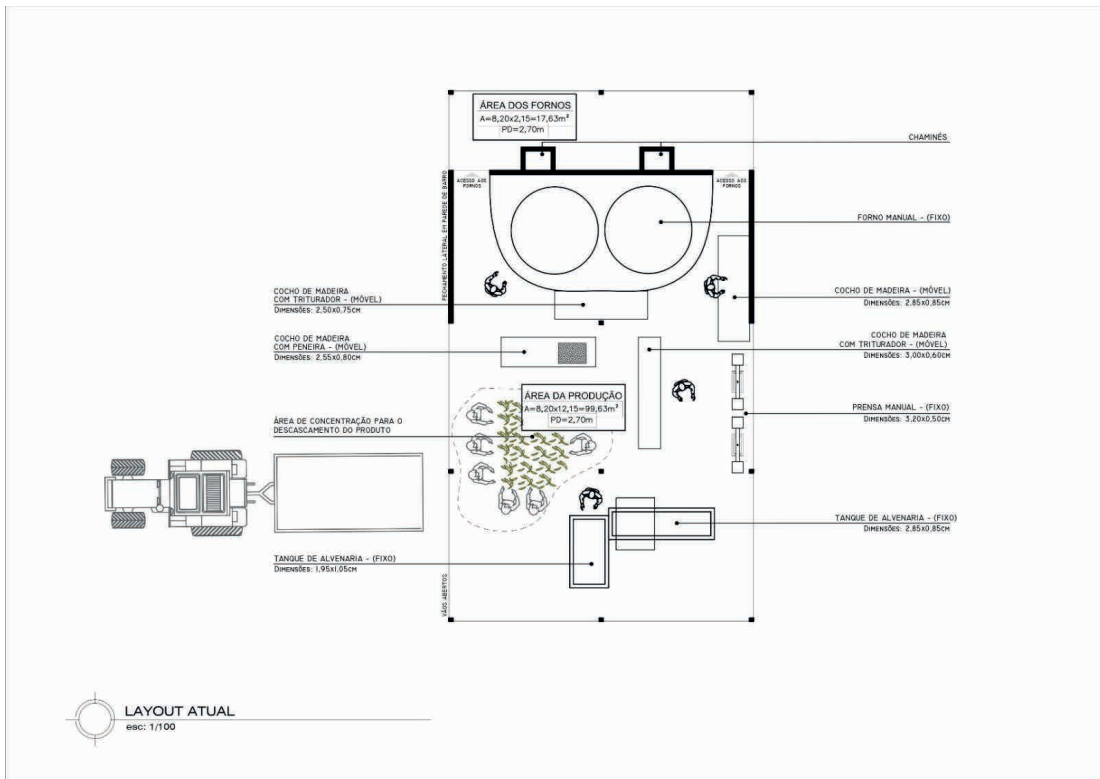


Figura 3: Layout atual da casa de farinha em estudo

Fonte: Elaborado pelos autores

Verifica-se também que as paredes existentes são de material inapropriado à área de produção de alimentos, pois são de barro revestidas por cimento somente na parte interior do estabelecimento, assim como o piso que é apenas cimentado sendo que em algumas regiões mostra-se íngreme, com buracos e rachaduras inviabilizando a correta higienização do ambiente de produção. Cabe ressaltar que a ausência de paredes, divisórias, portas e janelas e telas de proteção, permite a entrada e permanência de sujeiras e vetores e pragas urbanas na área de processamento, como foi constatado nos resultados da análise de matéria estranha realizada na amostra de farinha coletada no estabelecimento. A altura do pé direito, mesmo com a ausência de paredes, dificulta a circulação do ar na área de produção e o teto não possui forro o que inviabiliza a limpeza e favorece a retenção de sujidades que podem contaminar o alimento produzido.

Situações semelhantes foram encontradas por Souza (2019), ao avaliar a planta baixa de uma casa de farinha localizada no Ramal do Pacuquara, distrito do Apéu, no município de Castanhal. A autora observou que a área da fornalha tem acesso ao ambiente de produção e o ângulo do chapéu da chaminé propicia a entrada de fumaça no local, o que não é desejável. As paredes do empreendimento são baixas favorecendo a entrada

de sujidades e de vetores e pragas urbanas no ambiente de produção, o piso, parte em cerâmica e parte cimentado, possui rachaduras, o que dificulta a correta higiene e o teto não possui forro, resultando em limpeza deficiente e acúmulo de sujeiras.

Quanto aos equipamentos utilizados, apesar de possuírem desenho e número adequados ao volume e ao ramo de produção, como estipula a RDC n° 275/2002, devido ao tamanho da área produtiva e quantidade de pessoas trabalhando, não permite fácil acesso assim como dificulta a circulação. Nota-se também que o material dos equipamentos, com exceção dos tanques de alvenaria, por serem de madeira, não atendem o que prescreve a legislação que exige que as “superfícies em contato com os alimentos devem ser lisas, íntegras, impermeáveis, resistentes à corrosão, de fácil higienização e de material não contaminante” (BRASIL, 2002).

Bonfim, Dias e Kurozawa (2013), ao avaliar os equipamentos e utensílios das unidades de processamento de farinha de mandioca em municípios da microrregião de Imperatriz, também notaram que são rústicos e confeccionados com madeira, inviabilizando a correta limpeza e desinfecção. Os autores também observaram que os tanques de alvenaria, na maioria das casas avaliadas, não possuem revestimento de azulejo e que há o hábito de reutilizar objetos para a produção da farinha, como a utilização da caixa interna da geladeira para depósito da massa e bacias feitas com pneus para armazenagem de água, por exemplo.

Analisando o fluxo de produção (Figura 4) nota-se que não há cruzamento das etapas, ou seja, a produção da farinha de mandioca no retiro segue uma ordem linear. Assim, na etapa 1 as mandiocas são recepcionadas e descascadas e na etapa 2 são lavadas com água corrente. Na etapa 3 as raízes são trituradas para a obtenção de uma massa e na etapa 4 a massa obtida é prensada para a retirada da manipueira. Na etapa 5 a massa prensada fica em repouso para então prosseguir para a etapa 6 onde é realizada a trituração da massa para desfazer os blocos compactados e então seguir para a etapa 7 onde ocorre a escalda da massa. Na etapa 8 a massa é triturada novamente para dar forma aos grânulos da farinha e na etapa 9 a farinha é torrada para ser resfriada na peneira e ensacada na etapa 10.

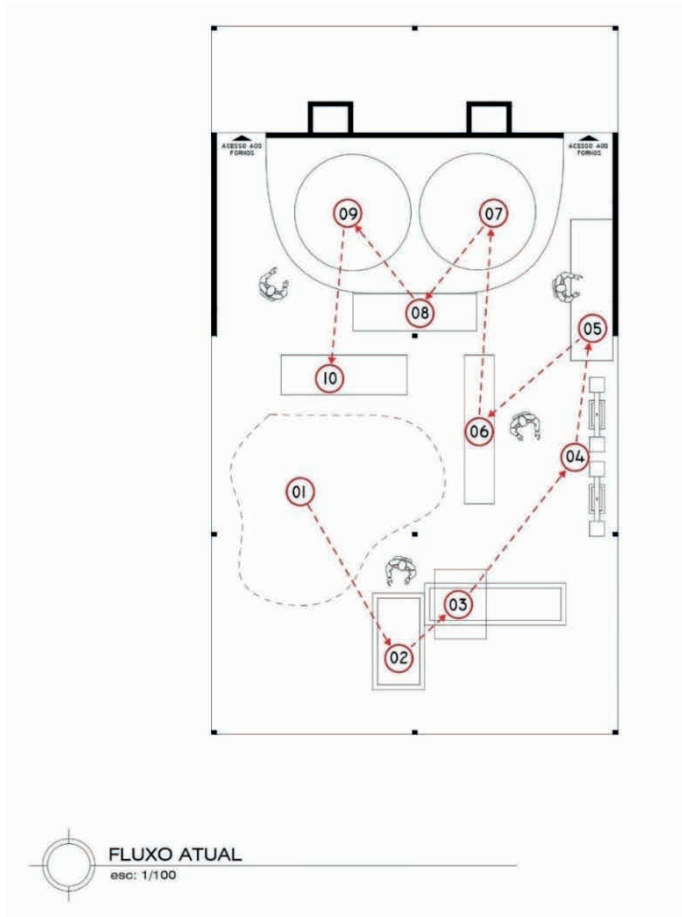


Figura 4: Fluxo de produção atual da casa de farinha em estudo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diferente do constatado nesse estudo, Lima Júnior et al. (2017), ao avaliarem o fluxo de produção das casas de farinha do Assentamento Narciso Assunção no município de Cruzeiro do Sul, verificaram que em todas as casas de farinha visitadas não há separação entre a área de pré-processamento, onde ocorrem as etapas de recepção, descasque e lavagem da mandioca, da área de processamento, onde ocorrem as demais etapas de produção da farinha, contribuindo para a ocorrência de contaminação cruzada. Assim como o observado por Souza (2019), ao visitar uma casa de farinha no município de Castanhal, que notou muitos fluxos cruzados entre as etapas de beneficiamento da farinha de tapioca, o que compromete a qualidade do produto final.

Apesar de possuir um fluxo de produção adequado, ainda verifica-se a necessidade de realizar modificações estruturais na casa de farinha em estudo, de forma a torná-la mais conforme ao que preconiza a legislação vigente. Assim, foi proposto um novo layout ao

estabelecimento o qual está apresentado na Figura 5.

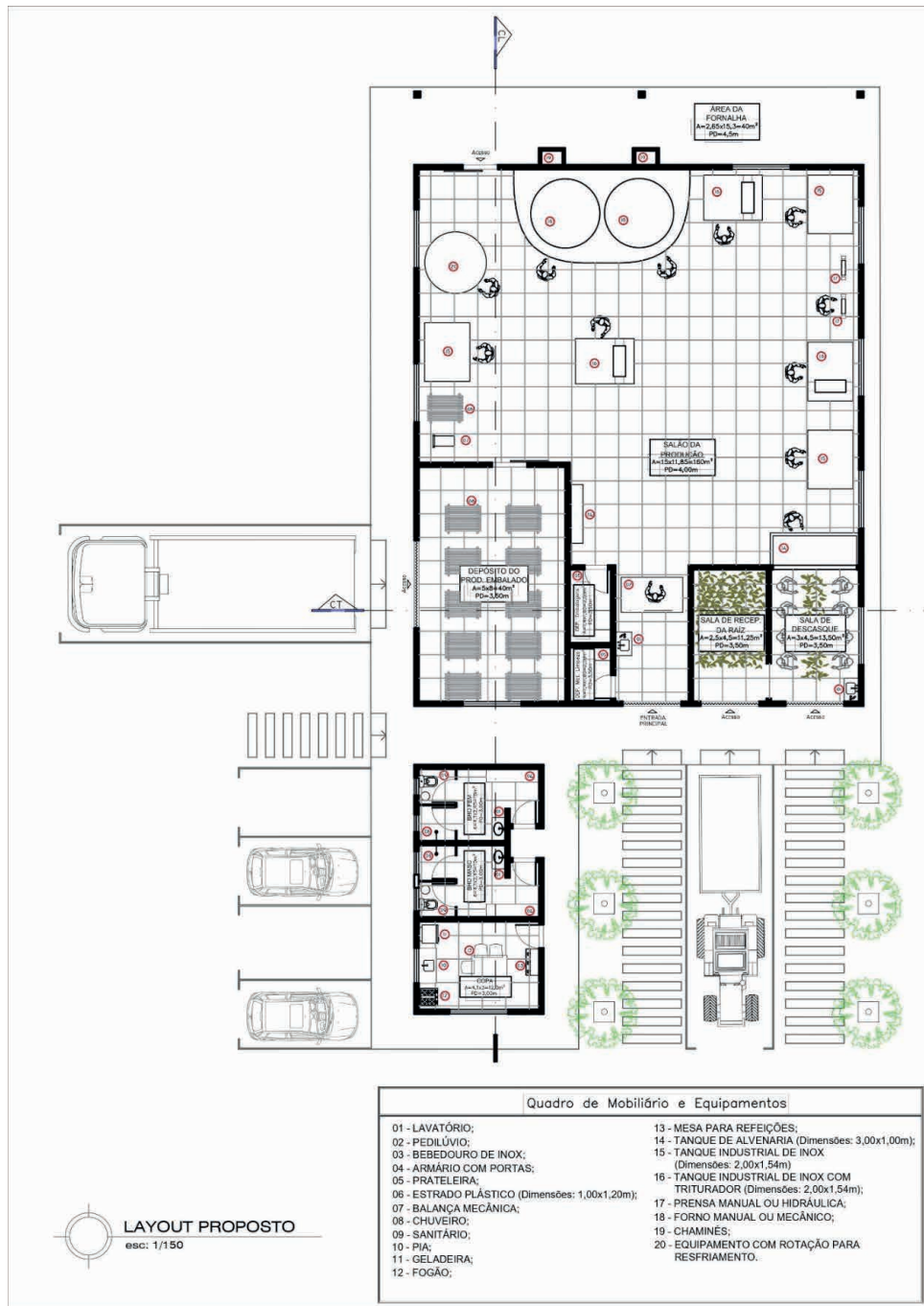


Figura 5: Layout proposto para a casa de farinha em estudo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao analisar a Figura 5, nota-se que é proposto o aumento da área de produção de forma a comportar melhor os maquinários, assim como facilitar a realização das operações da produção, o acesso e controle do pessoal. Sugere-se também a separação da “área suja” da “área limpa”, ou seja, a separação do local de recepção e descasque das raízes das demais etapas de produção da farinha para que ocorram em local específico. Dessa forma, como mostra na imagem, as raízes de mandioca descascadas seriam repassadas à sala de produção por meio do tanque de alvenaria que fica acoplado na parede entre a sala do descasque da mandioca e a área de processamento, inviabilizando a entrada de sujidades para a área de preparo da farinha.

Recomenda-se também a instalação de pedilúvio na entrada da área de produção para a higienização das botas antes de acessá-la, bem como recomenda-se a instalação de lavatórios visto que são imprescindíveis para manter a higiene das mãos dos manipuladores.

Como pode ser observado, os maquinários propostos estão de acordo com o preconizado na RDC nº 275/2002 assim como estão dispostos na área de processamento de forma a facilitar o acesso e higienização adequada. Também é proposto a criação de depósitos para o acondicionamento correto das embalagens, dos materiais de limpeza e do produto final, sendo necessário que esse último tenha acesso externo para o carregamento nos veículos de transporte mantendo a linearidade do fluxo de produção.

Recomenda-se a instalação de vestiários para os manipuladores que contenham armários para que guardem seus pertences e banheiros dotados de chuveiros para que façam o asseio pessoal. Devido a rotina extensa de trabalho, sugere-se também a criação de um ambiente para os trabalhadores realizarem suas refeições.

Como pode ser observado na Figura 6, cortes transversal e longitudinal do layout sugerido, propõe-se também o ajuste no pé direito da área do beneficiamento de forma a melhorar a circulação do ar, assim como recomenda o Sebrae (2008) que afirma que a altura do pé direito do prédio deve ser superior a quatro metros para promover uma boa ventilação. As paredes devem ser revestidas com azulejo de cor clara assim como o piso para facilitar a higienização do ambiente de produção, e nas janelas deve haver telas milimétricas de proteção contra vetores e pragas urbanas. Recomenda-se a instalação de forro em toda a área de processamento para viabilizar a limpeza correta do teto e evitar possível contaminação da farinha de mandioca.

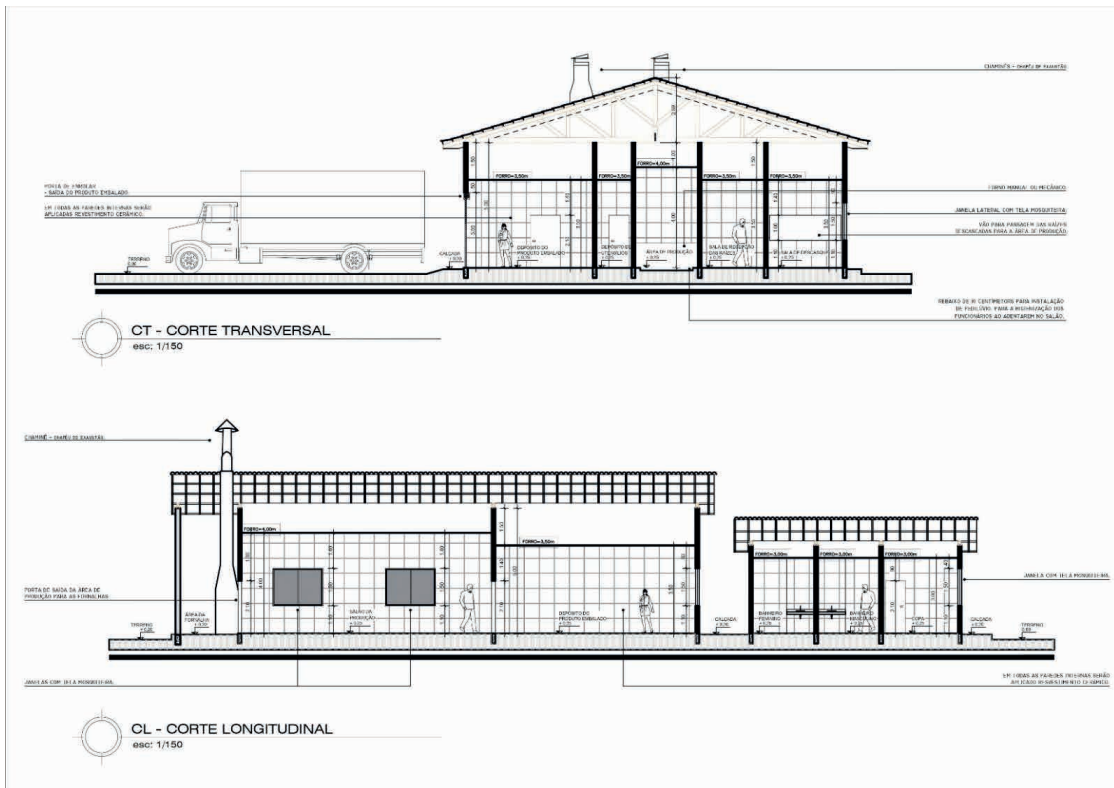


Figura 6: Cortes transversal e longitudinal do layout proposto para a casa de farinha em estudo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao elaborar uma planta baixa para a construção de uma casa de farinha para a comunidade indígena Tabajara no município do Conde et al. (2018), assim como nesse estudo, primeiramente identificaram as atividades realizadas para a obtenção da farinha, levando em consideração no desenvolvimento da planta baixa os fluxos das etapas de processamento e demais recomendações da legislação que rege a construção de estabelecimentos produtores de alimentos. Além da planta baixa, os autores também apresentaram cortes, elevações e representações em três dimensões para melhor representação do projeto arquitetônico e propuseram equipamentos e utensílios também seguindo recomendações das normativas vigentes, visando o alcance de um projeto conforme à legislação e que atenda às necessidades da comunidade indígena.

Tendo em vista as adequações propostas, o fluxo de produção da farinha de mandioca, como pode ser observado na Figura 7, permanece contínuo, linear e ordenado, mas garantindo melhor acomodação das atividades desenvolvidas.

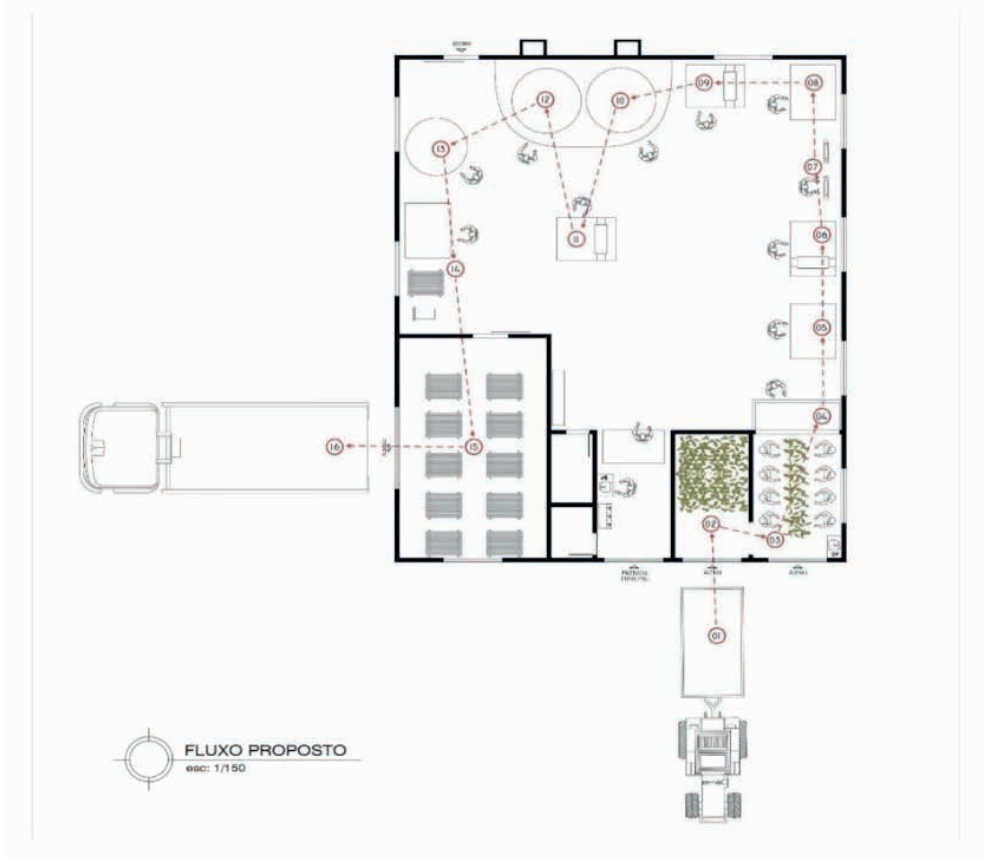


Figura 7: Fluxo de produção proposto para a casa de farinha em estudo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, as raízes são recepcionadas e armazenadas nas etapas 1 e 2, respectivamente. Na etapa 3 são descascadas e em seguida, na etapa 4, são lavadas e logo após sanitizadas na etapa 5. Na etapa 6 as raízes são trituradas e a massa obtida é prensada na etapa 7. Na etapa 8 a massa prensada é deixada em repouso e na etapa 9 é triturada para desfazer os blocos de massa compactados para então ser escaldada na etapa 10 e triturada novamente na etapa 11 para dar forma aos grânulos de farinha. Na etapa 12 ocorre a torra da farinha e na etapa 13 o seu resfriamento para então ser embalada e pesada na etapa 14, armazenada na etapa 15 e transportada na etapa 16.

O layout assim como os maquinários propostos atendem aos requisitos estipulados pela legislação visto que garantem a conformidade do estabelecimento à produção de alimentos. No entanto, para cumprir todos os ajustes solicitados, o agricultor precisará realizar um elevado investimento financeiro o qual não dispõe. Dessa forma, a ele foi indicado que aplique no cotidiano laboral as melhorias paliativas sugeridas e, aos poucos, conforme sua condição econômica, realize os ajustes indicados até que consiga adequar o

seu estabelecimento por completo.

4 | CONCLUSÕES

Verificou-se que mesmo a farinha de mandioca avaliada estar adequada na maioria dos parâmetros pesquisados, principalmente nos critérios microbiológicos, ainda é necessária a implantação das BPF na casa de farinha, pois essa ferramenta da qualidade, quando corretamente implementada, ajuda a prevenir a ocorrência de perigos, promovendo a obtenção de produtos com maior qualidade.

Os resultados da análise de matéria estranha evidenciaram a necessidade da instauração de melhorias na infraestrutura da unidade produtiva bem como a aquisição de maquinários adequados ao processamento de alimentos para garantir a conformidade da farinha de mandioca aos requisitos estipulados em seu regulamento técnico. Dessa forma, as sugestões de melhorias assim como a proposta de layout e os maquinários sugeridos para a unidade de beneficiamento atende ao que prescreve a legislação por promover um ambiente de produção conforme, visando o atendimento do padrão de qualidade estipulado no regulamento técnico para a farinha de mandioca do grupo seca.

REFERÊNCIAS

ABREU, LF.; MATTIETTO, RA. **Procedimentos de fabricação dos derivados de mandioca: Recomendações para obtenção de produtos seguros e de qualidade.** In: MODESTO JÚNIOR, MS.; ALVES, RNB. (eds.). **Cultura da Mandioca:** Apostila. Belém: Embrapa, 2014. p. 165-182. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112346/1/Apostila-Mandioca.pdf>. Acesso em 26 fev. 2021.

ÁLVARES, VS.; COSTA, DA.; FELISBERTO, FAV.; SILVA, SF.; MADRUGA, ALS. **Atributos físicos e físico-químicos da farinha de mandioca artesanal em Rio Branco, Acre.** *Revista Caatinga*, v. 26, n. 2, p. 50-58, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/89264/1/24684.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.

ÁLVARES, VS.; HAVERROTH, M.; FELISBERTO, FAV.; MADRUGA, ALS. (2013). **Caracterização físico-química de farinhas de mandioca (Manihot esculenta Crantz) dos povos indígenas Kaxinawa.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 15., 2013Salvador, BA. Anais [...]. Salvador: CBM, 2013. p. 791-795. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158671/1/24736.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.

ÁLVARES, VS.; MIQUELONI, DP.; NEGREIROS, JRS. **Variabilidade físico-química da farinha de mandioca do Território da Cidadania do Vale do Juruá, Acre.** *Revista Ceres*, v. 63, n. 2, p. 13-121, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/143354/1/26040.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL. **Total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods, enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer oficial method 991.43, 2005.**

BONFIM, DL.; DIAS, VLN.; KUROZAWA, LE. (2013). **Perfil higiênico-sanitário das unidades de processamento da farinha de mandioca em municípios da microrregião de Imperatriz, MA.** *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 15, n.4, p. 413-423, 2013. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev154/Art15412.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2018.** Estabelece como oficiais os métodos constantes do Manual de Métodos Oficiais para Análises de Alimentos de Origem Animal. Brasília-DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [2018]. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=364426>. Acesso em: 26 fev. 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 52, de 7 de novembro de 2011.** Regulamento técnico da farinha de mandioca. Brasília-DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [2011]. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=49748882>. Acesso em: 27 fev. 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 58, de 2 de outubro de 2020.** Altera o anexo I da Instrução Normativa nº 52, de 7 de novembro de 2011 que estabeleceu o regulamento técnico da farinha de mandioca. Brasília-DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [2020]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-58-de-2-de-outubro-de-2020-281307330>. Acesso em: 27 fev. 2021.

BRASIL. **Instrução normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019.** Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Brasília-DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, [2019]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>. Acesso em: 27 fev. 2021.

BRASIL. **RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002.** Regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/ industrializadores de alimentos e a lista de verificação de boas práticas de fabricação em estabelecimentos produtores/ industrializadores de alimentos. Brasília-DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, [2002]. Disponível em: http://bvms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/anexos/anexo_res0275_21_10_2002_rep.pdf. Acesso em: 27 fev. 2021.

BRASIL. **Resolução nº 12, de março de 1978.** Aprova as normas técnicas especiais, do estado de São Paulo, revistas pela CNPPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. Brasília-DF: Ministério da Saúde, [1978]. Disponível em: http://www.lexeditora.com.br/doc_308643_RESOLUCAO_N_12_DE_MARCO_DE_1978.aspx#:~:text=Sess%C3%A3o%20Plen%C3%A1ria%2C%20realizada%20em%2030,efeito%20em%20todo%20territ%C3%B3rio%20brasileiro. Acesso em: 28 fev. 2021.

BRASIL. **Resolução nº 44, 25 de novembro de 1977.** Estabelece as condições gerais de elaboração, classificação, apresentação, designação, composição e fatores essenciais de qualidade dos corantes empregados na produção de alimentos (e bebidas). Brasília-DF: Ministério da Saúde, [1977]. Disponível em: <http://www.sucosconcentrados.com.br/wp-content/uploads/2015/07/RESOLUCAO-N%C2%B0-44-DE-1977-Corantes-CNNPA.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2021.

CAMPOS, VB.; SILVA, MAS.; SANTOS, AG.; VIEIRA, VB.; SOUSA, AB. **Caracterização físico-química da farinha de mandioca da Comunidade Lagoa de São João, Princesa Isabel, PB.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 3., 2018. Teresina-PI. Anais [...] Teresina-PI: COINTER, 2018, p.1-6. Disponível em: <https://cointer.institutoidv.org/inscricao/pdvagror/uploadsAnais/CARACTERIZA%C3%87%C3%83O-FISICO-QUIMICA-DA-FARINHA-DE-MANDIOCA-DA-COMUNIDADE-LAGOA-DE-S%C3%83O-JO%C3%83O,-PRINCESA-ISABEL,-PB.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2021.

CARDOSO FILHO, N.; SILVA, LA.; LIMA, CA.; ARANDIA, GOA. **Caracterização da farinha de mandioca comercializada no mercado municipal em Campo Grande-MS.** *Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 16, n. 5, p. 57-68, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26030710005>. Acesso em: 02 mar. 2021.

CARDOSO, EMR. **Tradição da produção da farinha de mandioca na Amazônia.** In: SOUZA, LS; FARIAS, ARN; MATTOS, PLP; FUKUDA, WMG. (eds.). *Processamento e utilização da mandioca*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.143-154.

CEREDA, MP. **Produtos e subprodutos.** In: SOUZA, LS; FARIAS, ARN; MATTOS, PLP; FUKUDA, WMG (eds.). *Processamento e utilização da mandioca* Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 17-56.

CHEN, Y., FREIER, T., KUEHM, J., MOORMAN, M., SCOTT, J., MEYER, J., STONE, W. **Controle de salmonella em alimentos de baixa umidade.** *Food Safety Brazil*, 2009.

CHISTÉ, RC.; COHEN, KO.; MATHIAS, EA.; RAMOA JÚNIOR, AGA. **Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d'água.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 2, p.265-269, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/3XkqdcGdsv5XH4rmCbJzdTf/?lang=pt>. Acesso em: 02 mar. 2021.

CHISTÉ, RC.; COHEN, KO. **Caracterização físico-química da farinha de mandioca do grupo d'água comercializada na cidade de Belém, Pará.** *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 04, n. 1, p.91-99, 2010. Disponível em: <https://periodicos.utfr.edu.br/rbta/article/view/452>. Acesso em: 02 mar. 2021.

CHISTÉ, RC.; COHEN, KO. **Comportamento da acidez total e amido na produção da farinha de mandioca do grupo seca.** *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.1, n.2, p.17-25, 2007. Disponível em: <https://periodicos.utfr.edu.br/rbta/article/view/256>. Acesso em: 03 mar. 2021.

CHISTÉ, RC.; COHEN, KO. **Influência da fermentação na qualidade da farinha de mandioca do grupo d'água.** *ACTA Amazônica*, v. 41, n.2, p.279-284, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/vxJsPHqb7XCCQ7vLv4p4fgmc/?lang=pt>. Acesso em: 03 mar. 2021.

CRAVO, MS.; SOUZA, BDL. **Produção mecanizada de mandioca e alternativas de consórcios.** In: Modesto Júnior, MS; Alves, RNB (eds.). *Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2016. p. 140-159. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1056630/cultura-da-mandioca-aspectos-socioeconomicos-melhoramento-genetico-sistemas-de-cultivo-manejo-de-pragas-e-doencas-e-agroindustria>. Acesso em: 03 mar. 2021.

CRUZ, FT. **Qualidade e boas práticas de fabricação em um contexto de agroindústrias rurais de pequeno porte.** 2007. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina. Repositório Institucional UFSC. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/89872>. Acesso em: 03 mar. 2021.

DIAS, LT.; LEONEL, M. **Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n.4, p.692-700, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/qG6XFK5YQLZKnPQ5BRyVFKR/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 03 mar. 2021.

DOMINGUES, AFN.; CARVALHO, AV.; ROSA, DS. **Determinação de matérias estranhas em farinhas de mandioca comercializadas em Belém-PA.** In: ENCONTRO NACIONAL E CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ANALISTAS DE ALIMENTOS,6., 2017, Belém-PA. Anais[...]. Belém-PA: ENCLAAA,2017. p.1-7. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165628/1/2821-07082017-160207.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2021.

DÓSEA, RR.; MARCELLINI, PS.; SANTOS, AG.; RAMOS.; LIMA, AS. **Qualidade microbiológica na obtenção de farinha e fécula de mandioca em unidades tradicionais e modelo.** *Ciência Rural*, v.40, n.2, p.441-446, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/pvWPsmYqgbhPk9fzwZhp7s/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 03 mar. 2021.

FERREIRA NETO, C.; NASCIMENTO, EM.; FIGUEIREDO, RM.; QUEIROZ, AJM. **Microbiologia de farinhas de mandioca (Manihot esculenta Crantz) durante o armazenamento.** *Ciência Rural*, v.34, n.2, p. 551-555, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/dp9p8zXcS4KHqWnBMXCsYf/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 04 mar. 2021.

FIDELIS, VRL.; DIAS, AM.; BEZERRA, LMA.; NASCIMENTO, MM.; MAGALHÃES, WB. **Treinamento de boas práticas de fabricação no processamento mínimo de frutas e hortaliças.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, RECIFE, PE, 1., 2016. Anais [...] Recife-PE: CICAR, 2016. P.1-5. Disponível em: <https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2016/12/TREINAMENTO-DE-BOAS-PR%C3%81TICAS-DE-FABRICA%C3%87%C3%83O-NO-PROCESSAMENTO-M%C3%8DNIMO-DE-FRUTAS-E-HORTALIAS.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2021.

FOLEGATTI, MIS., MATSUURA, FCAU., FERREIRA FILHO, JR. **A indústria da farinha de mandioca.** In: Souza LS; Farias ARN; Mattos, PLP; Fukuda, WMG (eds.). *Processamento e utilização da mandioca*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 63-135.

FRANCO, R. **Identificação de corantes orgânicos artificiais em refrigerantes de laranja comercializados na região de Assis.** 2014. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis. Acervo Digital FEMA, 2014. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/extrafema/buscarTccCurso.jsp?id=1798>. Acesso em: 04 mar. 2021.

FREIRE, CS.; SIMÕES, AN.; VIEIRA, MRS.; BARROS JÚNIOR, AP.; COSTA, FB. **Qualidade de raízes de mandioca de mesa minimamente processada nos formatos de minitolete e rubiene.** *Revista Caatinga*, v.27, n.4, p.95-102, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3834>. Acesso em: 04 mar. 2021.

FREITAS, A.S. **Tartrazina: uma revisão das propriedades e análises de quantificação.** *Acta Tecnológica*, v. 7, n.2, p. 65-72, 2012. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.ifma.edu.br/index.php/actatecnologica/article/view/90>. Acesso em: 05 mar. 2021.

GERHARDT, TE.; RAMOS, ICA.; RIQUINHO, DL.; SANTOS, DL. **Estrutura do projeto de pesquisa.** In: GERHARDT, TE.; SILVEIRA, DT (eds.), *Métodos de pesquisa*. Editora da UFRGS, 2009. p. 65-88.

HOLLERVERGER, SVS. **Análise microbiológica da farinha de mandioca comercializada na feira do produtor da cidade de Parintins-AM.** Relatório do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Federal do Amazonas, Universidade Federal do Amazonas. Acervo Digital da UFAM, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** (4ª ed.). Instituto Adolfo Lutz, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Microbiology of food and animal feedings stuffs – Determination of water activity** (ISO Standard No. 21807:2012), 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Microbiology of food and animal feedings stuffs – Horizontal method for the detection of Salmonella spp** (ISO Standard No. 6579:2002), 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Microbiology of food and animal feedings stuffs – Horizontal method for the enumeration of presumptive Bacillus cereus – Colony-count technique at 30 degrees C** (ISO Standard No. 7932:2004), 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Microbiology of food and animal feedings stuffs – Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (Staphylococcus aureus and other species) – Part 1: Technique using Baird-Parker agar médium** (ISO Standard No. 6888-1:1999), 1999.

LIMA JÚNIOR, SF.; CRUZ, JF.; MOTA, LHSO.; SOUZA, CBC. **Perfil das casas de farinha do projeto Assentamento Narciso Assunção no município de Cruzeiro do Sul, Acre**. *Revista Sítio Novo*, v. 1, n.1, p.203-220, 2017. Disponível em: <https://sitionovo.ift.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/63>. Acesso em: 05 mar. 2021.

LIMA, GS.; SANTOS, VM.; SANTOS, MCL.; SOUSA, TLTL.; SHINOHARA, NKS.; PADILHA, MRF. **Qualidade de farinhas de mandioca comercializadas em Recife, Pernambuco**. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v.5, n.1, p.1-10, 2020. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/2636>. Acesso em: 06 mar. 2021.

MODESTO JÚNIOR, MS.; ALVES, RNB. **Rentabilidade de farineiras no estado do Pará**. In: MODESTO JÚNIOR, MS; ALVES, RNB (eds.), *Cultura da Mandioca: Apostila*. Belém: Embrapa, 2014, p. 139-152. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112346/1/Apostila-Mandioca.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2021.

NOGUEIRA, AS.; JESUS, APM. **Diagnóstico do sistema de produção de mandioca do município de São Francisco do Pará**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Repositório Digital da UFRA, 2019. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1048>. Acesso em: 06 mar. 2021.

PORTELLA, AL. **Caracterização do processo produtivo, aspectos de qualidade da farinha de mandioca e percepção dos agentes da cadeia na região central do estado de Roraima**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Repositório Digital da UFV, 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9527>. Acesso em: 06 mar. 2021.

SASAKI, Y.F.; KAWAGUCHI, S.; KAMAYA, A.; OHSHITA, M.; KABASAWA, K.; IWAMA, K.; TANIGUCHI, K., & TSUDA, S. **The comet assay with 8 organs: results with 39 currently used foods additives**. *Mutation Research: Genetic toxicology and environmental mutagenesis*, v.519, n.1-2, p.103-199, 2002.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Casas de farinha: manual de boas práticas**. Sebrae, 2008. Disponível em: <https://bis.sebrae.com.br/bis/conteudoPublicacao.zhtml>. Acesso em: 07 mar. 2021.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Agroindústrias: boas práticas de fabricação de alimentos**. Senar, 2019. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/174-Agroindustria_Boas_praticas_NOVO_190807_174337.pdf. Acesso em: 07 mar. 2021.

SILVA, IRC. **O saber-fazer farinha de mandioca: a tradição no processo produtivo em Nazaré-BA**. *Cadernos de Prospecção*, v.8, n.2, p. 365-374, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/12323>. Acesso em: 07 mar. 2021.

SOARES, RKP.; SANTOS, JKC.; CABRAL, RV.; BARROS, MWAD.; MARANHÃO, KUA. **Anteprojeto de design de interiores de uma casa de farinha para a comunidade indígena tabajara localizada na aldeia Vitória, município do Conde, estado da Paraíba**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO E TECNOLOGIAS, 1., 2018, João Pessoa, PB. Anais [...] João Pessoa – PB: COINGT, 2018. Disponível em: <https://cointer.institutoivd.org/pdvvg/pdvtrabalhos/2018/ComunicacaoOral/ANTEPROJETO-DE-DESIGN-DE-INTERIORES-DE-UMA-CASA-DE-FARINHA-PARA-A-COMUNIDADE-IND%C3%8DGINA-TABAJARA-LOCALIZADA-NA-ALDEIA-VIT%C3%93RIA-MUNIC%C3%8DPIO-DO-CONDE-ESTADO-DA-PARA%C3%8DBA.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2021.

SOUZA, FVA. **Boas práticas de fabricação em pequenas agroindústrias processadoras de mandioca do nordeste paraense** Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Pará, 2019.

SOUZA, J.M.L., ÁLVARES, VS., LEITE, FMN., REIS, FS., & FELISBERTO, FAV. **Caracterização físico-química de farinhas oriundas de variedades de mandioca utilizadas no Vale do Juruá, Acre**. *ACTA Amazônica*, v.38, n.4, p.761-766, 2008. Disponível em <https://www.scielo.br/j/aa/a/tfSdy8ZcsnMMbRhPjFywSNw/?lang=pt>. Acesso em: 09 mar. 2021.

SOUZA, M.J.L.; VIANA, AES.; MATSUMOTO, SN.; VASCONCELOS, RC.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, OM. **Características agrônômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat**. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.32, n.1, p. 45-53, 2010. Disponível em <https://www.scielo.br/j/asagr/a/yq5x4wxwhLNQTDkBzMjPV7x/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 mar. 2021.

TEIXEIRA, MR.; SOUZA, GC. **Qualidade microbiológica de farinhas de mandioca (Manihot esculenta) comercializadas na cidade de Limoeiro do Norte/CE**. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE JOVENS INVESTIGADORES, 6., 2019, Salvador, BA. Anais [...] Salvador-BA: EJI, 2019. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/57883>. Acesso em: 10 mar. 2021.

UNITED STATES PHARMACOPEIAL CONVENTION. **Particle size distribution estimation by analytical sieving official method USP 786**, 2012.

VIANA, LM.; PIRES, CV.; MACEDO, MCC.; TROMBETE, FM.; SILVA, LS. **Aspectos da qualidade de farinhas de mandioca (Manihot esculenta Crantz) artesanais produzidas no município de Santana de Pirapama/MG**. *Enciclopédia Biosfera*, v.16, n.30, p. 23-37, 2019. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2019b/aspectos.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ANÁLISE DA ARBORIZAÇÃO URBANA DA PRAÇA PEDRO AMÉRICO DE SALES GOMES EM IMPERATRIZ, MA

Data de aceite: 03/04/2023

Antonio Igor Rios de Sousa

Acadêmico de Engenharia Florestal,
Centro de Ciências Agrárias, Universidade
Estadual da Região Tocantina do
Maranhão
Imperatriz (MA), Brasil
lattes.cnpq.br/0124339092481152
orcid.org/0000-0002-5354-7814

Paula de Kássia Sobreira Silva

Acadêmica de Engenharia Florestal,
Centro de Ciências Agrárias, Universidade
Estadual da Região Tocantina do
Maranhão
Imperatriz (MA), Brasil
lattes.cnpq.br/5651035974552333

Chaiane Rodrigues Schneider

Docente do Curso de Engenharia
Florestal. Centro de Ciências Agrárias,
Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz (MA), Brasil
lattes.cnpq.br/3881973396953626
orcid.org/0000-0001-7839-1740

Jaqueline Macedo Gomes

Docente do Curso de Engenharia
Florestal. Centro de Ciências Agrárias,
Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz (MA), Brasil
lattes.cnpq.br/6999782343980504
orcid.org/0000-0001-9506-6747

Dalton Henrique Angelo

Doutorando em Ciências Florestais.
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Florestais. Universidade Estadual do
Centro-Oeste (Unicentro)
Irati – PR
lattes.cnpq.br/1110415022028049
orcid.org/0000-0002-2949-8186

RESUMO: O conhecimento dos parâmetros dendrométricos e morfológicos é de extrema importância para avaliação dos padrões de desenvolvimento e crescimento das florestas nativas ou plantadas, até mesmo para a arborização de ambientes urbanos. Portanto, este trabalho teve como objetivo analisar principais variáveis dendrométricas e diferenças morfológicas de espécies arbóreas na praça Pedro Américo de Sales Gomes localizada na zona urbana, bairro três poderes no município de Imperatriz,

Maranhão. Para tanto, foi realizado um censo das árvores com circunferência à altura do peito (CAP= 1,30 m), e coletado demais informações quantitativas e qualitativas, para identificação das espécies. Como resultado, foram amostrados 23 indivíduos, pertencentes à seis famílias, evidência de baixa diversidade, e presença de espécies exóticas cultivadas na região norte e nordeste do Brasil. Como consequência, a arborização desta praça apresenta demasiada homogeneidade florística agravada pelo fato das espécies presentes não apresentar características recomendadas para uso na arborização urbana, com potencial de prejuízos econômicos e sociais à população.

PALAVRAS-CHAVE: Dendrometria, características dendrológicas, ambientes urbanos, gestão florestal.

ANALYSIS OF URBAN AFFORESTATION OF PEDRO AMÉRICO DE SALES GOMES SQUARE IN IMPERATRIZ, MA

ABSTRACT: Knowledge of dendrometric and morphological parameters is extremely important for assessing the development and growth patterns of native or planted forests, even for afforestation in urban environments. Therefore, this work aimed to analyze the main dendrometric variables and morphological differences of tree species in the Pedro Américo de Sales Gomes square located in the urban area, Três Poder neighborhood in the municipality of Imperatriz, Maranhão. For this purpose, a census of trees was carried out at breast height (CAP= 1.30 m), and other quantitative and qualitative information was collected for species identification. As a result, 23 individuals were sampled, belonging to six families, evidence of low diversity, and the presence of exotic species cultivated in the north and northeast of Brazil. As a consequence, the afforestation of this square presents too much floristic homogeneity aggravated by the fact that the species present do not present characteristics recommended for use in urban afforestation, with potential biological and social damage to the population.

KEYWORDS: Dendrometry, dendrological characteristics, urban environments, forest management.

INTRODUÇÃO

A arborização urbana é toda vegetação que constitui os espaços urbanos, em diferentes localidades como: praças, bosques e parques, a fim de favorecer interação harmônica do ser humano com o meio natural, bem como a preservação e conservação do meio ambiente (SANTOS *et al.*, 2017). As praças são espaços livres públicos, inseridas no meio urbano como elementos organizadores da circulação e de amenização pública, geralmente contendo expressiva cobertura vegetal, mobiliário lúdico, canteiros e bancos (HARDER *et al.*, 2008).

As praças arborizadas oferecem vasta variedade de serviços ambientais no meio urbano, dos quais podemos citar: a melhoria da qualidade do ar, fixação do dióxido de carbono (CO₂), emitidos principalmente por veículos de liberação de oxigênio (O₂), o processo de fotossíntese (ALBERTIN *et al.*, 2011). Portanto, segundo Nucci (1996), as praças são barreiras naturais, que além de sustentável, ajudam na diminuição da poluição

sonora, da estabilização do clima, conseqüentemente a diminuição da temperatura e o aumento da umidade.

Seguindo essa mesma ideia, Brandão e Brandão (1992) denominam área verde urbana todo o revestimento vegetal natural ou artificial existente em uma cidade, cujas principais funções se baseiam em promover o bem-estar e o lazer.

Conforme Albertin (2011), são locais de propícia melhoria das condições do solo da cidade, dos ciclos hidrológicos, além de promover a mobilidade e absorção da água da chuva, enfatizando seus aspectos: estéticos; psicológicos e ecológico. Os espaços livres devem ser planejados conforme as estruturas do desenvolvimento arquitetônico urbano, visando a conservação ecológica e ambiental, garantindo com que seja integrada qualidade de vida à população urbana (TUAN *et al.*, 2012).

A arborização deve ser objeto de planejamento prévio de modo que a torne compatível com a área urbana. O plantio de árvores nas cidades já não pode ser realizado de forma amadorística, e as necessidades urbanas a serem mitigadas passam, além do estético, pelos fatores, psicológico, econômico, social, político e da própria sustentabilidade florestal. (GONÇALVES, 1999; GONÇALVES e PAIVA, 2006).

Considerando a relevância da contribuição das praças para a inter-relação das sociedades urbanas, se torna necessário a estruturação desses espaços para proporcionar maior qualidade ambiental no meio urbano. O conhecimento do patrimônio arbóreo de praças públicas por meio de gestão florestal é essencial para analisar as condições desses ambientes e verificar as possíveis necessidades de manejo.

Portanto, esse estudo tem por objetivo identificar e analisar principais variáveis dendrométricas e diferenças morfológicas de espécies arbóreas na praça Pedro Américo de Sales Gomes localizada na zona urbana, bairro três poderes no município de Imperatriz, Maranhão. Também busca contribuir para o levantamento de dados da composição florística da vegetação arbórea urbana, servindo como base para o manejo dos elementos arbóreos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na praça Pedro Américo de Sales Gomes (Figura 1), situada na zona urbana de Imperatriz, mesorregião oeste maranhense, estado do Maranhão. Brasil. O clima predominante no local, segundo a classificação de Köppen, é tropical com estação seca de inverno, com temperatura média registrada de 27,1°C. Quanto aos solos da região estão representados por Latossolo Amarelo, Podzólico Vermelho/Amarelo, Plintossolos e Solos Aluviais (CORREIA FILHO, 2011).

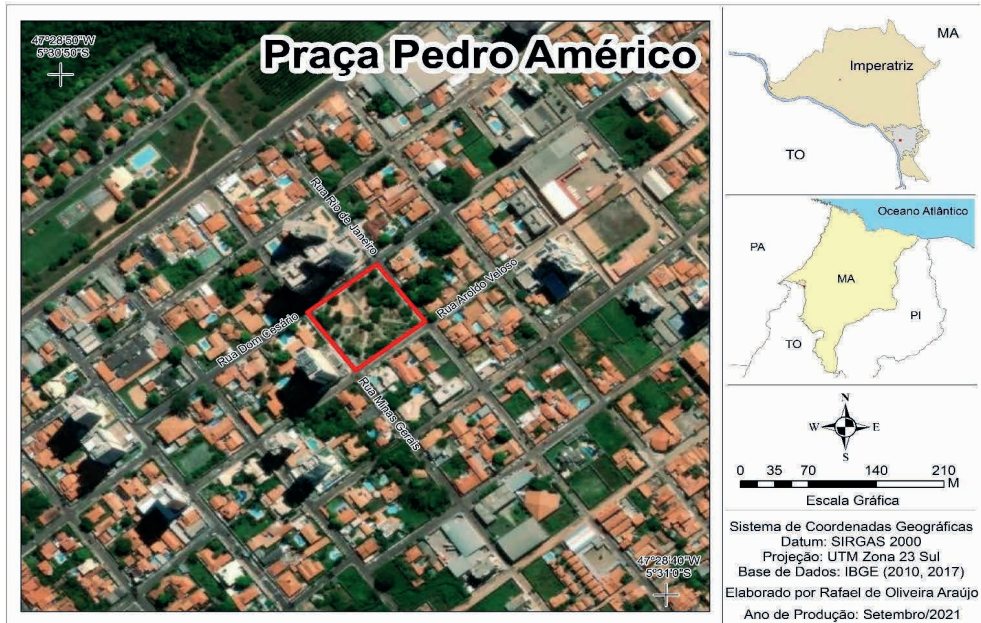


Figura 1. Mapa de localização da praça em estudo situada no município de Imperatriz – MA.

Fonte: Autores (2023)

Coleta de dados

O levantamento florístico e dendrométrico foi realizado por meio de um censo, compreendendo uma área amostral de 6.673,17 m² (0,667 ha). Considerou-se os indivíduos arbustivos e arbóreos, e com uso de uma fita métrica, foram mensurados aqueles com circunferência à altura do peito (CAP = 1,30 m), com critério de inclusão para CAP ≥ 15,7 cm, posteriormente convertida em diâmetro à altura do peito (DAP). Outrossim, se obteve os valores referentes a altura total (Ht) pelo método de superposição de ângulos, utilizando para tal uma baliza de 2 m e uma régua de 30 cm (FINGER, 1992).

Análise dos dados

A partir de uma distribuição de frequências agrupada por classes de diâmetro, foram avaliados a quantidade de árvores sob diferentes intervalos de diâmetro. O número de classes (N_c) foi estabelecida pela fórmula de Sturges (STURGES, 1926) e a amplitude com base valor máximo e mínimo (Equação 1).

$$N_c = 1 + 3,3 \log(n) \qquad A_c = \frac{\text{máximo} - \text{mínimo}}{N_c} \qquad \text{Equação 1}$$

Em que: N_c = número de classes; n = número de indivíduos mensurados; A_c = amplitude de classe; máximo = maior diâmetro mensurado; e mínimo = menor diâmetro mensurado.

A análise de classe, primeiramente usado por Tyron (1939), comporta uma variedade de algoritmos de classificação diferentes, todos voltados para uma questão importante em várias áreas da pesquisa: como organizar dados observados em estruturas que façam sentido, ou como desenvolver taxonomias capazes de classificar dados observados em diferentes classes. Importante é considerar inclusive, que essas classes devem ser classes que ocorrem “naturalmente” no conjunto de dados.

Baseando-se com os dados, calculou-se as variáveis dendrométricas, de área basal e volume em m² e m³, respectivamente (SOUZA; SOARES, 2013). A área basal (m²/ha), além de mensurar a importância densidade do povoamento é um descritor imprescindível na caracterização e comparação de populações vegetais e base para cálculos de volume:

$$g_i = \frac{\pi DAP^2}{40000} \quad G = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{A} \quad V = g * ht * f(0,6)$$

Em que: g_i = área seccional ou transversal do tronco da i -ésima árvore (m²), DAP = diâmetro à altura do peito (cm), e G = área basal das i -ésimas espécies na área amostrada (m²); A =área total amostrada (ha); V = volume total para as árvores mensuradas; ht = altura total de cada árvore; f = fator de forma de 0,6.

Adicionalmente, foram levantados dados semiquantitativos para a fitossanidade da árvore. Determinou-se três as condições dos espécimes arbóreos: BOM- Árvores sem ataques de pragas ou doenças, RUIM- Com ataques de pragas ou doenças; e para a qualidade do fuste: BOM- Fuste Sem deterioração, RUIM- Com deterioração aparente) (SILVA, 2012).

Cada árvore mensurada foi identificada a nível de espécie, família, nome popular, e para acréscimo no banco de dados do município de Impertariz, uma chave dicotômica foi desenvolvida para facilitar a identificação de espécies em demais praças da cidade. Esta etapa foi apoiada pela consulta aos demais colegas de profissão, e na literatura disponível, sendo física os livros *Arvores Brasileiras* e *Espécies Arbóreas Brasileiras* de Lorenzi e Carvalho, respectivamente, e das plataformas online, o REFLORE e o *SpeciesLink*.

Os dados foram analisados e interpretados com uso do software Microsoft® Excel for Windows®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição de frequências diamétricas para a área em análise, mostrou uma disposição gráfica com tendência a “J” invertido, não assumindo uma distribuição normal e com maior quantidade de árvores na classe de menores diâmetros (20,38 cm) (Figura 2). Um indicador de que há novos indivíduos se desenvolvendo na praça de estudo, embora tenhamos frequências iguais para classes de maior diâmetro (Figura 2).

Ao observar a distribuição de frequências para as alturas, o maior número de árvores apresenta-se na classe de 10,58 m e 16,92 m de altura total. O gráfico da distribuição de

frequência absoluta de árvores por classes para altura total demonstra que há distinção de estratos na praça, indicando a presença e condições de abrigo para a avifauna urbana (Figura 2).

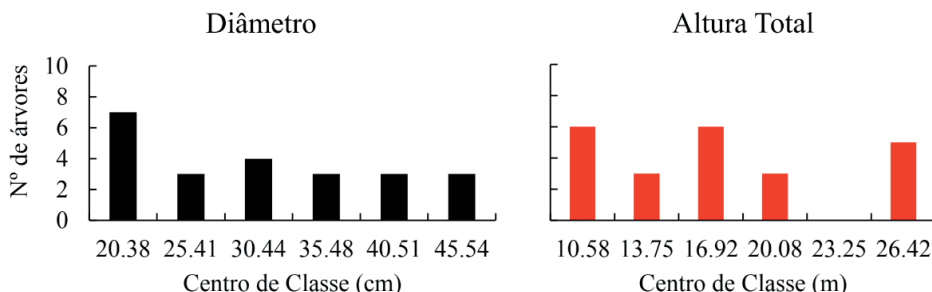


Figura 2. Distribuição de frequência absoluta de árvores por classes de diâmetro e altura total para uma praça no município de Imperatriz, Maranhão, Brasil.

Fonte: Autores (2023).

Em levantamentos da arborização de vias de Imperatriz, mais de 90% da população amostrada tem menos de 10 metros de altura, diferentemente deste estudo, onde apenas um indivíduo tem menos de 10 metros de altura (SILVA et al., 2018; LIMA et al., 2022).

Neste aspecto, se ressalta que nas vias urbanas, não apenas nas praças, embora muitas espécies são capazes de atingir grande porte, a frequente poda drástica aplicada limita consideravelmente a altura o desenvolvimento em altura.

Na florística e variáveis dendrométricas, dos 23 indivíduos arbóreos mensurados, foram identificadas 10 espécies, pertencentes à 6 famílias com uma distribuição espacial abaixo ao máximo de área total de 0,667 ha, podendo inserir mais indivíduos arbóreos de outras espécies nativas para maior recobrimento de copa em espaço de calçada (Tabela 1). O maior volume obtido foi para *Mangifera indica* (1,7740) e *Eucalyptus urophylla* (1,1732), espécies exóticas consideradas de caráter invasor (SOBRINHO, et al., 2019; SILVA, et al., 2011).

F	NC	VT	FT	QF	OC	O
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	1,7740	B	B	N	EX
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	0,5329	B	B	N/O	NA
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd.exA.Juss.) Müll.Arg.	0,5951	B	B	N	NA
Fabaceae	<i>Albizia lebeck</i> (L.) Benth	0,5038	B/R	B/R	N/S	EX
	<i>Inga edulis</i> Martius	0,4514	B	B	N	NA
	<i>Adenantha pavonina</i> L.	1,1697	B	B/R	N/O	EX
	<i>Dimorphandra mollis</i>	1,0106	B	B	L	NA
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaerth	0,5107	B	B	L	NA
	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	1,0896	B	B	N/S	NA
Myrtaceae	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T.Blake	1,1732	B	B	N	EX
Total		0,7913				
Média		0,0791				

B: bom; R: ruim; N: norte; S: sul; L: leste; O: oeste; EX: exótica; NA: nativa.

Tabela 1. Identificação e classificação a nível de família (F), nome científico (NC), volume total (VT), condição fitossanitária (FT), qualidade do fuste (QF), orientação cardeal (OC), das árvores mensuradas praça no município de Imperatriz, Maranhão, Brasil.

Fonte: Autores (2023).

No que se refere a condição fitossanitária das árvores e a qualidade dos fustes, basicamente todos apresentam-se em boas condições (Tabela 1). Apenas um indivíduo *Albizia lebeck*, não se encaixa das condições fitossanitárias e de qualidade do fuste almeçadas, por injúrias mecânicas e copa comprometida, com risco de causar acidentes devido à queda de galhos. Esta espécie não é recomendada para arborização, por ser oriunda da Ásia tropical, de origem exótica e considerada invasora (COSTA; MACHADO, 2009). Desta maneira, recomenda-se substituir este indivíduo por uma espécie nativa da região.

A análise qualitativa é fundamental para o gerenciamento de áreas verdes urbanas, desempenhando a função de prever o surgimento de conflitos, identificar e propor soluções adequadas ao local e ao componente arbóreo (SILVA et al., 2018). Portanto, as espécies identificadas em quase sua totalidade foram classificadas com boa qualidade fitossanitária e de fuste, superando os 95%, porcentagem próxima ao inventário realizado no Bairro Beiro Rio, onde 87% das árvores encontram-se boas (SILVA et al., 2022).

Adicionalmente a maior parte das árvores foram registradas sob orientação Norte da praça, evidência de que as demais direções necessitam de enriquecimento arbóreo.

As três espécies de maior ocorrência foram *A. lebeck* com 5 indivíduos, *Inga edulis* com 4 indivíduos e *Handroanthus heptaphyllus* com 3 indivíduos. Atrélendo estas informações, como árvores dominantes, *Sterculia apetala*, *Albizia lebeck*, *Mangifera indica* e *Handroanthus heptaphyllus* estão estabelecidas na praça em estudo opostamente ao observado em outros trabalhos que apresentam elevado número de árvores jovens, com

valores superiores a 80% de indivíduos levantados nas vias públicas, com no máximo 20 a 30 cm de DAP (ANGELO, 2017; SILVA et al., 2018; LIMA et al. 2022).

As variáveis dendrométricas tais como altura total, DAP, e dados qualitativos de fitossanidade mostram o elevado percentual de homogeneidade no local de estudo, contudo, foi observado uma diversidade entre espécies sendo 60% de espécies nativas e 40% de espécies exóticas. Visto que as espécies nativas devem ser preferidas em relação às exóticas, pois estão mais adaptadas às condições climáticas do local (RANGEL, 2005), e da diversidade da fauna que pode resultar nos ambientes urbanos, se reintegra a necessidade de substituição e/ou enriquecimento arbóreo com espécies nativas.

Por ser uma região de ecótono entre os biomas do Cerrado e Amazônia, se destaca uma vantagem para o município de Imperatriz, visto o adicional de espécies nativas apropriadas para serem utilizadas em seus ambientes urbanos.

Do total de indivíduos amostrados, a predominância de árvores e espécies representantes da família Fabaceae, que compreende o maior número de espécies no Brasil, abrangendo 2.807 espécies e 222 gêneros, pode justificar sua grande inserção na arborização urbana de ruas e avenidas (FALCE, 2012; SILVA et al. (2018).

Em comparação às espécies encontradas nas ruas de Imperatriz foram ingressas neste estudo as novas espécies *Hevea brasiliensis*, *Dimorphandra mollis* e *Sterculia apetala*. A *D. mollis* é adequada para arborização de vias devido ao pequeno porte sendo facilmente inserido embaixo de fiação e seu fruto servindo de alimento para avifauna, em especial, araras. As demais não são recomendadas para arborização em vias de fiação, devido ao grande porte podendo ocorrer conflitos com estruturas e ocupar grandes espaços de calçada (ANGELO, 2017; PEREIRA et al., 2020).

Adicionalmente, *Ceiba pentandra* pode ser utilizada na arborização de praças, por proporcionar sombra, beleza de flores e frutos, sua diferenciação cênica para presença de acúleos do fuste, que orienta o plantio em um canteiro específico com difícil acesso a população.

No âmbito das espécies que necessitam de atenção com emergencial substituição a longo prazo, *Mangifera indica*, exótica proveniente da Ásia, considerada invasora, e que apresenta alta dominância na cidade de Imperatriz (SILVA et al., 2022). Embora forneça copas grandes e conseqüentemente sombra, seu grande porte e em alta frequência, também gera de conflitos com a infraestrutura urbana (SILVA, 2018), além dos frutos dispersos pela gravidade, trazem prejuízos a veículos devido ao seu tamanho.

As espécies mencionadas, podem ser identificadas pelas suas características vegetais, descrita na chave dicotômica abaixo. Ela se faz necessário, pois nem sempre conhecemos as árvores, e nem sempre estão em período reprodutivo, e uma identificação acompanhada de uma chave dicotômica confere à atividade exercida alto grau de confiabilidade.

Chave Dicotômica

1. Folhas simples.....	02
1. Folhas compostas.....	04
2. Folhas simples opostas.....	<i>Eucalyptus urophylla</i>
2. Folhas simples alternas	03
3. Folhas simples alternas lobadas.....	<i>Sterculia Apetala</i>
3. Folhas simples alternas lanceoladas.....	<i>Mangifera indica</i>
4. Folhas compostas digitadas opostas.....	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>
4. Folhas compostas alternas.....	5
5. Folhas compostas alternas pinadas ou bipinadas.....	6
5. Folhas compostas alternas trifolioladas.....	<i>Hevea Brasiliensis</i>
6. Folhas pinadas com raque alada.....	<i>Inga edulis</i>
6. Folhas bipinadas ou digitadas alternas.....	7
7. Folhas compostas digitadas alternas.....	<i>Ceiba pentandra</i>
7. Folhas compostas bipinadas.....	8
8. Folhas compostas bipinadas com folíolos alternos.....	<i>Adenantha Pavinina</i>
8. Folhas compostas bipinadas com folíolos opostos.....	9
9. Folhas compostas bipinadas com folíolos opostos e com glândula glabra na parte adaxial	<i>Albizia Lebbeck</i>
9. Folhas compostas, bipinadas com folíolos opostos sem glândulas...	<i>Dimophandra Mollis</i>

Fonte: Autores (2023).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados, a praça Pedro Américo de Sales Gomes possui uma estrutura vertical adequada, no entanto, sob baixa diversidade de espécies nativas, e desuniforme distribuição das árvores na sua extensão territorial.

Recomenda-se a substituição gradual e detalhamento de planejamento, de parte das árvores de espécies exóticas, conscientização comunitária do entorno e o plantio nas demais porções da praça com espécies nativas recomendáveis à arborização, visto a riqueza e disponibilidade de espécies a serem inseridas em uma cidade localizada em um ecótono compreendendo os biomas Amazônia e Cerrado.

Por fim, recomenda-se para o enriquecimento da flora e ocupação de diferentes estratos o plantio de indivíduos arbóreos nativos, aumentando e potencializando a área de sombra da praça, podendo ser utilizada pela população no período diurno como ponto de encontro e descanso, em uma cidade com elevada temperatura.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, R.M.; ANGELIS, F.; ANGELIS NETO, R.; ANGELIS, B.L.D. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de Nova Esperança, Paraná, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v.6, n.3, p.128-148, 2011.

ANGELO, D. H. Índices espaciais e de diversidade Florística das Zonas Central e Residencial Central de Imperatriz-MA. Dissertação de Mestrado, UFT, 2017.

CORREIA FILHO, F.L. Relatório diagnóstico do município de imperatriz: projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Relatório diagnóstico do município de imperatriz**, Teresina, p.1-37, 2011.

FALCE, B. O, LEÃO, B. D. A, SOUZA, D. M, OLIVEIRA, F. B. Análise da distribuição espacial de árvores e arbustos quanto ao porte, à taxonomia e à utilização através de sistema de informação geográfica. *Revista da sociedade brasileira de arborização urbana*, 7(1), 23-34, 2012.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269p.

GONÇALVES, W. Florestas urbanas. Viçosa: **Revista Ação Ambiental**. v. 9, n.1, p.17-19, 1999.

GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. de. **Silvicultura urbana: implantação e manejo**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2006.

HARDER, I.C.F. **Inventário quali-quantitativo da arborização e infraestrutura das Praças da cidade de Vinhedo/SP**. 2002. 122p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

LIMA, D. da S.; SANTOS, G. A.; SILVA, F. V. da.; GOMES, J. M.; SANTOS, D. P.; ANGELO, D. H.; COSTA, N. S. L.; RAABE, J.; CARNEIRO, F. da S.; AMORIM, M. B.; PINHEIRO, K. A. O. Analysis of road afforestation in the riverside neighborhood of the city of Imperatriz-MA. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. e20011422599, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i4.22599. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/22599>. Acesso em: 7 feb. 2023.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento: um estudo de planejamento paisagem de Santa Cecília (MSP)**. 1996. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PEREIRA, J. A.; SILVA, O. I., GOMES, J. M., ANGELO, D. H., COSTA, N. S. L. Estrutura e Dinâmica da Floresta Urbana das Zonas Central e Residencial Central de Imperatriz-MA. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, v. 7, n. 2, p. 436-457, 2020.

RANGEL, S. **A arborização urbana e o uso de espécies florestais nativas da mata atlântica**. Brasília: Embrapa Documentos, 2005.

SANTOS, A. F.; COSTA, G.; OLIVEIRA, M. L.; SOUSA, P. A.; ALVES, L. C. Diversidade florística e índices arbóreos de escolas no município de Formoso do Araguaia, Tocantins. **Revista Verde**, Pombal, v. 12, n. 2, p. 218-226, 2017.

SILVA, R. N. Caracterização e análise quali-quantitativa da arborização em praças da área central da cidade de Arapiraca, AL. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.7, n.2, p.102-115, 2012.

SILVA, R. V., ANGELO, D. H., ARRUDA, A. A., SILVA, W. A. Análise dos principais conflitos e espécies inadequadas presentes na arborização viária na região central do município de Imperatriz (MA). *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 13, n. 2, p. 47-61, 2018.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 272 p.

SOBRINHO, M. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; DUARTE, A. S.; SOUSA, G. S. Modelagem da Distribuição Potencial de *Mangifera indica* L. sob Cenários Climáticos Futuros no Bioma Caatinga. **Revista Brasileira De Meteorologia**, 34 (Rev. bras. meteorol., 2019 34(3)). <https://doi.org/10.1590/0102-7786343052>

STURGES, H. A. The choice of a class interval. **Journal of the american statistical association**, v. 21, n. 153, p. 65-66, 1926.

TUAN, Y. **Topofilia**: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. Londrina: EDUEL, 2012.

COMPARAÇÃO DO MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO BRASILEIRO COM EQUIVALENTES DE PORTUGAL E AUSTRÁLIA

Data de submissão: 16/03/2023

Data de aceite: 03/04/2023

João Vitor Possebon Dias

Instituto Federal de Santa Catarina
Florianópolis – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/0692435874676931>

João Alberto da Costa Ganzo Fernandez

Florianópolis – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/2625173885854048>

Márcia Maria Machado Steil

Florianópolis – Santa Catarina
<Http://lattes.cnpq.br/3081206779220847>

Andrea Murillo Betioli

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

RESUMO: Os conteúdos e tópicos que devem estar dispostos nos “manuais de uso, operação e manutenção” para obras no Brasil são definidos e regulados por normas e leis. O intuito destas normativas é garantir que os usuários sejam bem orientados com relação às garantias, melhores práticas e corretas medidas de manutenção preventiva para cuidar do imóvel utilizado, visando sempre o melhor aproveitamento e o prolongamento da vida útil da edificação. Considerando a relevância deste tipo de conteúdo, o presente artigo tem por objetivo

comparar as diretrizes normativas brasileiras com as diretrizes normativas de Portugal e Austrália, destacando os aspectos positivos e negativos do modelo brasileiro em relação aos seus congêneres. Esses dois países foram escolhidos porque, ao contrário de outros países como Reino Unido e Estados Unidos, possuem manuais com formato normativo semelhante ao brasileiro, possibilitando uma comparação direta. Para isso, foi realizada uma pesquisa qualitativa para levantamento das exigências nos três países envolvidos, para então compará-las, o que permitiu verificar que o modelo de manual brasileiro se mostra bastante completo quando comparado com os outros, mas que, ainda assim, existem tópicos dos modelos português e australiano que poderiam servir para aprimoramentos nas exigências brasileiras.

PALAVRAS-CHAVE: Manual de uso e operação; edificações; Austrália; Portugal.

COMPARISON OF THE BRAZILIAN USE, OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL WITH EQUIVALENTS FROM PORTUGAL AND AUSTRALIA

ABSTRACT: The content and topics that “use, operation and maintenance manuals”

must contain for constructions in Brazil are set and regulated by norms and laws, those definitions aim making sure that the users will be well informed about warranties, best practices and correct preventive maintenance measures to take care of the building used, aiming the best results and the extension of the edification's service life. Considering the relevance of this kind of content, the objective of this article is to compare the national requirements with what is demanded to elaborate documents like it in Australia and Portugal, objectifying to verify the positives and negatives aspects of the Brazilian model when compared with its pairs. Those two foreign countries were chosen because, unlike other countries like the USA and the UK, they demand manuals with a format similar to the Brazilian one, making a direct comparison possible. This way, a qualitative research was taken, in order to gather the requirements in those countries and then compare them, what allowed to verify that the Brazilian model is a lot complete when compared with the other two, but still, that there are topics from the other countries that might be good models to enhancements on the Brazilian requirements.

KEYWORDS: Operation and maintenance manual; buildings; Australia; Portugal.

1 | INTRODUÇÃO

“Cada vez mais a sociedade civil tem reconhecido e assumido a elevada importância das atividades de uso, operação e manutenção dos edifícios como forma de assegurar a durabilidade e a preservação das condições de utilização das edificações durante a sua vida útil”, segundo a NBR 14037 (ABNT, 2011).

É esta relevância no que diz respeito à preservação da vida útil, aliada ao fato de que um documento atestando os cuidados a serem tomados com a nova edificação proporciona segurança jurídica tanto para o comprador como para o construtor, que faz com que a abrangência e qualidade dos requisitos para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção estejam em constante evolução, a fim de garantir que os manuais devam sempre possuir uma série de conteúdos que garantam a abordagem de todas as informações pertinentes ao novo imóvel.

Os requisitos mínimos para elaboração destes documentos no Brasil são dispostos pela NBR 14037:2011 e complementados por algumas leis (código civil e código de defesa do consumidor) e normas que trazem informações que devem ser repassadas ao proprietário do imóvel. Assim como no Brasil, esta necessidade de definir conteúdos mínimos para elaboração de documentos semelhantes aos manuais também é verificada em outros países, como é o caso de Portugal, onde o decreto-lei nº 68/2004 define que “(...) importa referir a obrigação de elaboração e disponibilização aos consumidores adquirentes (de um prédio urbano habitacional) de um documento descritivo das principais características técnicas e funcionais da habitação, características estas que se reportam ao momento de conclusão das respectivas obras de construção.” ou da Austrália, onde existe um guia para elaboração de manuais para edificações executadas para o parlamento australiano, chamado *DPS Standard for Project Documentation: DPS Operation and Maintenance Template and Guidelines*.

Portanto, tendo em vista a importância do manual de uso, operação e manutenção e a existência de exigências para documentos equivalentes em Portugal e na Austrália, o objetivo geral deste artigo foi identificar possíveis melhorias que possam ser implementadas aos manuais brasileiros a partir da análise de documentos semelhantes a ele. Para isso, foram analisadas as exigências para elaboração de manual de uso, operação e manutenção no Brasil e nos documentos equivalentes de Portugal e da Austrália, uma vez que foram também analisadas as regulamentações dos Estados Unidos da América e do Reino Unido, mas não foram constatados modelos de documento que pudessem servir de objeto de comparação com o manual brasileiro, após as análises iniciais, seguiu-se com uma comparação das exigências portuguesas e australianas com as brasileiras e com uma verificação dos pontos em que os manuais brasileiros podem ser melhorados.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Para embasar o conteúdo disposto neste artigo foram utilizadas leis, normas e documentos oficiais que tratam das exigências para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção no Brasil, em Portugal e na Austrália.

Para o Brasil foram verificadas que as principais exigências constam nas Leis 10.406/10 e 8.078/90, que são respectivamente o código civil e o código de defesa do consumidor, e nas normas NBR 14.037 (ABNT, 2011), NBR 15575-1 (ABNT, 2021), NBR 5674 (ABNT, 2012) e NBR 16.280 (ABNT, 2020).

Com relação aos demais países, para Portugal foi verificado que para o documento equivalente, chamado Ficha Técnica da Habitação, as exigências constam no decreto-lei nº 68/2004 e na Portaria nº 817/2004, e para a Austrália os conteúdos obrigatórios do *Operation and Maintenance Manual*, são relacionados em um guia com diretrizes para elaboração deste documento em obras executadas para o Parlamento da Austrália, este guia é de autoria do DPS (*Department of Parliamentary Services*), sendo este o departamento do governo australiano responsável, entre outras coisas, por garantir a integridade das construções relacionadas a esta entidade.

Nos subtópicos a seguir serão abordadas, individualmente, as exigências para cada um dos três documentos analisados.

2.1 Exigências para o manual de uso, operação e manutenção (Brasil)

Como citado anteriormente, o manual brasileiro tem seus conteúdos obrigatórios definidos por uma série de normas e leis, cada uma destas será tratada individualmente neste subtópico.

2.1.1 Código de Defesa do Consumidor (Lei 8.078/90)

O Código de Defesa do Consumidor é importante, pois trata das relações entre prestadores de serviço e consumidores, definindo os direitos destes, bem como os

deveres daqueles. A importância desta lei para o conteúdo do documento abordado está principalmente em dois pontos, o primeiro deles é o fato de ela definir em seu artigo 39, inciso VIII, que é vedado ao fornecedor de produtos ou serviços colocar no mercado de consumo qualquer produto ou serviço que esteja em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes, ou seja, define a obrigatoriedade do atendimento às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que serão descritas na sequência.

O segundo ponto pertinente diz respeito às garantias, uma vez que o seu artigo 12 dispõe que o construtor responde pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, construção, montagem ou informações insuficientes ou inadequadas sobre utilização e risco e o seu artigo 14 define os fornecedores de serviços como responsáveis por danos causados aos consumidores que sejam relativos à prestação de serviços, assim como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua fruição e riscos.

2.1.2 Código Civil (Lei 10.406/10)

O Código Civil se faz pertinente por tratar de informações relevantes a respeito dos prazos legais de garantia, obrigações solidárias e relações do locador e locatário.

Seu capítulo V define que o locador é obrigado a entregar ao locatário a coisa alugada em estado de servir ao uso a que se destina, e a mantê-la nesse estado pelo tempo do contrato, salvo cláusula expressa em contrário, e que se durante a locação a coisa alugada se deteriorar sem culpa do locatário, este poderá pedir redução proporcional do aluguel ou resolver o contrato.

O capítulo VI define que há solidariedade quando mais de um credor ou mais de um devedor concorre na mesma obrigação, cada um com direito, ou obrigado, à dívida toda.

E finalmente, seu capítulo VIII trata da empreitada, definindo que desde que respeitado o prazo de 180 dias após aparecimento de vícios ou defeitos para proposição de ação por parte do dono da obra, o empreiteiro de materiais responde pelo prazo de 5 anos pela solidez e segurança do imóvel.

2.1.3 NBR 15575-1 (ABNT, 2021)

Trata-se da norma de desempenho de edificações habitacionais, que é relevante para o conteúdo exigido nos manuais brasileiros devido aos prazos de garantia definidos em seu Anexo D, que correspondem ao “período de tempo previsto em lei que o comprador dispõe para reclamar dos vícios verificados na compra de produtos duráveis.”

Além do referido acima, esta norma cita a importância de que seja elaborado pelo construtor ou incorporador um manual de uso, operação e manutenção da construção, atendendo aos requisitos da NBR 14037 (ABNT, 2011), a qual será abordada a seguir.

2.1.4 NBR 14037 (ABNT, 2011)

Esta é a principal norma no que diz respeito à elaboração de manuais de uso, operação e manutenção, uma vez que ela define uma organização de tópicos e conteúdos mínimos que devem constar nestes documentos.

Em seu item 4 ela define a estruturação do manual, com uma divisão recomendada de capítulos e subdivisões e em seu item 5 especifica o conteúdo que cada um destes deve conter. Ainda segundo esta norma, os manuais devem conter um plano de manutenção preventiva que atenda aos critérios da NBR 5674 (ABNT, 2012).

2.1.5 Demais normas pertinentes

Tanto NBR 5674 (ABNT, 2012) quanto NBR 16280 (ABNT, 2020), apesar de não serem tão pertinentes para os manuais quanto os demais documentos citados, possuem relevante influência e por isso merecem também destaque.

A primeira norma citada trata da manutenção e dos procedimentos obrigatórios para gestão dela, como requisitos para implementação de um programa de manutenção preventiva e a necessidade de arquivar os registros dos serviços relacionados a ele. Já a segunda, é importante pelo fato de se referir às exigências relacionadas às reformas de edificações, conteúdo este que é de grande importância para o proprietário, uma vez que reformas podem conter riscos à edificação e seus usuários e, portanto, devem ser conduzidas por profissionais habilitados.

2.2 Exigências para a ficha técnica da habitação (Portugal)

O documento português utilizado para comparação com o modelo brasileiro foi a ficha técnica da habitação, que passou a ser exigida e ter seus conteúdos e estrutura definidos a partir da publicação do Decreto-Lei nº 68/2004 de Portugal. Este Decreto-Lei português define uma série de mecanismos com o intuito de garantir que os consumidores portugueses tenham acesso às informações relevantes referentes aos seus imóveis, promovendo a proteção dos seus interesses econômicos e a transparência do mercado e define, em seu artigo 19º, que o modelo da ficha técnica da habitação será oficializado em portaria posterior, sendo esta a Portaria nº 817/2004.

Esta portaria do governo português aprova um modelo de ficha técnica da habitação e o disponibiliza como anexo, além de definir em seu artigo 3º, parágrafo 2, que este modelo deve ser disponibilizado nos *sites* de instituições portuguesas, sendo elas, Instituto do Consumidor, Instituto dos Mercados de Obras Públicas e Particulares e do Imobiliário e do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

2.3 Exigências para o *Operation and Maintenance Manual* (Austrália)

Com relação à Austrália, foi utilizado o *operation and maintenance manual* como base de comparação com o manual brasileiro, o documento possui exigências definidas

pelo DPS, que, como citado anteriormente, é um departamento do parlamento australiano responsável, entre outras coisas, pela garantia da integridade das construções relacionadas a esta entidade.

O guia com as exigências para elaboração deste documento se chama “*DPS Standard for Project Documentation*” e, segundo o próprio, seu conteúdo pode ser separado em duas partes, sendo que a primeira traz informações sobre o conteúdo, formato e qualidade de entrega do manual e a segunda traz um modelo com tópicos e subtópicos que devem ser atendidos como conteúdo mínimo para o *operation and maintenance manual*.

3 | MÉTODO

Para atingir o objetivo proposto, primeiramente realizou-se um levantamento de modelos para comparação com o brasileiro, buscando informações oficiais dos governos de Portugal, dos Estados Unidos da América, do Reino Unido e da Austrália, a partir das informações levantadas, não foram constatados manuais com formato que permita a comparação direta com o modelo brasileiro nos Estados Unidos e no Reino Unido, por este motivo, os dois países foram excluídos da análise, seguiu-se então com uma pesquisa qualitativa, que permitiu o levantamento dos conteúdos pertinentes que, posteriormente, passaram por uma comparação, a partir da qual foi possível verificar as semelhanças entre as exigências brasileiras, portuguesas e australianas, bem como as diferenças, que por sua vez, puderam ser analisadas para definir os pontos em que o modelo brasileiro apresenta melhor abrangência e os pontos em que poderia ser aprimorado.

Para levantamento dos conteúdos obrigatórios no Brasil foram analisadas normas e leis, sendo elas a NBR 14037 (ABNT, 2011), NBR 5674 (ABNT, 2012), NBR 15575-1 (ABNT, 2021) e NBR 16280 (ABNT, 2020), além do código civil e do código de defesa do consumidor. Como parâmetro para a comparação, foi analisada a “Ficha Técnica da Habitação”, retirada do decreto-lei nº 68/2004 e da Portaria nº 817/2004 de Portugal e o “*Operation and Maintenance Manual*” extraído de um guia do DPS, que é o departamento do parlamento australiano responsável por garantir a integridade das construções, solo e projetos relacionados ao Parlamento da Austrália.

Para melhor entendimento e organização, a comparação foi realizada com base nos tópicos principais que devem constar no manual brasileiro segundo a NBR 14037:2011, sendo eles “Apresentação”, “Garantias e Assistência Técnica”, “Memorial Descritivo”, “Fornecedores”, “Operação, Uso e Limpeza”, “Manutenção” e “Informações Complementares”, sendo assim, os diferentes tópicos dos modelos estrangeiros foram comparados com o conteúdo dos tópicos brasileiros aos que mais se assemelham, além disso, para possibilitar também a abordagem dos pontos estrangeiros sem ligação com os tópicos brasileiros, foi levantada uma relação de exigências que não constam no modelo do Brasil.

A partir das exigências levantadas, foi possível então realizar a comparação entre os tópicos e conteúdos dos modelos dos três países, de maneira a verificar o nível de exigência do Brasil e os pontos do manual brasileiro que poderiam ser melhorados com base nos parâmetros internacionais.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Buscando-se informações oficiais dos governos de Portugal, dos Estados Unidos da América, do Reino Unido e da Austrália, foi verificado que os EUA possuem regulamentações locais, dos seus estados e distritos, não existindo, portanto, um modelo nacional de documento semelhante ao manual de uso, operação e manutenção do Brasil, e o Reino Unido possui regulamentações a respeito da entrega de obras, porém, nestas regulamentações, não foi identificado modelo de documento que pudesse ser objeto de comparação com o brasileiro. Por outro lado, Portugal e Austrália não apenas possuem regulamentações para entrega de obras, como também disponibilizam modelos a serem seguidos para elaboração de documentos semelhantes aos manuais exigidos no Brasil, sendo eles, respectivamente, a “Ficha Técnica da Habitação” e o “*DPS Standard for Project Documentation: DPS Operation and Maintenance Template and Guidelines*”, os quais foram, portanto, os objetos de comparação utilizados nas verificações.

A partir da análise das exigências para elaboração dos três documentos, tornou-se possível listar os pontos em comum e os divergentes entre o modelo brasileiro e os de Portugal e Austrália.

Inicialmente, através das comparações realizadas para o tópico de “Apresentação”, constatou-se que apenas no Brasil é solicitado um tópico com definições de determinados termos técnicos, indicando preocupação em facilitar o entendimento do documento por parte de pessoas leigas na área, além disso, verificou-se que o modelo português dá menos liberdade para quem desenvolve o manual, trazendo exigências de conteúdo mais diretas, o que por outro lado também garante que as informações exigidas por ele não deixarão de ser entregues. O modelo da Austrália se mostra bastante semelhante nesta parte ao modelo brasileiro, com o adendo do requerimento de uma lista na qual o responsável por elaborar o documento atesta, tópico por tópico, se atendeu ou deixou de atender às exigências, bem como justifica as não atendidas, o que confere ao usuário a possibilidade de verificar os conteúdos faltantes e se eles de fato não são relevantes para a edificação em questão.

Já com relação aos conteúdos relacionados a “Garantias e Assistência Técnica”, foi possível verificar que todos os modelos indicaram a necessidade de fornecer os prazos e responsáveis pelo atendimento das garantias, as diferenças entre eles ficaram na maneira de organizar estas informações, sendo que o modelo brasileiro centraliza-as em um tópico, enquanto os estrangeiros fornecem-as ao longo do documento. Cabe salientar que o modelo de manual do Brasil é o único que solicita um tópico específico para relacionar possíveis

motivos que geram perdas de garantia, sendo este um ponto em que se sobressai na comparação com os demais.

Para os requerimentos relacionados ao tópico de “Memorial Descritivo” foi verificado que apenas o modelo brasileiro trata em um tópico específico das descrições dos sistemas e equipamentos fornecidos na edificação, uma vez que o modelo português trata deste assunto dentro dos tópicos que abordam especificamente cada elemento da edificação e modelo australiano solicita que eles sejam compilados em uma tabela fornecida por ele, em que devem estar também informações sobre projetos, garantias, uso e manutenção em geral.

Considerando os conteúdos semelhantes ao tópico “Fornecedores” do manual brasileiro, pode-se observar que todos os modelos exigem uma listagem com os fornecedores e projetistas da edificação, junto de seus respectivos contatos. Neste ponto, a maior diferença diz respeito à organização destas informações, enquanto o modelo do Brasil divide fornecedores e projetistas em dois tópicos distintos, o modelo português centraliza as informações dos projetistas e divide os fornecedores da área comum em um tópico diferente das áreas privativas, já o modelo australiano lista todos os envolvidos em fornecer qualquer tipo de serviço à edificação em uma mesma seção, junto com seus contatos e endereços. Cabe ressaltar que, neste ponto, somente o modelo brasileiro cita a necessidade de abordar informações sobre os serviços de utilidade pública e como contratá-los.

Com relação aos conteúdos referentes à “Operação, Uso e Limpeza” do empreendimento, os modelos brasileiro e australiano são parecidos, tanto na organização como no conteúdo a ser abordado, com uma pequena diferença, enquanto o modelo da Austrália traz o conteúdo sobre as manutenções junto desta parte, o modelo brasileiro trata delas em outro tópico. Por outro lado, o modelo português mostra algumas diferenças, estando estas informações relacionadas ao longo de mais tópicos e junto das garantias e instruções de manutenção, neste modelo a organização se dá dividindo os conteúdos com base no local do objeto, área comum ou privativa, e sem uma especificação mais clara das informações que devem constar nestes tópicos.

A partir das análises referentes aos conteúdos de “Manutenção” dos manuais foi possível verificar que apenas o modelo brasileiro solicita a elaboração de um plano de manutenção preventiva que deve ser registrado e armazenado. Os modelos estrangeiros se atêm a indicar a necessidade de listar procedimentos de manutenção, porém não há a demanda de um documento tão específico quanto o programa de manutenção exigido pelo modelo da ABNT, o modelo português indica, genericamente, a necessidade de listar estas informações de manutenção e o australiano indica que elas devem seguir os documentos legais e dos fabricantes.

Para as comparações dos tópicos relacionados com a parte de “Informações Complementares” do modelo brasileiro, foi verificado que, apesar de organizados de

maneiras distintas, todos os pontos específicos deste tópico são tratados nos três manuais, com exceção da parte que trata dos procedimentos e exigências para atualização do manual, que é tratada apenas no modelo brasileiro.

Por outro lado, com relação a descartes, desativação de equipamentos e demolições, o modelo australiano se mostra mais completo que os demais, tendo uma seção específica somente para este assunto, onde devem constar instruções e documentos com recomendações de como descartar corretamente cada resíduo.

Com relação ao modelo português, é importante mencionar que ele é o único que exige uma listagem de equipamentos ruidosos, com suas localizações e soluções de isolamento acústico, sendo este o único dos três modelos a tratar tão especificamente da poluição sonora que pode ser causada por alguns equipamentos e exigir que se descreva como ela foi evitada.

Como mencionado anteriormente, foi também realizada uma relação das exigências existentes nos modelos estrangeiros que não constam no modelo brasileiro, pela qual, a partir do modelo português se verificaram dois pontos, seus tópicos 17 e 18, sendo o primeiro deles referente à relação de equipamentos ruidosos, tratada no último parágrafo, e o outro referente a informações específicas sobre as instalações de comunicação e entretenimento, com descrições dos sistemas de áudio, vídeo e dados do edifício.

Já na comparação com o modelo da Austrália, foram constatados mais pontos não abordados pelo modelo brasileiro, estando eles nas seções 2, 4, 6, 8 e 9, estes abordam respectivamente, o *checklist* com relação às exigências atendidas e justificativas das não atendidas; uma relação de todas as informações técnicas utilizadas para realização e execução dos projetos e a norma ou base legal da qual estas informações são provenientes; uma tabela com todas as figuras desenhos e projetos anexados ao manual, com informações como áreas, títulos e números de especificação de cada um deles; uma planilha para preencher com todos os treinamentos realizados com a equipe de manutenção local e um tópico com informações específicas sobre demolições, desativações e descartes de elementos em geral.

Com base nos levantamentos realizados através das comparações foram elaborados os Quadros 1 e 2, estando no Quadro 1 os principais pontos positivos do modelo brasileiro e no Quadro 2 as principais possíveis melhorias levantadas para o modelo brasileiro:

Tópico	Especificação
Apresentação	Tópico com as definições de termos técnicos, demonstrando maior preocupação com o leitor leigo no assunto.
Garantias	Subtópico específico para “Perdas de Garantia”, conferindo maior facilidade para o leitor conferir estas informações.
Memorial Descritivo	Tópico específico para descrição dos sistemas e equipamentos, os demais modelos trazem estas informações junto das garantias e manutenções.
Manutenção	Necessidade de elaboração de um modelo de plano de manutenção preventiva, facilitando a gestão da manutenção por parte do usuário.
Informações Complementares	Único dos modelos a requisitar instruções para posterior atualização do manual.

Quadro 1 – Principais pontos positivos do modelo brasileiro.

Origem	Especificação	Tópico brasileiro em que poderia constar
Tópico 17 do modelo de Portugal	Relação de equipamentos ruidosos e suas localizações	Informações Complementares
Tópico 18 do modelo de Portugal	Requisição específica da descrição dos sistemas de vídeo, áudio e dados da construção	Memorial Descritivo
Seção 2 do modelo da Austrália	<i>Checklist</i> com os conteúdos que deveriam ser abordados e as justificativas para os que não foram	Apresentação
Seção 8 do modelo da Austrália	Registro dos treinamentos dados a equipe de manutenção local	Manutenção
Seção 9 do modelo da Austrália	Informações sobre os descartes realizados durante o período da obra (Principalmente os relacionados a resíduos sólidos)	Informações Complementares

Quadro 2 – Possíveis melhorias levantadas para o modelo brasileiro.

5 | CONCLUSÕES

A partir da constatação da importância do conteúdo dos manuais de uso, operação e manutenção, foram levantados documentos equivalentes a eles existentes na Austrália e em Portugal, o que permitiu que, inicialmente pudesse ser realizada uma análise dos conteúdos obrigatórios de cada documento para, posteriormente, compará-los.

Através das análises e comparações realizadas entre os diferentes modelos, constatou-se que o modelo brasileiro não deixou de abordar os principais conteúdos dos modelos estrangeiros, pelo contrário, pontos extremamente pertinentes do modelo nacional, como o programa de manutenção preventiva, não foram tratados nem no modelo de Portugal, nem no da Austrália. Também foi verificada uma maior preocupação do modelo nacional em garantir que o usuário que não está inserido na área da construção civil entenda determinados termos, que devem estar explicados, e tenha acesso facilitado a informações de grande importância, como as condições de Perda de Garantia.

Mesmo assim, pontos com relevante pertinência que não constam nas exigências brasileiras foram verificados tanto na Austrália como em Portugal, principalmente informações que dizem respeito ao meio ambiente e sustentabilidade, tanto com relação a descarte de resíduos como com relação à poluição sonora, sendo estes temas especificamente tratados nos manuais australiano e português, respectivamente.

Com os levantamentos e considerações realizados, busca-se promover maior discussão a respeito da abrangência das normas brasileiras, principalmente as relacionadas ao uso e manutenção de edificações em comparação com documentos internacionais, bem como permitir que, a partir das informações aqui relacionadas, os conteúdos dos manuais executados no Brasil sejam aprimorados e tornem-se cada vez mais completos, uma vez que as normas brasileiras definem conteúdos mínimos para estes documentos, podendo estes, portanto, serem complementados com informações pertinentes que não sejam exigidas em normas ou leis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. 4 ed. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16280**: Reforma em edificações - Sistema de gestão de reformas - Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2020.

BRASIL. **Decreto Lei no 8.078**, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 set. 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8078.htm>.

BRASIL. **Decreto de Lei no 10.406**, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 jan. 2002. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10406.htm>.

DEPARTMENT OF PARLIAMENTARY SERVICES (Austrália). **DPS Standard for Project Documentation**: DPS Operation and Maintenance Manual(s) Template and Guidelines (for External Contractors). 2. ed. Canberra, 2020. 18 p.

PORTUGAL. **Decreto-Lei no 68**, de 25 de março de 2004. Estabelece os requisitos a que obedecem a publicidade e a informação disponibilizadas aos consumidores no âmbito da aquisição de imóveis para habitação. Diário da República Portuguesa no 72/2004, Lisboa, 25 mar. 2004. Disponível em: <<https://dre.pt/pesquisa/-/search/211028/details/maximized>>.

PORTUGAL. **Portaria no 817**, de 16 de julho de 2004. Aprova o modelo da ficha técnica da habitação. Diário da República Portuguesa no 166/2004, Lisboa, 16 jul. 2004. Disponível em: <<https://dre.pt/pesquisa/-/search/527458/details/maximized>>.

DEGRADAÇÃO DE AMOXICILINA POR POAS UV E UV/H₂O₂ UTILIZANDO UMA LÂMPADA UV-C DE MERCÚRIO ACOPLADA EM UM REATOR

Data de aceite: 03/04/2023

Ana Laura da Rocha

Universidade do Vale do Taquari –
UNIVATES
Estrela – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/3190761408904514>

Cristiano de Aguiar Pereira

Universidade do Vale do Taquari –
UNIVATES
Arroio do Meio – Rio Grande do Sul
lattes.cnpq.br/4370455437960177

Lucélia Hoehne

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/1088266827926373>

do reator em 5, 10 e 15 minutos em ambos os processos e submetidas à medição de absorvância em um espectrofotômetro UV-visível. A fim de validação dos resultados, foram avaliados estatisticamente aplicando-se o Teste *t* pareado e posteriormente comparou-se com a literatura. Portanto, foi possível, por meio dos testes, constatar que o tratamento mais eficaz é de radiação UV de 15 minutos com a presença de H₂O₂, o qual notou-se uma deterioração de 90 % de AMX.

PALAVRAS-CHAVE: Antibiótico; Amoxicilina; Tratamento de Efluentes; POA's (UV e UV/H₂O₂).

DEGRADATION OF AMOXYCILLIN BY UV AND UV/H₂O₂ AOPS USING A MERCURY UV-C LAMP INSULATED IN A REACTOR

ABSTRACT: Antibiotics are effective medicines for the treatment of bacterial infections used in human and veterinary medicine. However, its indiscriminate use has resulted in frequent contamination of aquatic bodies. Thus, the objective of this work is to provide an amoxicillin degradation treatment (AMX), using POA's (UV and UV/H₂O₂) in a reactor with a hg lamp of UV-C coupled. The samples were collected in

RESUMO: Os antibióticos são medicamentos eficazes para o tratamento de infecções bacterianas utilizados na medicina humana e veterinária. No entanto, seu uso indiscriminado tem acarretado a contaminação frequente de corpos aquáticos. Desse modo, o objetivo deste trabalho é o fornecimento de um tratamento de degradação de amoxicilina (AMX), empregando-se os POA's (UV e UV/H₂O₂) em um reator com uma lâmpada de Hg de UV-C acoplada. As amostras foram coletadas em triplicatas no início, meio e final

triplicates at the beginning, middle and end of the equipment in 5, 10 and 15 minutes in both processes and submitted to absorbance measurement in a UV-visible spectrophotometer. In order to validate the results, the paired *t*-test was statistically evaluated and later compared with the literature. Therefore, it was possible, through the tests, to verify that the most effective treatment is 15-minute UV radiation with the presence of H₂O₂, which showed a deterioration of 90% AMX.

KEYWORDS: Antibiotic; Amoxicilline; Effluent treatment; POA's (UV and UV/H₂O₂).

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Junior (2018), os medicamentos são os mais importantes instrumentos para a proteção e recuperação da qualidade de vida humana e animal. Entretanto, sem ter os cuidados necessários, podem desencadear prejuízos tanto à saúde, quanto ao meio ambiente. Ao consumi-los, uma parte é excretada pela urina ou fezes e outra é descartada no lixo comum até ser encontrada em rios, mares e lagos. Sendo assim, esses produtos farmacêuticos tornam-se resíduos químicos perigosos, os quais podem poluir ar, solo e, principalmente, a água.

Os estudos de João (2011), Vice-Presidente do Conselho Federal de Farmácia, evidenciaram que, em diversos países como Alemanha, Reino Unido e Itália, há um uso indiscriminado de fármacos, no que diz respeito à diversidade desses medicamentos presentes em diferentes rios e estações de tratamento de esgoto. Alguns deles apresentam grande preocupação, dentre os quais destacam, os antibióticos, estrogênios, antineoplásicos, além dos imunossupressores. Nesse sentido, esse interesse é devido aos potenciais efeitos adversos causados por esses produtos farmacêuticos em organismos aquáticos, animal e humano como o desenvolvimento de bactérias resistentes, a feminização de peixes machos e mutações genéticas, respectivamente.

Conforme o relatório divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2021), informa-se que a população global consumiu 34,8 bilhões de antibióticos, por dia em 2015, sendo que 90% são lançados no ambiente como substância ativa, por meio da defecação a céu aberto, também através de esgotos e banheiros. Ademais, foi alertado que a exposição desenfreada e desinformada de indivíduos à água contaminada por eles pode ocasionar uma nova pandemia, em virtude da multiplicação proporcional de microrganismos patogênicos expostos aos medicamentos e da capacidade de adaptação e resistência a eles. Em consideração a isso, em 2019, as infecções resistentes a antibióticos causaram a morte de quase 5 milhões de pessoas. De acordo com o informe, previne que, sem ação imediata, essas infecções podem levar ao dobro anualmente até 2050 (UNEP, 2022).

Diante disso, por pertencer ao grupo de antibióticos, ser disponível no Sistema Único de Saúde (SUS), em concordância com a Relação Nacional de Medicamentos Essenciais (RENAME) e possuir registro na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), foi

escolhido a amoxicilina (AMX) como um objeto de pesquisa. Com isso, esse trabalho tem o objetivo a degradação desse fármaco, para fins de tratamento, garantindo futuramente uma redução desses medicamentos perigosos, principalmente no meio aquático. (BRASIL, 2015; BRASIL, 2022).

A fim de auxiliar o tratamento, desenvolveu-se um reator em fluxo contínuo, com a ajuda de uma bomba d'água, em conjunto com uma lâmpada UV-C de mercúrio (Hg), empregando-se POA's, Processos Oxidativos Avançados (UV e UV/H₂O₂). Foram realizados seis testes em solução de amoxicilina (AMX) e branco analítico em Água Ultrapura Tipo I (Milli-Q) de 5, 10 e 15 minutos expostos à radiação ultravioleta e com a presença de peróxido de hidrogênio, para intensificar esses métodos. Todos os testes analisados foram medidos em absorbância, de acordo com suas concentrações em mg.L⁻¹, utilizando-se o espectrofotômetro UV-visível. Posto isso, por conseguinte, os resultados foram avaliados estatisticamente aplicando-se o Teste *t* pareado e como forma de elucidar e corroborar essas ocorrências encontradas em cada degradação, comparou-se com a literatura, por meio de artigos científicos.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Amoxicilina

A amoxicilina (AMX), do latim *Amoxicillinum*, de fórmula molecular C₁₆H₁₉N₃O₅S e de pH 3,5 a 6, possui característica de um pó cristalino, branco, pouco solúvel em água, álcool etílico, álcool metílico e em soluções de hidróxidos alcalinos. Porém, é insolúvel em acetonitrila. Além disso, em termos espectroscópicos, apresenta uma absorção no ultravioleta na faixa de 200 a 400 nm (ANVISA, 2019).

Esse objeto de pesquisa é um fármaco antimicrobiano de substância natural (Antibiótico) da classe β-lactâmicos de penicilina semissintética. Desse modo, tem rápida ação bactericida, interferindo na parede celular das bactérias. Suas principais utilidades estão na rinosinusite, otite média aguda, infecção urinária, infecções respiratórias, faringite bacteriana, febre tifóide e profilaxia da endocardite bacteriana. Por apresentar um grupo amino, garante uma melhor absorção por via oral e é excretada principalmente via renal com aproximadamente 60 a 70 % são excretados inalterados na urina. Esses fatores aliados a um baixo custo e poucos efeitos colaterais, tornou-se a amoxicilina um dos medicamentos mais utilizados, conhecidos e prescritos para o âmbito infantil (MELO; DUARTE; SOARES, 2012; SILVA; WOLFF, CARISSIMI, 2022).

Na mesma perspectiva de Silva, Wolff e Carissimi (2022), com concordância com o estudo de Minante *et.al.* (2022), o terceiro antibiótico mais utilizado no tratamento dos pacientes internados com Covid-19 é amoxicilina. No entanto, ressalta-se o uso indiscriminado desses antibióticos na medicina humana e veterinária que pode estimular a resistência antimicrobiana e efeitos tóxicos mesmo quando há baixas incidências dos

mesmos no ambiente aquoso.

Por outro lado, há uma realidade distinta na Espanha, na região do Principado das Astúrias. Com a predominância da pandemia, houve a ineficácia dos antibióticos na medicina pediátrica, que se manteve em níveis muito baixos entre abril de 2020 e setembro de 2021. Apesar da queda do consumo de antibióticos, sucedeu-se uma conscientização por parte da população espanhola sobre uso racional de recursos hídricos e sanitários (SOLÍS *et al.*, 2022).

Dessarte, fica evidente a importância de normas que visam a promoção do uso racional dos medicamentos e de recursos hídricos, por intervenção de políticas públicas eficazes, no intuito da preservação humana e ambiental.

2.2 Legislação

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei N° 6.938 de 1981, informa no seu Art 2°:

A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, p.1, 1981).

Contudo no seu Anexo VIII, há uma lista de todas as atividades consideradas potencialmente poluidoras e cita a fabricação de produtos farmacêuticos e veterinários, como sendo umas das maiores poluidoras do Brasil (BRASIL, 2010).

Diante o exposto, a Lei de N° 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece diretrizes relacionadas à gestão ambiental adequada dos resíduos sólidos por geradores, como a indústria farmacêutica. Na prática, a PNRS estabelece no Art 8° que deve se ter uma cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de implementação da responsabilidade compartilhada pelo o ciclo de vida dos produtos tendo uma coleta seletiva, reciclagem, sistemas de logística reversa e que todo resíduo deve ser processado da forma correta antes da destinação final (BRASIL, 2010).

De acordo com a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N° 430, que dispõe condições e padrões de lançamentos de efluentes em corpos d' água receptores, relata em seu Art. 3°, a exigência de tratamento tecnológico ambientalmente adequado, economicamente viável e compatível com seu receptor aquático. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei no 9.605 em seu regulamento (BRASIL, 1998).

A RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) N° 222 de 2018 da ANVISA, que regulamenta as boas práticas de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde e dá outras providências, explana, segundo o Art. 59°, os resíduos de medicamentos de Classe

I descartados por serviços assistenciais de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de medicamentos ou apreendidos, os quais devem ser submetidos a tratamento. Dentre eles, estão os produtos hormonais e produtos antimicrobianos, citostáticos, antineoplásicos, imunossupressores, digitálicos, imunomoduladores e anti-retrovirais (BRASIL, 2018).

Portanto, conforme o CONSEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente) N° 355/2017 e considerando a Resolução do CONAMA 430/2011, é norma implantar uma Estação de Tratamento de Efluentes, a fim de reduzir a carga poluidora e consequente enquadramento nos padrões de emissão fixados.

2.3 Processos oxidativos avançados (POAs)

Os Processos Oxidativos Avançados conhecidos pela sigla POAs, são processos que se embasam na geração de radicais livres, principalmente o radical hidroxil (OH^\cdot), que contém alto poder oxidante e promovem a degradação de vários compostos poluentes em poucos minutos. Ele reage rapidamente e indiscriminadamente com muitos compostos orgânicos de diferentes formas, por adição à dupla ligação ou por abstração do átomo de hidrogênio em moléculas orgânicas. O efeito dessas reações é a formação de radicais orgânicos que reagem com oxigênio, dando assim início a uma série de reações de degradação, que podem produzir espécies inócuas, como CO_2 e H_2O . O radical hidroxil é geralmente formado através de reações que resultam da combinação de oxidantes, como o ozônio (O_3) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), com radiação ultravioleta ou visível (Vis), e catalizadores, como íons metálicos ou semicondutores divididos em sistemas homogêneos e heterogêneos tal como: O_3/UV , $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, UV , $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ (Reação de Fenton), TiO_2/UV . Esses processos geraram uma grande atenção devido ao aumento da complexidade e dificuldade no tratamento de águas residuais, o que tem sido motivo para a busca de novas metodologias visando a remediação desses rejeitos. A aplicação destas tecnologias ainda demanda de mais estudos, uma vez que desenvolver e aperfeiçoar reatores em escala industrial ainda representa um dos obstáculos para a implantação destes processos (FIOREZE; SANTOS; SCHMACHTENBERG, 2014).

A literatura de Ribas *et. al.* (2021) menciona que os POAs têm sido uma das estratégias de remoção de micropoluentes estudadas em todo o mundo. São um dos métodos mais promissores na eliminação de microresíduos, os quais não são capazes de ser removidos nos tratamentos convencionais. A fotodegradação é a mais aplicada com alta eficiência entre 53% e 100%. Todavia, no Brasil, os estudos sobre essas técnicas de remoção são recentes e que ainda há uma falta de conscientização frente a coleta de efluente, sendo que apenas uma parcela desses poluentes é tratada. As principais fontes dessa contaminação são as Estações de Tratamento de Efluentes, visto que, atualmente, não são projetadas para remover esses compostos durante o tratamento.

Em vista disso, para esse trabalho teve o objetivo de avaliar a degradação da AMOX usando fotólise com radiação UV e o POA combinado o processo $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$, ao longo do

tempo.

3 | MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente, no laboratório com os Equipamentos de Proteção Individuais (EPI's) necessários e utensílios limpos, foi realizado um aparato experimental em capela de exaustão (Figura 1) para os testes com amoxicilina pura de marca SIGMA em contato com o H_2O_2 32 % (Êxodo Científica).

Esse sistema conta com a construção de um reator usando uma canaleta de PVC sob uma lâmpada UV de vapor de mercúrio germicida de potência nominal de 95 W (Philips®) em conjunto com seu balastro de 95 W. Para adicionar a solução de AMOX no reator, utilizou-se uma bomba d'água dosadora (Exatta® EX0114) em 45° com a bancada e três manguueiras (MANUAL BOMBA EXATTA ABS, 2022). Uma manguueira foi colocada no início da canaleta, outra em contato com um béquer de 500 mL contendo solução de 45 mg.L⁻¹ de AMX ou água ultrapura usada como Branco Analítico e limpeza da canaleta/bomba e a última na saída do reator com um béquer de 500 mL.

A coleta das amostras contou com a ajuda de uma seringa de vidro de 20 mL e uma proveta de 250 mL para medir os volumes gastos de solução. Todos os testes com lâmpada foram executados dentro de uma capela de exaustão fechada, com a finalidade de proteger os olhos contra a radiação.

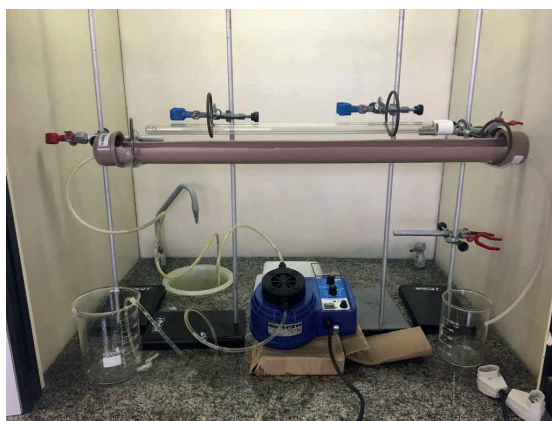


Figura 1 – Aparato experimental para a realização dos testes empregando-se os POA's

Fonte: Dos autores (2023).

Antes de efetuar os métodos POAs, foi realizada uma solução padrão de 100 mg.L⁻¹ de AMOX em um balão volumétrico de 2000 mL, medindo-se em balança analítica 0,2000 g de AMX com o auxílio de um ultrassom. Prontamente, foram feitas varreduras no espectrofotômetro UV-visível em comprimentos de onda de 190 a 400 nm de AMX.

Observou-se no gráfico mostrado no equipamento, que o comprimento de onda desse fármaco de absorção máxima, o qual deve ser estudado, é o de 229 nm pertencente a uma banda mais regular. Em seguida, elaborou-se uma curva de calibração de amoxicilina de Absorbância *versus* Concentração.

Logo, com a solução padrão de 100 mg.L⁻¹, para a realização dos testes, fez-se mais três soluções em dois balões volumétricos de 1000 mL e um de 2000 mL com concentração de 45 mg.L⁻¹ de absorbância de 1,096. Ao finalizar essas soluções e o aparato, iniciou os testes com diferentes intervalos de tempo: 5, 10 e 15 minutos de exposição ao tratamento. Ao total, foram seis testes com AMX.

Primeiramente, antes de operá-los, efetuou-se uma lavagem com água ultrapura tanto na bomba, quanto na canaleta. Prontamente, a solução de AMX foi transferida ao reator pela bomba a uma frequência de pulso distinta para cada teste até o tempo determinado com a lâmpada de UV ligada (Tabela 1), a fim de obter um volume aproximado de solução dentro do reator. Como havia radiação, deixou a capela fechada com proteção. Após o término do tempo, coletou-se as amostras no início, meio e final do reator em triplicatas com o auxílio da seringa. Logo em seguida, mediu-se as absorbâncias no espectrofotômetro, registrando-se os resultados. Com o mesmo volume de solução contido no reator, sem o bombeamento, adicionou-se 500 µL de H₂O₂ ao longo do equipamento e ligou-se a lâmpada com a capela fechada, cronometrando-se com o mesmo intervalo de tempo feito anteriormente. Por fim, as amostras foram coletadas do mesmo modo precedente e verificadas suas absorbâncias no espectrofotômetro, anotando-se os resultados.

Testes com UV Frequência de pulso (Injeções/min)	
5 minutos	100
10 minutos	56
15 minutos	38

Tabela 1 - Frequência de pulso da bomba para cada teste

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva de calibração realizada foi feita com concentrações de 45, 40, 30, 20, 10, 5, 1 e 0 mg.L⁻¹ em triplicatas provenientes de sua solução padrão de 100 mg.L⁻¹ de AMX (Figura 2). Ela apresenta uma função $y = 0,0243 x$ e com $R^2 = 0,9988$ com correlação perfeita (TONEGURRI, 2017).

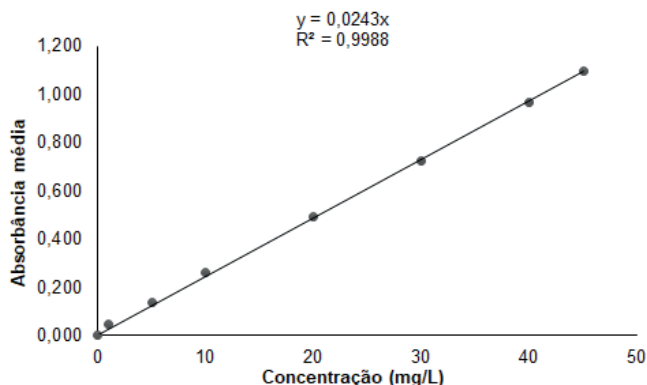


Figura 2 – Curva de calibração de amoxicilina Absorbância *versus* Concentração (mg/L)

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Segundo a Figura 2, a curva de calibração teve um $R=0,9988$, indicando confiabilidade das análises. Após o término das realizações experimentais, foi possível prever que o volume gasto de solução de amoxicilina variou de 250 a 275 mL em cada teste.

Para verificá-los e compará-los com os diferentes testes UV e UV/H₂O₂, aplicou-se, em Excel, as médias das 9 amostras descontadas do Branco Analítico em ambos e as comparou-se usando o Teste *t* pareado uni-caudal (ASSIS; SOUSA; LINHARES, 2020). Admitiu-se um teste de hipóteses de 5 % de significância ($p < 0,05$).

No teste de 5 e de 10 minutos de UV e UV/H₂O₂, os valores de *p* uni-caudal resultaram em 0,41 que é maior que 0,05. Sendo assim, significa que as médias dos dois testes são supostamente semelhantes e que não houve uma degradação satisfatória.

Em contrapartida, no teste de 15 minutos de UV e UV/H₂O₂, o valor de *p* uni-caudal foi menor que 0,05 resultando em $9,8 \cdot 10^{-8}$. Desse modo, demonstra que as médias dos dois testes são em princípio desiguais e que houve uma degradação significativa de UV mais H₂O₂.

Levando em conta o Teste *t*, todos os testes e a curva de calibração (Figura 2), há possibilidade calcular, por meio da função, a concentração (ppm) de AMX degradada com a absorbância média adquirida em cada intervalo de tempo de 5, 10 e 15 minutos (Gráfico 1). Através do gráfico, percebe-se, portanto, que o tratamento de degradação feito com H₂O₂ com UV em 15 minutos é o mais vantajoso com aproximadamente 90 % de AMX degradada, comparado aos outros de 5 e de 10 minutos somente com a radiação UV.

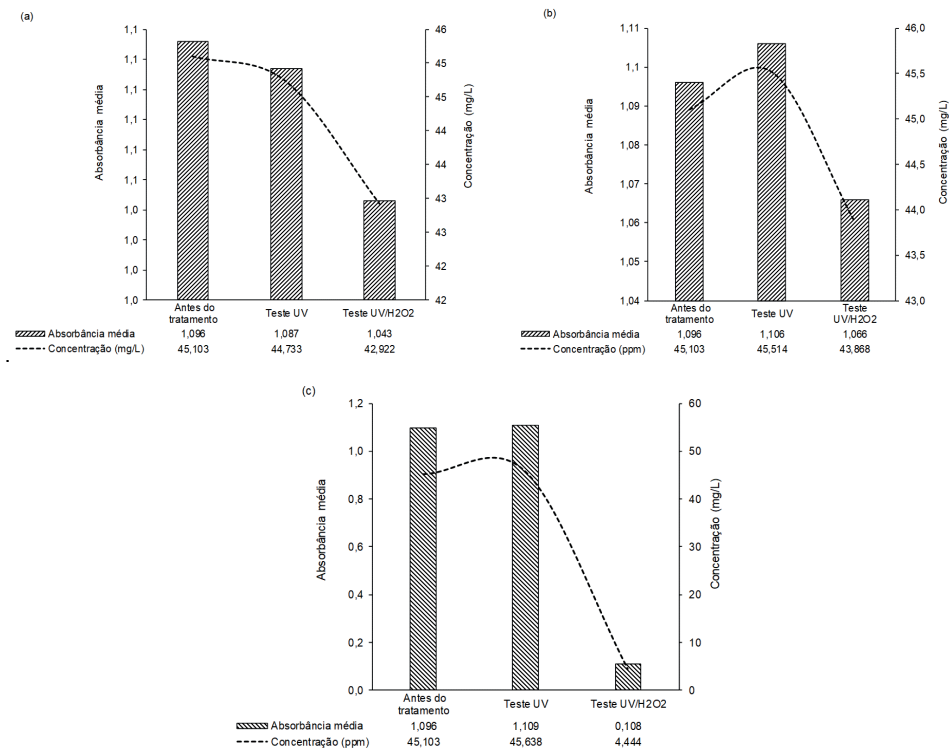


Gráfico 1 – Resultados da degradação da AMX em termos de absorvância média e concentração (ppm) no Teste UV e Teste UV/H₂O₂ nos tempos de 5 minutos (a), de 10 minutos (b) e de 15 minutos (c)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para validar esses resultados, relacionou-os com a pesquisa de Kuffel *et al.* (2016), menciona que há diversos tipos de POAs que podem ser aplicados, contudo os mais utilizados são o de Fenton e UV/H₂O₂. Em tais métodos, a AMOX pode alcançar taxas de 99% de degradação, assim como uma degradação de aproximadamente 50% no carbono orgânico total.

Ademais, sob outro enfoque, conforme Costa *et al.* (2018), sugeriu-se a fotólise direta por radiação ultravioleta como uma possível opção de tratamento de fármacos com a AMOX e a cafeína. Nos experimentos de fotólise direta, foi observada a degradação em ambos na condição ótima de pH = 4 e concentração de 6 mg L⁻¹ com 270 minutos, no entanto as taxas de degradação ainda foram consideradas baixas. Dessa forma, recomendou-se o uso de H₂O₂, com a finalidade de gerar uma maior eficiência no tratamento.

5 | CONCLUSÃO

Cabe ressaltar, portanto, que os Processos Oxidativos Avançados são procedimentos eficazes para o tratamento de águas residuais e efluentes com a eclosão de fármacos.

Com base nos testes efetuados em comparação aos dados estatísticos, comprovou-se com as literaturas, que o teste mais viável para a degradação de amoxicilina, é por radiação ultravioleta com a presença de H_2O_2 o qual apresentou 90% de AMX degradada. Não obstante, faz-se imprescindível, nesse caso, a utilização de outros métodos associados com os POAs como a implementação de enzimas e outros reatores, a fim de proporcionar melhorias ao sistema operacional, além do tempo de residência.

REFERÊNCIAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopeia Brasileira** Brasília: Ed. 6, 2019. Disponível em: http://buscajuventude.ibict.br:8080/jspui/bitstream/anvisa/773/1/AMOXICILINA%20-%20IF043-00_6ed_2019.pdf. Acesso em: 29 nov. 22.

ASSIS, J. P.; SOUZA, R. P.; LINHARES, P. C. F. **Teste de hipóteses estatísticas**. Editora: Edufersa, Mossoró, 2020. Disponível em: <https://livraria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/165/2020/08/testes-de-hipoteses-estatisticas-edufersa.pdf>. Acesso em: 29 nov. 22.

BRASIL. Ministério da Saúde. Consultoria Jurídica/ Advocacia Geral da União. **Nota Técnica N° 230/2013**. Brasília, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/conjur/demandas-judiciais/notas-tecnicas/notas-tecnicas-medicamentos/notas-tecnicas/a/amoxicilina-atualizada-em-04-12-2015.pdf>. Acesso em: 29 nov. 22.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumo Estratégico em Saúde, Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Relação nacional de medicamentos Essenciais 2022**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.conass.org.br/wp-content/uploads/2022/01/RENAME-2022.pdf>. Acesso em: 29 nov. 22.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 430, de 13 maio de 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627. Acesso em: 29 nov. 22.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei N° 6.938, 31 de agosto de 1981**. Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm#:~:text=L6938&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,aplica%C3%A7%C3%A3o%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias. Acesso em 29 nov. 22.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei N° 12.305, de 2 agosto de 2010**. Brasília, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2012.305%2C%20DE%202%20DE%20AGOSTO%20DE%202010.&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,1998%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias.. Acesso em 29 nov. 22.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei N° 9.605, 12 de fevereiro de 1998**. Brasília, 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em 29 nov. 22.

COSTA, I. L.; WAGNER, M. C.; MEES, J. B. R.; QUITAISKI, P. P.; FINGER, L. Fotodegradação dos microcontaminantes emergentes amoxicilina e cafeína em água e esgoto. **XIV Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2018. Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento40/TrabalhosCompletoPDF/II-025.pdf>. Acesso em 29 nov. 22.

FIGUEIRA, M.; SANTOS, E. P.; SCHMACHTENBERG, N. **Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital, v. 18, n. 1, p. 79-91, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010662>. Acesso em: 29 nov. 22.

JOÃO, W. S. J. **Descarte de medicamentos**. Pharmacia Brasileira, n. 82, p. 14-16, 2011. Disponível em: https://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/132/014a016_artigo_dr_walter.pdf. Acesso em: 29 nov. 22.

JUNIOR, J. S. G. **Medicamentos vencidos e em desuso podem ser poluentes perigosos**. Conselho Federal de Farmácia, 2018. Disponível em: <https://www.cff.org.br/noticia.php?id=4842>. Acesso em: 29 nov. 22.

KUFFEL, F. J. M.; BRANDT, C. R.; KUHN, D.; STEFFENS, C.; STULP, S.; ECKHARDT, R. R.; REISDÖRFER, G.; SILVA, M. C. A.; HILGEMANN, M.; HOEHNE, L. **Processo oxidativos avançados (POAS) para tratamentos de micropoluentes: uma revisão**. Periódico Tchê Química, v. 14, n. 27, p. 65-74, 2016. Disponível em: https://web.archive.org/web/20210907222136id_/http://www.deboni.he.com.br/arquivos_jornal/2017/27/65_Periodico27.pdf. Acesso em: 29 nov. 22.

MELO, V. V.; DUARTE, I. P.; SOARES, A. Q. **Guia de antimicrobianos**. Editora UFG. Goiânia: Ed 1, 2012. Disponível em: https://www.saudedireta.com.br/docsupload/1415789307Guia_de_Antimicrobianos_do_HC-UFG.pdf. Acesso em: 29 nov. 22.

MINANTE, B. I.; TICOTOSTI, G.G.; BARROS, I. S.; BALIEIRO, M. B.; SILVA, M. E. R.; TEFÉ-SILVA, C.; ZOCAL, K. F. **Resistência Antimicrobiana pós COVID-19: Revisão de Literatura**. Revista Científica Multidisciplinar, v. 3, n.3, p. 1-14, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i3.1266>. Acesso em: 29 nov. 22.

RIBAS, P. P.; SANTOS, E. O.; COSTA, C. C.; GONZÁLES, P. L. S. **Estudo sobre remoção de micropoluentes emergentes em efluentes no Brasil: Uma revisão sistemática**. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 9, n.1, p. 165-175, 2021. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/download/769/286>. Acesso em: 30 nov. 22.

RIO GRANDE DO SUL. Secretária do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Resolução CONSEMA nº 355/2017**. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padres-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>. Acesso em 29 nov. 22.

SILVA, V. F.; WOLFF, D. B.; CARISSIMI, E. **Contaminação de efluentes por amoxicilina: consequência ambientais e métodos de remoção**. Brazilian Journal of Science, v. 1, n. 2, p. 8-20, 2022. Disponível em: <https://brazilianjournalofscience.com.br/revista/article/view/17/9>. Acesso em 29 nov. 22.

SOLÍS, D.P.; OÑA, C. G.; GARCÍA, M. L. N.; GIL, P. S.; SOLÍS, P. P.; MIER, B. P.; SOÑORA, V. R. **Consumo de antibiótico en pediatría de atención primaria antes y durante la pandemia de COVID-19**. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 2022. Disponível em: [g/10.1016/j.eimc.2022.06.014](https://doi.org/10.1016/j.eimc.2022.06.014). Acesso em 29 nov. 22.

TONEGURRI, C. A. **Calibração em química analítica: uma breve revisão**. Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2017. Disponível em: <http://docplayer.com.br/71171987-Calibracao-em-quimica-analitica-uma-breve-revisao.html>. Acesso em: 28 nov. 22.

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Environmental Dimensions of Antimicrobial Resistance, 2022. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38373/antimicrobial_R.pdf. Acesso em 29 nov. 22.

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Making Peace with Nature, 2021. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34948/MPN.pdf?sequence=7>. Acesso 29 nov. 22.

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE CALIBRAÇÃO MULTIVARIADA PARA QUANTIFICAR A CONCENTRAÇÃO DE HERBICIDAS ÁCIDOS EM AGROQUÍMICOS EMPREGANDO A ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Data de submissão: 07/03/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Thiane Rodrigues França

Universidade Estadual do Ceará.
Fortaleza – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/2909000866954529>

Aurelice Barbosa de Oliveira

Universidade Estadual do Ceará.
Fortaleza – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/4428246092836435>

Jessyca Aline da Costa Correia

Universidade Federal do Ceará. Fortaleza
– Ceará
<http://lattes.cnpq.br/4526287425130869>

RESUMO: O objetivo desse estudo foi desenvolver um modelo usando a técnica NIR para quantificar os herbicidas ácidos 2,4 – diclorofenoxiacético (2,4D) e o 4-amino-3,5,6-tricloro-2-piridinocarboxílico (picloram), presentes no produto produzido por uma indústria agroquímica. As amostras foram analisadas em duas técnicas distintas, pela técnica cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) para obter dados de concentração em g/L das amostras, e pela espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) para adquirir dados de comprimento de onda e absorvância. Os dados obtidos foram correlacionados e aplicado sobre

eles a quimiometria utilizando o *software Unscrambler* versão 11. Para calibração multivariada foi aplicado a Análise de Componentes Principais (PCA), a Variação Normal Padrão (SNV) e a regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS). Para verificar a predição do modelo desenvolvido foi avaliado o RMSE, e o (R^2) das curvas de calibração do 2,4-D e picloram. Estas calibrações de herbicidas, obtiveram um baixo valor de erro, a calibração do 2,4D apresentou RMSE de 5,85 e a calibração do picloram 2,06. Ambas as calibrações obtiveram R^2 próximo de 1, a calibração 2,4D apresentou coeficiente 0,95 e a calibração picloram 0,91, o que indica linearidade aceita entre as concentrações das amostras. Por fim, foi realizada uma validação externa utilizando um conjunto de amostras que não participaram do modelo e foi possível comprovar que o modelo produzido através das calibrações para 2,4-D e para picloram é capaz de predizer com exatidão a concentração dos ingredientes ativos 2,4-D e picloram contidas no produto agroquímico.

PALAVRAS-CHAVE: NIR; Herbicidas; Produto Agroquímico; Cromatografia; Quimiometria.

DEVELOPMENT OF A MULTIVARIATE CALIBRATION MODEL TO QUANTIFY THE CONCENTRATION OF ACID HERBICIDES IN AGROCHEMICALS USING NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

ABSTRACT: The aim of this study was to develop a model using the NIR technique to quantify the herbicides 2,4 – dichlorophenoxyacetic acid (2,4D) and 4-amino-3,5,6-trichloro-2-pyridinecarboxylic acid (picloram), present in the product produced by an agrochemical industry. The samples were analyzed using two different techniques, the high performance liquid chromatography (HPLC) technique to obtain concentration data in g/L of the samples, and the near infrared spectroscopy (NIR) to acquire wavelength and absorbance data, the data obtained were correlated and applied to chemometrics using the Unscrambler software version 11. For multivariate calibration, Principal Component Analysis (PCA), Standard Normal Variation (SNV) and Partial Least Squares (PLS) regression were applied. To verify the prediction of the developed model, the RMSE and the (R^2) of the 2,4-D and picloram calibration curves were evaluated. These herbicide calibrations had a low error value, the 2,4D calibration had an RMSE of 5.85 and the picloram calibration 2.06. Both calibrations obtained R^2 close to 1, the 2,4D calibration showed a coefficient of 0.95 and the picloram calibration of 0.91, which indicates accepted linearity between the sample concentrations. Finally, an external validation was carried out using a set of samples that did not participate in the model and it was possible to prove that the model produced through the calibrations for 2,4-D and for picloram is able to accurately predict the concentration of active ingredients 2,4 -D and picloram contained in the agrochemical product.

KEYWORDS: NIR; Herbicides; agrochemical product; Chromatography; Chemometrics.

1 | INTRODUÇÃO

A agricultura é considerada como processo milenar de subsistência e constituição das primeiras civilizações. Surgiu no período Neolítico com as primeiras técnicas e ferramentas e ao longo dos anos tem sofrido processo de aprimoramento com implementação de maquinários, tecnologia e substâncias químicas específicas. As técnicas primitivas de combate a insetos utilizando metais como arsênico e enxofre já são insuficientes para atender a produtividade agrícola.

Nesse contexto surgem os agroquímicos, também denominado por agrotóxicos, defensivos agrícolas ou produtos fitossanitários. De acordo com a Lei nº 7.802/89, o agrotóxico é o produto ou agente de processo, físico, químico ou biológico que pode ser utilizado na agricultura, em ambientes urbanos, hídricos, florestas nativas ou outros ecossistemas com a finalidade de alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos nocivos (BRASIL, 1989).

Os agroquímicos são classificados de acordo com sua finalidade, e conforme o IBAMA, as classes mais utilizadas são: Herbicidas, fungicidas, inseticidas, acaricidas. Os herbicidas são produtos destinados a eliminar ou impedir o crescimento das plantas daninhas que ocorrem onde não são desejadas. O herbicida mais vendido no País é o

glifosato, sendo comercializado 217.592,24 toneladas de ingrediente ativo em 2019. O Brasil é um grande produtor de agrotóxicos, e em 2019 a produção de produtos formulados nacionais foi de 494.092,38 toneladas (IBAMA, 2020).

Para bom desempenho da indústria agroquímica faz-se necessário controle de qualidade no processo produtivo, de tal forma que inclua análises dos insumos, embalagens, matérias-primas, produtos intermediários e acabado. Todo estabelecimento que venha produzir agrotóxicos necessita, portanto, do controle de qualidade para garantir os parâmetros solicitados pelos órgãos fiscalizadores. Bressan (2015) aponta, conforme a legislação, que o controle de qualidade dos agrotóxicos e afins é realizado pela unidade produtora, por órgãos públicos de fiscalização e de registro.

Os parâmetros a serem analisados para matérias primas e produtos acabados, incluem as propriedades físicas e químicas. Análises químicas quantitativas devem ser realizadas nos produtos agroquímicos para quantificar a concentração de ingrediente ativo presente, e que deve estar dentro do limite estabelecido pela legislação federal. A garantia da qualidade na produção de agroquímicos requer métodos analíticos mais versáteis. No entanto, a determinação da concentração de ingrediente ativo em formulados agroquímicos geralmente é realizado por meio de métodos de alto custo, morosos, que consomem grande quantidade de reagentes, gera efluentes e necessitam de mão de obra experiente, como é o caso da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

Assim, faz-se necessário a adoção de métodos com respostas rápidas, precisas, não destrutivo, que não gere grande quantidade de efluentes, sem ausência de tratamento das amostras e baixo custo. Esse método pode ser a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), uma alternativa rápida e econômica, que associado aos tratamentos aplicados pela quimiometria garante modelos de calibração capazes de realizar previsões de propriedades químicas e físicas das amostras (POREP; KAMMERER; CARLE, 2015). Atualmente, a NIR é aplicada nos mais diversos campos: agricultura, polímero, indústria de petróleo e combustível, ambiental, têxtil, clínica biomédica, farmácia, cosméticos (PASQUINI, 2003). Na agricultura pode ser empregada na análise de solos, plantas e matérias- primas (SOUZA *et al.*, 2015). “As medições espectrais de infravermelho têm sido usadas para uma ampla gama de aplicações, desde a análise de líquidos, composições de gases e substâncias sólidas até a caracterização detalhada de cada estado físico” (JAMRÓGIEWICZ, 2012, p.1, tradução nossa).

Para o desenvolvimento de uma metodologia quantitativa por espectroscopia de NIR deve-se: selecionar as amostras, quantificá-las utilizando método de referência, extrair espectros no infravermelho, aplicar quimiometria para realizar as correções dos dados e por fim, validar o modelo desenvolvido usando amostras que não foram inseridas. As amostras selecionadas devem conter a maior variabilidade possível na composição. De acordo com Pasquini (2003), para desempenho de um bom modelo recomenda-se utilizar uma faixa entre 50 a 100 amostras, para modelos complexos com grande variabilidade

na matriz, faz-se necessário agrupamentos representativos para cada tipo de amostra contendo características em comum, incluindo as que apresentam variações sazonais.

Diante do exposto, é de interesse para indústrias agroquímicas o desenvolvimento e aplicação de métodos rápidos, com baixo custo e ambientalmente seguro para quantificar concentração de ingrediente ativo nos produtos agroquímicos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de calibração multivariada para quantificar os herbicidas ácidos 2,4 – diclorofenoxiacético (2,4D) e 4 – amino – 3,5,6 – tricloro – 2 – piridinocarboxílico (Picloram), através da aplicação da espectroscopia de infravermelho próximo (NIR).

2 | METODOLOGIA

2.1 Seleção das Amostras

As amostras consistiram do produto agroquímico que contém como ingrediente ativo os herbicidas ácidos 2,4-D e picloram, fabricado por uma determinada indústria agroquímica. Algumas amostras desse produto foram retiradas diretamente do processo produtivo e outras foram formuladas no laboratório químico da referida indústria, onde ocorreram todas às análises. A quantificação da concentração das 153 amostras foi realizada pela técnica analítica cromatografia líquida de alta eficiência e posteriormente pela espectroscopia no infravermelho próximo, a fim de adquirir o perfil espectral das amostras para criação do modelo multivariado.

2.2 Análise por CLAE

A técnica analítica instrumental utilizada foi Cromatografia Líquida de Alta Eficiência para analisar a concentração em g/L de 2,4-D e picloram nas 153 amostras. A análise por CLAE seguiu o método desenvolvido e validado pelo laboratório de desenvolvimento da referida indústria química: os padrões dos ativos 2,4-D e Picloram foram preparados em balões de 50 mL, em que pesou-se 0,0984g de 2,4D e 0,0265 g de Picloram, de acordo com a pureza dos padrões, 2,4-D 97,56% e Picloram 96,59%, respectivamente. O preparo das amostras ocorreu após a determinação da densidade delas com o objetivo de calcular a massa da amostra a ser pesada para análise. Em seguida, com auxílio de pipeta pesou-se massa de aproximadamente 0,0937g em um balão de 10 mL e aferiu-se com fase de diluição constituída na proporção de 50% acetonitrila e 50% ácido acético 3% (1:1), cada amostra foi filtrada na membrana de 0,45 µm e colocado em vials.

Quanto as características do sistema, foi utilizado cromatógrafo modelo Alliance da Waters, com detector 2489 UV/Vis, bomba quaternária de alta pressão e injetor automático, coluna C18, volume de injeção 10 µL, detector UV/vis em 282 nm, com fluxo 2,0 mL/min e fase móvel composta por acetonitrila e ácido acético 3,0 % em água ultra pura. A fase móvel utilizada foi acetonitrila e ácido acético 3%, na proporção 50% cada (1:1).

2.3 Análise no MicroNIR

Os espectros de absorvância foram obtidos a partir da análise de cada amostra na região do infravermelho próximo utilizando equipamento MicroNIR modelo 1700 ES, que é um espectrofotômetro com tamanho reduzido, portátil e projetado para análises rápidas. O espectrofotômetro possui um suporte para amostras líquidas com módulo de transmitância, a fonte de radiação é produzida por lâmpadas de Tungstênio que cobre uma faixa de 320 a 2500 nm, e o detector é um arranjo de fotodiodos InGaAs com 128 pixels.

A calibração foi realizada fazendo análise do escuro, a fim de obter os ruídos do ambiente, e em seguida a análise do branco usando aparato de teflon (polímero politetrafluoretileno). Os espectros das amostras contendo herbicidas foram obtidos em triplicatas na região de 900 a 1700 nm, tempo de medida de 0,4 segundos. Os espectros foram coletados em ambiente climatizado a temperatura de 22 ± 2 °C. Foram pipetados 1,5 mL de cada uma das amostras e transferida para cubeta de vidro, colocando teflon e em seguida analisando no espectrofotômetro modelo 1700 ES com comprimento de onda entre 900 a 1650 nm.

2.4 Modelo de Calibração do 2,4D e Picloram

O modelo e pré-tratamento foram realizados usando o *software Unscrambler* versão 11. Os resultados das concentrações de 2,4D e Picloram obtidas a partir das análises por CLAE foram inseridos na planilha do software do MicroNIR junto as informações de absorvância e comprimento de onda. Os dados foram submetidos aos tratamentos quimiométricos para obtenção do modelo de calibração multivariada.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Construção do Modelo

Para construção do modelo de calibração foi utilizado a CLAE como técnica de referência quantitativa para obter dados da concentração em g/L dos ingredientes ativos ácidos 2,4-D e picloram contido nas 153 amostras. A Figura 1 ilustra o cromatograma dos picos de eluição dos referidos ativos em seus respectivos tempos de retenção, 1,28 min para Picloram e 2,73 min para 2,4D.

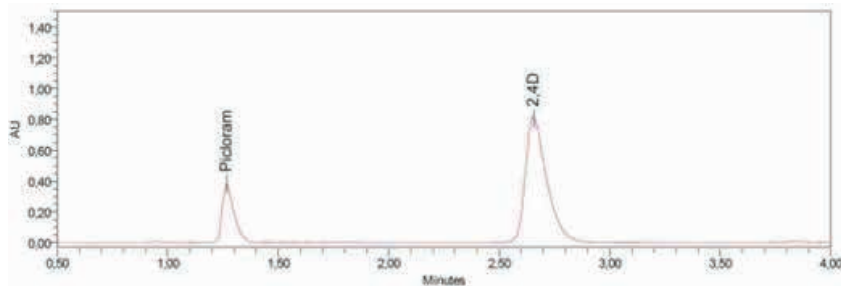


Figura 1 - Cromatograma obtido por CLAE dos padrões de picloram e 2,4D

Fonte: Elaborada pelos autores.

As amostras foram separadas em três grupos distintos, tomando como critério de seleção a concentração em g/L dos ingredientes ativos contidos nas amostras. As amostras do primeiro grupo são constituídas por porções de distintos lotes de fabricação do produto acabado oriundo do processo produtivo da indústria e que, portanto, possui um faixa de concentração dos ingredientes ativo permitida e aprovada pelo MAPA. O segundo grupo contém amostras obtidas a partir da diluição de algumas amostras do primeiro grupo usando água como solvente. Esse grupo possui amostras com concentrações variadas, algumas delas na mesma faixa de concentração do primeiro grupo e outras com menor concentração. O terceiro grupo possui amostras mais concentradas formadas pelas mesmas matérias-primas e ingrediente ativos das demais, as amostras desse grupo foram formuladas no laboratório químico da referida indústria e não no processo produtivo, para obtenção dessas amostras foi preparado um formulado com concentração de 300 g/L de 2,4-D e 80 g/L de picloram. As amostras obtidas a partir desse formulado foram diluídas com as próprias matérias primas que o compõem, a fim de obter amostras com maiores concentrações. A Tabela 1 apresenta a distribuição das amostras nos grupos citados e seus respectivos resultados das concentrações em g/L obtidos por CLAE para cada um dos ingredientes ativos 2,4-D e picloram contido no produto.

CONJUNTO AMOSTRAL	QUANTIDADE	CONCENTRAÇÃO 2,4- D (g/L)	CONCENTRAÇÃO PICLORAM (g/L)
GRUPO 1	73 AMOSTRAS	233,8 a 264,2	58,1 a 69,5
GRUPO 2	45 AMOSTRAS	172,1 a 241,9	41,7 a 65,2
GRUPO 3	35 AMOSTRAS	183,4 a 293,4	47,2 a 77,2

Tabela 1: Concentração em g/L dos ingredientes ativos 2,4-D e picloram em cada grupo

Fonte: Elaborada pelos autores.

O primeiro grupo apresentou maior volume de amostras em virtude de ser a amostragem representativa das concentrações em g/L de ingrediente ativo permitida pelos órgãos fiscalizadores para comercialização no mercado agrícola. O intuito foi construir um modelo capaz de analisar as amostras produzidas pela indústria. Assim, os grupos dois e três existem para aumentar volume de amostras, permitindo criar modelo mais robusto, mas principalmente, para identificar eventuais desvios nas concentrações, para menos e para mais respectivamente, que possam acontecer no processo de fabricação do produto. Os gráficos das Figuras 2 e 3 demonstram a distribuição das amostras a partir das concentrações em g/L dos ativos.

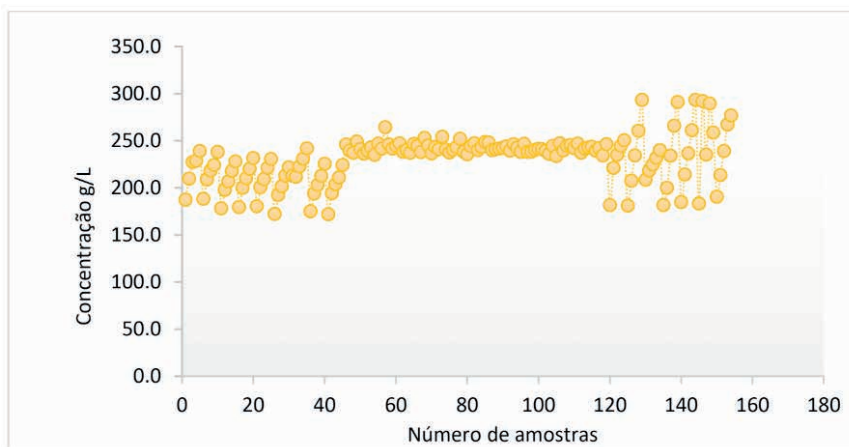


Figura 2 - Gráfico da concentração em g/L de 2,4D nas amostras analisadas por CLAE

Fonte: Elaborada pelos autores.

Observa-se que as regiões extremas dos gráficos, lado direito e esquerdo, encontram-se os desvios de concentração representados pelo segundo e terceiro grupo respectivamente, e no centro dos gráficos as concentrações permitidas para comercialização do produto, representando assim o primeiro grupo.

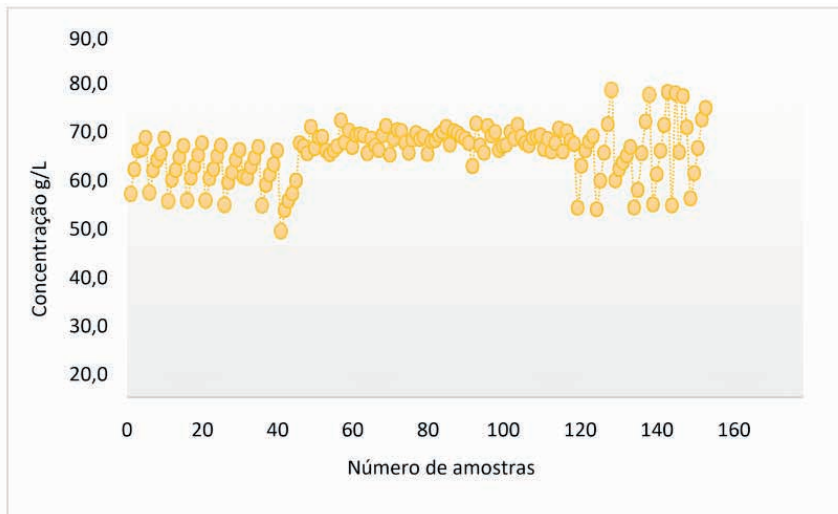


Figura 3 - Gráfico da concentração em g/L de Picloram nas amostras analisadas por CLAE

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para adquirir dados dos espectros das amostras referente a comprimento de onda e absorbância as 153 amostras foram analisadas no equipamento MicroNIR, para cada amostra obteve espectros em triplicata, totalizando 459 espectros gerados. A Figura 4, 5 e 6 apresentam os espectros brutos, sem tratamento, de cada um dos grupos de amostras (1, 2 e 3) que formam o conjunto amostral da calibração para os herbicidas 2,4D e Picloram. A Figura 7 apresenta a união de todos os espectros brutos dos três grupos.

Em seguida, com emprego do software Unscrambler, foi realizado processo de calibração multivariada dos dados, que consiste em realizar análise de toda informação obtida, eliminando ruídos e interferências no sinal. Inicialmente aplicou-se PCA, com objetivo de identificar os espectros que ficaram mais discrepantes dos demais, que por algum erro de análise não se assemelhavam aos outros dados, portanto, eles foram retirados da gama de dados a serem processados. Posteriormente, empregou-se a SNV, que é um pré-processamento com a finalidade de corrigir a dispersão da luz na emissão dos espectros. Por fim, aplicou-se o PLS, uma calibração que tem por finalidade encontrar relação fundamental entre as duas matrizes, a matriz dos dados espectrais e a matriz das concentrações dos ativos.

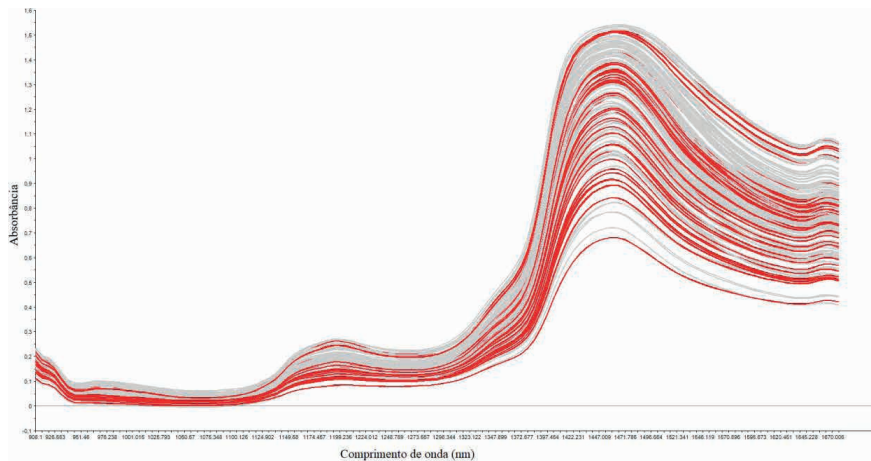


Figura 4 - Espectros não tratados das amostras do grupo 1 da calibração dos herbicidas, obtidos pelo equipamento MicroNIR

Fonte: Elaborada pelos autores.

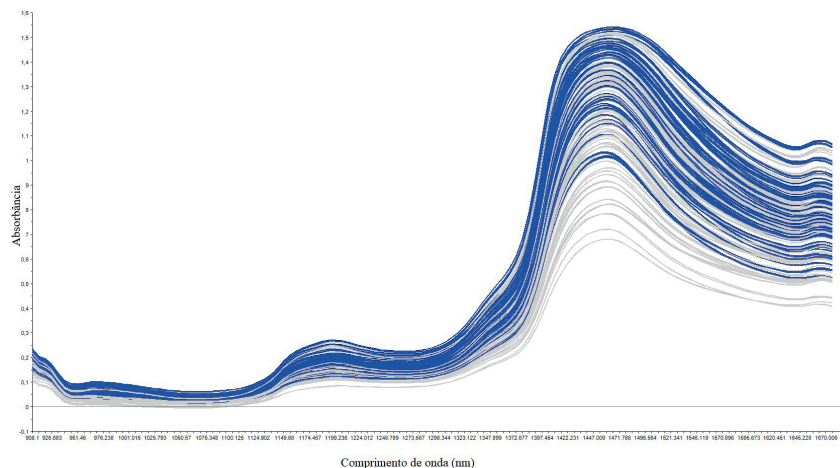


Figura 5 - Espectros não tratados das amostras do grupo 2 da calibração dos herbicidas, obtidos pelo equipamento MicroN

Fonte: Elaborada pelos autores.

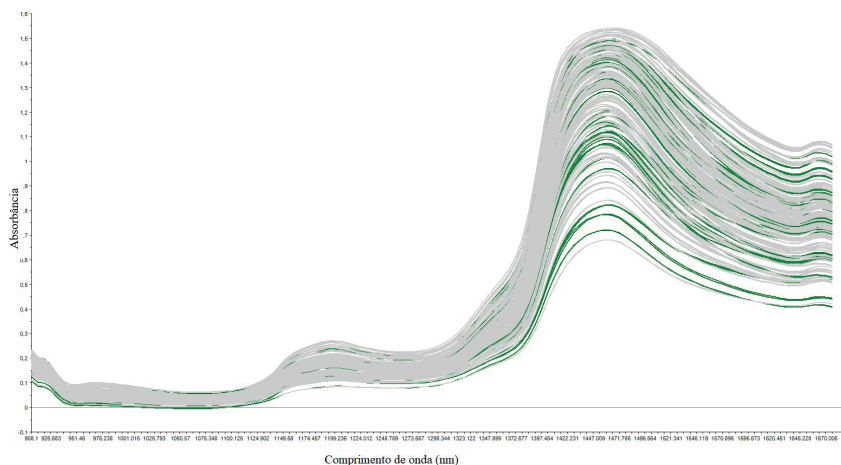


Figura 6 - Espectros não tratados das amostras do grupo 3 da calibração dos herbicidas, obtidos pelo equipamento MicroNIR

Fonte: Elaborada pelos autores.

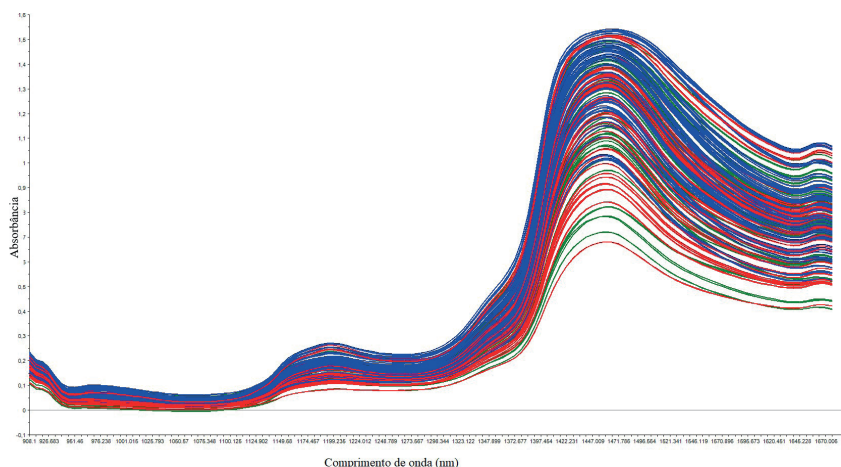


Figura 7 - Espectros não tratados das amostras de todos os grupos da calibração dos herbicidas 2,4D e Picloram, obtidos pelo equipamento microNIR

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para realizar a calibração faz-se necessário o tratamento dos dados espectrais do NIR com aplicação de métodos corretivos para eliminar as interferências causadoras de variações, de tal forma a extrair apenas a informação útil dos dados. Assim, os dados espectrais das amostras foram analisados através de PCA para detecção de amostras anômalas. O resultado da análise pode ser observado na Figura 8.

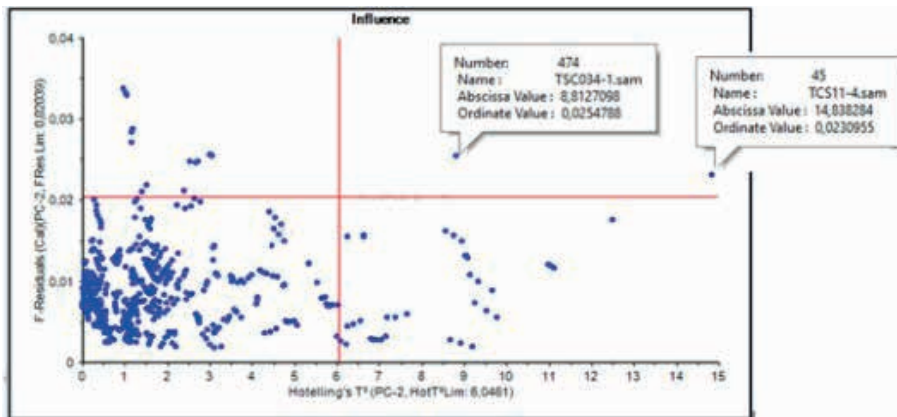


Figura 8 - Análise PCA das amostras

Fonte: Elaborada pelos autores.

Aplicando-se o PCA foi analisado a existência de padrões entre os dados espectrais, identificando apenas dois espectros divergentes em um conjunto amostral de 459 espectros, somente dois apresentaram características diferentes, o que representa apenas 0,44% de não uniformidade. Os espectros fora do padrão, foram retirados do escopo de dados, obtendo assim, dados mais uniformes.

As Figuras 9 e 10 ilustram os espectros que apresentaram desvio em relação as demais amostras. Foi possível rastrear a que grupo de amostras pertenciam esses espectros, o primeiro pertence ao grupo 2, e o segundo espectro ao grupo 3. Eles foram excluídos dos demais, a fim de melhorar a uniformidade da informação.

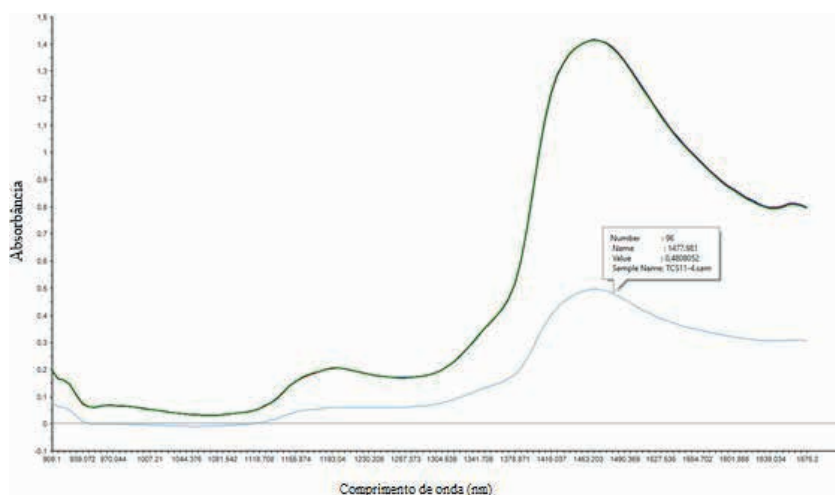


Figura 9 - Ilustração do espectro da amostra do grupo dois que apresentou desvio

Fonte: Elaborada pelos autores.

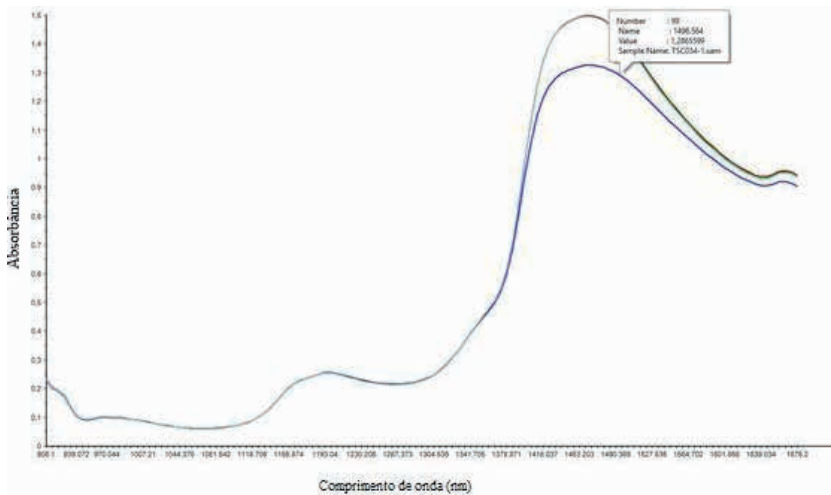


Figura 10 - Ilustração do espectro da amostra do grupo três que apresentou desvio

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida, os espectros foram tratados com modelo de correção SNV. Esse pré-tratamento possibilita corrigir interferentes na leitura das amostras, como a dispersão da radiação da luz. Com a aplicação da SNV é possível verificar uniformidade nos espectros e minimizar as flutuações no eixo Y. As Figuras 11, 12 e 13 apresentam os espectros das amostras de cada grupo após tratamento com SNV. A Figura 14 apresenta a união de todos os espectros dos três grupos, com aplicação do tratamento.

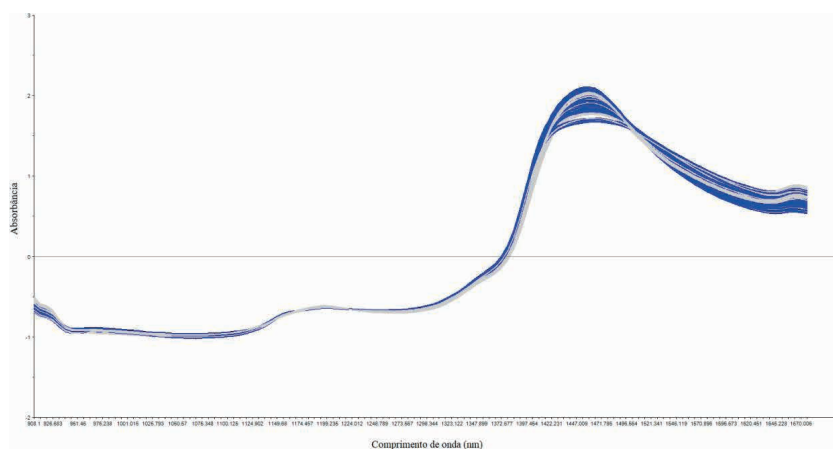


Figura 11 - Espectros das amostras do grupo 1 tratados com SNV

Fonte: Elaborada pelos autores.

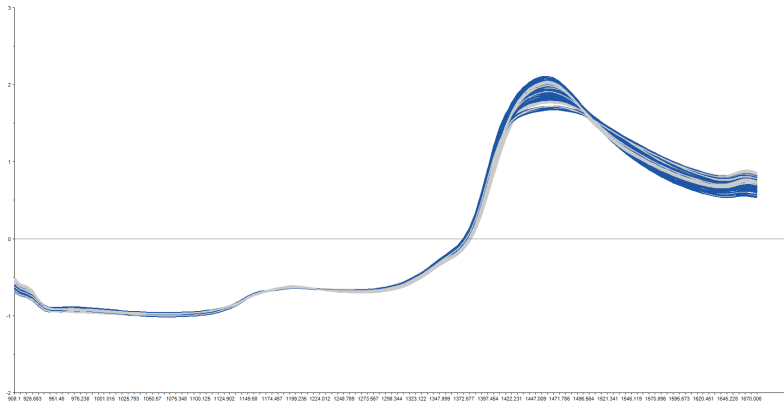


Figura 12 - Espectros das amostras do grupo 2 tratados com SNV
 Fonte: Elaborada pelos autores.

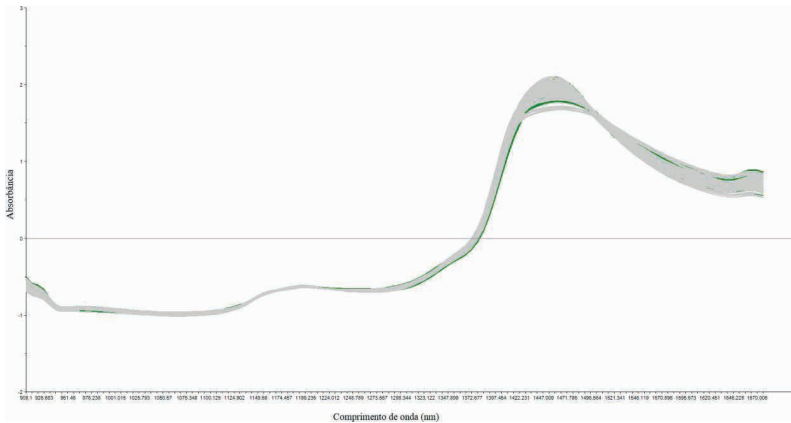


Figura 13 - Espectros das amostras do grupo 3 tratados com SNV
 Fonte: Elaborada pelos autores.

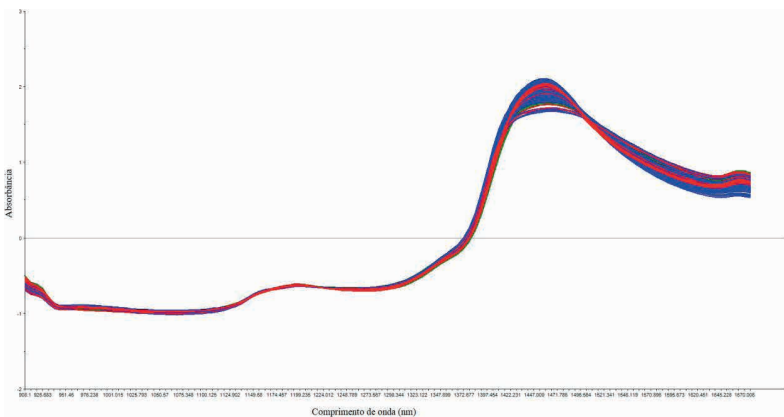


Figura 14 - Espectros das amostras de todos os grupos, tratados com SNV
 Fonte: Elaborada pelos autores.

Com a remoção dos espectros divergentes e os dados pré-tratados, criou-se os modelos PLS de previsão das concentrações para as duas calibrações, do herbicida 2,4D e do Picloram. A calibração propõe uma relação fundamental entre os valores previstos, que no caso são os valores calculados por meio da equação do modelo utilizando a matriz dos dados espectrais, e os valores referência que corresponde a matriz das concentrações dos ativos, o resultado dessa comparação é observado pelos valores do RMSE e R^2 . As Figuras 15 e 16 apresentam os resultados do RMSE e R^2 calculados pela aplicação do PLS sobre o conjunto de dados.

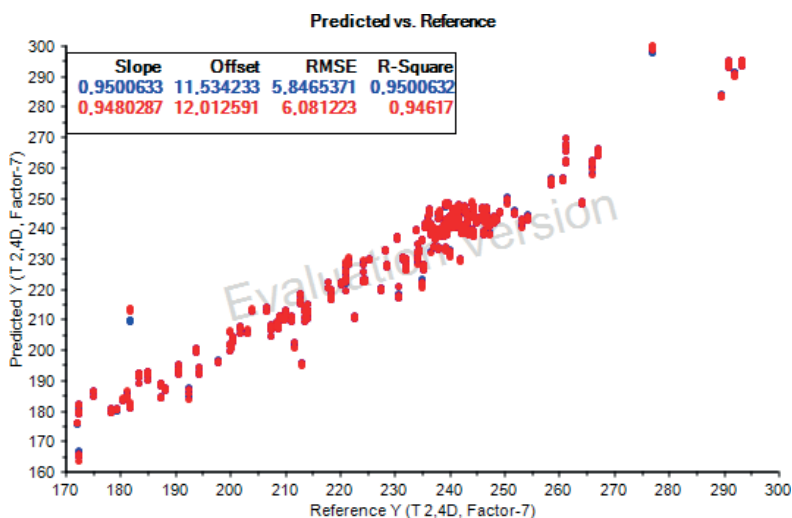


Figura 15 - PLS das amostras para herbicida 2,4D

Fonte: Elaborada pelos autores.

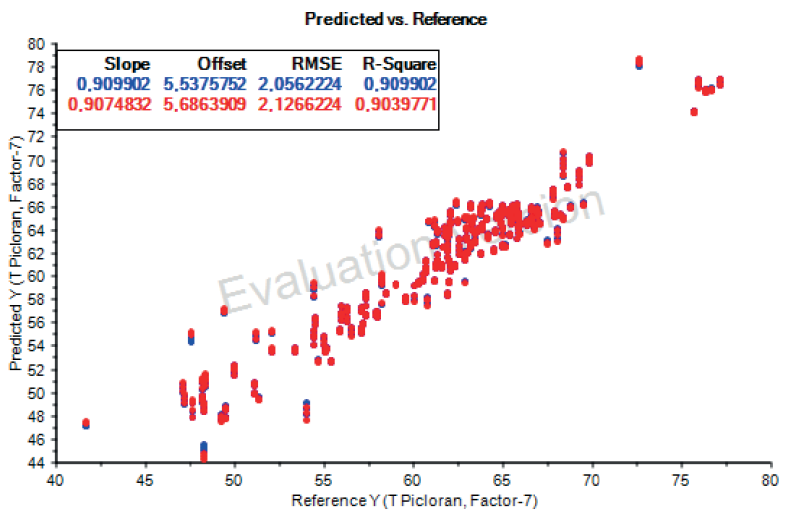


Figura 16 - PLS das amostras para herbicida picloram

Fonte: Elaborada pelos autores.

Um bom modelo de calibração deve possuir menores valores para RMSE e valores mais próximos de 1 para coeficiente de determinação R^2 . O RMSE trata-se do erro calculado para o modelo criado considerando o conjunto de valores das amostras. Para as referidas calibrações dos herbicidas, ambos apresentaram valores de erro baixo. A calibração do 2,4D apresentou RMSE de 5,85 e a calibração do picloram de 2,06. Considerando o conjunto de amostras com concentrações de 172 a 293g/L e 42 a 77g/L para o 2,4 D e picloram, respectivamente, os valores obtidos apresentam-se como satisfatórios. Portanto, há uma boa correlação entre os valores preditos e experimentais. O modelo possui R^2 satisfatório. A calibração do 2,4D apresentou coeficiente 0,95 e a calibração picloram 0,91, o que indica linearidade favorável, vista correlações próximas entre as concentrações das amostras.

3.2 Validação Externa

O modelo construído foi avaliado quanto a sua capacidade de apresentar resultados precisos e exatos para garantir previsões confiáveis de amostras com concentrações desconhecidas do produto agroquímico que contenha em sua composição as mesmas matérias-primas e ingredientes ativos das amostras que foram usadas para elaboração do mesmo. Uma das formas de avaliar a capacidade preditora do modelo de calibração construído no NIR é comparando os resultados de concentração obtidos por NIR com os resultados de concentração conseguidos por CLAE. Para tanto, foi selecionado cinco amostras do produto agroquímico com concentrações desconhecidas, essas amostras não participaram do conjunto amostral utilizado para calibração. As amostras com concentrações desconhecidas foram analisadas por CLAE para conhecer a concentração de cada uma e em seguida foram analisadas no MicroNIR usando o modelo de calibração construído. A Tabela 2 apresenta a concentração dos dois ingredientes ativos 2,4-D e picloram contidos nas amostras, obtidas através da análise por CLAE e pelo Micronir. Para verificar a dispersão entre os resultados das duas técnicas foi calculado o Desvio Padrão (DP).

ID	TEOR 2,4-D (g/L) CLAE	TEOR 2,4-D (g/L) MicroNIR	DP	TEOR PICLORAM (g/L) CLAE	TEOR PICLORAM (g/L) MicroNIR	DP
Amostra 01	246,43	245,61	0,41	68,11	66,55	0,78
Amostra 02	239,59	239,74	0,08	65,02	66,98	0,98
Amostra 03	238,46	238,46	0,00	65,39	65,17	0,11
Amostra 04	243,96	244,73	0,38	65,45	65,56	0,05
Amostra 05	236,49	236,12	0,18	64,52	63,73	0,40

Tabela 2: Comparação das concentrações em g/L das amostras obtidas por CLAE e NIR

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados do DP confirmam que há uma pequena e irrisória variabilidade entre aplicação das duas técnicas para análise de amostras do produto agroquímico que contenha os ativos 2,4-D e picloram. É possível comparar os resultados das concentrações das cinco amostras analisadas por técnicas diferentes e observar que os mesmos são próximos. Confirmando assim, a possibilidade de determinar concentrações dos herbicidas 2,4D e picloram no produto agroquímico por meio do modelo criado. Vale ressaltar que para analisar outras amostras usando o referido modelo, elas devem possuir a mesma composição de matéria-prima das amostras as quais foram usadas para construção do mesmo, uma vez que, a análise de amostras que possuam alguma matéria-prima divergente culminará em erro. Portanto, o modelo deve ser reavaliado sempre que houver alteração na composição das matérias-primas do produto utilizado para construção do modelo de calibração.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que foi possível criar um modelo de calibração multivariada utilizando a espectroscopia de infravermelho próximo associada as técnicas quimiométricas.

O modelo desenvolvido apresenta informações de 457 espectros oriundos de 153 amostras, criado a partir da aplicação do pré-processamento PCA, SNV e PLS, R^2 de 0,95 e RMSE de 5,85 para calibração de 2,4-D e R^2 de 0,91 e RMSE de 2,06 para calibração de picloram. O modelo permite quantificar concentrações dos herbicidas 2,4D e picloram presentes nas amostras do produto agroquímico produzidas pela referida indústria agroquímica, possibilitando ainda analisar formulados que apresentem desvios para menos e para mais dentro da faixa de mínimo e máximo da concentração determinada pelo órgão fiscalizador. O modelo apresenta intervalo de concentração para herbicida ácido 2,4-D de 172,1g/L a 293,4g/L e intervalo de concentração de 41,7g/L a 77,2g/L para picloram.

O modelo multivariado criado para análises no NIR pode substituir métodos convencionais, como a cromatografia líquida de alta eficiência. É importante compreender

que não é de interesse que o método cromatográfico entre em desuso, pois para obter modelos como este faz-se necessário uma técnica de confiabilidade como é o caso da CLAE. O que se pretende ressaltar é que o ideal para controle de qualidade e processo produtivo de uma indústria são métodos mais rápidos e econômicos. Assim, o NIR representa essa tecnologia sustentável e de baixo custo, pois não se faz necessário uso de solventes e gastos com consumíveis para preparação da amostra, não tem geração de efluente, obtém-se respostas rápidas e não há gastos com manutenção do equipamento.

REFERÊNCIAS

ADAMS. J. Mike. **Chemometrics in Analytical Spectroscopy**. 2^o ed. EUA: RSC, 2004. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Consulta pública n^o 798, de 26 de março de 2020. Disponível em: < <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/P07%2B%2BPicloram.pdf/befc31c0-a69c-464c-8636-8837d7b68720> > Acesso em: 24 de agosto de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Nota técnica n^o 24/2018. Disponível em: < <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/D27%2B%2B24-D.pdf/8548d5b3-f306-49df-ac49-4498bc5768d8> > Acesso em: 24 de agosto de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. **O desempenho da indústria química brasileira em 2019**. São Paulo: ABIQUIM, 2019. Disponível em: <https://abiquim-files.s3-us-west-2.amazonaws.com/uploads/guias_estudos/Livreto-Enaiq2019_Abiquim.pdf> Acesso em: 30 de novembro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10436: Agrotóxicos e afins-nomenclaturas**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14029: Agrotóxicos e afins- validação de métodos analíticos**. Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. Decreto n. 4074/2002, de 4 de janeiro de 2002. Diário Oficial da União. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074.htm> Acesso em: 18 de maio de 2020.

BRASIL. Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989. Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Brasília, 12/07/1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7802.htm> Acesso em: 05 de maio de 2020.

BRESSAN, Marcelo. **Agrotóxicos (legislação federal)**. Paraná: MAPA/SFA, 2015, 70 p. Disponível: <<https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Agrot%C3%B3xicos+-+Legisla%C3%A7%C3%A3o+Federal+-+Marcelo+Bressan.pdf/7fa2f519-2945-a6a6-dbe5-c141c487693c>> Acesso em: 06 de maio de 2020.

CARVALHO, Miguel; NODARI, Eunice; NODARI, Rubens. **“Defensivos” ou “agrotóxicos”? História do uso e da percepção dos agrotóxicos no estado de Santa Catarina, Brasil, 1950-2002**. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, Rio de Janeiro v. 24, n.1, p. 75-91, jan-marc. 2017. 10.1590. Disponível em:<https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702017000100075&lng=pt&tlng=pt> Acesso em: 30 de novembro de 2020.

CHEN, Ying; ZHU, Bo. **Development and Application of Liquid Chromatography in Life Sciences.** Journal of Chromatography & Separation Techniques, v. 8, n. 2, 2017. 4 p. 10.4172. Disponível: < <https://www.omicsonline.org/open-access-pdfs/development-and-application-of-liquid-chromatography-in-life-sciences-2157-7064-1000358.pdf> > Acesso em: 25 de agosto de 2020.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos de Cromatografia.** Campinas: Unicamp, 2006.

COSKUN, Ozlem. **Separation techniques: Chromatography.** North Clin Istanbul, fev./out. 2016. p. 156-160. 10,14744. Disponível:<https://www.journalagent.com/nci/pdfs/NCI_3_2_156_160.pdf > Acesso em: 05 de setembro de 2020.

COX, Caroline. **Jornal Of Pesticide Reform.** Spring, v. 18, n. 1, p. 13-20. 2018. Disponível em: <<https://d3n8a8pro7vhm.cloudfront.net/ncap/pages/26/attachments/original/1428423432/picloram.pdf?1428423432> > Acesso em: 05 de maio de 2020.

DEGANI, Ana; CASS, Quezia; VIEIRA, Paulo. **Cromatografia um breve ensaio.** atualidades em química. 1998.p. 21-25., il. Disponível em: < <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc07/atual.pdf> > Acesso em: 27 de agosto de 2020.

FELDENS, Leopoldo. **O homem, a agricultura e a história.** Lajeado, RS: Univates, 2018. 171 p.

FORATO, Lucimara et al. **A espectroscopia na região do infravermelho e algumas aplicações.** São Carlos- SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2010. 14 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola-LSPA.** 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=downloads>> Acesso: 03 de agosto de 2020.

JAMRÓGIEWICZ, Marzena. Application of the near-infrared spectroscopy in the pharmaceutical technology. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, 2012. p. 1-10. 10.1016. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S073170851200132X> > Acesso em: 04 de setembro de 2020.

JUNIOR, Ozelito Possidônio de Amarante et al. **Breve revisão de métodos de determinação de resíduos do herbicida ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D).** Quim. Nova, Vol. 26, n. 2, p. 223-229, jan./ago. 2002. Disponível: < <https://www.scielo.br/pdf/qn/v26n2/14994.pdf>> Acesso em: 03 de maio de 2020.

MALEGORI, Cristina et al. Comparing the analytical performances of Micro-NIR and FT- NIR spectrometers in the evaluation of acerola fruit quality, using PLS and SVM regression algorithms. **Elsevier**, nov./dez. 2016. p. 112-116. 10.1016. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039914016309754> > Acesso em: 12 de setembro de 2020.

MARCHI, Giuliano; MARCHI, Edilene; GUIMARÃES, Tadeu. **Herbicidas: mecanismo de ação e uso.** Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008. 36 p.

MILLER, N James; MILLER, C Jane. **Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry.** 6° ed. Inglaterra: Pearson Education Limited, 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Consulta de produtos formulados, 2020. Disponível em: < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons > Acesso em: 02 de dezembro de 2020.

MORAES, Rodrigo. **Agrotóxicos no brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Brasília: Ipea, 2019. Disponível em: <https://www.td_2506.pdf (ipea.gov.br) - Bing> Acesso em: 30 de novembro de 2020.

NOGUEIRA, Ana et al. **Espectroscopia no infravermelho próximo para avaliar indicadores de qualidade tecnológica e contaminantes em grãos**. Brasília: Embrapa, 2018. 202 p.

OLIVEIRA, Rubens; CONSTANTIN, Jamil; INOUE, Miriam. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba-PR: Omnipax, 2011. 348 p.

OLIVERI, Paolo et al. The impact of signal pre-processing on the final interpretation of analytical outcomes – A tutorial. **Elsevier**, ago./out.2018. p. 9-17. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267018312972> > Acesso em: 16 de outubro de 2020.

PASQUINI, Celio. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. **J. Braz. Chem. Soc**, São Paulo, mar./apr. 2003, v. 14, n.2, 2003. p. 198-219. 10.1590. Disponível em: < https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50532003000200006 > Acesso em: 02 de dezembro de 2019.

PERES, Terezinha. **Noções básicas de cromatografia**. São Paulo, v.64, n.2, jul./dez.2002. p 227-229. Disponível: < http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v64_2/peres.pdf > Acesso em: 13 de novembro de 2020.

POREP, Jan; KAMMERER, Dietmar; CARLE, Reinhold. On-line application of near infrared (NIR) spectroscopy in food production. **Elsevier**, jul./out.2015. p. 1-20. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224415002174> > Acesso em: 20 de setembro de 2020.

RENOVÁVEIS. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. 2020. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>> Acesso em: 30 de novembro de 2020.

SOUZA, André et al. **1º Workshop de aplicações de espectroscopia NIR e quimiometria em análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2015. 34 p.

TERRA, B. H. F.; PELAEZ, M. V. **A evolução da indústria de agrotóxicos no Brasil de 2001 a 2007: a expansão da agricultura e as modificações na lei de agrotóxicos**. Curitiba: Ufpr, 2008. 18 p.

VELASCO, Luciano; CAPANEMA, Luciana. **O setor de agroquímicos**. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 2006. 96 p.

DETERMINAÇÃO DE METAIS DE IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL E CAPACIDADE REDUTORA EM FLORES, FOLHAS E SEMENTES DE ABÓBORA (*Cucurbita spp*)

Data de submissão: 02/02/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Maria Vitória de Andrade Telles

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), departamento de Química
Guarapuava – PR
<http://lattes.cnpq.br/5120992711830886>

Aline Maiara Valendorff

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), departamento de Química
Guarapuava – PR
<http://lattes.cnpq.br/6781201828725582>

Chalder Nogueira Nunes

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), departamento de Química
Guarapuava – PR
<https://orcid.org/0000-0001-6373-4739>

Sueli Pércio Quináia

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), departamento de Química
Guarapuava – PR
<https://orcid.org/0000-0002-1485-1063>

RESUMO: O presente trabalho apresenta resultados sobre a concentração de metais essenciais na flor, folha e semente da abóbora (*Cucurbita spp*) cultivada em diferentes cidades do estado do Paraná - Brasil. Essa determinação foi feita através da

técnica de digestão por via úmida associado a Espectrometria de Absorção Atômica com chama - FAAs. Também foi avaliada a capacidade redutora das amostras através da determinação de compostos fenólicos totais, a partir do método espectrofotométrico por absorção molecular no UV-vis. Os resultados obtidos demonstraram algumas diferenças significativas entre as amostras, sendo as folhas a parte da planta que possui as maiores concentrações dos metais essenciais, com exceção do metal Ca presente em maior quantidade nas flores. No entanto, as amostras analisadas apresentaram diferenças significativas na concentração dos compostos fenólicos totais, sendo a semente a parte que possui maior capacidade redutora.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidade redutora; FAAS; Flor comestível; Metais.

DETERMINATION OF NUTRITIONALLY IMPORTANT METALS AND REDUCING CAPACITY IN FLOWERS, LEAVES AND SEEDS OF PUMPKIN (*Cucurbita spp*)

ABSTRACT: The present work presents results on the concentration of essential metals in the flower, leaf and seed of pumpkin

(*Cucurbita* spp) grown in different cities in the state of Paraná - Brazil. This determination was made using the wet digestion technique associated with Flame Atomic Absorption Spectrometry - FAAs. The reducing capacity of the samples was also evaluated through the determination of total phenolic compounds, from the spectrophotometric method by molecular absorption in the UV-vis. The results obtained showed some significant differences between the samples, the leaves being the part of the plant that has the highest concentrations of essential metals, with the exception of the metal Ca present in greater quantity in the flowers. However, the analyzed samples showed significant differences in the concentration of total phenolic compounds, with the seed having the highest reducing capacity.

KEYWORDS: FAAS; Edible flower; Metals; Reducing capacity.

INTRODUÇÃO

A abóbora, pertencente à família Cucurbitaceae, é um fruto rico em minerais, vitaminas, pectina, fibras e antioxidantes vitais como carotenóides, luteína, zeaxantinas e outros polifenólicos (YADAV et al., 2010). As partes de vegetais como folhas, cascas, sementes e talos, na maioria das vezes são descartados, pela indústria e pelos consumidores. Porém, esses subprodutos possuem alto teor de fibras, minerais e substâncias antioxidantes, podendo ser utilizados na alimentação humana, visando agregar maior valor nutricional, diferentes sabores, texturas e até mesmo beleza ao alimento (REZENDE et al., 2022, ROCHA, 2008). As sementes de abóbora possuem grande quantidade de substâncias capazes de proporcionar benefícios à saúde, prevenindo ou tratando doenças ou mesmo favorecendo o funcionamento do organismo, que são denominadas de compostos bioativos (VERONEZI E JORGE, 2012). Faria e colaboradores (2021) apontam, como resultado de uma revisão da literatura, possíveis efeitos antiparasitários atribuídos às sementes de *Curcubita pepo*. As flores de algumas plantas do gênero, além de possuírem valor ornamental, apresentam características que as tornam verdadeiras iguarias para uso na culinária, sendo utilizadas tanto para enfeitar pratos como para ter seu sabor apreciado. Algumas são mais conhecidas, por estarem nas mesas frequentemente, como couve-flor, brócolis, alcachofra e flor da abóbora que além de serem visualmente atrativas são consideravelmente nutritivas (FERNANDES et al., 2017).

Os minerais essenciais ao organismo humano podem ser classificados como macrominerais, microminerais e elementos traços. Os macrominerais (Ca, P, Mg, S, Na, Cl e K), são os elementos que devem ser consumidos diariamente em quantidades superiores a 100 mg, os microminerais (Fe, Zn, Cu e Mn) em torno de 1 a 50 mg e os elementos traços (I, Cr, Sb, Co, Se, Al, Si, Sr e Sn) abaixo de 1 mg. (MAHAN, ESCOTT-STUMP E KRAUSE, 1998) O interesse sobre o valor nutricional desses alimentos é tão grande que até mesmo estudos para determinar o melhor método de cozimento foram realizados em abóboras do gênero *Curcubita máxima Duchesne*, brócolis, cenoura e couve-flor. O método de cozimento à vapor e em micro-ondas resultaram nas menores perdas de minerais. (DAIUTO et al., 2012, DAIUTO et al., 2015) Em adição, estudos também tiveram por objetivo a

caracterização das propriedades químicas e antioxidantes da semente, germinados, flores, polpa e folha desenvolvida de abóbora (*Cucurbita pepo* L.) (BOSCHI, 2015).

Sendo assim, devido a importância do tema e a necessidade em se conhecer as propriedades químicas e valor nutricional de cada parte da planta das espécies do gênero, o objetivo deste trabalho foi determinar as concentrações de íons essenciais (Zn, Na, Ca, Mg, Mn, Fe e K) e a capacidade redutora nas flores, folhas e sementes da *Cucurbita* spp.

METODOLOGIA

Reagentes e soluções

Todos os reagentes utilizados nos procedimentos foram de grau analítico: HNO_3 (Carlo Erba®), 65%, v/v), H_2O_2 (Biotec®, 35%, w/v), água ultrapura proveniente de um sistema Milli-Q (Millipore Corporation®), soluções padrão dos metais Na, Ca, K, Zn, Fe, Mg e Mn de 1000 mg L^{-1} (Biotec®), reagente de Folin Ciocalteu (Sigma-Aldrich), $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$, Na_2CO_3 e $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ (Synth). Os metais foram quantificados por Espectrometria de Absorção Atômica- FAAS (Varian modelo AA 220) e os parâmetros instrumentais de análise estão apresentados na Tabela 1.

As medidas dos compostos fenólicos totais para apreciar a capacidade redutora da planta foram realizadas através de curva analítica ($1,0$ a $10,0 \text{ mg L}^{-1}$) contendo ácido gálico em etanol por espectrofotometria de absorção molecular no UV-vis (Spectrum modelo SP-2000UV) usando o comprimento de onda 765 nm .

Metais	Comprimento de onda (nm)	Limite de detecção (mg/L)	Fenda (nm)	Corrente (mA)	Chama
Fe	248,3	0,06	0,2	5	ar/ C_2H_2
Ca	239,9	0,02	0,2	10	$\text{C}_2\text{H}_2/\text{N}_2\text{O}$
Mg	202,6	0,01	1,0	4	ar/ C_2H_2
Mn	279,5	0,09	0,2	5	ar/ C_2H_2
Zn	213,9	0,18	1,0	5	ar/ C_2H_2
Na*	330,3	0,01	0,1	-	ar/ C_2H_2
K*	776,5	0,03	0,1	-	ar/ C_2H_2

* Determinados por FAES

Tabela 1- Parâmetros instrumentais para determinação de íons metálicos por espectrometria de absorção atômica em chama (FAAS) e de emissão atômica em chama (FAES).

Coleta e preparo das amostras

As amostras de flores (Figura 1), folhas e sementes (quando disponíveis) foram coletadas em hortas de diferentes cidades do Estado do Paraná (Tabela 2). As amostras foram lavadas com água destilada e secas a sombra. Para finalizar a secagem, as mesmas

foram levadas a estufa por aproximadamente 30 min., em temperatura de 50° C. Após, foram trituradas em processador e armazenadas em potes plásticos descontaminados.



Figura 1: Flor e folhas da Cucurbita spp (Fonte: autor)

Cidade	Localização	Característica do local	Amostra
Goioerê (GO)	-24.227853, -53.058561	Meio rural	Flor, folha e semente
Maringá (MA)	-23.4095003, -51.9434961	Meio urbano	Flor e folha
Guarapuava (G1)	-25.417146, -51.477044	Meio urbano (horta comunitária)	Flor e folha
Guarapuava (G2)	-25.414072, -51.474252	Meio urbano	Flor e folha
Pinhão (PI)	-25.6944, -51.6536	Meio urbano	Semente

Tabela 2: localização dos pontos de cultivo e coleta da Cucurbita spp

Todos os materiais utilizados (frascos e vidrarias) no procedimento foram previamente descontaminados em banho ácido nítrico 5% (v/v) por 24 horas, e enxaguados com água deionizada antes do uso. Para o procedimento de digestão das amostras por via úmida, utilizou-se massas de 0,25 g das amostras (flor, folha e semente), 2,5 mL de ácido nítrico, 1 mL de peróxido de hidrogênio e 1 mL de água ultrapura. O aquecimento foi realizado a 95° C (1:30 min) usando-se bloco digestor (Alfakit, modelo AT 509) tubos de vidro (15 mL) (KELTE FILHO et al, 2018). Todas as soluções e brancos analíticos foram preparados em triplicatas. Após a digestão, as amostras foram filtradas e avolumadas em balões de 25 mL, com água ultrapura.

Para a determinação de compostos fenólicos na flor, folha e semente da Cucurbita spp, realizou-se as extrações partindo de 0,25 g das amostras, com 10 mL de etanol 75% e agitação por 6 h (153 rpm em agitador orbital - Tecnal modelo TE-420) a temperatura ambiente. Em um balão volumétrico de 10 mL foram adicionados 500 µL de solução tampão, 300 µL de cada solução padrão, 500 µL de Folin-Ciocalteu e aferido o volume com água ultrapura. Esperou-se 30 minutos, e em seguida, foi realizada a leitura da absorbância, no

UV-Vis. Para cada amostra foi repetido o procedimento, substituindo o padrão de ácido gálico por extratos contendo as diferentes partes da planta. As medidas foram realizadas em triplicata.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para as concentrações dos respectivos metais nas flores, folhas e sementes de abóbora estão dispostos nas Tabela 3. Na amostra coletada em Maringá, observou-se a diferença de concentração dos metais nas flores e folhas da abóbora, com maiores concentrações de K e Ca. A folha apresentou maior quantidade de metais essenciais comparados as flores, com exceção do Zn e Ca. As amostras provenientes da cidade de Goioerê demonstraram elevadas concentrações de metais nas partes da planta, principalmente nas flores, com exceção do Na. Nas amostras coletadas em Guarapuava, em uma horta comunitária, as folhas apresentaram maior concentração dos metais ao ser comparada com as flores, sendo exceção apenas o Mn e Ca. Em outra amostra coletada em Guarapuava, a margem de um lago em uma praça urbana, foi possível verificar baixas concentrações dos metais avaliados em relação aos demais locais de cultivo. Samuel-Nakamura et al. (2019), descreveram que vários elementos podem acumular-se de forma diferente em várias partes da planta da abóbora, variando as concentrações de forma decrescente das raízes > folhas > fruta comestível.

Para uma melhor avaliação destes resultados, realizou-se uma análise de componentes principais (ACP) com as variáveis (metais) e amostras para averiguar semelhanças ou não entre as mesmas (Figura 2). A ACP foi utilizada como uma ferramenta descritiva de visualização dos dados em diferentes dimensões para encontrar possíveis relações entre a composição elementar e as partes e origem das plantas.

Metal	Flor				Folha				Semente	
	MA	G1	GO	G2	MA	G1	GO	G2	GO	PI
Zn	0,37	0,08	0,46	0,02	0,08	0,09	0,38	0,02	0,70	0,76
Fe	0,11	0,37	7,33	0,09	0,37	0,72	0,72	0,02	0,10	0,09
Mg	0,45	3,50	34,00	4,04	4,33	13,36	11,76	2,75	4,40	5,45
Mn	0,02	0,43	0,29	0,02	0,02	0,17	0,22	0,04	0,04	0,05
K	8,39	39,73	80,33	6,67	38,02	27,39	54,65	6,70	13,26	9,23
Na	0,61	0,73	0,82	0,70	0,77	0,73	1,53	0,86	0,61	0,83
Ca	23,65	7,41	23,03	6,58	8,24	2,28	5,38	3,84	1,85	0,91

Tabela 3. Concentração de metais nas flores, folhas e sementes de abóbora em $\mu\text{g/g}$

Observou-se a formação de três grupos distintos de amostras separadas pelas variáveis metais na ACP. Um grupo foi formado pelas folhas e flores coletadas no ponto

G1 (Guarapuava-PR) devido aos elevados teores de Na, Mn e K (quadrante positivo de x e y); uma amostra de flor coletada no ponto GO ficou isolada devido as concentrações maiores de Mg, Fe, Ca e Zn; enquanto que as demais amostras formaram um grande grupo (quadrante negativo do fator 1) devido as menores concentrações de todos os metais determinados. Ao avaliar o perfil das amostras de sementes, observa-se concentrações elevadas dos metais Zn, Ca, Fe e Mg (fator 2). Com relação as flores e folhas, nota-se que o local de cultivo tem relação com a maior ou menor presença de metais, pois amostras coletadas em Guarapuava (G1 e G2) apresentaram concentrações distintas uma da outra. As amostras coletadas em GO (meio rural) e em G1 (horta comunitária) foram as mais ricas nos nutrientes avaliados comparadas as amostras coletadas em meio urbano.

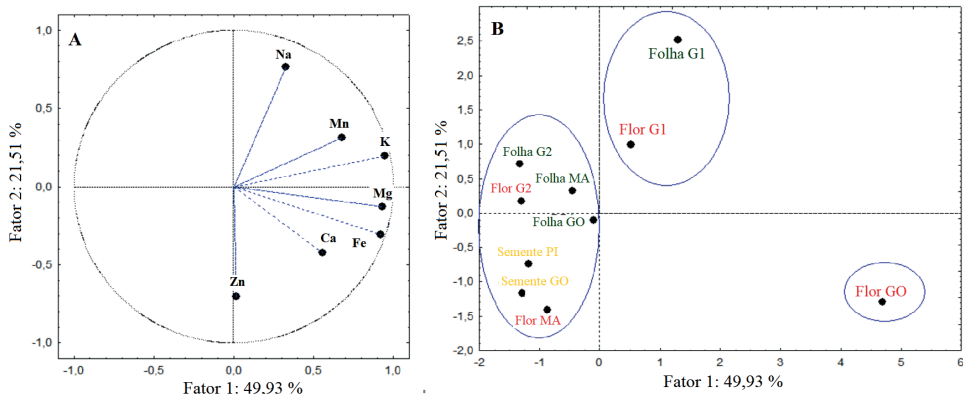


Figura 2: Análise de componentes principais sobre as variáveis (A) e amostras (B) das partes da planta para os componentes principais 1 e 2.

Com relação a capacidade redutora das amostras, observou-se que o local de cultivo também tem influência sobre o teor de fenólicos totais presentes na planta, uma vez que teores distintos podem ser notados até mesmo entre as amostras coletadas na cidade de Guarapuava (Figura 3). Foram perceptíveis as diferenças de concentração dos compostos fenólicos de uma parte da planta para outra, sendo que as sementes apresentaram uma maior capacidade redutora em relação as demais partes para a amostra GO. A planta cultivada em G1 apresentou concentrações mais elevadas de fenólicos totais nas folhas e flores (0,107 e 0,117 $\mu\text{g g}^{-1}$) em relação aos demais pontos de cultivo. As sementes apresentaram capacidade redutora significativa nos dois pontos de cultivo. Vale a pena observar, que o local de cultivo GO, foi o único ponto que continha todas as partes da abóbora para análise e que as sementes apresentaram de 5 a 15 vezes maior concentração de fenólicos totais em relação as folhas e flores da abóbora.

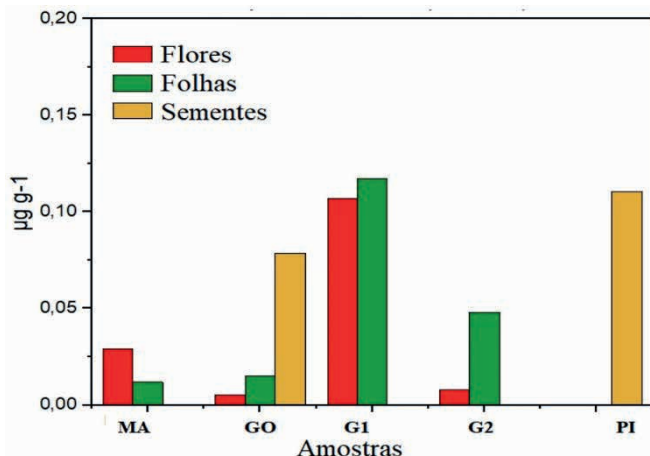


Figura 3: Capacidade redutora das amostras de diferentes partes das plantas (fenólicos totais, $\mu\text{g g}^{-1}$)

CONCLUSÃO

No presente estudo foi possível concluir que as flores, folhas e sementes da *Cucurbita spp* apresentam concentrações significativas dos metais essenciais importantes para o corpo humano. As folhas e flores demonstraram uma maior concentração de metais ao serem comparadas com as sementes. No entanto, todas as amostras de flores apresentam uma maior concentração de Ca, nutriente importante encontrado na matriz óssea. Sendo assim, a ingestão das flores, folhas e sementes da abóbora pode ser de grande ajuda a pessoas que possuem déficit desses metais. A concentração dos compostos fenólicos se mostrou mais significativa nas sementes, ao ser comparado com as flores e folhas. A ingestão de compostos fenólicos indicado é de 1 g por dia, sendo a *Cucurbita spp* uma das opções para a ingestão dos mesmos.

REFERÊNCIAS

BOSCHI, K. **Caracterização das propriedades químicas e antioxidantes da semente, germinados, flores, polpa e folha desenvolvida de abóbora (*Cucurbita pepo* L.)**. Tese de Doutorado. Instituto Politecnico de Braganca (Portugal), 2015.

DAIUTO, É. R. VIEITES, R. L.; PIGOLI, D. R.; DE CARVALHO, L. R. **Alterações nutricionais em casca e polpa de abóbora decorrentes de diferentes métodos de cozimento**. Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha, v. 13, n. 2, p. 196-203, 2012.

DAIUTO, É. R. VIEITES, R. L.; PIGOLI, D. R.; DE CARVALHO, L. R. **Estabilidade de minerais em hortaliças submetidas a diferentes métodos de cozimento**. Nativa, v. 3, n. 2, p. 102-108, 2015.

FERNANDES, L.; CASAL, S.; PEREIRA, J. A.; SARAIVA, J. A.; RAMALHOS, E. **Edible flowers: A review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health.** Journal of Food Composition and Analysis, v. 60, p. 3/8-50, 2017.

DE FARIA, P. H. A.; FILHO, A. C. M. L.; GONÇALVES, C. A.; DE CARVALHO, F. S.; GALVÃO, G. M.; MARTINS, T. R. M.; MARTINS, T. M. M.; MACHADO, A. S. **Fitoterápicos com potencial de ação antiparasitária presentes na baixada maranhense / Phytotherapeutics with antiparasitic action potential presente in the maranhense lowlands.** Brazilian Journal of Development, v. 7(3), p. 27361–27376, 2021.

KELTE FILHO, I.; BUTIK, M.; JASKI, A. C.; QUINÁIA, S. P. **Fast method to determine the elements in maize flour: reduction in preparation time and reagent consumption.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 21 (1), e2017091, p. 1-6, 2018.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: Alimentos, nutrição e dietoterapia.** 9 ed. São Paulo: Roca, 1998.

NAKAMURA, C. S.; HODGE, F. S.; SOKOLOW, S.; ALI, A. S.; ROBBINS, W. A. **Metal(loid)s in Cucurbita pepo in a Uranium Mining Impacted Area in Northwestern New Mexico, USA.** International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 16, 2569, 2019.

REZENDE, S. D. C.; CORRÊA, P. C.; REZENDE, D. C. V. **PANC's na alimentação do idoso: análise de aceitabilidade em uma instituição de longa permanência de monte Carmelo/MG.** v. 2, Editora Científica Digital. 2022.

ROCHA, S. A.; LIMA, G. P. P.; LOPES, A. M.; BORGUINI, M. G.; CICCONE, V. R.; BELUTA, I. **Fibras e lipídios em alimentos vegetais oriundos do cultivo orgânico e convencional.** Revista Simbiologias, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2008.

VEBER, J.; PETRINI, L. A.; ANDRADE, L. B.; SIVIERO, J. **Determinação dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos aquosos e etanólicos de Jambolão.** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Campinas, v.17, n.2, p.267-273, 2015.

VERONEZI, C. M.; JORGE, N. **Bioactive compounds in lipid fractions of pumpkin (Cucurbita sp) seeds for use in food.** Journal of Food Science, v. 77(6):C653-7, 2012.

YADAV, M.; JAIN, S.; TOMAR, R.; PRASAD, G. B. K. S.; YADAV, H. **Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review.** Nutrition Research Reviews, v. 23, Issue 2, p. 184-190, 2010.

ADAPTAÇÃO DE RETÍFICAS PLANAS PARA USINAGEM DE PEÇAS CILÍNDRICAS: DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO

Data de aceite: 03/04/2023

William Manjud Maluf Filho

Gabriel Nascimento Ferreira

Igor Sampaio Faqueiro

Thiago Alves Pereira

RESUMO: O campo da engenharia de precisão continua a evoluir com soluções inovadoras para acomodar diversas necessidades de fabricação. Este capítulo apresenta o desenvolvimento de um dispositivo de fixação versátil e econômico que adapta retificadoras planas para usinagem de peças cilíndricas. Esta solução resolve o problema enfrentado por pequenas empresas metalúrgicas de estampagem que não têm recursos financeiros para investir em uma retificadora cilíndrica dedicada. O principal objetivo deste trabalho é permitir que estas empresas capitalizem as oportunidades de negócio que envolvem a maquinação de peças cilíndricas, sem incorrer nos elevados custos associados à aquisição de equipamento especializado. Neste capítulo, primeiro fornecemos uma introdução ao problema enfrentado por pequenas empresas metalúrgicas de

estampagem e a necessidade de uma solução mais acessível para retificação cilíndrica. Segue uma revisão abrangente da literatura, que explora os métodos existentes de conversão de retificadoras planas para aplicações de retificação cilíndrica, bem como as limitações e desafios associados a esses métodos. A revisão da literatura é apoiada por inúmeros livros e artigos técnicos científicos, fornecendo uma forte base teórica para o desenvolvimento do dispositivo de fixação. As seções subsequentes detalham o projeto e a implementação do dispositivo de fixação. Considerações de projeto, como seleção de material, propriedades mecânicas e compatibilidade com retificadoras planas existentes, são discutidas para garantir uma solução robusta e confiável. O processo de implementação abrange a integração do dispositivo de fixação com uma retificadora plana e como ele é configurado para obter usinagem precisa de peças cilíndricas. Exemplos práticos e estudos de caso são fornecidos para demonstrar a eficácia do dispositivo em um contexto do mundo real. Os resultados e as direções futuras para esta inovação também são exploradas, destacando os benefícios do dispositivo de fixação, como custos de investimento

reduzidos, maior versatilidade dos equipamentos existentes e possíveis melhorias na eficiência de fabricação. O capítulo termina com um resumo das principais descobertas e implicações para a comunidade de engenharia mais ampla. A seção de referências compreende uma extensa lista de livros relevantes e artigos técnicos científicos citados ao longo do capítulo, fornecendo um recurso valioso para os leitores interessados em aprofundar a exploração do tópico. Ao apresentar um novo dispositivo de fixação que permite que as retificadoras planas executem a retificação cilíndrica, este capítulo contribui para o avanço da engenharia de precisão e oferece uma solução prática para pequenas empresas metalúrgicas de estampagem expandirem suas capacidades de usinagem sem incorrer em encargos financeiros significativos.

ABSTRACT: The field of precision engineering continues to evolve with innovative solutions to accommodate diverse manufacturing needs. This chapter presents the development of a versatile and cost-effective fixing device that adapts flat grinding machines for machining cylindrical parts. This solution addresses the issue faced by small stamping metalworking companies that lack the financial resources to invest in a dedicated cylindrical grinding machine. The primary objective of this work is to enable these companies to capitalize on business opportunities involving the machining of cylindrical parts, without incurring the high costs associated with acquiring specialized equipment. In this chapter, we first provide an introduction to the problem faced by small stamping metalworking companies and the need for a more accessible solution for cylindrical grinding. A comprehensive literature review follows, which explores existing methods of converting flat grinding machines for cylindrical grinding applications, as well as the limitations and challenges associated with these methods. The literature review is supported by numerous books and scientific technical papers, providing a strong theoretical foundation for the development of the fixing device. The subsequent sections detail the design and implementation of the fixing device. Design considerations, such as material selection, mechanical properties, and compatibility with existing flat grinding machines, are discussed to ensure a robust and reliable solution. The implementation process covers the integration of the fixing device with a flat grinding machine, and how it is set up to achieve precise machining of cylindrical parts. Practical examples and case studies are provided to demonstrate the effectiveness of the device in a real-world context. Advantages and future directions for this innovation are also explored, highlighting the benefits of the fixing device, such as reduced investment costs, increased versatility of existing equipment, and potential improvements in manufacturing efficiency. The chapter concludes with a summary of the key findings and implications for the broader engineering community. The references section comprises an extensive list of relevant books and scientific technical papers cited throughout the chapter, providing a valuable resource for readers interested in further exploration of the topic. By presenting a novel fixing device that enables flat grinding machines to perform cylindrical grinding, this chapter contributes to the advancement of precision engineering and offers a practical solution for small stamping metalworking companies to expand their machining capabilities without incurring significant financial burden.

1 | INTRODUÇÃO

As empresas de usinagem de estampagem são atores vitais na indústria de manufatura, pois são especializadas em transformar chapas metálicas em componentes funcionais e precisos (BRUSCHI; GHIOTTI; SIMONETTO, 2023). As operações realizadas nessas empresas normalmente incluem corte, puncionamento, dobra e conformação, todas as quais requerem o uso de equipamentos especializados (KALPAKJIAN; SCHMID, 2020). Equipamentos típicos utilizados em operações de rotina em pequenas empresas de usinagem de estampagem incluem prensas hidráulicas e mecânicas, dobradeiras, máquinas de corte, dobradeiras e jogos de matrizes (LACOMA *et al.*, 2023).

Existe uma forte correlação técnica entre as atividades de estampagem (metalurgia) e o uso de máquinas retificadoras cilíndricas. As retificadoras cilíndricas são essenciais no processo de acabamento de peças que requerem tolerâncias precisas e acabamentos superficiais (GRZESIK, 2016). Como as retificadoras cilíndricas são capazes de usinar peças prismáticas e cilíndricas, elas são ativos altamente valiosos para pequenas empresas metalúrgicas que buscam expandir suas capacidades (ORYNSKI; PAWLOWSKI, 2002).

A capacidade de usinar peças cilíndricas é importante em muitas aplicações, como a produção de eixos, fusos e rolamentos. As retificadoras cilíndricas podem ser usadas para produzir geometrias complexas, como cones e contornos, que não podem ser facilmente alcançados com outros processos de usinagem. Além disso, para garantir a precisão desejada e o acabamento superficial dessas peças, as empresas de usinagem de estampagem usam as retificadoras cilíndricas (MALKIN; GUO, 2008).

No entanto, o custo de uma retificadora cilíndrica pode ser proibitivo para pequenas empresas. O preço de uma nova retificadora cilíndrica varia de dezenas a centenas de milhares de dólares, dependendo do tamanho, especificações e capacidades do equipamento (MENG *et al.*, 2023). Por exemplo, uma pequena retificadora cilíndrica com uma altura central de 100 mm e uma distância central de 300 mm pode custar cerca de US\$ 20.000 (MARINESCU *et al.*, 2019). Em contraste, as retificadoras de superfícies planas são menos caras e mais acessíveis para empresas menores, tornando-as a escolha mais comum para empresas com orçamentos limitados (SHAW; OXLEY, 2019). Devido a restrições financeiras, muitas pequenas empresas metalúrgicas de estampagem só podem pagar por uma retificadora de superfície plana, que é menos capaz do que uma retificadora cilíndrica (GUO *et al.*, 2023).

As retificadoras cilíndricas diferem das retificadoras planas em vários aspectos importantes. Enquanto ambos os tipos de máquinas empregam rebolos abrasivos para remoção de material, as retificadoras cilíndricas são projetadas para usinar superfícies cilíndricas, enquanto as retificadoras planas são usadas principalmente para superfícies planas ou planas (GRZESIK, 2016). Além disso, as retificadoras cilíndricas possuem sistemas de fixação de trabalho mais complexos e podem acomodar uma ampla gama de

geometrias de peças (ORYNSKI; PAWLOWSKI, 1999).

O desenvolvimento de um dispositivo de fixação que adapte retíficas planas para usinagem de peças cilíndricas pode oferecer diversas vantagens. Tal dispositivo permitiria que pequenas empresas metalúrgicas de estampagem expandissem suas capacidades e aproveitassem novas oportunidades de negócios sem incorrer em custos significativos associados à compra de uma retificadora cilíndrica dedicada (WEN *et al.*, 2023). Além disso, o aumento da versatilidade dos equipamentos existentes pode levar a uma maior eficiência de fabricação e melhoria da competitividade na indústria (STEPHENSON; AGAPIOU, 2016).

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão da literatura abrange uma ampla gama de estudos com foco na conversão de retificadoras planas para aplicações de retificação cilíndrica. A revisão inclui pesquisas sobre o projeto, implementação e análise de várias abordagens, técnicas e inovações no campo da engenharia de precisão.

Wu *et al.* (2008) descrevem um novo método automatizado para planejar sistemas de fixação modulares para usinagem de peças complexas. O método usa teoria de mecanismos de ligação para identificar as posições mais eficazes dos módulos de fixação e, em seguida, usa um algoritmo de otimização para selecionar o melhor conjunto de módulos. O método é capaz de considerar várias restrições, como limitações de espaço, interferências entre os módulos e a posição da peça de trabalho. Os autores testaram o método em várias peças de trabalho complexas e descobriram que ele é capaz de gerar planos de fixação modulares eficazes e eficientes em termos de tempo e custo.

Bejlegaard *et al.* (2018) descrevem uma metodologia para projetar arquiteturas de fixação reconfiguráveis para usinagem de peças de trabalho. A metodologia proposta consiste em três etapas: análise da peça de trabalho, seleção de módulos de fixação reconfiguráveis e projeto da arquitetura de fixação reconfigurável. A análise da peça de trabalho envolve a identificação das características da peça que afetam a fixação e a usinagem. A seleção de módulos de fixação reconfiguráveis envolve a escolha dos módulos mais adequados para cada característica da peça de trabalho. O projeto da arquitetura de fixação reconfigurável envolve a determinação da configuração dos módulos na fixação final. Os autores aplicaram a metodologia proposta em uma peça de trabalho complexa e descobriram que ela é capaz de gerar arquiteturas de fixação reconfiguráveis eficazes e eficientes em termos de tempo e custo.

O artigo de Roy *et al.* (2022) descreve uma metodologia para diagnosticar os erros de usinagem em retificadoras cilíndricas de dois eixos. A metodologia proposta envolve a análise de dados coletados durante a usinagem de peças cilíndricas em uma retificadora. Os dados de erro de usinagem são coletados por meio de um sistema de medição de alta

precisão durante o processo de usinagem. Em seguida, os dados são analisados por meio de uma abordagem de análise de variação para determinar as principais fontes de erro de usinagem. Os autores aplicaram a metodologia proposta em uma retificadora cilíndrica de dois eixos e descobriram que ela é capaz de identificar as principais fontes de erro de usinagem, permitindo a tomada de medidas corretivas para melhorar a precisão da usinagem.

O artigo de Ptashnikov (2009) descreve uma pesquisa sobre a influência da velocidade periférica da peça na ergonomia da retificação cilíndrica com ferramentas de nitreto de boro cúbico (*Cubic Boron Nitride* - CBN). A pesquisa foi conduzida com o objetivo de melhorar as condições de trabalho dos operadores, reduzindo a exposição à vibração e ao ruído. Foram realizados testes experimentais com diferentes velocidades periféricas da peça, avaliando-se a força de retificação, a rugosidade da superfície e a emissão de vibrações. Os resultados indicaram que o aumento da velocidade periférica da peça pode reduzir a vibração e melhorar a ergonomia da retificação cilíndrica com ferramentas de CBN. Além disso, os autores concluíram que a técnica de retificação com velocidade periférica aumentada pode ser uma opção para melhorar as condições de trabalho dos operadores e aumentar a produtividade da retificação cilíndrica.

O artigo de Lomova e Lomov (2011) discute a influência do contato entre o centro da peça e o furo central no processo de retificação em uma retificadora circular. Foi realizada uma análise experimental em diferentes condições de contato, com o objetivo de avaliar a precisão do assentamento da peça durante o processo de retificação. Foram avaliados parâmetros como deslocamento radial da peça, erro de forma e erro de rugosidade. Os resultados mostraram que a precisão do assentamento da peça é afetada pelo contato entre o centro e o furo central, e que a falta de contato pode levar a erros significativos na forma e na rugosidade da peça retificada. Os autores concluíram que a precisão do assentamento pode ser melhorada pela escolha adequada do tamanho e do tipo de centro, bem como pela adoção de medidas para garantir um bom contato entre o centro e o furo central durante o processo de retificação.

Xu e Wu (2012) discutem a aplicação de simulação computacional para investigar o processo de retificação sem centros através do avanço em uma retificadora plana. O estudo teve como objetivo analisar a influência de diferentes parâmetros de processo, como a velocidade de rotação da peça, a taxa de avanço, a altura do rebolo e a largura do rebolo, na qualidade da superfície retificada e na precisão dimensional. Os resultados mostraram que a qualidade da superfície e a precisão dimensional são influenciadas por uma combinação de vários parâmetros de processo, e que a simulação computacional pode ser uma ferramenta útil para otimizar o processo de retificação sem centros. Os autores concluíram que a escolha adequada dos parâmetros de processo é crucial para obter uma superfície retificada de alta qualidade e uma precisão dimensional precisa.

Em um outro artigo, os mesmos autores apresentam uma nova técnica de retificação

sem a necessidade de realizar a centragem por alimentação contínua. A técnica proposta utiliza um dispositivo de suporte modificado com duas esferas de contato em vez de uma lâmina de suporte convencional. Os autores demonstraram que a nova técnica é capaz de retificar peças de trabalho cilíndricas de alta precisão com rugosidade superficial reduzida. Os resultados experimentais indicaram que a nova técnica é altamente eficiente e promissora (XU; WU, 2011).

Yacob e Semere (2021) escreveram um artigo no qual propõe um método para prever a qualidade da peça em processos de usinagem de múltiplos estágios com fixações baseadas em superfícies de localização usando quatérnios duplos. Os autores apresentam um modelo matemático para descrever a interação entre a peça de trabalho, a ferramenta de corte e o dispositivo de fixação, considerando tanto a geometria quanto os parâmetros de fabricação. O método proposto é validado por meio de experimentos em uma máquina de torneamento via *Computer Numerical Control* (CNC) e os resultados mostram que a previsão da qualidade da peça é precisa e eficaz na identificação de problemas na fixação e na usinagem. O método também permite a otimização do processo de usinagem, melhorando a qualidade e reduzindo o tempo de usinagem.

Ding *et al.* (2017) escreveram um artigo no qual apresentam uma revisão sobre as rodas de superabrasivos de CBN para retificação de materiais metálicos. O artigo discute as propriedades do CBN, os processos de fabricação de rodas de CBN, as aplicações de rodas de CBN em retificação de precisão, as técnicas de monitoramento e controle de processo para otimização da operação de retificação com rodas de CBN monolayer, e as tendências recentes e futuras no desenvolvimento de rodas de CBN para a retificação de materiais metálicos.

O artigo de Brinksmeier *et al.* (2006) apresenta uma revisão sobre os avanços recentes na modelagem e simulação de processos de retificação, incluindo a evolução de modelos empíricos, analíticos e numéricos. São discutidos aspectos como a escolha dos parâmetros de entrada, a simulação do contato entre a peça e a ferramenta e a previsão da resposta da peça ao processo de retificação. Os autores avaliaram o desempenho de diferentes materiais de rebolo e sistemas de ligação na retificação cilíndrica de componentes de aço endurecido. No artigo, também é abordada a integração de técnicas de modelagem e simulação com tecnologias de monitoramento e controle de processo, visando a otimização da produção e a melhoria da qualidade das peças. O estudo forneceu informações valiosas sobre a seleção da composição apropriada do rebolo para várias aplicações na conversão de retificadoras planas.

Macerol *et al.* (2022) escreveram um artigo que aborda a importância das propriedades dos grãos e do processo de dressagem para o desempenho das rodas de retificação. O estudo desenvolveu um modelo analítico para avaliar a interação entre os grãos da roda de retificação e o material da peça, levando em conta fatores como tamanho e formato dos grãos, além da eficiência do processo de dressagem. Os resultados mostram

que a seleção adequada dos parâmetros de dressagem e das propriedades dos grãos pode melhorar significativamente a eficiência da retificação e a vida útil da roda de retificação.

Silva *et al.* (2020) estudaram o comportamento da técnica de mínima quantidade de lubrificante (MQL) em processos de retificação, visando à produção mais amigável ao meio ambiente. Foi observado que a utilização de MQL resultou em redução significativa na emissão de partículas e energia consumida, além de melhorias na qualidade da superfície da peça retificada. Os resultados apontam para o potencial da técnica MQL como alternativa sustentável para o processo de retificação. Adicionalmente os autores examinaram o papel dos fluidos de corte no processo de retificação, com foco na usinagem de peças cilíndricas usando retificadoras planas convertidas. O estudo destacou a importância de selecionar fluidos de corte apropriados para minimizar a geração de calor e maximizar a eficácia do processo de conversão.

Dornfeld *et al.* (2006) exploraram a aplicação de tecnologias avançadas de monitoramento e controle para melhorar a eficiência e a qualidade do processo de conversão. A pesquisa demonstrou o potencial do uso de sensores, atuadores e algoritmos de aprendizado de máquina para otimizar o desempenho de retificadoras planas quando adaptadas para aplicações de retificação cilíndrica.

Feng *et al.* (2019) apresentam uma nova técnica de usinagem por retificação com a ajuda de vibração ultrassônica para furos cegos e roscas internas em carbonetos cimentados. A técnica é chamada de *ultrasonic vibration-assisted grinding* (UVAG) e tem como objetivo melhorar a qualidade da superfície e a eficiência da usinagem. O estudo investiga os efeitos dos parâmetros de usinagem, como amplitude de vibração, velocidade de alimentação, profundidade de corte e diâmetro do rebolo, na rugosidade da superfície e na taxa de remoção de material. Os resultados mostraram que a técnica proposta pode melhorar significativamente a qualidade da superfície e a eficiência da usinagem, especialmente para furos cegos e roscas internas em carbonetos cimentados. Os autores também avaliaram o impacto de vários parâmetros do processo de retificação na integridade da superfície de peças cilíndricas usinadas. Suas descobertas forneceram informações valiosas sobre a otimização dos parâmetros do processo para alcançar resultados de alta qualidade na conversão de retificadoras planas.

Ding *et al.* (2023) escreveram um artigo no qual discutem um modelo de otimização colaborativa impulsionado por avaliação de ciclo de vida para a produção de engrenagens hipoides em fresadora com corte a seco. O estudo apresenta uma análise comparativa de várias ferramentas de corte em termos de desempenho e impacto ambiental, com o objetivo de selecionar a melhor combinação de ferramenta e parâmetros de corte. O modelo proposto pode ajudar a melhorar a eficiência do processo de usinagem e reduzir o impacto ambiental da produção de engrenagens hipoides.

He *et al.* (2022) escreveram um artigo no qual detalham um estudo de simulação sobre o efeito da temperatura de retificação e da taxa de resfriamento no aço 9310. Os

resultados mostraram que, com o aumento da temperatura de retificação, houve uma diminuição na dureza, enquanto a taxa de resfriamento mais rápida resultou em uma diminuição do tamanho dos grãos austeníticos. Além disso, a taxa de resfriamento também afetou a transformação de fase durante o resfriamento, o que influenciou as propriedades mecânicas do aço. Suas descobertas forneceram informações valiosas sobre como otimizar as condições de preparação para melhorar a eficiência e a qualidade no processo de conversão de retificadoras planas quando adaptadas para aplicações de retificação cilíndrica.

Jackson (2017) faz uma revisão sobre o design de rebolos de retificação operando em velocidades excessivas. O estudo apresenta a evolução do projeto de rebolos, desde as primeiras pesquisas até os avanços mais recentes. O autor também discute os desafios e as oportunidades na concepção de rebolos para trabalhar em altas velocidades, destacando as diferentes abordagens adotadas pelos pesquisadores para atingir esse objetivo. Finalmente, são apresentados alguns resultados experimentais e simulados, mostrando o desempenho de rebolos de retificação operando em altas velocidades.

Gusev *et al.* (2009) escreveram um artigo que avaliou o impacto das diferentes propriedades físicas das rodas discretas no desempenho da retificação, incluindo a estabilidade do processo, a profundidade do corte e a rugosidade superficial. Para isso, foram realizados testes experimentais em um sistema de retificação com uma variedade de rodas discretas de diferentes dimensões e características. Os resultados indicaram que a escolha adequada de uma roda discreta pode melhorar significativamente o desempenho da retificação e reduzir os efeitos negativos na superfície usinada; O artigo também examinou o papel do balanceamento do reboło na conversão de retificadoras planas para aplicações de retificação cilíndrica. Dessa forma, o estudo destacou a importância de manter o equilíbrio ideal das rodas para garantir resultados precisos e consistentes no processo de conversão.

Huang *et al.* (2002) escreveram um artigo que trata do uso da robótica em processos de retificação e polimento para a manutenção de turbinas aéreas. O estudo apresenta um sistema robótico desenvolvido para a retificação e polimento de pás de turbina. O sistema é composto por um robô antropomórfico e um sistema de controle adaptativo, que permite que o robô ajuste sua posição para acomodar diferentes formas e geometrias das pás. O estudo concluiu que o uso de robôs pode melhorar a qualidade do processo e a produtividade, além de reduzir custos de mão de obra e aumentar a segurança do trabalhador. Os autores também exploraram a aplicação de sistemas robóticos para automatizar o processo de conversão de retificadoras planas para aplicações de retificação cilíndrica. A pesquisa demonstrou o potencial do uso da robótica para simplificar a configuração, operação e monitoramento das máquinas convertidas, melhorando a eficiência e reduzindo a intervenção humana.

O artigo publicado por Ren *et al.* (2022) é uma correção de um artigo anterior publicado na revista «The International Journal of Advanced Manufacturing Technology». A

correção destaca um erro na metodologia da pesquisa e nos resultados apresentados. O estudo original tinha como objetivo otimizar os parâmetros de retificação de alta velocidade para melhorar o desempenho contra a fadiga do aço 20CrMnTi. A correção do artigo é importante para garantir a precisão e a validade dos resultados da pesquisa. Os autores também haviam analisado os efeitos da retificação de alta velocidade no desempenho e na qualidade da superfície de peças cilíndricas usinadas usando retificadoras planas convertidas. O estudo forneceu informações valiosas sobre os potenciais benefícios e desafios do uso de técnicas de retificação de alta velocidade no processo de conversão.

Wu *et al.* (2020) publicaram um artigo que aborda um estudo sobre a previsão do comportamento da rugosidade de superfície em materiais frágeis durante o processo de retificação. A pesquisa propõe um modelo de previsão baseado na topografia da ferramenta de retificação, levando em consideração a rugosidade e a forma da superfície da ferramenta. O objetivo é otimizar o processo de retificação em pequena escala, em que a rugosidade da superfície é um fator crítico. A pesquisa utiliza análise estatística para avaliar a eficácia do modelo proposto em diferentes condições de retificação. Os resultados mostram que o modelo é capaz de prever com precisão a rugosidade da superfície em diferentes condições de retificação, o que pode ajudar a melhorar a qualidade e a eficiência do processo de retificação de materiais frágeis em pequena escala. Suas descobertas enfatizaram a importância de selecionar geometrias apropriadas para otimizar o processo de conversão e alcançar os resultados desejados.

Meng *et al.* (2022) apresentam uma revisão abrangente das técnicas de modelagem mecânica aplicadas à retificação. A retificação é um processo complexo que envolve múltiplas interações físicas e químicas na interface entre a roda abrasiva e a peça de trabalho. A modelagem matemática do processo de retificação tem um papel importante na compreensão e otimização do processo de retificação. Neste artigo, os autores discutem os principais aspectos da modelagem mecânica da retificação, incluindo a escolha do tipo de modelo, a determinação dos parâmetros do modelo, a validação do modelo e as limitações do modelo. O artigo também apresenta exemplos de aplicação da modelagem mecânica em diferentes processos de retificação, como a retificação plana, cilíndrica, de engrenagens e de perfil. Em geral, o artigo mostra que a modelagem mecânica da retificação é uma ferramenta valiosa para a compreensão e otimização do processo de retificação e pode ser aplicada em diferentes áreas da indústria, como aeroespacial, automotiva e de produção de ferramentas.

O livro escrito por Rowe (2014) é uma obra de referência para profissionais e pesquisadores na área de retificação. O autor é um dos principais especialistas em tecnologia de retificação e por isso, o livro fornece uma visão abrangente dos fundamentos da retificação moderna e suas aplicações. O livro aborda desde os princípios básicos da retificação, como abrasivos, retificadoras e processos de retificação, até as técnicas mais avançadas, como retificação de alta velocidade, micro-retificação e retificação de precisão.

O autor também discute a otimização de processos de retificação, incluindo o controle de qualidade, a seleção de parâmetros de processo e a análise de custo-benefício. Com ilustrações claras e exemplos práticos, o livro é uma leitura essencial para profissionais e estudantes da área.

Tóth *et al.* (2019) apresentam um estudo analítico da regeneração do rebolo na retificação de superfície. O estudo teve como objetivo desenvolver um modelo matemático que descreve o processo de regeneração do rebolo e, em seguida, validar o modelo com experimentos. O modelo matemático proposto considera as propriedades mecânicas do rebolo, como dureza e resistência à fratura, bem como as características do processo de retificação, como a velocidade de avanço e a profundidade de corte. Os resultados dos experimentos foram comparados com as previsões do modelo e foi constatado que o modelo é capaz de prever com precisão o comportamento da regeneração do rebolo. O estudo conclui que o modelo pode ser usado para melhorar a eficiência e a qualidade do processo de retificação de superfície, permitindo a escolha adequada dos parâmetros de operação do processo de retificação, como a taxa de remoção de material, para maximizar a vida útil do rebolo e minimizar o tempo de parada da máquina.

Zhang e Yasunaga *et al.* (1997) editaram um livro que reúne diversos estudos e avanços tecnológicos na área de abrasivos. O livro conta com a participação de diversos pesquisadores e profissionais renomados na área. Os capítulos do livro abordam temas como desenvolvimento de abrasivos de alto desempenho, novas técnicas de medição e avaliação de desempenho, simulação e modelagem do processo de abrasão, entre outros. Um dos capítulos destaca a importância da seleção do abrasivo correto para cada aplicação, considerando as características do material a ser trabalhado e o tipo de operação a ser realizada. Outro capítulo apresenta técnicas avançadas de retificação, como o uso de rebolos eletroquimicamente ligados para obter maior precisão e eficiência no processo. Um dos estudos apresentado explorou o potencial do uso de rebolos superabrasivos na conversão de retificadoras planas para aplicações de retificação cilíndrica. Os benefícios e desafios associados ao uso desses rebolos são debatidos em profundidade.

Cao *et al.* (2021) apresentam uma investigação experimental sobre a retificação por alimentação por arrasto com vibração ultrassônica (*ultrasonic vibration-assisted profile grinding* - UVAPG) em uma superliga à base de níquel, a Inconel 718, utilizando uma roda abrasiva de alumina. O objetivo do estudo é analisar a evolução do desgaste da roda abrasiva durante o processo de retificação e determinar a influência da UVAPG no desgaste da roda. Os resultados mostram que o uso da UVAPG reduz o desgaste da roda abrasiva de alumina, além de melhorar a rugosidade da superfície usinada. A análise das imagens das superfícies da roda abrasiva e da peça usinada indicou que a UVAPG contribui para a remoção de detritos aderidos na roda abrasiva e para a redução da temperatura de corte, o que desacelera a taxa de desgaste da roda. Além disso, a UVAPG também pode ajudar a reduzir a geração de calor na zona de corte, o que é benéfico para o processo de usinagem.

Em suma, o estudo conclui que o uso da UVAPG é uma técnica promissora para melhorar a eficiência e a qualidade do processo de retificação em superligas à base de níquel, e pode reduzir significativamente o desgaste da roda abrasiva de alumina.

Förstmann *et al.* (2017) abordam o processo de automação do desenvolvimento de dispositivos de fixação em sistemas de produção em larga escala. O texto apresenta uma nova abordagem chamada de fixação rápida, que tem como objetivo reduzir o tempo de desenvolvimento dos dispositivos, bem como os custos associados à sua construção. A técnica envolve o uso de software de modelagem em *computer-aided design* (CAD) para criar um modelo do produto a ser fabricado, a partir do qual é gerado um modelo virtual do dispositivo de fixação. Em seguida, a partir desse modelo, são gerados os códigos de CNC para a produção do dispositivo em uma máquina-ferramenta. O texto também aborda os desafios envolvidos no desenvolvimento de dispositivos de fixação, como a necessidade de alta precisão e repetibilidade, bem como a necessidade de considerar fatores como a geometria da peça, a força de aperto e a rigidez do sistema. O artigo também destaca as vantagens do uso da abordagem de fixação rápida, incluindo a redução do tempo de desenvolvimento dos dispositivos, a possibilidade de fabricação em larga escala e a flexibilidade na alteração de projetos. Por fim, o estudo destacou os benefícios potenciais da integração dessa abordagem no projeto, configuração e operação de máquinas convertidas, melhorando assim a eficiência e a flexibilidade gerais.

3 | PROJETO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO

O projeto do dispositivo de fixação para adaptação de retificadoras planas para realizar operações de retificação cilíndrica envolve várias considerações importantes para garantir sua eficácia, facilidade de uso e compatibilidade com os equipamentos existentes. As seções a seguir descrevem os principais aspectos do projeto do dispositivo de fixação:

- a) **Estrutura do Dispositivo de Fixação:** O dispositivo de fixação deve consistir em uma estrutura robusta, modular e ajustável que possa segurar com segurança as peças cilíndricas no lugar durante o processo de retificação. Esta estrutura deve ser facilmente fixada à mesa de trabalho da retificadora plana e deve ser ajustável para acomodar uma ampla gama de dimensões de peças cilíndricas.
- b) **Seleção do Material:** Os materiais utilizados na construção do dispositivo de fixação devem ser cuidadosamente selecionados para garantir durabilidade, resistência ao desgaste e impacto mínimo no processo de retificação. Materiais comuns usados em tais dispositivos incluem aço endurecido, ferro fundido e ligas de alumínio de alta resistência.
- c) **Sistema de fixação da peça:** Um sistema de fixação confiável e preciso da peça é essencial para garantir que a peça cilíndrica permaneça fixa durante o processo de retificação. Este sistema pode envolver mecanismos de fixação mecânicos, hidráulicos ou pneumáticos, com foco em minimizar o tempo de configuração e

garantir uma força de fixação consistente.

d) Mecanismo de Alinhamento e Centralização: Para obter acabamentos de superfície de alta qualidade e dimensões precisas, o dispositivo de fixação deve incluir um mecanismo preciso de alinhamento e centralização que garanta que a parte cilíndrica seja posicionada corretamente em relação ao rebolo. Esse mecanismo pode envolver o uso de relógios comparadores, ferramentas de alinhamento a laser ou sistemas de alinhamento auxiliados por computador.

e) Capacidade de rotação: Para acomodar várias operações de retificação cilíndrica, como retificação cônica ou retificação com ângulos variados, o dispositivo de fixação deve incorporar um mecanismo giratório. Esse recurso permite que a peça seja girada e inclinada em ângulos precisos, permitindo maior flexibilidade e adaptabilidade no processo de retificação.

f) Recursos de segurança: O dispositivo de fixação deve incluir recursos de segurança adequados para proteger os operadores e equipamentos durante o processo de retificação. Esses recursos podem incluir proteções para conter faíscas e detritos, mecanismos de parada de emergência e intertravamentos para impedir a operação quando o dispositivo não estiver devidamente protegido.

g) Facilidade de instalação e remoção: O dispositivo de fixação deve ser projetado para ser facilmente instalado e removido da retificadora plana, permitindo uma configuração rápida e trocas entre diferentes operações.

4 | IMPLEMENTAÇÃO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO

O projeto do dispositivo de fixação para adaptação de retificadoras planas para realizar operações de retificação cilíndrica envolve várias considerações importantes para garantir sua eficácia, facilidade de uso e compatibilidade com os equipamentos existentes. As seções a seguir descrevem os principais aspectos do projeto do dispositivo de fixação:

a) Estrutura do Dispositivo de Fixação: O dispositivo de fixação deve consistir em uma estrutura robusta, modular e ajustável que possa segurar com segurança as peças cilíndricas no lugar durante o processo de retificação. Esta estrutura deve ser facilmente fixada à mesa de trabalho da retificadora plana e deve ser ajustável para acomodar uma ampla gama de dimensões de peças cilíndricas.

b) Seleção do Material: Os materiais utilizados na construção do dispositivo de fixação devem ser cuidadosamente selecionados para garantir durabilidade, resistência ao desgaste e impacto mínimo no processo de retificação. Materiais comuns usados em tais dispositivos incluem aço endurecido, ferro fundido e ligas de alumínio de alta resistência.

c) Sistema de fixação da peça: Um sistema de fixação confiável e preciso da peça é essencial para garantir que a peça cilíndrica permaneça fixa durante o processo de retificação. Este sistema pode envolver mecanismos de fixação mecânicos, hidráulicos ou pneumáticos, com foco em minimizar o tempo de configuração e

garantir uma força de fixação consistente.

d) Mecanismo de Alinhamento e Centralização: Para obter acabamentos de superfície de alta qualidade e dimensões precisas, o dispositivo de fixação deve incluir um mecanismo preciso de alinhamento e centralização que garanta que a parte cilíndrica seja posicionada corretamente em relação ao rebolo. Esse mecanismo pode envolver o uso de relógios comparadores, ferramentas de alinhamento a laser ou sistemas de alinhamento auxiliados por computador.

e) Capacidade de rotação: Para acomodar várias operações de retificação cilíndrica, como retificação cônica ou retificação com ângulos variados, o dispositivo de fixação deve incorporar um mecanismo giratório. Esse recurso permite que a peça seja girada e inclinada em ângulos precisos, permitindo maior flexibilidade e adaptabilidade no processo de retificação.

f) Recursos de segurança: O dispositivo de fixação deve incluir recursos de segurança adequados para proteger os operadores e equipamentos durante o processo de retificação. Esses recursos podem incluir proteções para conter faíscas e detritos, mecanismos de parada de emergência e intertravamentos para impedir a operação quando o dispositivo não estiver devidamente protegido.

g) Facilidade de instalação e remoção: O dispositivo de fixação deve ser projetado para ser facilmente instalado e removido da retificadora plana, permitindo uma configuração rápida e trocas entre diferentes operações.

Ao incorporar essas considerações de projeto, o dispositivo de fixação resultante fornece uma solução prática e eficaz para pequenas empresas metalúrgicas de estampagem que buscam expandir suas capacidades adaptando suas retificadoras planas para realizar operações de retificação cilíndrica.

O dispositivo descrito na Figura 1 foi projetado para retificar peças cilíndricas em uma retificadora plana. Desse modo, em várias situações, não seria necessário utilizar uma retificadora cilíndrica.

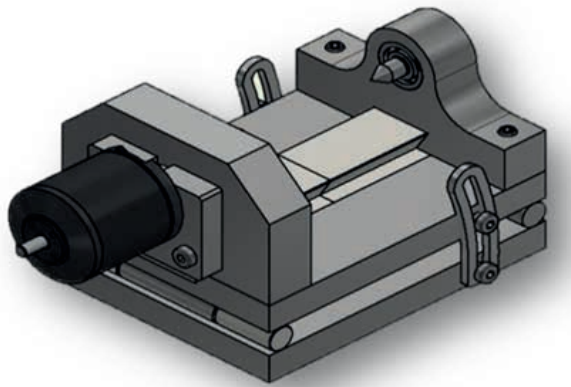


Figura 1 – Dispositivo de adaptação de retíficas planas para usinagem de peças cilíndricas

Fonte: autores

Uma vista explodida do dispositivo é apresentada na Figura 2.

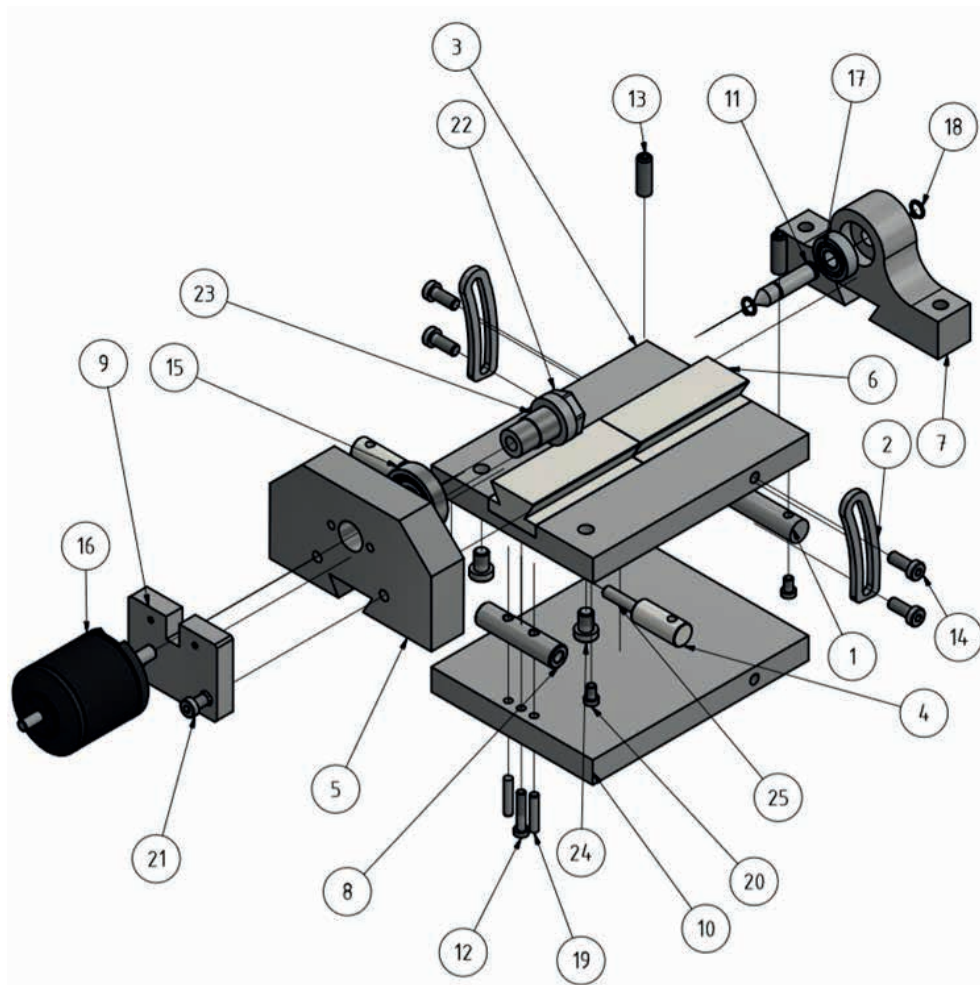


Figura 2 – Vista explodida do dispositivo de adaptação de retíficas planas para usinagem de peças cilíndricas

Fonte: autores

A lista de peças que compões o dispositivo de adaptação de retíficas planas para usinagem de peças cilíndricas é apresentada na Tabela 1.

Item	Quantidade	Descrição da peça	Detalhes adicionais
1	1	Apoio da mesa de seno	
2	2	Arco de sustentação	
3	1	Mesa de seno	
4	2	Eixo do mancal	
5	1	Suporte porta pinça	
6	2	Postiço do rabo de andorinha	
7	1	Mancal	
8	1	Bucha do mancal	
9	1	Suporte do motor	
10	2	Base	
11	1	Contra ponta	
12	1	Parafuso de cabeça cilíndrica	DIN 7984 - M6 x 30
13	2	Parafuso de ajuste sextavado	JIS B 1177 Flat Point - M10 x 30
14	4	Parafuso de cabeça cilíndrica	DIN 7984 - M8 x 20
15	1	Rolamento de rolos cônicos	30204
16	1	Motor para parafusadeira	10.8 V 350 - 1300 RPM
17	1	Rolamento rígido esferas	6201
18	2	Anel elástico	CNS 9074 - 10 x 1
19	2	Pinos de passador de aço paralelos	BS 1804-2 - 6 x 30
20	8	Parafuso de cabeça cilíndrica	DIN 7984 - M6 x 10
21	2	Parafuso de cabeça cilíndrica	DIN 7984 - M8 x 12
22	1	Ponta do porta-pinça	er20
23	1	Eixo do porta-pinça	er20
24	2	Parafuso de cabeça cilíndrica	DIN 7984 - M10 x 14

Tabela 1 - Lista de componentes do dispositivo de adaptação de retíficas planas

Fonte: autores

O diagrama elétrico do dispositivo é apresentado na Figura 3.

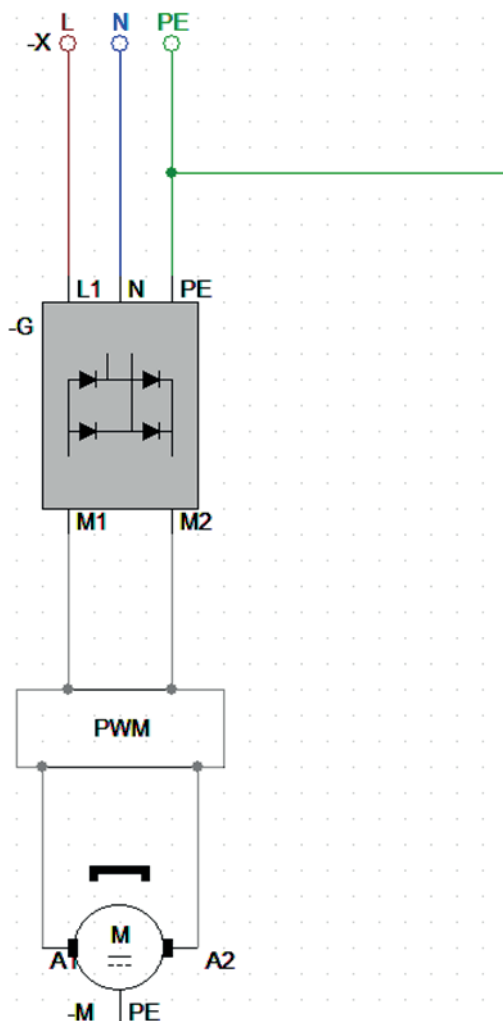


Figura 3 – Diagrama elétrico para acionamento do dispositivo de adaptação de retificas planas para usinagem de peças cilíndricas

Fonte: autores

Para acionar o dispositivo utiliza-se uma fonte chaveada de 12 V CC e 16,7 A. Esse é um tipo de fonte de alimentação eletrônica que converte a tensão da rede elétrica (geralmente 110 V ou 220 V CA) em uma tensão contínua (CC) de 12 volts e é capaz de fornecer até 16,7 amperes de corrente elétrica. As fontes chaveadas são amplamente utilizadas devido à sua eficiência energética e tamanho compacto em comparação com outros tipos de fontes de alimentação, como as lineares. Elas operam comutando (ligando e desligando) rapidamente a energia de entrada em uma alta frequência, o que permite a redução da tensão e a regulação precisa da saída. Esse tipo de fonte de alimentação

pode ser encontrado em uma variedade de aplicações, como carregadores de dispositivos eletrônicos, sistemas de iluminação LED, equipamentos de telecomunicações e sistemas de automação industrial. A saída de 12 V CC e 16,7 A é adequada para dispositivos e equipamentos que requerem uma fonte de alimentação com essas características de tensão e corrente (PRESSMAN *et al.*, 2009).

Também é utilizado um motor monofásico de 12 V e 1,3 A. Esse é um motor elétrico que opera com uma tensão de alimentação contínua (CC) de 12 volts e consome até 1,3 amperes de corrente durante seu funcionamento. Os motores monofásicos são chamados assim porque são alimentados por uma única fase de tensão, neste caso, a tensão contínua. Eles são comumente usados em aplicações de baixa potência e são geralmente encontrados em dispositivos portáteis, automóveis e pequenos equipamentos elétricos (HUGHES; DRURY, 2019).

Finalmente, o sistema de acionamento elétrico conta com um *Pulse Width Modulation* (PWM), também chamado de Dimmer de 12 V, que é um dispositivo eletrônico que controla a potência entregue a cargas elétricas, como motores DC, LEDs ou outros dispositivos que operam com uma tensão de 12 volts. Ele faz isso através da modulação da largura dos pulsos de uma forma de onda, ajustando efetivamente o ciclo de trabalho do sinal. Isso permite controlar a velocidade de um motor, o brilho de um LED ou a potência entregue a outros dispositivos de uma maneira eficiente e precisa (MOHAN *et al.*, 2002).

Os seguintes passos devem ser seguidos para garantir a precisão na usinagem ao utilizar o dispositivo de retificação cilíndrica em uma retificadora plana:

- a) Limpar a mesa magnética da retificadora plana com um pano, removendo quaisquer partículas ou resíduos que possam afetar a precisão da fixação.
- b) Utilizar um relógio comparador para verificar o paralelismo entre o dispositivo e a retificadora plana, garantindo um alinhamento adequado antes de iniciar a usinagem.
- c) Com o rebolo desligado, posicione a peça cilíndrica abaixo do rebolo e desça o mesmo para realizar a referência.
- d) Após a referência, ligue o rebolo e o motor do dispositivo e, em seguida, retifique a medida desejada movimentando apenas o comando transversal da máquina.
- e) O porta-pinça é movimentado por um motor elétrico que gira em sentido oposto ao do rebolo, permitindo a usinagem das peças cilíndricas. A rotação desse motor é controlada por meio de um modulador de largura de pulso (PWM).

Ao seguir essas etapas, será possível garantir uma maior precisão na usinagem de peças cilíndricas utilizando o dispositivo de retificação cilíndrica em uma retificadora plana.

Entre as recomendações de segurança, destacam-se as seguintes diretrizes:

- a) Não se deve utilizar o movimento longitudinal da retificadora. Idealmente, o sistema hidráulico do movimento longitudinal deve ser mantido desligado.
- b) Durante a fase inicial de referenciar a peça cilíndrica com o rebolo da retificadora,

é importante verificar se o equipamento apresentará qualquer interferência mecânica com as partes móveis da máquina.

c) Recomenda-se o uso de um carrinho de transporte de carga para o deslocamento do dispositivo.

d) A elevação do dispositivo deve ser realizada de acordo com as condições de trabalho estabelecidas na Norma Regulamentadora No. 17 (BRASIL, 2017).

e) É aconselhável utilizar calçados e óculos de segurança, bem como obter treinamento adequado na operação e manuseio de máquinas-ferramenta.

5 | RESULTADOS E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Foram examinadas as vantagens potenciais do desenvolvimento de um dispositivo de fixação para adaptar retificadoras planas para realizar operações de retificação cilíndrica, bem como as direções futuras para pesquisa e desenvolvimento nesta área. As seguintes vantagens e direções futuras foram identificadas:

a) Economia de custos: Ao desenvolver um dispositivo de fixação, pequenas empresas de usinagem de estampagem podem evitar os altos custos associados à compra de retificadoras cilíndricas dedicadas. Esta solução econômica permite que eles expandam suas capacidades de usinagem, mantendo uma vantagem competitiva no mercado.

b) Versatilidade: O dispositivo de fixação permite que as empresas utilizem suas retificadoras planas existentes para operações de retificação plana e cilíndrica, aumentando a versatilidade de seus equipamentos e reduzindo a necessidade de máquinas adicionais.

c) Produtividade aprimorada: A capacidade de executar operações de retificação cilíndrica em retificadoras planas pode levar a uma produtividade aprimorada, pois as empresas podem concluir uma ampla gama de tarefas usando seus equipamentos existentes.

d) Qualidade de superfície aprimorada e precisão dimensional: Com o projeto e implementação adequados do dispositivo de fixação, as empresas podem obter acabamentos de superfície de alta qualidade e dimensões precisas em peças cilíndricas, atendendo aos requisitos rigorosos de seus clientes.

e) Impacto ambiental reduzido: O uso de um dispositivo de fixação pode reduzir o impacto ambiental das operações de usinagem, pois são necessárias menos máquinas e os recursos são usados com mais eficiência.

Em relação às sugestões para pesquisas futuras, gostaríamos de elencar as seguintes:

a) Projetos avançados de dispositivos de fixação: pesquisas futuras podem se concentrar no desenvolvimento de projetos de dispositivos de fixação mais eficientes e versáteis, incorporando materiais e tecnologias inovadoras para melhorar o

desempenho e a facilidade de uso.

b) Otimização dos parâmetros do processo: estudos adicionais poderiam investigar a otimização dos parâmetros do processo na conversão de retificadoras planas para aplicações de retificação cilíndrica, levando a uma maior eficiência, qualidade da superfície e precisão dimensional.

c) Integração de tecnologias avançadas: A incorporação de tecnologias avançadas, como CAD/CAM, robótica e sistemas de monitoramento e controle de processo, pode aumentar ainda mais a eficiência e a qualidade do processo de conversão, levando a benefícios ainda maiores para pequenas empresas metalúrgicas de estampagem.

d) Personalização e flexibilidade: Pesquisas futuras podem explorar o desenvolvimento de dispositivos de fixação personalizáveis que podem ser adaptados às necessidades específicas de empresas individuais e seus equipamentos, oferecendo maior flexibilidade e adaptabilidade.

e) Implementação no mundo real e estudos de caso: A implementação prática e real de dispositivos de fixação em pequenas empresas metalúrgicas de estampagem, juntamente com estudos de caso detalhados, forneceriam informações valiosas sobre os benefícios, desafios e melhores práticas associadas à adaptação de retificadoras planas para cilindros operações de moagem.

6 | CONCLUSÕES

Esse capítulo explorou o desenvolvimento de um dispositivo de fixação para adaptar retificadoras planas para realizar operações de retificação cilíndrica. O principal objetivo era fornecer às pequenas empresas metalúrgicas de estampagem uma alternativa econômica para a compra de retificadoras cilíndricas dedicadas, expandindo assim suas capacidades e oportunidades de negócios.

O capítulo começou com uma introdução às operações realizadas nas empresas de estamparia e os equipamentos normalmente utilizados nestes ambientes. Destacou a correlação técnica entre as atividades de estamparia e retificadoras cilíndricas, bem como o custo de aquisição dessas máquinas. A introdução também discutiu as diferenças entre as operações realizadas em retíficas cilíndricas e retíficas planas e as potenciais vantagens de desenvolver um dispositivo de fixação para adaptação de retíficas planas à usinagem de peças cilíndricas.

A revisão da literatura examinou uma ampla gama de artigos científicos e livros que estudaram o projeto, implementação e análise de várias abordagens, técnicas e inovações relacionadas à conversão de retificadoras planas para aplicações de retificação cilíndrica. Esta extensa revisão revelou os avanços significativos feitos nesta área, bem como os desafios e oportunidades que temos pela frente.

Diante dos achados da revisão da literatura e das pesquisas realizadas ao longo

deste capítulo, fica evidente que o desenvolvimento de um dispositivo de fixação para adaptação de retificadoras planas para realizar operações de retificação cilíndrica possui grande potencial para pequenas empresas metalúrgicas de estampagem. Ao investir em tal dispositivo, essas empresas podem expandir suas capacidades, reduzir custos e aumentar sua competitividade no mercado.

No entanto, o projeto e a implementação de um dispositivo de fixação bem-sucedido requerem consideração cuidadosa de vários fatores, incluindo a seleção de materiais apropriados, parâmetros de processo e técnicas de otimização. Além disso, a integração de tecnologias avançadas, como CAD/CAM, robótica e sistemas de monitoramento e controle de processo, pode aumentar ainda mais a eficiência e a qualidade do processo de conversão.

A investigação futura nesta área poderá centrar-se no desenvolvimento de dispositivos de fixação mais versáteis e eficientes, bem como na otimização dos parâmetros do processo e na integração de tecnologias avançadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer aos colegas Brenno Clafmann, Denis Alves Bezerra, João Lucas Bezerra de Jesus, Marcus Vinicius Vieira Martins e Miguel Henrique Kornarker Pascheti do Senai Roberto Simonsen, cujo trabalho de conclusão de curso da turma de 2019 inspirou a redação desse capítulo. Adicionalmente, gostaríamos de agradecer à FATEC Mauá por proporcionar todas as condições para que o desenvolvimento desse projeto fosse executado.

REFERÊNCIAS

1. BEJLEGAARD, Mads; ELMARAGHY, Waguih; BRUNOE, Thomas D.; ANDERSEN, Ann-Louise; NIELSEN, Kjeld. Methodology for reconfigurable fixture architecture design. **Cirp Journal Of Manufacturing Science And Technology**, [S.L.], v. 23, p. 172-186, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirpj.2018.05.001>.
2. BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-17 - Ergonomia**. Brasília: MTE, 2022.
3. BRINKSMEIER, E.; AURICH, J.C.; GOVEKAR, E.; HEINZEL, C.; HOFFMEISTER, H.-W.; KLOCKE, F.; PETERS, J.; RENTSCH, R.; STEPHENSON, D.J.; UHLMANN, E.. Advances in Modeling and Simulation of Grinding Processes. **Cirp Annals**, [S.L.], v. 55, n. 2, p. 667-696, 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2006.10.003>.
4. BRUSCHI, Stefania; GHIOTTI, Andrea; SIMONETTO, Enrico. Hot stamping of high strength-to-weight metal alloys. Reference Module In **Materials Science And Materials Engineering**, [S.L.], 2023. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-96020-5.00045-5>.

5. CAO, Yang; YIN, Jingfei; DING, Wenfeng; XU, Jiuhua. Alumina abrasive wheel wear in ultrasonic vibration-assisted creep-feed grinding of Inconel 718 nickel-based superalloy. **Journal Of Materials Processing Technology**, [S.L.], v. 297, p. 117241, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2021.117241>.
6. DING, Wenfeng; LINKE, Barbara; ZHU, Yejun; LI, Zheng; FU, Yucan; SU, Honghua; XU, Jiuhua. Review on monolayer CBN superabrasive wheels for grinding metallic materials. **Chinese Journal Of Aeronautics**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 109-134, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cja.2016.07.003>.
7. DING, Han; RONG, Shifeng; RONG, Kaibin; TANG, Jinyuan; ZHOU, Zhenyu; ZHANG, Jiange; LI, Guowen. Life cycle assessment-driven collaborative optimization model of power dry cutting for face-hobbing hypoid gear production. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 385, p. 135710, jan. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135710>.
8. DORNFELD, D.; MIN, S.; TAKEUCHI, Y.. Recent Advances in Mechanical Micromachining. **Cirp Annals**, [S.L.], v. 55, n. 2, p. 745-768, 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2006.10.006>.
9. FENG, Haoren; XIANG, Daohui; WU, Bangfu; ZHAO, Bo. Ultrasonic vibration-assisted grinding of blind holes and internal threads in cemented carbides. **The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology**, [S.L.], v. 104, n. 1-4, p. 1357-1367, 27 jun. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-019-04024-2>.
10. FÖRSTMANN, R.; WAGNER, J.; KREISKÖTHER, K.; KAMPKER, A.; BUSCH, D.. Design for Automation: the rapid fixture approach. **Procedia Manufacturing**, [S.L.], v. 11, p. 633-640, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.161>.
11. GRZESIK, Wit. **Advanced Machining Processes of Metallic Materials: theory, modelling, and applications**. 2. ed. Elsevier, 2016.
12. GUO, Zhenfei; GUO, Bing; WU, Guicheng; XIANG, Yang; MENG, Qingyu; JIA, Jianfei; ZHAO, Qingliang; LI, Kenan; ZENG, Zhaoqi. Three-dimensional topography modelling and grinding performance evaluating of micro-structured CVD diamond grinding wheel. **International Journal Of Mechanical Sciences**, [S.L.], v. 244, p. 108079, abr. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2022.108079>.
13. GUSEV, V. G.; MOROZOV, A. V.; SHVAGIREV, P. S.. Evaluating discrete wheels and their influence on grinding dynamics. **Russian Engineering Research**, [S.L.], v. 29, n. 8, p. 835-837, ago. 2009. Allerton Press. <http://dx.doi.org/10.3103/s1068798x0908019x>.
14. HE, Yuhui; ZHANG, Yutong; ZHOU, Weihua; ZHANG, Jiajia; TANG, Jinyuan. Simulation study on the effect of grinding temperature and cooling rate on microstructure evolution of 9310 steel grinding surface. **Materials Today Communications**, [S.L.], v. 33, p. 104970, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104970>.
15. HUANG, H; GONG, Z.M; CHEN, X.Q; ZHOU, L. Robotic grinding and polishing for turbine-vane overhaul. **Journal Of Materials Processing Technology**, [S.L.], v. 127, n. 2, p. 140-145, set. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0924-0136\(02\)00114-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0924-0136(02)00114-0).
16. HUGHES, A.; DRURY, B.. **Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications**. 5. ed. Newnes, 2019.

17. JACKSON, M. J.. A review of the design of grinding wheels operating at excessive speeds. **The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology**, [S.L.], v. 94, n. 9-12, p. 3979-4010, 27 set. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-017-1131-2>.
18. KALPAKJIAN, Serope; SCHMID, Steven. **Manufacturing Engineering and Technology**. 8. ed. Person, 2020.
19. LACOMA, Vincent; BAILLEUL, Jean-Luc; MOISAN, Sandy; VINCENT, Guillaume; BINETRUY, Christophe; KERBRAT, Olivier. Inventory analysis of the carbon fibres reinforced polyphenylene sulfide thermo-stamping manufacturing process. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 393, p. 136337, mar. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136337>.
20. LOMOVA, O. S.; LOMOV, S. M.. Influence of contact between the center and the center hole on the basing precision in a circular grinder. **Russian Engineering Research**, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 244-247, mar. 2011. Allerton Press. <http://dx.doi.org/10.3103/s1068798x11030178>.
21. MACEROL, Nastja; FRANCA, Luiz F.P.; DRAZUMERIC, Radovan; KRAJNIK, Peter. The effects of grit properties and dressing on grinding mechanics and wheel performance: analytical assessment framework. **International Journal Of Machine Tools And Manufacture**, [S.L.], v. 180, p. 103919, set. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmactools.2022.103919>.
22. MALKIN, Stephen; GUO, Changsheng. **Grinding technology: theory and applications of machining with abrasives**. 2. ed. Industrial Press Inc., 2008.
23. MARINESCU, Ioan D.; HITCHINER, Mike; UHLMANN, Eckart; ROWE, W. Brian. **Handbook of Machining with Grinding Wheels**. 2. ed. Crc Press, 2019.
24. MENG, Qingyu; GUO, Bing; WU, Guicheng; XIANG, Yang; GUO, Zhenfei; JIA, Jianfei; ZHAO, Qingliang; LI, Kenan; ZENG, Zhaoqi. Dynamic force modeling and mechanics analysis of precision grinding with microstructured wheels. **Journal Of Materials Processing Technology**, [S.L.], v. 314, p. 117900, maio 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2023.117900>.
25. MENG, Qingyu; GUO, Bing; ZHAO, Qingliang; LI, Hao Nan; JACKSON, Mark J.; LINKE, Barbara S.; LUO, Xichun. Modelling of grinding mechanics: a review. **Chinese Journal Of Aeronautics**, [S.L.], v. 5, n. 8, p. 327-345, out. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cja.2022.10.006>.
26. MOHAN, N.; UNDELAND, T. M.; ROBBINS, W. P. **Power Electronics: Converters, Applications, and Design**. 3. ed. Wiley, 2002.
27. ORYNSKI, Franciszek; PAWIOWSKI, Witold. The influence of grinding process on forced vibration damping in headstock of grinding wheel of cylindrical grinder. **International Journal Of Machine Tools And Manufacture**, [S.L.], v. 39, n. 2, p. 229-235, fev. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0890-6955\(98\)00023-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0890-6955(98)00023-6).
28. ORYNSKI, Franciszek; PAWLOWSKI, Witold. The mathematical description of dynamics of the cylindrical grinder. **International Journal Of Machine Tools And Manufacture**, [S.L.], v. 42, n. 7, p. 773-780, maio 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0890-6955\(02\)00020-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0890-6955(02)00020-2).
29. PRESSMAN, A. I.; BILLINGS, K.; MOREY, T. **Switching power supply design**. 3. ed. McGraw-Hill Education, 2009.

30. PTASHNIKOV, V. S.. Increasing workpiece peripheral speed as a means for improving ergonomics of cylindrical up grinding with cubic boron nitride tools. **Journal Of Superhard Materials**, [S.L.], v. 31, n. 6, p. 392-406, dez. 2009. Allerton Press. <http://dx.doi.org/10.3103/s1063457609060070>.
31. REN, Zhida; LI, Beizhi; ZHOU, Qingzhi; HOU, Rundong; ZHANG, Yawei. Correction to: Optimization of high-speed grinding parameters for anti-fatigue performance of 20CrMnTi steel. **The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology**, [S.L.], v. 122, n. 9-10, p. 3583-3583, 16 set. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-022-10155-w>.
32. ROWE, William Brian. **Principles of Modern Grinding Technology**. 2. ed. Elsevier, 2014.
33. ROY, Rohit; CHIENG, Wei-Hua; WU, Pei-Sheng; CHIANG, Chung-Ping. Diagnosis of two-axis cylindrical grinder machining error. **The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology**, [S.L.], v. 123, n. 7-8, p. 2295-2312, 28 out. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-022-10328-7>.
34. SILVA, Leonardo R.; CORRÊA, Elaine C.s.; BRANDÃO, Joel Romano; ÁVILA, Renato F. de. Environmentally friendly manufacturing: behavior analysis of minimum quantity of lubricant - mql in grinding process. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 256, p. 103287, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.033>.
35. STEPHENSON, David. A.; AGAPIOU, John. S.. **Metal Cutting Theory and Practice**. 3. ed. CRC Press. 2016.
36. SHAW, Milton C.; Oxley, J. C.. **Metal Cutting Principles**. 3. ed. Oxford University Press. 2019.
37. TÓTH, Máté; SIMS, Neil D; CURTIS, David. An analytical study of wheel regeneration in surface grinding. **Procedia Cirp**, [S.L.], v. 82, p. 214-219, 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.046>.
38. WEN, Dongdong; WAN, Linlin; ZHANG, Xiaohong; LI, Chao; RAN, Xiaoru; CHEN, Zhuo. Grinding performance evaluation of SiC ceramic by bird feather-like structure diamond grinding wheel. **Journal Of Manufacturing Processes**, [S.L.], v. 95, p. 382-391, jun. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.04.024>.
39. WU, Jun; CHENG, Jun; GAO, Chunchun; YU, Tao; GUO, Zhaozhi. Research on predicting model of surface roughness in small-scale grinding of brittle materials considering grinding tool topography. **International Journal Of Mechanical Sciences**, [S.L.], v. 166, p. 105263, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2019.105263>.
40. WU, Yuguang; GAO, Shuming; CHEN, Zichen. Automated modular fixture planning based on linkage mechanism theory. **Robotics And Computer-Integrated Manufacturing**, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 38-49, fev. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2006.06.003>.
41. XU, Weixing; WU, Yongbo. Simulation investigation of through-feed centerless grinding process performed on a surface grinder. **Journal Of Materials Processing Technology**, [S.L.], v. 212, n. 4, p. 927-935, abr. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2011.12.002>.
42. XU, W.; WU, Y.. A new through-feed centerless grinding technique using a surface grinder. **Journal Of Materials Processing Technology**, [S.L.], v. 211, n. 10, p. 1599-1605, out. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2011.04.013>.

43. YACOB, Filmon; SEMERE, Daniel. Part Quality Prediction in Multistage Machining Processes with Fixtures Based on Locating Surfaces Using Dual Quaternions. **Procedia Cirp**, [S.L.], v. 104, p. 1825-1830, 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.308>.

44. ZHANG, L. C.; YASUNAGA, N. (ed.). **Advances in Abrasive Technology**. World Scientific Publishing Co Pte Ltd, 1997. 236 p.

FUZDETECT: SISTEMA DE DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ATAQUES DE NEGAÇÃO DE SERVIÇO

Data de aceite: 03/04/2023

Ariane Ventura

Programa de Pós Graduação em Informática (PPGI), Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa-PB, Brasil

Vivek Nigam

Programa de Pós Graduação em Informática (PPGI), Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa-PB, Brasil

Iguatemi Fonseca

Programa de Pós Graduação em Informática (PPGI), Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa-PB, Brasil

RESUMO: Ataques de negação de serviço podem variar de acordo com sua natureza, porém todos eles têm o objetivo de impedir que o servidor alvo receba novas solicitações de usuários legítimos. Este artigo propõe o FuzDetect, um novo sistema que não apenas alerta quando um ataque está acontecendo, mas também o classifica. O sistema FuzDetect recolhe dados de um Rede Definida por Software e em seguida os repassa para um sistema de classificação com Lógica Fuzzy. Tal classificação é

capaz de se adaptar à rede dinamicamente, com o uso da Otimização por Enxame de Partículas. Nossos resultados, com diferentes tipos de tráfego, demonstraram a eficiência do método proposto.

PALAVRAS-CHAVE: SDN, DDoS, Lógica Fuzzy, PSO.

1 | INTRODUÇÃO

Ataques de negação de serviço, quando executados com várias máquinas agindo como atacantes, de forma distribuída, são reconhecidos como Ataques de Negação de Serviço Distribuídos (DDoS) - Distributed Denial of Service Attacks). Conforme o Cert. BR(1), estes ataques podem ser divididos em: **ataques de exaustão**, cujo objetivo é saturar a capacidade dos recursos computacionais (memória, processamento e outros) e **ataques volumétricos** que tentam exaurir a banda disponível do alvo. Este artigo propõe o FuzDetect cujas contribuições são: **detectar e categorizar ataques**, acima mencionados, por meio da Lógica Fuzzy. Em Lógica Fuzzy,

os valores entre o intervalo [0,1] são usados para representar graus de associação, diferentemente da lógica de conjuntos clássica. Seu principal benefício é aproximar-se ao comportamento de sistemas onde as relações numéricas são complexas (2). Uma outra contribuição é a **adaptação do classificador fuzzy à rede**, uma vez que cada rede possui suas particularidades de tráfego e isto é obtido por meio da Otimização por Enxame de Partículas (PSO - *Particle Swarm Optimization*). PSO tem sido usado com sucesso em outras aplicações onde os problemas são de alta complexidade (3). E por último, **coletar dados da rede de forma leve** (dados de entrada do classificador), sem inspeção de pacotes, por meio de fluxos de uma Rede Definida por *Software* (SDN - *Software Defined Networking*) (4).

Em Mondal *et al.* (5) é apresentado um esquema de detecção com Lógica Fuzzy, porém a quantidade de regras é alta (aumentando o tempo computacional), a quantidade de parâmetros analisados é baixa, facilitando falsos negativos e nenhum mecanismo é utilizado para que o sistema pudesse se adaptar à rede. Dickerson *et al.* (6) propõe um sistema de detecção de ataques DDoS, entretanto o mesmo utiliza inspeção de pacotes, além disso, os ataques detectados não são especificados, tampouco é apresentado algum mecanismo que torne o classificador adaptado à rede analisada.

2 | FUZDETECT - FUNCIONAMENTO

Nesta etapa foi montado um ambiente virtual com variações de tráfego similar a uma rede real. A partir deste tráfego, variáveis foram coletadas (por meio de fluxos SDN), estabelecidas e utilizadas como entrada pelo sistema.

a) **Estabelecimento das variáveis de entrada - Variância de portas (VP) e bytes (VB):** durante os ataques, a dispersão em função da média foi alterada, tanto quanto aos *bytes* como quanto a média de portas. **Porcentagem de bytes em portas (PBP):** foi identificado, ao longo dos experimentos, que existem variações na relação entre a média de portas e a média de *bytes*, de acordo com o tipo de tráfego. **Mediana de bytes (MB) e pacotes (MP):** as motivações no uso destas encontram-se no trabalho de Braga *et al.* (7).

b) **Sistema de classificação - Lógica Fuzzy:** Na Tabela I, as variáveis de entrada representam as variáveis mencionadas anteriormente e os seus respectivos conjuntos: A - alto, B - baixo e M - médio e as variáveis de saída são: AV - ataque volumétrico, AE - ataque de exaustão e TNM - tráfego não malicioso, estas últimas também com seus respectivos conjuntos. Seguem as regras usadas no sistema *Fuzzy* aqui proposto, conforme Tabela II. A conversão das siglas é a mesma da Tabela I e o arranjo destas regras foi feito de forma empírica, a partir de observações acerca do tráfego. De acordo com a Tabela II, na primeira linha, é definido que se **MP é baixa** e **VP é alta** ou **MB é alta** e **PBP é alta**, então, **AV: alta** chance de acontecer, **AE: chance baixa** e para **TNM: média** chance (siglas mencionadas anteriormente). No processo de saída das regras (*defuzzyficação*), é gerada uma

saída numérica, informando assim, as chances dos tipos de tráfego mencionados estarem ocorrendo.

Variáveis de Entrada					Variáveis de Saída		
VP	VB	MB	MP	PBP	AV	AE	TNM
B	B	B	B	B	B	B	B
M	M	-	-	-	M	M	M
A	A	A	A	A	A	A	A

Tabela I - VARIÁVEIS DE ENTRADA E DE SAÍDA E SEUS RESPECTIVOS CONJUNTOS

c) **Otimização do FuzDetect – PSO:** O PSO é utilizado a fim de tornar o classificador adaptado à rede, por meio de ajustes nos conjuntos *fuzzy* e isto é obtido por meio de tráfego previamente identificado. Quanto mais acertos na classificação do tráfego, por conjuntos testados, maior a chance destes serem usados no classificador. Para mais detalhes acerca do PSO no FuzDetect, consultar (12) (Seção 4.0.5 e 5.3.1).

Regras	Tráfego
$((MP - B \text{ AND } VP - A) \text{ OR } (MB - A \text{ AND } PBP - A))$	$(AV - A) (AE - B) (TNM - M)$
$((VP - A \text{ AND } VB - B) \text{ OR } (MP - B \text{ AND } PBP - B))$	$(AV - M) (AE - A) (TNM - B)$
$((VP - B \text{ OR } VP - M) \text{ AND } (MP - A)) \text{ OR } (MB - A \text{ AND } MP - A)$	$(AV - B) (AE - M) (TNM - A)$

Tabela II - REGRAS FUZZY DO FUZDETECT

3 I EXPERIMENTOS, RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os *hosts* e *switches* virtuais que simularam clientes legítimos e atacantes foram executados no Mininet. Para a simulação de ataques volumétricos, utilizou-se o *dnssdrdos* (8) e o *Hping3* (9). Já para a execução de ataques de exaustão do serviço, o *Hping3* também. Por último, para simular conexões de clientes legítimos, foi utilizado o *Siege* (10) e um *script* HTTP foi criado usando a biblioteca Python, *Urllib3* (11) (nas referências destas ferramentas são apresentados detalhes sobre a configuração e parametrização das mesmas, respectivamente). Foram executados dois experimentos diferentes na topologia apresentada na Fig. 1. De acordo com a mesma, no experimento I, durante os ataques volumétricos (fluxo identificado por um redirecionador não pontilhado), o tráfego de ataque

se originou em S1, onde o atacante acessou servidores DNS com alto fator de amplificação e retornou a resposta ao alvo, no *switch* S5. Já no experimento II, durante os ataques por exaustão (redirecionador com linha pontilhada), o ataque se originou em S5 e possuiu como alvo um servidor *web* em S0. Demais *switches* da rede geraram exclusivamente tráfego legítimo (linha sem redirecionador e sem estar pontilhada), exceto os *switches* S0, S1, S4 e S5 que simultaneamente receberam e repassaram tráfego legítimo e de ataque, por experimento.

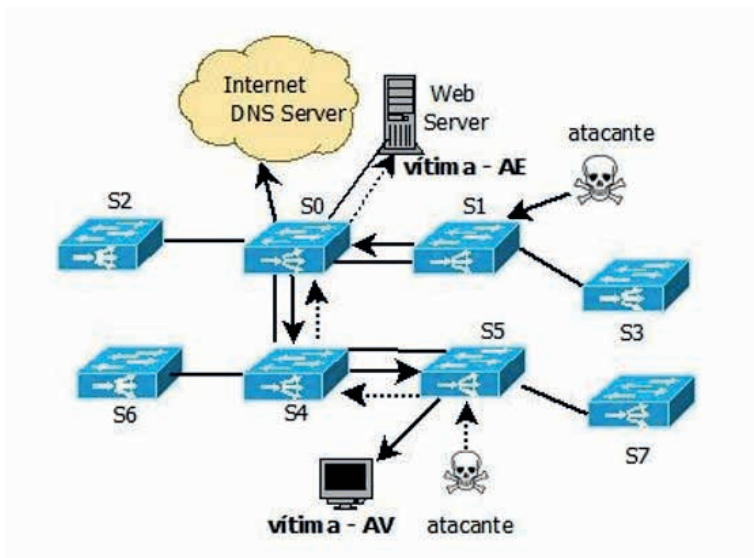


Figura 1. Topologia I

Na Tabela III, os resultados estão separados por experimento, podendo ser AV - ataques volumétricos ou AE - ataques de exaustão e por *switch*, de acordo com a Fig. 1. Para cada experimento / *switch* o valor da variável de saída esperada é destacado em negrito (devendo o valor desta ser maior que as demais, em todos os casos). Por exemplo, na Tabela III, no experimento I (AV), foi esperado que no *switch* S0 o tráfego de maior predominância identificado tenha sido o de ataque volumétrico e foi, com 64,5% de chance de ocorrer, já no experimento II (AE), esperou-se que em S1 o tráfego não malicioso tenha sido o de maior predominância e assim ocorreu (com 77% de chance de acontecer).

Neste trabalho, falsos positivos corresponderam a classificação errônea, em que em um *switch* trafegando unicamente dados legítimos, o classificador identifique este como de ataque. Já para falsos negativos, qualquer *switch* com tráfego de ataque, mas que não tenha sido considerado como tal. O FuzDetect foi preciso em todas as classificações, para todos os casos a saída em negrito sempre foi maior que as demais, indicando assim a precisão na identificação do tráfego.

experimento I - AV			experimento II - AE			Switch
AV	AE	TNM	AV	AE	TNM	
64,5%	31,8%	53%	24,7%	74,7%	50%	S0
74,7%	24,7%	24,7%	30%	16%	77%	S1
57%	42,9%	59,2%	25%	50%	75%	S2
50%	50%	59,2%	30%	18%	78%	S3
74,4%	24,7%	24,1%	20,1%	79,2%	50%	S4
73%	22%	53,7%	16,6%	82,6%	50%	S5
56,1%	43,5%	62%	25%	50%	80%	S6
44,4%	36,1%	63,3%	28,3%	50%	75%	S7

Tabela III - RESULTADOS - TOPOLOGIA I - EXPERIMENTO I E II

REFERÊNCIAS

- (1) CertBR - Ataques Distribuídos de Negação de Serviço (DDoS) - 2016. Disponível em: <https://www.cert.br/docs/whitepapers/ddos>. Acessado em: 1 de jul. 2018.
- (2) T. J. Ross. Fuzzy Logic: With Engineering Applications. Third Edition. West Sussex, United Kingdom: WILEY, 2010.
- (3) K. Chia-Nan and W. Chia-Ju. A PSO-Tuning Method for Design of Fuzzy PID Controllers. Journal of Vibration and Control, Los Angeles, CA, USA, v. 14, n. 3, p. 375-395, Marc, 2008.
- (4) T. D. Nadeau e K. Gray. SDN: Software Defined Networks: An Authoritative Review of Network Programmability Technologies. First Edition. Gravenstein Highway, Sebastopol: "O'Reilly Media, Inc.", 2013.
- (5) Mondal, H. Shekhar and Hasan, Md Tariq and Hossain, M. Bellal and Rahaman, M. Ekhlasar and Hasan e Rabita. Enhancing Secure Cloud Computing Environment by Detecting DDoS Attack Using Fuzzy Logic. Electrical Information and Communication Technology (EICT), 2017 3rd International Conference on, Khulna, Bangladesh, pages 1-4. IEEE, Dec, 2017.
- (6) J. E. Dickerson e J. A. Dickerson. Fuzzy Network Profiling for Intrusion Detection. Fuzzy Information Processing Society 2000. NAFIPS. 19th International Conference of the North American, Atlanta, GA, USA, pages 301-306. IEEE, Jul, 2000.
- (7) R. Braga, E. Mota e A. Passito. Lightweight DDoS Flooding Attack Detection using Nox/Openflow. Local Computer Networks (LCN) 2010, IEEE 35th Conference on, Denver, CO, USA, pages 408-415. IEEE, Oct, 2010.
- (8) DDoS Amplification Attacks - 2018. Disponível em: <https://www.noction.com/blog/ddos-amplification-attacks>. Acessado em: 19 de Ago. 2018.
- (9) Hping usage examples - 2009. Disponível em: <https://www.rationallyparanoid.com/articles/hping.html>. Acessado em: 19 de Ago. 2018.
- (10) Load Testing Web Servers - 2015. Disponível em: <https://www.linode.com/docs/tools-reference/tools/load-testing-with-siege/>. Acessado em: 19 de Ago. 2018.

(11) Urllib3 Documentation - 2018. Disponível em: <https://urllib3.readthedocs.io/en/1.5/#connectionpool>. Acessado em: 19 de Ago. 2018.

(12) A. Falcão, \emph{FuzDetect: Sistema de Detecção e Classificação de Ataques de Negação de Serviço}. 2018. 91f. Qualificação de Mestrado - UFPB, PB, 2018. <https://www.dropbox.com/s/91bl63tl9ppg36o/doc.pdf?dl=0>

GERMINAÇÃO, VIGOR E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE MILHO COM CLORETO DE SÓDIO

Data de submissão: 01/03/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Stefany de Souza Xavier

Universidade Federal Fluminense,
Departamento de Engenharia Agrícola e
Meio Ambiente, Niterói – RJ
<http://lattes.cnpq.br/0828095632853283>

Fernanda Macedo de Araujo Azeredo

Universidade Federal Fluminense,
Departamento de Engenharia Agrícola e
Meio Ambiente, Niterói – RJ
<https://lattes.cnpq.br/0300640433221503>

Evelynn Teixeira Silva

Universidade Federal Fluminense,
Departamento de Engenharia Agrícola e
Meio Ambiente, Niterói – RJ
<https://lattes.cnpq.br/5080529490303145>

Gabrielle Vandam Simonetti de Oliveira

Universidade Federal Fluminense,
Departamento de Engenharia Agrícola e
Meio Ambiente, Niterói – RJ
<http://lattes.cnpq.br/9616633857305219>

Júlia Ramos de Oliveira

Universidade Federal Fluminense,
Departamento de Engenharia Agrícola e
Meio Ambiente, Niterói – RJ
<http://lattes.cnpq.br/2717417208779978>

Nicole Pereira de Souza Rocha

Universidade Federal Fluminense,
Departamento de Engenharia Agrícola e
Meio Ambiente, Niterói – RJ
<http://lattes.cnpq.br/1483211305250892>

Pedro Soares de Melo

Universidade Federal Fluminense,
Departamento de Engenharia Agrícola e
Meio Ambiente, Niterói – RJ
<https://lattes.cnpq.br/2719682726293697>

Rebecca de Andrade Klein Ricardo

Universidade Federal Fluminense,
Departamento de Engenharia Agrícola e
Meio Ambiente, Niterói – RJ
<http://lattes.cnpq.br/6624647050814841>

Daniel Moncada Pereira Marques

Universidade Federal Fluminense,
Departamento de Engenharia Agrícola e
Meio Ambiente, Niterói – RJ
<http://lattes.cnpq.br/0448252192825985>

Gabriela Martins Correa

Universidade Federal Fluminense,
Departamento de Engenharia Agrícola e
Meio Ambiente, Niterói – RJ
<http://lattes.cnpq.br/248243243618567>

RESUMO: O Brasil é um dos maiores produtores de milho (*Zea mays*) do mundo e além do seu grande valor econômico nacional, possui influência em diversas áreas em todo o planeta. Desta forma, é de extrema importância a realização de estudos para investigar diferentes formas de tratamento. Logo, o objetivo do trabalho o objetivo deste estudo foi analisar a germinação, vigor e parâmetros de crescimento de plântulas de milho quando cultivadas com duas gramas de cloreto de sódio (NaCl) por litro de água em papel Germitest®. Para isso, se utilizou o milho híbrido Pioneer® (Híbrido 30F53YHR) com dois tratamentos, controle (somente água) e água com duas gramas de cloreto de sódio (NaCl) por litro, para umedecer o papel Germitest®. Avaliou-se a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, volume da raiz, altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa fresca e massa seca. Somente teve diferença estatística nos dados de massa seca.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse abiótico; salinidade; *Zea mays*.

GERMINATION, VIGOR AND GROWTH OF CORN SEEDLINGS WITH SODIUM CHLORIDE

ABSTRACT: Brazil is one of the largest producers of corn (*Zea mays*) in the world and, in addition to its great national economic value, it influences several areas across the planet. Thus, it is extremely important to carry out studies to investigate different forms of treatment. Therefore, the objective of this study was to analyze the germination, vigor, and growth parameters of corn seedlings when cultivated with two grams of sodium chloride (NaCl) per liter of water on Germitest® paper. In this regard, Pioneer® hybrid corn (Hybrid 30F53YHR) was used with two treatments, control (only water) and water with two grams of sodium chloride (NaCl) per liter, to moisten the Germitest® paper. The germination percentage, germination speed index, root volume, height of the aerial parts, collar diameter, fresh mass, and dry mass were evaluated. There was only a statistical difference in the dry mass data.

KEYWORDS: Abiotic stress; salinity; *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O milho é caracterizado economicamente pelas várias formas de sua utilização (DUARTE et al., 2021). Os usos dos seus derivados estendem-se às indústrias química, farmacêutica, de papéis, têxtil, entre outras de aplicação ainda mais nobres e novos conceitos de qualidade do milho têm surgido com as novas demandas e os resultados de pesquisas (PAES, 2006). Segundo a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), em 2022, houve, na sua primeira safra, uma certa estabilidade na produção em 24,9 milhões de toneladas, devido às condições climáticas desfavoráveis, principalmente, nos estados do Sul, a segunda safra foi marcada por uma retomada na produção em torno de 41,8%,

sendo estimada em 86,1 milhões de toneladas (CONAB, 2022).

Diante desse cenário, para melhor produção do milho, é importante a observação dos impactos que fatores abióticos impõem ao cultivo. Dessa forma, é necessário que sejam feitos estudos para que haja um melhor manejo dessa cultura, de modo que ocorra uma diminuição do possível impacto causado na produtividade do milho. Uma alternativa para os produtores é o cultivo de milhos híbridos, que podem apresentar resoluções diferenciadas a estes fatores e de acordo com os prospectos de aperfeiçoamento do milho, as empresas procuram produzir genótipos com maiores características adaptativas, sendo menos suscetíveis a fatores adversos (GALON et al., 2011).

Em suma, o milho híbrido é o resultado do cruzamento de duas linhagens puras e sua principal vantagem é a rentabilidade resultante da sua grande produtividade, já que é modificado para ser um produto de primeira linha (VIEIRA, 2020). Em relação aos tipos de híbridos, há o híbrido comum, o híbrido intervarietal, híbrido duplo e híbrido triplo. Assim, quase todo grão de milho é proveniente do cruzamento de duas plantas diferentes. Por conseguinte, a planta que se originar deste grão terá algumas características da “planta-mãe” e outras da “planta-pai”, porém não será exatamente idêntica a nenhum deles (MAGNAVACA et al., 1990).

Neste estudo, foi trabalhado o milho híbrido Pioneer® (Híbrido 30F53YHR), que segundo seus fabricantes, possui não só um elevado potencial de produção de maneira precoce, mas também conta com proteção contra alguns estresses bióticos (PIONEER, 2013), de maneira que a presença de um gene permite alta qualidade de grãos, adaptabilidade e estabilidade de produção (CORREIA, 2020). O produto entrega uma boa resposta ao manejo e boa tolerância a doenças como: ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) e mancha de turcicum (*Exserohilum turcicum*), do mesmo modo, que atua de maneira eficaz com o estresse hídrico em comparação a outros híbridos, sendo excelente para silagem (PIONEER, 2023).

No Brasil, em determinadas regiões, a baixa disponibilidade de água é apontada como fator limitante para a produção (BARBOSA E SOUZA, 2015). Posto isso, buscam-se alternativas para serem utilizadas e a preocupação com a salinidade é apresentada, pois as altas concentrações de sal na produção de milho limitam o crescimento da produção da cultura, levando a mudanças na morfologia, estrutura e metabolismo das plantas superiores (DE VILLA et al., 2019)

Além disso, algumas plantas são capazes de desenvolver mecanismos que minimizem os efeitos nocivos do excesso de sal no solo e na água de irrigação (DA SILVA et al., 2016). Entretanto, sementes expostas a fatores estressantes, geralmente apresentam uma queda de 17,5% em valores médios de germinação (VIRTUOSO, 2018). O desempenho fisiológico varia com o tipo de semente e com as diferentes desordens enfrentadas de acordo com o estresse, o que vai afetar a produção de biomassa (VIRTUOSO, 2018). Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a germinação, vigor e parâmetros de crescimento de plântulas de

milho quando cultivadas com duas gramas de cloreto de sódio (NaCl) por litro de água em papel Germitest®.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em laboratório / área experimental da Universidade Federal Fluminense, no Campus Praia Vermelha, em Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. Inicialmente, foi realizada a semeadura em papel Germitest® e mantidas em uma câmara de germinação B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) com temperatura em 22°C, sem luminosidade.

O processo foi realizado da seguinte maneira: as sementes foram distribuídas homogeneamente sobre o papel, quatro repetições do milho umedecido com água destilada (controle) e, de maneira proporcional, mais quatro repetições distribuídas nos papéis utilizando água com duas gramas de cloreto de sódio (NaCl) por litro, sendo que foi utilizado aproximadamente 20 mL de água para umedecer cada papel Germitest®. Para iniciar o processo, o papel úmido foi colocado na bandeja; dez fileiras com dez sementes foram enfileiradas (totalizando 100 sementes por papel Germitest®). A distância das fileiras foi de aproximadamente 3 cm.

A seguir, os papéis Germitest® foram dobrados na direção vertical, ao longo das fileiras e identificados. Já com as dobras, os papéis com as sementes foram inseridos delicadamente dentro de um saco plástico incolor e colocado um elástico apenas para segurá-los. Em ambos os métodos de condução as sementes ficaram armazenadas em um recipiente para ser conservado de forma igualitária. Durante o período em que as repetições permaneceram sob as condições de temperatura de acordo com o tratamento, foram diariamente avaliadas para manutenção e receberam as aplicações hídricas para suprir a necessidade da manutenção da umidade até a conclusão do estudo, mantendo as sementes, e, posteriores plântulas, irrigadas.

A taxa de germinação foi aferida diariamente, até o nono dia após o início do seu desenvolvimento, quando todos os tratamentos estabilizaram. Determinou-se a porcentagem e o índice de velocidade de germinação (IVG). A porcentagem foi calculada pela fórmula seguindo a Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e o IVG de acordo com a equação (EQ(1)) por Maguire (1962) adaptado de Moraes et al. (2012).

$$IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn) \quad EQ(1)$$

Onde:

G1, G2, Gn = número de sementes germinadas na primeira, segunda e última contagem.

N1, N2, Nn = dias após a semeadura na primeira, segunda e última contagem

As verificações dos parâmetros de crescimento foram realizadas no 23º dia após a semeadura (DAS). Sobretudo, para as análises, foram selecionadas cinco plântulas

aleatoriamente. Para o volume da raiz foi medido a partir da utilização de uma proveta de 250 ml com água, onde a raiz foi inserida e, deste modo, obteve-se a contabilização do volume, em mL que foi deslocado pela proveta. Além disso, a altura da parte aérea foi medida com o auxílio de uma trena métrica. Os resultados foram expressos em centímetros (cm). Ademais, o diâmetro do caule foi obtido através da medição utilizando o paquímetro digital no colo da plântula. Os resultados foram expressos em milímetros (mm).

Já a massa fresca total foi determinada pela soma da massa das folhas, do caule e da raiz, realizada em balança analítica e expressos em miligramas. Após secagem (em estufa com ventilação forçada a 65 °C, por 3 dias), foi aferida a massa seca total (soma da massa seca das folhas, do caule e da raiz) e expressos em miligramas. Após os dados foram tabulados e submetidos a análise de variância (ANOVA) com o auxílio do programa estatístico SISVAR, aplicou-se o teste de média em nível de probabilidade de 5% por meio do teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a semeadura, o milho em ambos os tratamentos, começou o processo de germinação a partir do quarto dia, tendo uma maior germinação quando somente utilizado água, ou seja, tratamento controle. Entretanto, a partir do sexto dia se pode notar uma alteração entre os tratamentos. A partir desse dia, o milho irrigado com solução salina passou a germinar de forma mais expressiva em relação ao milho controle e atingiu a estabilidade da germinação por primeiro. Tais resultados são observados tanto para o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), onde se obteve 3,25% para o controle, e 3,31% para o sal (dados não mostrados), quanto para a porcentagem de germinação (Figura 1).

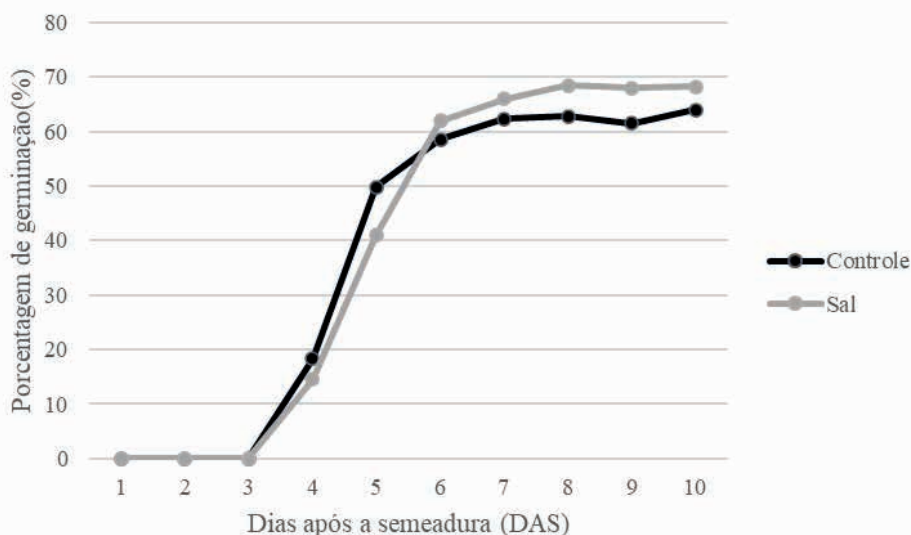


Figura 1: Porcentagem de germinação de sementes com solução salina (sal) e água (controle), ao longo dos dias após a semeadura

Fonte: Autoria própria, 2023.

Sobre os efeitos do cloreto de sódio na solução, o assunto é constantemente discutido e é apontado que provoca redução no desenvolvimento vegetal, atribuído a diminuição do potencial osmótico; desbalanço nutricional causado pela concentração iônica e inibição da absorção de outros cátions pelo sódio, porém, a relevância dos danos depende do tempo, concentração, tolerância da cultura e volume de irrigação (SCHOSSLER et al., 2012).

A realização do teste de germinação padrão não foi realizado na terra em ambiente externo, como ocorre naturalmente, foi utilizado papel Germitest®, um produto seguro e de fácil manuseio para o trabalho, o mesmo obtém a capacidade de retenção de água e previne a proliferação de fungos e bactérias. Além da utilização desse material a semente é obtida com uma aplicação de fungicida -de cor vermelha-, assim, auxilia ainda mais na prevenção de doenças ao longo da experiência (Figura 2).

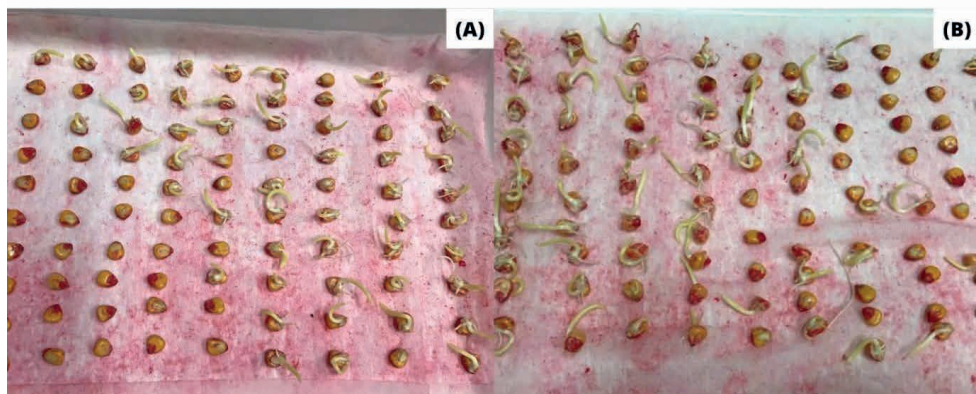


Figura 2 - Plântulas de milho com 7 dias após a sementeira em que (A) tratamento controle e (B) tratamento com sal.

Fonte: Autoria própria, 2023.

No desenvolvimento habitual das plantas há a realização de uma série de processos físicos, químicos e biológicos que possuem como principal dependência a disponibilidade de água para efetuar a quantidade certa de recursos (TAIZ et al., 2017). Assim, a preocupação com a salinidade relaciona-se com a diminuição do potencial osmótico, associada ao uso de águas de irrigação salinas, que pode ser especialmente perigoso. A planta, eventualmente, alcança um alto potencial de “estresse” mais rapidamente, principalmente para as culturas sensíveis à salinidade (RHOADES et al., 1992). A relevância desse estudo se deve ao fato desta variável ser considerada a principal responsável pela variação do potencial hídrico das plantas em ambientes salinos (COELHO et al., 2014)

Em relação aos parâmetros de crescimento, observou-se que não se obteve diferença na análise estatística em relação ao volume da raiz ($p: 0,6221$), altura do caule ($p: 0,793$), diâmetro do colo ($p: 0,4008$) e da massa fresca ($p: 0,3979$), todos obtidos com uma variação maior do que 0,05. Porém, os dados gerados pela massa seca apresentaram o valor de 0,0451, inferior a 0,05, ou seja, estatisticamente significativo. Foi analisado que o milho controle obteve maior biomassa, em relação ao milho cultivado na solução salina, pois teve uma redução na sua biomassa (Figura 3).

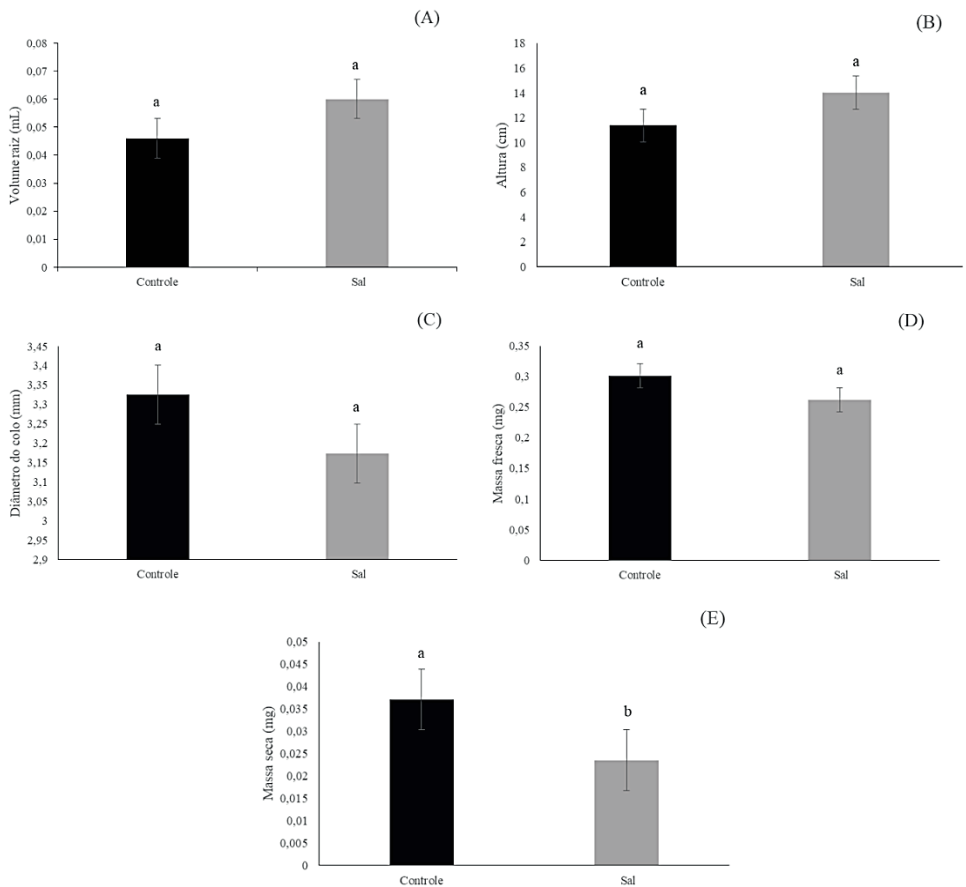


Figura 3 –Parâmetros de crescimento para os tratamentos controle (água) e solução salina. Volume da raiz (A), altura da parte aérea (B), diâmetro do colo (C), massa fresca (D) e massa seca (E). n=5.

Fonte: Autoria própria, 2023.

Analisando os resultados, a presença de cloreto de sódio na água teve pouca influência, nos parâmetros analisados, conforme abordado anteriormente, mas também pode ser evidenciado pela análise visual dos tratamentos (Figura 4), porém a redução na biomassa possivelmente afetaria o desenvolvimento das mudas em campo.

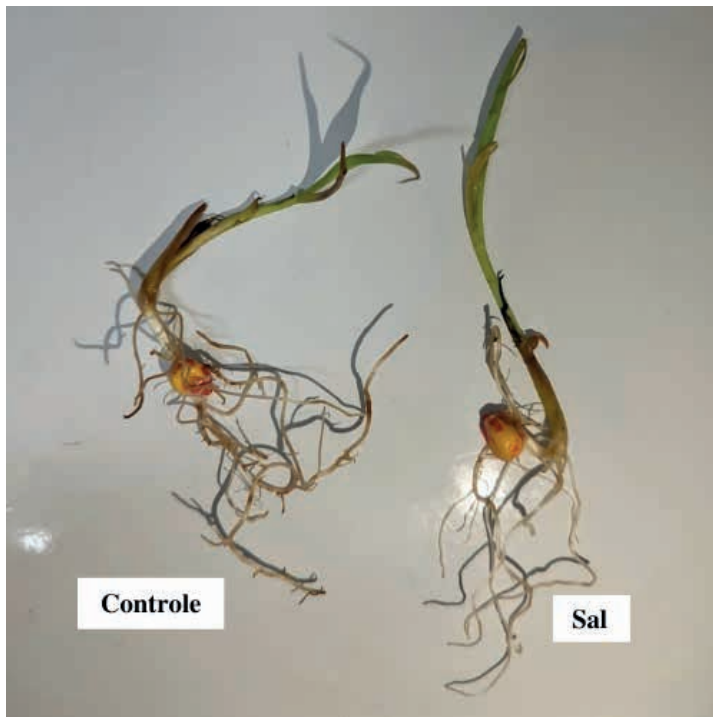


Figura 4 – Análise visual dos tratamentos aos 22 dias após início da germinação.

Fonte: Autoria própria, 2023.

CONCLUSÃO

O tratamento controle iniciou a germinação primeiro, porém o tratamento com sal teve a estabilização da germinação primeiro. Logo, foi obtido um IVG de 3,25% no tratamento controle e de 3,31% no tratamento com sal. Em relação ao volume da raiz, altura, diâmetro do colo e massa fresca, não houve diferença entre os tratamentos, somente para massa seca, em que o tratamento controle obteve maior biomassa.

AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnologia – CNPq e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ.

REFERÊNCIAS

COELHO, J. B. M.; Barros, M. de F. C.; Bezerra Neto, E.; Souza, E. R. **Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão caupi cultivado em solos salinizados**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. Rev. bras. eng. agríc. ambient., 2014 18(7), jul. 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção de grãos atinge recorde na safra 2021/22 e chega a 271,2 milhões de toneladas.** Conab - Companhia Nacional de Abastecimento: 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4744-producao-de-graos-atinge-recorde-na-safra-2021-22-e-chega-a-271-2-milhoes-de-toneladas> Acessado em: 30 janeiro 2023.

CORREIA, Daniela Marques. **Resposta fisiológicas de variedades de milho ao estresse hídrico por alagamento no estágio inicial de desenvolvimento.** 2020. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, 2020.

DA SILVA, F. A.; PEREIRA, F. H. F.; JUNIOR, J. E. C.; NÓBREGA, J. S.; SOUZA, W. V. **Crescimento inicial do milho cultivado em solo salino e tratado com prolina.** CONTECC'2016, Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - Foz do Iguaçu, Brasil, 29 ago. 2016.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Milho - Importância Socioeconômica.** Embrapa Milho e Sorgo, 8 dez. 2021

DE VILLA, B.; SANTOS, R. F.; SECCO, D.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; TOKURA, L. K.; PRIOR, M. P.; DA SILVA REIS, L.; DA SILVA, D. R. **Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial do milho.** Acta Iguazu, v. 8, n. 3, p. 42–47, 2019. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/20043>. Acesso em: 17 fev. 2023.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A. da; SOARES, E. R.; CONCENÇO, G.; ALBERTO, C. M. **Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho.** Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas, v. 4, n. 3, 2011.

MAGNAVACA, R.; PARENTONI, S. N. **Cultivares x híbridos: conceitos básicos.** EMBRAPA/CNPMS; Sidney Netto Parentoni, CNMPS, EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Informe Agropecuário, Belo Horizonte, ano 1990, v. 14, n. 165, p. 5-8, 2015.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

PRODUTOS de milho híbrido marca Pioneer®. **Pioneer - Feitos para crescer.** Jan. 2023. Disponível em: <https://www.pioneer.com/br/produtos-e-solucoes/milho0.html>. Acesso em: 25 jan. 2023.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use of saline waters for crop production-FAO irrigation and drainage paper 48.** FAO, Rome, v. 133, 1992

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F.; PIAUILINO, A. **SALINIDADE: EFEITOS NA FIOLOGIA E NA NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS.** ENCICLOPEDIA BIOSFERA, v.8, n.15, 2012.

SOUZA, G. M.; BARBOSA, A. M. **Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante.** Revista Visão Agrícola – ESALQ/USP / N°13, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

VIEIRA, L. C. **Milho híbrido é obtido através do cruzamento de duas linhagens puras.** Agro 2.0, 21 out. 2020. Disponível em: <https://agro20.com.br/milho-hibrido/>. Acesso em: 26 jan. 2023.

VIRTUOSO, Marcos Claudio da Silva. **Estresses abióticos na germinação de sementes e no crescimento de mudas de espécies e híbridos de Eucalyptus**. 2018. Dissertação de mestrado (Pós-graduação Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) - FCAV - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Jaboticabal – Unesp, 2018.

IMOBILIZAÇÃO DE PEROXIDASE DE RAIZ FORTE EM CASCA DE NOZ-PECÃ: INFLUÊNCIA DO CARREGAMENTO ENZIMÁTICO

Data de aceite: 03/04/2023

Ani Caroline Weber

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/8238624023188773>

Cristiano de Aguiar Pereira

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/4370455437960177>

Bruno Eduardo da Silva

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/9474409267081328>

Guilherme Schwingel Henn

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/7398704920001376>

Sabrina Grando Cordeiro

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/2337098282279202>

Bruna Costa

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/2255574648252180>

Jéssica Samara Herek dos Santos

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/8038392775385994>

Lucineia Cavalheiro Schneider

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/7037056545540269>

Eduardo Miranda Ethur

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/0536800052883688>

Lucélia Hoehne

Universidade do Vale do Taquari
Lajeado - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/1088266827926373>

RESUMO: A noz-pecã, fruto da nogueira-pecã, é amplamente produzida e consumida. No entanto, o processamento industrial da noz-pecã possui elevada taxa de geração de resíduos, uma vez que a casca corresponde a cerca de 50% da massa total do fruto. Neste sentido, estudos visando o reaproveitamento da casca de noz-pecã, bem como a agregação de valor, vêm ganhando espaço. Dentre as possíveis

aplicações, está a utilização da casca de noz-pecã como suporte para a imobilização enzimática, como por exemplo, da peroxidase de raiz forte (HRP). A HRP é uma oxidoreductase com a capacidade de degradar moléculas aromáticas, principalmente fenóis. No entanto, estudos empregando-se a casca de noz-pecã como suporte para a imobilização de HRP ainda são escassos. Assim, este estudo tem por objetivo imobilizar a HRP em casca de noz-pecã tratada com NaOH, avaliando-se a influência do carregamento enzimático no rendimento e eficiência de imobilização, e posteriormente, na atividade enzimática recuperada. Para isto, a casca de noz-pecã foi moída e tratada quimicamente com NaOH, e posteriormente classificada granulometricamente, sendo a fração retida na peneira -80 +100 MESH utilizada para a imobilização. O carregamento enzimático foi avaliado adicionando diferentes quantidades de enzima (10-500 mg/g de suporte) para uma mesma massa de suporte, em meio orgânico (hexano). Para a faixa de carregamento empregada, a adição de 100 mg de proteína/g de suporte resultou na melhor condição, com um rendimento de 99%, eficiência de 188,6% e recuperação da atividade de 188,5%. Verificou-se que a imobilização da HRP na casca de noz-pecã contribuiu para uma maior atividade catalítica nos carregamentos de 50, 100 e 200 mg/g de suporte, resultando em eficiências superiores a 100%. Conclui-se que a casca de noz-pecã pode ser tratada e empregada na imobilização enzimática, agregando valor a este resíduo, bem como favorecendo a empregabilidade enzimática em processos industriais.

PALAVRAS-CHAVE: Horseradish peroxidase. Casca de noz-pecã. Rendimento. Eficiência.

IMMOBILIZATION OF HORSERADISH PEROXIDASE IN PECAN SHELL: INFLUENCE OF ENZYME LOADING

ABSTRACT: Pecan, the fruit of the pecan tree, is widely produced and consumed. However, the industrial processing of pecans has a high rate of waste generation, since the shell corresponds to about 50% of the total mass of the fruit. In this sense, studies aimed at the reuse of pecan nut shells, as well as adding value, have been gaining ground. Among the possible applications is the use of pecan nut shell as a support for enzymatic immobilization, such as horseradish peroxidase (HRP). HRP is an oxidoreductase with the ability to degrade aromatic molecules, mainly phenols. However, studies using pecan nut shell as a support for HRP immobilization are still scarce. Thus, this study aims to immobilize HRP in NaOH-treated pecan nut shells, evaluating the influence of enzymatic loading on immobilization yield and efficiency, and subsequently, on recovered enzymatic activity. For this, the pecan nut shell was ground and chemically treated with NaOH, and later classified according to size, and the fraction retained in the -80 +100 MESH sieve was used for immobilization. Enzyme loading was evaluated by adding different amounts of protein (10-500 mg/g of support) to the same support mass in organic medium (hexane). For the loading range employed, the addition of 100 mg of protein/g of support resulted in the best condition, with a yield of 99%, efficiency of 188.6% and recovery of activity of 188.5%. It was verified that the immobilization of HRP in the pecan nut shell contributed to a greater catalytic activity in the loadings of 50, 100 and 200 mg/g of support, resulting in efficiencies above 100%. It is concluded that the pecan nut shell can be treated and used in enzymatic immobilization, adding value to this residue, as well as favoring enzymatic employability in industrial processes.

KEYWORDS: Horseradish peroxidase. Pecan Efficiency.shell. Yield.

1 | INTRODUÇÃO

A noqueira-pecã, de nome científico *Carya illinoensis*, é uma árvore frutífera de grande porte (CROSA *et al.*, 2020; MACIEL *et al.*, 2020). Atualmente, o Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional de noz-pecã, fruto da noqueira-pecã (FRONZA *et al.*, 2018; ROVANI; WOLLMANN, 2018). A noz-pecã é rica em óleo, minerais e antioxidantes (WOJDYŁO *et al.*, 2022), podendo ser consumida de diferentes formas (RIBEIRO; BOTH; WAGNER, 2020; TONG *et al.*, 2022). Entretanto, aproximadamente 50% da massa do fruto é formada pela sua casca, a qual é descartada na maioria das vezes em aterros, devido ao seu baixo valor agregado (MARTÍNEZ-CASILLAS *et al.*, 2019). Contudo, pesquisas vêm sendo realizadas visando agregar valor a casca de noz-pecã (CNP), como por exemplo, o emprego na fabricação de embalagens para alimentos, carvão ativado, bioadsorvente para o tratamento de água, biocombustível, ou ainda como suporte na imobilização enzimática (RAMÍREZ-MONTOYA *et al.*, 2015; ENGEL *et al.*, 2020; ANDRADE; PIAZZA; POLETTI, 2021).

As enzimas são proteínas catalíticas utilizadas em bioprocessos, que possuem como principais vantagens a alta especificidade e seletividade e um menor impacto ambiental. No entanto, condições desfavoráveis de pH, temperatura ou solventes do meio podem provocar a desnaturação enzimática, e a consequente perda da atividade catalítica (BERNAL; RODRÍGUEZ; MARTÍNEZ, 2018; BILAL; IQBAL, 2019a). Neste sentido, a imobilização enzimática pode contribuir para minimizar essas desvantagens, empregando-se suportes inertes como, por exemplo, biopolímeros (BILAL; IQBAL, 2019a) e resíduos lignocelulósicos (GIRELLI; ASTOLFI; SCUTO, 2020). Para a utilização dos resíduos lignocelulósicos, comumente faz-se necessário um pré-tratamento químico, a fim de causar a deslignificação, hidrólise incompleta da hemicelulose, descristalização e diminuição da polimerização da celulose, aumentando a superfície de contato e a porosidade (THAKUR *et al.*, 2020).

Diversas metodologias físicas e químicas podem ser empregadas para a imobilização de enzimas, sendo uma das mais utilizadas a ligação covalente, que consiste na ligação química entre o suporte e a cadeia de aminoácidos lateral da enzima (LIU; CHEN; SHI, 2018). Ainda, agentes como o glutaraldeído, que possui propriedades bifuncionais, podem ser empregados para a imobilização enzimática por ligação covalente (ANDRADES *et al.*, 2019).

Dentre as enzimas mais empregadas atualmente e que vem sendo estudada quanto à sua imobilização e potencial na biodegradação de poluentes, está a peroxidase de raiz forte (*HRP - Horseradish peroxidase*), uma enzima pertencente à classe das oxidorreduções (EL-NAGGAR *et al.*, 2021) e que geralmente utiliza peróxido de hidrogênio ou outro peróxido orgânico como acceptor de elétrons para catalisar as reações oxidativas (HAAS; VAZ; KEMPKA, 2018). A HRP se destaca dentre as diversas enzimas com potencial

no tratamento de águas e efluentes, devido ao baixo custo em relação à outras enzimas, ampla disponibilidade, alto grau de especificidade e estabilidade (ALMULAIKY *et al.*, 2019; BILAL *et al.*, 2019).

Desta forma, tendo em vista o potencial da HRP e a importância da otimização de parâmetros de imobilização, o presente estudo tem como objetivo verificar a influência do carregamento enzimático de HRP empregando-se a CNP como suporte.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para a realização deste trabalho, a enzima peroxidase de raiz forte (HRP) (CAS 9003-99-0, 77332, pó liofilizado, 40 kDa, 173 U/mg) e albumina sérica bovina (CAS 9048-46-8, A2153, pó liofilizado, 66 kDa, $\geq 96\%$) foram adquiridas da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Outros reagentes, como o fosfato de sódio dibásico anidro P.A. (Na_2HPO_4) foi adquirido da Vetec Química (RJ, Brasil), o ácido orto-fosfórico (H_3PO_4) 85% P.A. da Nuclear (SP, Brasil), o hidróxido de sódio (NaOH) P.A. da Êxodo Científica (SP, Brasil), o guaiacol ($\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2$) da Neon (SP, Brasil), o peróxido de hidrogênio 30% (H_2O_2) da Química Moderna (SP, Brasil) e o corante de Bradford da Bio-Rad (CA, EUA). A casca de noz-pecã foi gentilmente cedida pela empresa Nozes Pitol Ltda, localizada em Anta Gorda, Rio Grande do Sul, Brasil.

2.2 Pré-tratamento do suporte orgânico

A casca de noz-pecã foi coletada junto à empresa cedente, transportada em temperatura ambiente (22 ± 2 °C), triturada em liquidificador industrial, lavada com água deionizada e seca a 60 °C até verificar-se massa constante por três avaliações consecutivas. Em seguida, a casca foi tratada quimicamente conforme metodologia adaptada de Borsoi *et al.* (2019). Para isto, adicionou-se para cada 20 g de casca seca, 400 mL de NaOH 10%, e aqueceu-se a 50 °C em chapa magnética com agitação mecânica, por 90 minutos. Após, lavou-se as cascas até a neutralização do pH, secou-se em estufa a 60 °C por 24 horas e fez-se a classificação granulométrica das partículas, coletando-se as frações retidas nas peneiras -80 +100 MESH.

2.3 Quantificação de proteínas

Para a quantificação de proteínas utilizou-se o método de Bradford (1976), empregando-se albumina sérica bovina (BSA) como padrão proteico e o corante de Bradford (azul brilhante de Coomassie R250). Inicialmente, procedeu-se com a construção da curva de calibração, preparando-se concentrações de BSA equivalentes a 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 mg/mL. Em cada poço de uma placa de 96 poços, adicionou-se 4 μL de solução de BSA (ou de amostra) e 200 μL do corante de Bradford. Incubou-se a placa por

10 minutos e realizou-se a leitura da absorbância ($\lambda=540$ nm) em leitor de microplacas Spectramax (Spectramax i3, Molecular Devices, CA, EUA). A partir da construção da curva de calibração e das absorbâncias obtidas para as amostras, calculou-se a concentração de proteínas.

2.4 Atividade enzimática

A atividade enzimática foi avaliada por meio da metodologia adaptada de Queiroz *et al.* (2018), empregando-se como substrato o guaiacol. Em uma cubeta, adicionou-se 2,7 mL de tampão fosfato de sódio 0,1 M pH 6,0, 0,1 mL de H_2O_2 0,01 M, 0,1 mL de guaiacol 0,1 M e 0,1 mL de solução enzimática ou 0,05 g de derivado (suporte + enzima imobilizada). Após 1 min de reação, procedeu-se com a leitura em Espectrofotômetro de Absorção Molecular na região do Ultravioleta-Visível (UV-Vis) (Genesys 10S, Thermo Scientific, USA), a 470 nm. Para o branco, substituiu-se a solução enzimática por tampão. A atividade enzimática foi determinada por meio da Equação 1, onde uma unidade de atividade enzimática (U) corresponde a quantidade de enzima necessária para catalisar a transformação de 1 μ mol de guaiacol por minuto.

$$\text{Atividade enzimática (U/mL)} = \frac{(\text{Abs}(t) - \text{Abs}(0)) * V_{\text{total}} * 1000}{\epsilon * V_{\text{enzima}} * t} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde $\text{Abs}(t)$ corresponde à absorbância verificada após 1 minuto, $\text{Abs}(0)$ a absorbância no tempo 0, V_{total} ao volume total de solução na cubeta (3 mL), ϵ corresponde ao coeficiente de absorvidade molar do guaiacol (26600 L/mol.cm⁻¹), V_{enzima} corresponde ao volume (mL) de solução enzimática adicionada à cubeta e t ao tempo (min) transcorrido.

2.5 Imobilização enzimática

Para a imobilização enzimática seguiu-se a metodologia adaptada de Ramírez-Montoya *et al.* (2015). Inicialmente, preparou-se uma solução enzimática em tampão fosfato 0,1 M pH 6,0, com atividade de 94,5 U/mL. Em seguida, adicionou-se em frascos individuais contendo 100 mg de suporte, 5 mL de hexano e agitou-se em chapa magnética por 15 minutos. Em seguida, volumes de solução enzimática adequados para se obter concentrações de 10, 30, 50, 100, 200 e 500 mg de proteína/g de suporte foram adicionados e completou-se o volume total até 10 mL com hexano. Deixou-se agitar por 3 horas à temperatura ambiente (22 ± 2 °C) e então, armazenou-se em condição estática por 24 horas a 4 °C. Ao final, filtrou-se o derivado e lavou-se com três alíquotas de 20 mL de hexano. Por fim, os derivados foram inseridos em um dessecador por 24 horas para remover o excesso de umidade e acondicionados em tubos eppendorf (a 4 °C) até a realização dos demais ensaios.

2.5.1 Rendimento e eficiência de imobilização

O rendimento e a eficiência de imobilização foram determinados conforme Sheldon

e Van Pelt (2013). O rendimento da imobilização enzimática descreve a porcentagem da atividade enzimática total da solução de enzima livre que está imobilizada, conforme a Equação 2.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Atividade imobilizada}}{\text{Atividade inicial}} * 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde a atividade imobilizada corresponde a atividade enzimática residual total que permanece na solução enzimática após a imobilização, ou ainda, aquela presente nas soluções remanescentes da imobilização (solução de imobilização e de lavagem), subtraída da atividade inicial total (SHELDON; VAN PELT, 2013).

A eficiência de imobilização descreve a porcentagem da enzima ligada que é observada no imobilizado, ou seja, o percentual de enzima que se manteve ativo e acessível (funcional) após a imobilização (SHELDON; VAN PELT, 2013), sendo determinada conforme a Equação 3.

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\text{Atividade observada}}{\text{Atividade imobilizada}} * 100 \quad (\text{Equação 3})$$

2.5.2 Recuperação da atividade

Segundo Sheldon e Van Pelt (2013), a recuperação da atividade é o rendimento da imobilização multiplicado pela eficiência da imobilização, permitindo ter-se uma ideia do sucesso do processo de imobilização total, sendo calculada conforme a Equação 4.

$$\text{Recuperação da atividade (\%)} = \frac{\text{Rendimento (\%)} * \text{Eficiência (\%)}}{100} \quad (\text{Equação 4})$$

2.6 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguido do teste de Tukey com $p < 0,05$, utilizando-se o *software* PAST versão 4.03 (HAMMER, 2020).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A casca de noz-pecã foi tratada quimicamente com NaOH e utilizada para a imobilização da peroxidase de raiz forte. Os resultados para o rendimento e eficiência de imobilização, bem como a recuperação da atividade para as diferentes quantidades de proteína adicionadas estão expostos na Tabela 1.

Carregamento de proteína (mg/g de suporte)	Rendimento (%)	Eficiência (%)	Recuperação da atividade (%)
10	99,97 ± 0,04 ^a	39,60 ± 0,02 ^f	39,59 ± 0,01 ^f
30	99,97 ± 0,01 ^a	73,60 ± 0,01 ^d	73,58 ± 0,01 ^d
50	99,98 ± 0,01 ^a	178,56 ± 0,01 ^b	178,53 ± 0,01 ^b
100	99,99 ± 0,01 ^a	188,56 ± 0,01 ^a	188,53 ± 0,01 ^a
200	88,46 ± 0,06 ^c	133,82 ± 0,09 ^c	118,37 ± 0,01 ^c
500	94,10 ± 0,01 ^b	73,28 ± 0,01 ^e	69,68 ± 0,01 ^e

Média ± desvio padrão. Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os diferentes carregamentos empregados.

Tabela 1 - Efeito do carregamento proteico na imobilização de HRP em casca de noz-pecã por ligação covalente

A partir dos resultados obtidos, faz-se possível notar que para os carregamentos iniciais, de 10 e 30 mg/g de proteína, obteve-se um rendimento de quase 100%, mas uma eficiência de 39,6% e 73,6%, respectivamente, impactando diretamente na recuperação da atividade. Este resultado se deve, possivelmente, a pouca quantidade de enzima adicionada para a quantidade de suporte, de modo que os sítios de ligação do suporte não tenham sido completamente preenchidos.

Quando o carregamento enzimático aumenta para 50 mg/g, observa-se a conservação do rendimento na faixa de 100%, além de um aumento significativo na eficiência e na recuperação da atividade, que se eleva ainda mais quando utilizado um carregamento de 100 mg/g, resultando em uma eficiência de 188,6%. Uma vez que todos os sítios de ligação do suporte estão preenchidos, a eficiência enzimática após a imobilização será diretamente influenciada pela dinâmica do sistema suporte-enzima, dependendo de parâmetros como manutenção da atividade após a imobilização, facilidade de movimentação durante a atividade catalítica e facilidade de acesso dos substratos e liberação do produto. Assim, se um ambiente enzimático favorável ao redor das moléculas de enzima for criado, a estabilidade pode aumentar, bem como a atividade enzimática (por meio de estados hiperativos congelados da enzima, ou evitando efeitos deletérios de um meio de reação drástico), além da especificidade ou seletividade (via alterações conformacionais) (FERNANDEZ-LOPEZ *et al.*, 2017).

Para os carregamentos de 200 e 500 mg/g, houve um decréscimo no rendimento de imobilização, bem como na eficiência e recuperação da atividade, que foram mais acentuados para o carregamento de 500 mg/g. Segundo Wang *et al.* (2008) e Queiroz *et al.* (2018) a redução da eficiência em concentrações elevadas de proteínas se deve a uma sobrecarga proteica, provocando aglomerados de moléculas enzimáticas fixadas na superfície do suporte, fenômeno este observado também em outros estudos, como os de Gennari *et al.* (2018), Barbosa *et al.* (2020) e Otari *et al.* (2020).

Dentre os carregamentos empregados, verifica-se que 100 mg de proteína por grama de suporte resultaram em uma maior eficiência e recuperação da atividade, além de um rendimento de 99,99%. Estes resultados são superiores aos obtidos por Queiroz *et al.* (2018), no qual verificou-se 35% de rendimento para a imobilização de HRP em bagaço de cana-de-açúcar por ligação covalente, por Barbosa *et al.* (2020), no qual obteve-se 89,99% de rendimento de imobilização da peroxidase de rabanete em suporte híbrido (sílica-15/albumina) por ligação covalente e por Bilal e Iqbal (2019b), que obtiveram 96,3% de rendimento na imobilização de lignina peroxidase em esferas de alginato de cálcio.

Assim, a imobilização da HRP em casca de noz-pecã demonstra-se promissora. No entanto, mais estudos são necessários, visando verificar o desempenho enzimático em diferentes pHs, temperaturas, meios, bem como posteriormente em aplicações como a degradação de micropoluentes.

4 | CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado pode-se concluir que a casca de noz-pecã demonstra-se como um resíduo promissor para ser empregado em imobilizações enzimáticas e que tratando-se da imobilização de HRP, permite a obtenção de um carregamento enzimático de 100 mg/g, com 99,99% de rendimento de 188,56% de eficiência, ou seja, favorece a atividade catalítica enzimática.

REFERÊNCIAS

ALMULAIKY, Y. Q.; EL-SHISHTAWY, R. M.; ALDHAHRI, M.; MOHAMED, S. A.; AFIFI, M.; ABDULAAL, W. H.; MAHYOUB, J. A. **Amidrazone modified acrylic fabric activated with cyanuric chloride: a novel and efficient support for horseradish peroxidase immobilization and phenol removal.**

International Journal of Biological Macromolecules, v. 140, n. 1, p. 949-948, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.179>. Acesso em: 20 set. 2022.

ANDRADES, D.; GRAEBIN, N. G.; KADOWAKI, M. K.; AYUB, M. A. Z.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R.; RODRIGUEZ, R. C. **Immobilization and stabilization of different β -glucosidases using the glutaraldehyde chemistry: optimal protocol depends on the enzyme.**

International Journal of Biological Macromolecules, v. 129, p. 672-678, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.057>. Acesso em: 20 set. 2022.

ANDRADE, M. P.; PIAZZA, D.; POLETTI, M. **Pecan nutshell: morphological, chemical and thermal characterization.**

Journal of Material Research and Technology, v. 13, p. 2229-2238. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.05.106>. Acesso em: 20 set. 2022.

BARBOSA, G. S. S.; OLIVEIRA, M. E. P. S.; SANTOS, A. B. S.; SÁNCHEZ, O. C.; SOARES, C. M. F.; FRICKS, A. T. **Immobilization of low-cost alternative vegetable peroxidase (*Raphanus sativus* L. peroxidase): choice of support/technique and characterization.**

Molecules, v. 25, n. 16, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/25163668>. Acesso em: 23 out. 2022.

BERNAL, C.; RODRÍGUEZ, K.; MARTÍNEZ, R. **Integrating enzyme immobilization and protein engineering: An alternative path for the development of novel and improved industrial biocatalysts**. *Biotechnology Advances*, v. 36, n. 5, p. 1470-1480, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.06.002>. Acesso em: 20 set. 2022.

BILAL, M.; IQBAL, H. M. N. **Naturally-derived biopolymers: potential platforms for enzyme immobilization**. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 130, n. 1, p. 462-482, 2019a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.152>. Acesso em: 20 set. 2022.

BILAL, M.; IQBAL, H. M. N. **Lignin peroxidase immobilization on Ca-alginate beads and its dye degradation performance in a packed bed reactor system**. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, v. 20, 2019b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101205>. Acesso em: 23 out. 2022.

BILAL, M.; RASHEED, T.; ZHAO, Y.; IQBAL, H. N. M. **Agarose-chitosan hydrogel-immobilized horseradish peroxidase with sustainable bio-catalytic and dye degradation properties**. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 124, p. 742-749, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.220>. Acesso em: 20 set. 2022.

BORSOI, C.; HANSEN, B.; GEMMER, R. E.; JÚNIOR, M. A. D.; FRANCISQUETTI, E. L.; ZATTERA, A. J.; SANTANA, R. M. C.; CATTO, A. L. **Effect of different surface treatments on polypropylene composites reinforced with yerba mate fibers: physical, mechanical, chemical, and morphological properties**. *Journal of Applied Polymer*, v. 138, n. 45, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/app.51350>. Acesso em: 23 out. 2022.

BRADFORD, M. M. **A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding**. *Analytical Biochemistry*, v. 81, p. 248-254, 1976. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3). Acesso em: 23 out. 2022.

CROSA, C. F. R.; MARCO, R.; SOUZA, R. S.; MARTINS, C. R. **Tecnologia de produção de noz-pecã no sul do Brasil**. *Revista Científica Rural*, v. 22, n. 2, p. 249-252, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.30945/rcr-v22i2.3170>. Acesso em: 16 set. 2022.

EL-NAGGAR, M. E.; ABDEL-ATY, A. M.; WASSEL, A. R.; ELARABY, N.; MOHAMED, S. A. **Immobilization of horseradish peroxidase on cationic microporous starch: physico-chemical characterization and removal of phenolic compounds**. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 181, p. 734- 742, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.03.171>. Acesso em: 20 set. 2022.

ENGEL, J. B.; GINITY, M. M.; LUCHESE, C. L.; TESSARO, I. C.; SPADA, J. C. **Reuse of different agroindustrial wastes: pinhão and pecan nutshells incorporated into biocomposites using thermocompression**. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 28, p. 1431- 1440, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-020-01696-w>. Acesso em: 20 set. 2022.

FERNANDEZ-LOPEZ, L.; PEDRERO, S. G.; LOPEZ-CARROBLES, N.; GORINES, B. C.; VIRGEN-ORTÍZ, J. J.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R. **Effect of protein load on stability of immobilized enzymes**. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 98, p. 18-25, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2016.12.002>. Acesso em: 23 out. 2022.

FRONZA, D.; HAMANN, J. J.; BOTH, V.; ANESE, R. O.; MEYER, E. A. **Pecan cultivation: general aspects**. *Ciência Rural*, v. 48, n. 2, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170179>. Acesso em: 16 set. 2022.

GENNARI, A.; MOBAYED, F. H.; RAFAEL, R. S.; RODRIGUES, R. C.; SPEROTTO, R. A.; VOLPATO, G.; SOUZA, C. F. V. **Modification of Immobead 150 support for protein immobilization: effects on the properties of immobilized *Aspergillus oryzae* β -galactosidase.** *Biotechnology progress*, v. 34, n. 4, p. 934-943, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/btpr.2652>. Acesso em: 23 out. 2022.

GIRELLI, A. M.; ASTOLFI, M. L.; SCUTO, F. R. **Agro-industrial wastes as potential carriers for enzymes immobilization: a review.** *Chemosphere*, v. 244, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125368>. Acesso em: 20 set. 2022.

HAAS, A.; VAZ, C.; KEMPKA, A. P. **Extração e purificação de peroxidases de vegetais: uma revisão.** *Periódico Tchê Química*, v. 16, n. 31, p. 692-703, 2018. Disponível em: https://web.archive.org/web/20210830133815id_/http://www.deboni.he.com.br/arquivos_jornal/2019/31/702_Periodico31.pdf. Acesso em: 20 set. 2022.

HAMMER, O. **PAST: Paleontological statistics software package.** 2020.

LIU, M. D.; CHEN, J.; SHI, Y. P. **Advances on methods and easy separated support materials for enzymes immobilization.** *TrAC Trend in Analytical Chemistry*, v. 102, p. 332-342, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.03.011>. Acesso em: 20 set. 2022.

MACIEL, L. G.; RIBEIRO, F. L.; TEIXEIRA, G. L.; MOLOGNONI, L.; SANTOS, J. N.; NUNES, I. L.; BLOCK, J. N. **The potential of the pecan nut cake as an ingredient for the food industry.** *Food Research International*, v. 27, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108718>. Acesso em: 16 set. 2022.

MARTÍNEZ-CASILLAS, D. C.; MASCORRO-GUTIÉRREZ, I.; ARREOLA-RAMOS, C. E.; VILLAFÁN-VIDALES, H. I.; ARANCIBIA-BULNES, C. A.; RAMOS-SÁNCHEZ, V. H.; CUENTAS-GALLEGOS, A. K. **A sustainable approach to produce activated carbons from pecan nutshell waste for environmentally friendly supercapacitors.** *Carbon*, v. 148, p. 403-412, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.04.017>. Acesso em: 20 set. 2022.

OTARI, S. V.; PATEL, S. K. S.; KALIA, V. C.; LEE, J. **One-step hydrothermal synthesis of magnetic rice straw for effective lipase immobilization and its application in esterification reaction.** *Bioresource Technology*, v. 302, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122887>. Acesso em: 23 out. 2022.

QUEIROZ, M. L. B.; CONCEIÇÃO, K. C.; MELO, M. N.; SÁNCHEZ, O. C.; ALVAREZ, H. M.; SOARES, C. M. F.; FRICKS, A. T. **Imobilização de peroxidase de raiz forte em bagaço de cana-de-açúcar.** *Química Nova*, v. 41, n. 9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170279>. Acesso em: 23 out. 2022.

RAMÍREZ-MONTOYA, L. A.; HERNÁNDEZ-MONTOYA, V.; MONTES-MORÁN, M. A.; CERVANTES, F. J. **Correlation between mesopore volume of carbon supports and the immobilization of laccase from *Trametes versicolor* for the decolorization of Acid Orange 7.** *Journal of Environmental Management*, v. 162, p. 206-214, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.07.035>. Acesso em: 23 out. 2022.

RIBEIRO, S. R.; BOTH, V.; WAGNER, R. **Estratégia para o armazenamento e manutenção da qualidade da noz-pecã após a colheita.** *CIAGRO*, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31692/ICIAGRO.2020.0229>. Acesso em 19 set. 2022.

ROVANI, F. F. M.; WOLLMANN, C. A. **Análise sazonal e anual dos requisitos climáticos do cultivo da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.** Geosp- Espaço e Tempo, v. 22, n. 1, p. 191-209, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2018.122043>. Acesso em: 16 set. 2022.

SHELDON, R. A.; VAN PELT, S. **Enzyme immobilisation in biocatalysis: why, what and how.** Chem. Soc. Rev., v. 42, n. 15, p. 6223-6235, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/c3cs60075k>. Acesso em: 23 out. 2022.

THAKUR, V.; SHARMA, E.; GULERIA, A.; SANGAR, S.; SINGH, K. **Modification and management of lignocellulosic waste as an ecofriendly biosorbent for the application of heavy metal ions sorption.** Materials Today: Proceedings, v. 32, p. 608–619, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.756>. Acesso em: 20 set. 2022.

TONG, X.; SZACILO, A.; CHEN, H.; TAN, L.; KONG, L. **Using rich media to promote knowledge on nutrition and health benefits of pecan among young consumers.** Journal of Agriculture and Food Research, v. 10, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100387>. Acesso em: 19 set. 2022.

WANG, F.; GUO, C.; LIU, H-Z.; LIU, C-Z. **Immobilization of Pycnoporus sanguineus laccase by metal affinity adsorption on magnetic chelator particles.** Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v. 83, n. 1, p. 97-104, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jctb.1793>. Acesso em: 23 out. 2022.

WOJDYŁO, A.; TURKIEWICZ, I. P.; TKACZ, K.; NOWICKA, P.; BOBAL, L. **Nuts as functional foods: nutritional and phytochemical profiles and their *in vitro* bioactive properties.** Food Chemistry: X, v. 15, n. 30, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100418>. Acesso em: 20 set. 2022.

PLANEJAMENTO DE TRAJETÓRIA DE UM BRAÇO ROBÓTICO POR MEIO DE POLINÔMIOS DE TERCEIRO E QUINTO GRAU E UMA VERSÃO INICIAL DE INTERFACE HOMEM-MÁQUINA

Data de aceite: 03/04/2023

Márcio Mendonça

Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

Emanuel Ignácio Garcia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Acadêmico - departamento Acadêmico de
Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/8501809850590859>

Fabio Rodrigo Milanez

Faculdade da Indústria Senai
Londrina-PR
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

Wagner Fontes Godoy

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/7337482631688459>

Edson Luis Bassetto

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/5806912707344633>

Luiz Francisco Sanches Buzachero

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/1747856636744006>

Michelle Eliza Casagrande Rocha

Universidade Norte do Paraná – Unopar
– Kroton
Londrina-PR
<http://lattes.cnpq.br/4411484670091641>

Emerson Ravazzi Pires da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

Rodrigo Rodrigues Sumar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/1461760661483683>

Ricardo Breganon

Instituto Federal do Paraná, Campus
Jacarezinho
Jacarezinho-PR
<http://lattes.cnpq.br/2441043775335349>

Rogério Breganon

Instituto Federal do Paraná, Campus Campo Largo
Campo Largo-PR
<http://lattes.cnpq.br/2441043775335349>

Andre Luis Shiguemoto

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/924365653421118>

Matheus Gil Bovolenta

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Acadêmico - departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/1518815195539638>

Jhonatas Luthierry Barbosa dos Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Acadêmico - departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/3040974349883206>

Francisco de Assis Scannavino Junior

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

Wesley Candido da Silva

Faculdade da Indústria SENAI Londrina
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica- Londrina -PR

RESUMO: O projeto tem cunho educacional, permitindo uma interação dos alunos que cursam a disciplina de robótica uma ferramenta que objetiva uma visualização do controle de trajetória através do braço robótico por interface homem máquina. Em um primeiro momento houve um estudo de casos a partir de simulações através do Matlab R2021b para definir qual seria a opção ideal de controle da trajetória do braço robótico, entre os polinômios de terceira e quinta ordem encontrados na literatura, duas das mais conhecidas e aplicadas, chegando à conclusão que o de quinta ordem atendia melhor a proposta. Após isto, foi programado na linguagem Python através do Raspberry pi 3 um escopo para controle PWM, como uma simulação dos atuadores das juntas do braço, porém sem conclusão por falta de recursos necessários para os testes. Posto isso, os resultados obtidos foram considerados satisfatórios levando em consideração as dificuldades citadas. Este trabalho se encerra com uma conclusão e sugestão de futuro trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Robótica, planejamento e controle de trajetória, braço robótico.

PATH PLANNING OF A ROBOTIC ARM USING THIRD- AND FIFTH-DEGREE POLYNOMIALS AND AN INITIAL VERSION OF HUMAN-MACHINE INTERFACE

ABSTRACT: The project has an educational nature, allowing the interaction of students who study robotics with a tool that aims to visualize the trajectory control through the robotic arm through a man-machine interface. At first, there was a case study based on simulations using Matlab R2021b to define the ideal option for controlling the trajectory of the robotic arm among the third and fifth-order polynomials found in the literature, two of the most known and applied. , reaching the conclusion that the fifth-order model best suited the proposal. Afterward, a scope for PWM control was programmed in Python using the Raspberry pi 3, as a simulation of the actuators of the arm joints, but without conclusion due to lack of necessary resources for the tests. That said, the results obtained were considered satisfactory, considering the difficulties mentioned earlier. This work ends with a conclusion and suggestions for future work.

KEYWORDS: Robotics, trajectory planning and control, robotic arm.

1 | INTRODUÇÃO

Este projeto de pesquisa tem a proposta de simular o planejamento de trajetória de um braço robótico que pode, por exemplo, diminuir ou até mesmo causar desgaste prematuro dos atuadores do robô (NIKU, S. B., 2011), após a aplicação de métodos já consagrados na literatura específica a inteligência artificial, como por exemplo lógica *Fuzzy* pode ser um futuro trabalho, em especial no caso da robótica colaborativa com o cunho educacional, objetivando a proporcionar um protótipo para a disciplina de robótica a princípio. Para continuação desse projeto poderia usar uma solução da cinemática inversa por meio de redes neurais (HAYKIN, S., 2000), (DALMEDICO, J. F. et al, 2018) e/ou redes neurais convulsionais aplicadas em visão computacional para reconhecimento de objetos em um braço manipulador autônomo (WILLIAMS, H. A. M. et al, 2019). Desse modo, seria plausível um novo projeto sequente de um protótipo que além da contribuição inicial, poderia enriquecer como uma aplicação de técnicas computacionais, as quais poderiam enriquecer com a área de estudo de sistemas inteligentes.

Em sua primeira versão houve a tentativa de desenvolvimento de um braço robótico programado em linguagem Python e controlada por um microcomputador Raspberry pi 3 por controle PWM (*Pulse-Width Modulation*), que é uma técnica utilizada para permitir o controle de energia fornecida a equipamentos elétricos e assim controlar a velocidade dos servos motores em sua trajetória, aceleração e desaceleração. Todo esse processo é executado por uma interface ao usuário os ângulos desejados, posição inicial e posição final, com alguma estratégia de planejamento de trajetória, como por exemplo polinômio de 5 grau (NIKU, S. B., 2011).

2 | METODOLOGIA

Como base para as simulações foi usado livro (NIKU, S. B., 2011), usando assim

os exemplos 5.1 e 5.3 da página 184 para os polinômios de terceira e quinta ordem, respectivamente, para o planejamento de trajetória. O polinômio de terceira ordem mesmo sendo interessante há limitações que podem danificar os dispositivos atuadores do robô, com a ausência da desaceleração, assim podendo ser visto na Figura 2, onde foi feita uma simulação pelo MATLAB R2021b.

O método de acordo com a proposta montar uma interface IHM. Interface Homem Máquina por meio de um display *touch screen* acoplada a um Raspberry pi 3, e empregando programação em Python realizar um planejamento de trajetória. Para entrada de dados no ambiente de simulação do MATLAB, como apresentado na Figura 1 (entrada de dados do polinômio de ordem três), com os respectivos resultados cinemáticos mostrado na Figura 3 com polinômios de ordem cinco, ressaltando a vantagem do controle de aceleração da segunda estratégia, dentre outras presentes na literatura (NIKU, S. B., 2011). Ressalta-se que: os dados para cada junta do robô são inseridos em uma janela de dados para cada junta robótica, e para que se tenha um movimento harmônico idealmente o tempo de trajetória é o mesmo de (SICILIANO, B.; KHATIB, O., 2016), como por exemplo a da Figura 1.

```
Digite o valor do Angulo inicial: 30
Digite o valor do Angulo final: 75
Digite o valor da aceleração inicial: 5
Digite o valor da aceleração final: -5
Informe o tempo em segundos: 5
```

Figura 1: IHM simulação polinômio ordem 5.

Fonte: Autores, 2023.

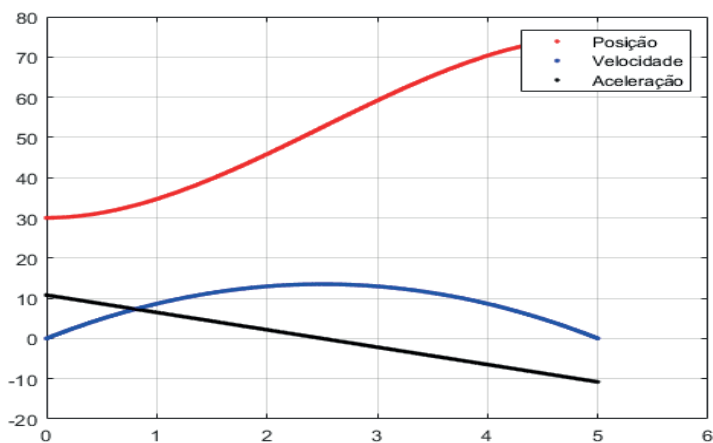


Figura 2: Resultado cinemático para polinômio de ordem três.

Fonte: Autores, 2023.

O polinômio de quinta ordem se torna a melhor opção pelo fato de conseguirmos adicionar a aceleração e desaceleração, dando segurança aos dispositivos atuadores e tornando um movimento harmônico na trajetória. Como mostra a figura do experimento

simulado da Figura 3.

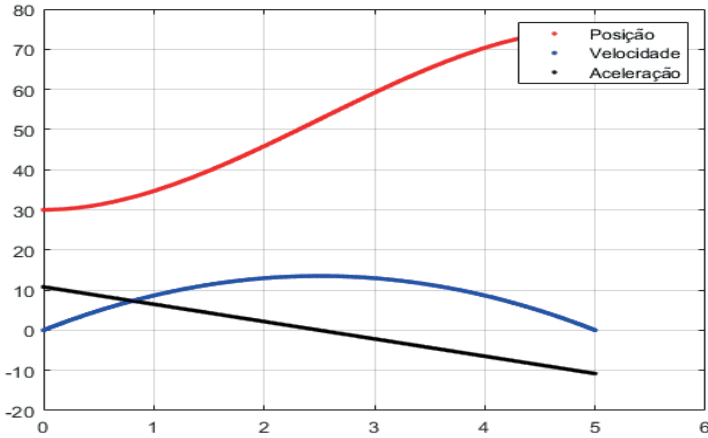


Figura 3: Resultado cinemático para polinômio de ordem cinco.

Fonte: Autores, 2023.

A diferença entre as duas soluções para o planejamento de trajetória está principalmente na possibilidade de se determinar a aceleração no polinômio de grau 5. Isso pode resultar em um torque mais alto ou no limite do atuador quando utiliza-se o de grau 3. Deste modo, o método recomendado é o de grau 5.

Entretanto comparando as figuras pode-se observar uma velocidade de cruzeiro mais constante com o polinômio de grau 3, entretanto a aceleração que resultara no torque é o dobro para os mesmos pontos iniciais e finais.

O diagrama de blocos representa as etapas do projeto onde primeiro foi executado as simulações das juntas no MATLAB R2021B e o escopo da programação Python através do Raspberry pi 3, como mostra a Figura 4.

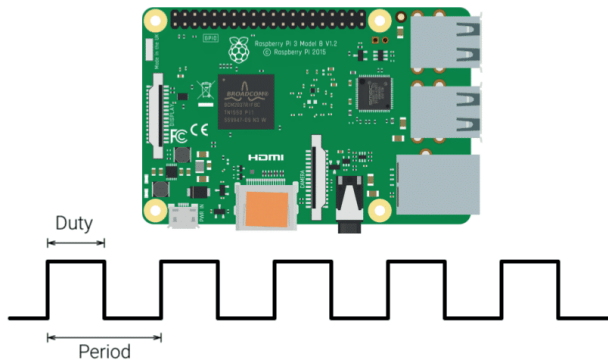


Figura 4: *Duty cycle*.

Fonte: Embarcados (2017).

Para controle das juntas do braço robótico através dos servos motores, foram utilizados para a simulação e testes através da IDE do Raspberry pi 3, Mu versão 1.0. Os primeiros testes foram executados a partir de uma protoboard e leds, aumentando e diminuindo o seu brilho, para verificar o funcionamento do controle PWM onde modula o ciclo ativo (*duty cycle*) de uma onda quadrada, como representado na Figura 4. Desta forma, o controlador entrega uma série de pulsos, gerados em intervalos de igual duração, que pode ser variado, quanto mais largo o pulso, maior a quantidade de corrente fornecida a carga, foram adicionadas as bibliotecas para que as etapas seguintes executassem com êxito:

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time as delay
```

Figura 5: Bibliotecas utilizadas.

Fonte: Autores, 2023.

A biblioteca *RPi.GPIO*, foi usada para habilitar um conjunto de pinos responsável por fazer a comunicação de entrada e saída de sinais digitais, o Raspberry pi 3 é composto por 40 pinos, como mostrado na Figura 5, pelos quais é possível o desenvolvimento do protótipo.

Pin#	NAME		NAME	Pin#
01	3.3v DC Power		DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I ² C)		DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I ² C)		Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)		(TXD0) GPIO14	08
09	Ground		(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)		(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)		Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)		(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power		(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)		Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)		(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)		(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground		(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I ² C ID EEPROM)		(I ² C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05		Ground	30
31	GPIO06		GPIO12	32
33	GPIO13		Ground	34
35	GPIO19		GPIO16	36
37	GPIO26		GPIO20	38
39	Ground		GPIO21	40

Figura 6: Pinout Raspberry pi 3.

Fonte: Autores, 2023.

A biblioteca *time* foi utilizada no pino 12 onde está o PWM, para definir o tempo de atraso da frequência do led que representa o servo motor do braço robótico onde o *duty*

cycle inicial é igual a zero, indo até 100hz.

```
GPIO.setup(12, GPIO.OUT)
p = GPIO.PWM(12, 100)
p.start(0)
```

Figura 7: Código utilizado.

Fonte: Autores, 2023.

Em seguida foi adicionado o *while*, como apresentado na Figura 8, para que o código entre em um *loop* infinito e possamos fazer os ajustes necessários antes de começar os testes no braço robótico, o alcance (*range*) para aceleração do braço foi programado para iniciar em 0% e ir até 100% ao passo de 5 no delay de 100ms

```
while(1):
    for duty in range (0,101,5):
        p.ChangeDutyCycle(duty)
        delay.sleep(0.1)
```

Para desaceleração do movimento o range (faixa) de 100% a 0% ao passo de -5.

```
for duty in range (100,-1,-5):
    p.ChangeDutyCycle(duty)
    delay.sleep (0.1)
except KeyboardInterrupt:
    pass
p.stop()
GPIO.cleanup ()
```

Figura 8: Código utilizado.

Fonte: Autores, 2023.

Dessa forma foi programado a aceleração, desaceleração e o distância da trajetória de um dos servos motores, para o restante a programação é semelhante.

Já a Figura 9 mostra uma visão generalista do projeto iniciado nessa versão inicial.

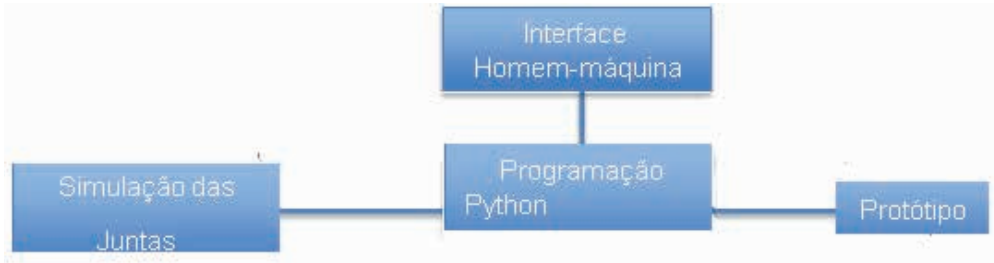


Figura 9: Diagrama de blocos.

Fonte: Autores, 2023.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para executar os testes, uma fonte de alimentação chaveada ATX foi utilizada, pois a alimentação própria do Raspberry pi 3 não é capaz de fornecer a corrente mínima necessária para alimentação do controlador, e dos atuadores, servo motores. Assim, os testes iniciais de controle do PWM foram satisfatórios como desejado, conseguindo fazer o controle do brilho do led modulando o ciclo ativo da onda quadrada, e variando, com um pulso maior, como podemos ver na Figura 10.

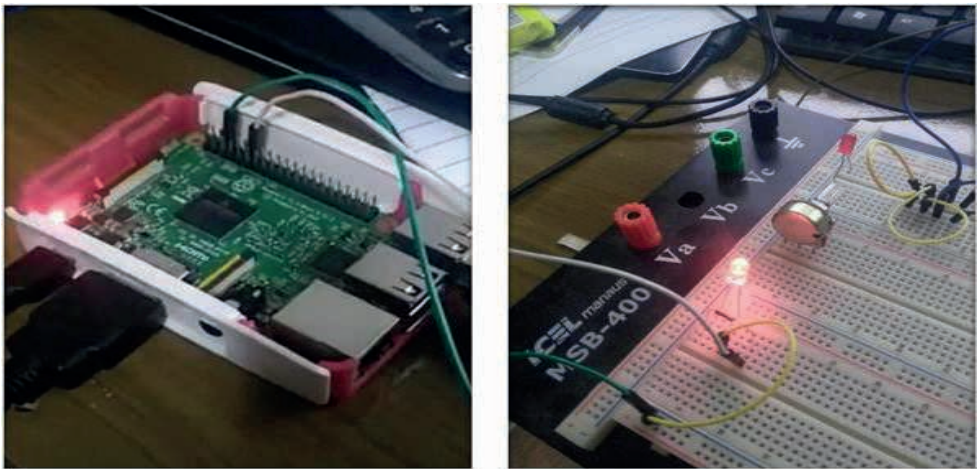


Figura 10: Controle de luminosidade por PWM.

Fonte: Autores, 2023.

A Tabela 1 mostra a representação do tempo que leva até que se atinja a frequência máxima desejada.

Tempo (segundos)	Passos (Step) = 5	Frequência (Hz)
0.10	5	5
0.20	10	10
0.30	15	15
0.40	20	20
2.0	100	100

Tabela 1: Representação dos passos do *duty cycle* até a frequência máxima programada.

Já a Figura 11, mostra uma possível versão final objetivada, a qual será descrita de modo resumido na sequência.

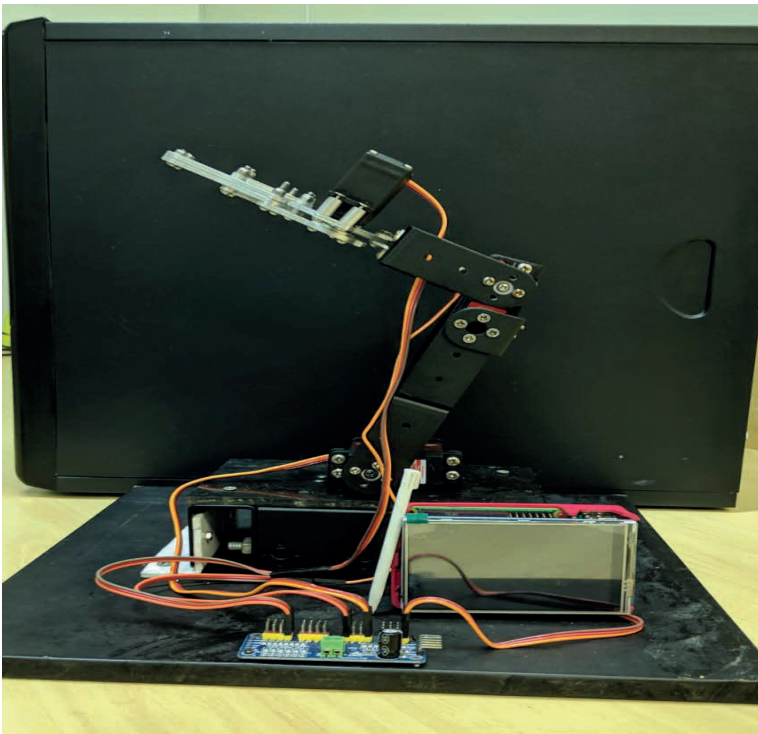


Figura 11: Instanciação de um exemplo da versão completa do projeto.

Fonte: Autores, 2023.

Essa é a versão objetivada do trabalho, idealmente um Arduino (SOUZA, T.; SATO, L., 2019) para a comunicação com os servo motores e receberá comandos do Raspberry. A priori o PWM foi gerado no mesmo para fins didáticos, porém pode até ser que o Raspberry faça a comunicação com os atuadores. Entretanto, são dispositivos diferentes com funções distintas, nas quais um pode complementar o outro, o Raspberry recebe as informações do usuário, verifica as singularidades, como por exemplo o ângulo fora do raio de alcance, e

envia ao Arduino comandos, ou em uma segunda hipótese, na qual seja realizado o envio diretamente para os servos os pulsos PWM emulando o planejamento simulado (SANTOS, M. C., 2019).

4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos iniciais, porém, foram satisfatórios, considerando os problemas relatados. Entretanto, foi uma base para continuidade do projeto, não foi possível apresentar uma maior quantidade de resultados, pois como já explicado anteriormente, o afastamento dos laboratórios afetou nos materiais disponíveis como por exemplo o osciloscópio, fonte externa, drive, entre outros. Essenciais para o desenvolvimento do projeto como planejado. Porém um passo inicial foi executado, funcionando uma primeira versão do protótipo objetivado.

Futuros trabalhos endereçam a realização da proposta de forma completa, como supracitado.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária pelo apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico dos alunos do AARLAB (Laboratório de Robótica e Controle Avançado), em especial ao aluno **Jhonatas Luthierry Barbosa dos Santos** da UTFPR em conformidade com suas finalidades de pesquisa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

DALMEDICO, J. F. et al. **Artificial Neural Networks Applied in the Solution of the Inverse Kinematics Problem of a 3D Manipulator Arm**. Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks. Anais Rio de Janeiro, RJ, Brazil: IEEE, 2018.

HAYKIN, S. **Redes Neurais, Princípios e Prática**. 2. ed. Bookman, 2000.

MENDONCA, M. et al. **Analysis of the Inverse Kinematics and Trajectory Planning Applied in a Classic Collaborative Industrial Robotic Manipulator**. IEEE Latin America Transactions, v. 20, n. 3, p. 363–371, mar. 2022.

NIKU, S. B. **Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications**. 2. ed. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2011. v. 53.

SANTOS, M. C. **Manipulador Robótico Autônomo Empregando Sistemas Computacionais Inteligentes**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2019.

SOUZA, T.; SATO, L. **Educational robotics teaching with arduino and 3D print based on stem projects**. Proceedings - 2019 Latin American Robotics Symposium, 2019 Brazilian Symposium on Robotics and 2019 Workshop on Robotics in Education, LARS/SBR/WRE 2019, p. 407–410, 2019.

WILLIAMS, H. A. M. et al. **Robotic kiwifruit harvesting using machine vision, convolutional neural networks, and robotic arms**. Biosystems Engineering, v. 181, p. 140–156, maio 2019.

MODELAGEM MOLECULAR *IN SILICO* DE SPIKE-RBM DE VARIANTES DO SARS-COV-2

Data de submissão: 08/02/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Emerson Willian Danzer

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná – UTFPR
Toledo – Paraná
<https://lattes.cnpq.br/8960693239491542>

Rafael Bertolini Frigori

Docente de Física na Universidade
Tecnológica Federal do Paraná
Toledo – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5836878566801544>

RESUMO: As funções biológicas das proteínas são determinadas por sua estrutura terciária, ou tridimensional, porém nem sempre dispomos destas estruturas na forma cristalográfica. Durante as últimas décadas a bioinformática vem evoluindo, e, por anos a predição da estrutura tridimensional das proteínas vem sendo estudada, sendo os melhores métodos ranqueados pela CASP (Critical Assessment of Techniques for Protein Structure Prediction), um experimento de âmbito comunitário e mundial para a predição da estrutura da proteína. O software I-TASSER foi criado neste intuito, sendo ele uma pipeline que faz o uso de algoritmos para predição de estruturas

tridimensionais, ranqueado como primeiro colocado pela CASP. Neste trabalho modelamos por homologia, empregando o software I-TASSER, o Receptor Binding Motif (RBM) da proteína Spike (S) de cinco das variantes mais relevantes do vírus SARS-CoV-2. Nosso método foi validado através da comparação com estruturas cristalográficas (PDB). Posteriormente, utilizamos a ferramenta PBEQ-SOLVER, parte integrante do servidor CHARMM-GUI para modelar a distribuição espacial de cargas e resolver a equação de Poisson-Boltzmann, obtendo assim os potenciais eletrostáticos e energias livres dos modelos RBMs anteriormente modelados. Com os resultados confirmamos a acurácia dos métodos utilizados e determinamos que o aumento da infectividade do SARS-CoV-2 correlaciona-se à minimização na energia livre do RBM de sua proteína S.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinformática; proteína; RBM; Poisson-Boltzmann; Sars-CoV-2.

IN SILICO MOLECULAR MODELING OF SPIKE-RBM OF SARS-COV-2 VARIANTS

ABSTRACT: The biological functions of proteins are determined by their tertiary or

three-dimensional structure, but these structures are not always available in crystallographic form. During the last decades, bioinformatics has been evolving, and, for years, the prediction of the three-dimensional structure of proteins has been studied, with the best methods ranked by CASP (Critical Assessment of Techniques for Protein Structure Prediction), a community and worldwide experiment to the prediction of protein structure. The I-TASSER software was created for this purpose, which is a pipeline that uses algorithms to predict three-dimensional structures, ranked first by CASP. In this work we model by homology, using the I-TASSER software, the Receptor Binding Motif (RBM) of the Spike (S) protein of five of the most relevant variants of the SARS-CoV-2 virus. Our method was validated through comparison with crystallographic structures (PDB). Subsequently, we used the PBEQ-SOLVER tool, an integral part of the CHARMM-GUI server, to model the spatial distribution of charges and solve the Poisson-Boltzmann equation, thus obtaining the electrostatic potentials and free energies of the previously modeled RBMs. With the results, we confirmed the accuracy of the methods used and determined that the increase in SARS-CoV-2 infectivity correlates with the minimization of the RBM free energy of its S protein.

KEYWORDS: Bioinformatic; modeling; protein; Poisson-Boltzmann; Sars-CoV-2.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Linus Pauling (1954), “Podemos, creio eu, antecipar que o químico do futuro interessado na estrutura de proteínas, ácidos nucleicos, polissacarídeos e outras substâncias complexas com alto peso molecular passará a contar com uma nova química estrutural, envolvendo relações geométricas precisas entre os átomos nas moléculas e a aplicação rigorosa dos novos princípios estruturais, e que grandes progressos serão feitos, através desta técnica, no ataque, por métodos químicos, aos problemas da biologia e da medicina.”. Em seu discurso no prêmio Nobel de 1954, ressaltou a importância do estudo de proteínas através de uma abordagem estrutural. Atualmente, quase 70 anos depois, o avanço nesta área obteve avanços significativos devido ao advento da informática. Neste capítulo abordaremos um desses desenvolvimentos no que tange à modelagem e análise eletrostática de um segmento de uma particular proteína (Spike)

Proteínas são moléculas orgânicas complexas, compostas por aminoácidos que desempenham muitas funções importantes no corpo humano, incluindo a construção de tecidos, transporte de moléculas, resposta imune e contração muscular. Os aminoácidos são as unidades básicas das proteínas e formam ligações peptídicas. A estrutura tridimensional de uma proteína é determinada pela sequência de aminoácidos em sua cadeia polipeptídica e pela interação desses aminoácidos com o ambiente. Esta estrutura, quando no estado de mínima energia livre, chama-se estrutura nativa e é crucial para o correto funcionamento biológico da proteína (HALLING, 1995).

O processo físico que conforma a proteína a partir de uma configuração desordenada em sua estrutura nativa é designado por enovelamento proteico (ou “folding”). Vale ressaltar que alguns *foldings* ocorrem em etapas, desenvolvendo-se em locais diferentes da célula,

o que o caracteriza como um processo complexo e que demanda a ultrapassagem de diversos níveis de energia (metaestáveis), caracterizando-se assim segundo a mecânica-estatística microcanônica como uma transição de fase conformacional.

Em particular, uma nova proteína denominada “Spike” tornou-se globalmente relevante a partir de 2019, dado o surgimento da doença respiratória pandêmica denominada COVID-19 (coronavirus disease 2019). Segundo BENVENUTO et al., 2020, seu agente etiológico é o SARS-CoV-2, um vírus de RNA de cadeia simples positiva. O SARS-CoV-2 possui um envelope viral composto por diversas proteínas, sendo classificado como uma estirpe de coronavírus relacionado com a síndrome respiratória grave (SARS-CoV). Contudo, diferente do SARS-CoV, o SARS-CoV-2 possui um sítio de clivagem de furina próximo ao domínio ligante do receptor (RBD) da proteína Spike (S), tendo, portanto, alta afinidade com o receptor humano “enzima conversora da angiotensina 2 (ACE2)”. Segundo LAN et al., 2020, a diferença crucial na afinidade entre a proteína S do SARS-CoV-2 em relação à do SARS-CoV situa-se em uma pequena subunidade do RBD, conhecida como motivo ligante do receptor (RBM).

A predição de estruturas tridimensionais de proteínas vem sendo estudadas por anos. As primeiras tentativas foram realizadas por modelagem estrutural, porém eram pouco eficazes na ausência de estruturas homólogas depositadas no Protein Data Bank. Nesse ambiente, foi criado o I-TASSER, uma pipeline que faz o uso de algoritmos para predição de estruturas tridimensionais, sendo em 2020 ranqueado como primeiro colocado pela CASP (Critical Assessment of Techniques for Protein Structure Prediction) (KRYSHTAFOVYCH et al., 2019).

Dentre os softwares que ajudam a entender as interações biológicas está o CHARMM, um software utilizado para estudos de dinâmicas macromoleculares com ferramentas de análise e manipulação de coordenada atômica e trajetória dinâmica. O CHARMM-GUI é uma versão deste software com uma interface gráfica online para ser amigável ao usuário, padronizar e facilitar o uso das técnicas de simulação usadas em CHARMM (JO et al., 2008).

O PBEQ-Solver é parte integrante do CHARMM-GUI, ele fornece uma interface gráfica de usuário baseada na web para ler estruturas biomoleculares, resolver as equações de Poisson-Boltzmann (PB) e visualizar interativamente o potencial eletrostático. A equação de Poisson-Boltzmann é um modelo matemático usado para descrever a distribuição do potencial eletrostático em uma solução eletrolítica, levando em conta as interações entre íons e moléculas de solvente. Tal equação relaciona a energia potencial dos íons com sua concentração e o potencial elétrico na solução, e ajuda a prever o comportamento de espécies carregadas em solução, como migração, distribuição e ligação. A equação é amplamente utilizada nas áreas de biologia computacional e engenharia química para estudar o comportamento de íons em diversos processos biológicos e industriais (HANS-JÜRGEN BUTT, KARLHEINZ GRAF, KAPPL, 2011).

O PBEQ-Solver calcula o potencial eletrostático e energia livre de solvatação, a energia de interação eletrostática proteína-proteína (DNA ou RNA) e o pKa de um resíduo titulável selecionado (JO et al., 2008). Ele foi utilizado neste estudo para verificar a energia livre das moléculas geradas pelo servidor I-TASSER.

2 | MÉTODO

Para realizar a modelagem deste estudo, foram selecionadas as 5 maiores VoCs (Variants of Concern) em circulação até o momento de início do estudo segundo a Organização Mundial da Saúde. Sendo elas o vírus original WT conhecida como Wild Type (YI et al., 2020), a variante britânica B.1.1.7 (Alpha), as variantes P.1 e B.1.351 conhecidas como Gamma e Beta respectivamente e que possuem a RBM idêntica (HAUSER et al., 2021), a sequência B.1.617.2 conhecida como Delta (PLANAS et al., 2021), e por fim e mais recente B.1.1.529 conhecida como Omicron (DEJNIRATTISAI et al., 2021). A figura 1 mostra as sequências de aminoácidos presentes na RBM, e em destaque, os aminoácidos substituídos nas variantes em relação à sequência WT.

Sequência WT	SNNLDSKVGGNYNLYRLFRKSNLKPFFERDISTEIYQAGSTPCNGVEGFNCYFPLQSYGFQPTNGVGYQPY
Sequência B.1.1.7	SNNLDSKVGGNYNLYRLFRKSNLKPFFERDISTEIYQAGSTPCNGVEGFNCYFPLQSYGFQPT Y GVGYQPY
Sequência P.1 e B.1.351	SNNLDSKVGGNYNLYRLFRKSNLKPFFERDISTEIYQAGSTPCNGV K GFNCYFPLQSYGFQPT Y GVGYQPY
Sequência Delta	SNNLDSKVGGNYN R YRLFRKSNLKPFFERDISTEIYQAGS K PCNGVEGFNCYFPLQSYGFQPTNGVGYQPY
Sequência Ômicron	S N KLDSK V SGN N YLYRLFRKSNLKPFFERDISTEIYQAG N KPCNGV A GFNCYFPL R S S FRPT Y GV G H Q P Y

Figura 1 - Sequências RBM (Receptor Biding Motif)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

2.1 I-TASSER (Iterative Threading ASSEmblY Refinement)

A predição de estruturas tridimensionais de proteínas vem sendo estudadas por anos. As primeiras tentativas foram realizadas por modelagem baseada em modelo, porém ela não funciona para proteínas que não possuem estruturas iguais/parecidas depositadas no Protein Data Bank (ŠALI & BLUNDELL, 1993; BERMAN & HENRICK & NAKAMURA, 2003). Algumas tentativas de predição sem estruturas homologas foi empregada, uma delas é o uso dos contatos resíduo-resíduo, porém não tiveram um sucesso muito grande (KINCH et al., 2011).

O I-TASSER é uma pipeline que faz o uso de algoritmos para predição de estruturas tridimensionais, sendo ranqueado em 2020 como o melhor segundo a CASP. O pipeline do I-TASSER Suite consiste em quatro etapas gerais:

1. Identificação de modelo de encadeamento: onde ocorre um procedimento para identificar proteínas que servirão de modelo em um banco de dados que tenham sua estrutura resolvida semelhante ou um enovelamento estrutural semelhante à

sequência da proteína de consulta. É usado um método de meta-threading chamado LOMETS, composto por 8 programas que reconhecem as dobras (PPAS, Env-PPAS, wPPAS, dPPAS, dPPAS2, wdPPAS, MUSTER and wMUSTER).

2. Montagem da estrutura: nesta etapa, alguns fragmentos das proteínas modelo são postos continuamente em alinhamento para criar uma conformação estrutural base para a proteína alvo. Nesta etapa é realizado uma série de simulações Monte Carlo para adequar os fragmentos para a estrutura base.

3. Seleção e refinamento do modelo: Nesta etapa é realizada a montagem da molécula alvo sobre a estrutura base montada, a partir disso é realizado a seleção das conformações que mais se assemelham com um alinhamento contínuo e para remover conformações com impedimento. As conformações de energia livre mais baixas são identificadas por agrupamento e então é realizada mais uma rodada de simulação de montagem para que sejam removidos os conflitos estéricos e para refinar a topologia da estrutura.

4. Anotação de função baseada na estrutura: a função da proteína alvo é inferida combinando estruturalmente os modelos 3D previstos com as proteínas de estrutura e função conhecidas no PDB.

Para estimar a qualidade das previsões da estrutura, o I-TASSER conta com uma “pontuação de confiança” chamada C-score, que varia de -5 a 2, ela é definida a partir da qualidade dos alinhamentos da estrutura simulada em relação às estruturas bases usadas para o refinamento da montagem estrutural. Para o estudo foi selecionado o modelo com maior C-score de cada OUTPUT, os respectivos valores estão representados na Tabela 1.

Sequência	C-score
Sequência WT	0.08
Sequência B.1.1.7 (Britânica)	0.13
Sequência P.1 (Brasileira) e B.1.351 (Sul Africana)	0.10
Sequência Delta (B.1.617.2)	0.16
Sequência Omicron (B.1.1.529)	0.12

Tabela 1 - C-score

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para utilizar o I-TASSER, deve ser realizado o procedimento no endereço web “<https://zhanggroup.org/I-TASSER/>” com prévio cadastro na plataforma. O INPUT é realizado escrevendo a sequência a ser modelada ou realizando o envio de um arquivo *.fasta* assim como mostrado na Figura 2.

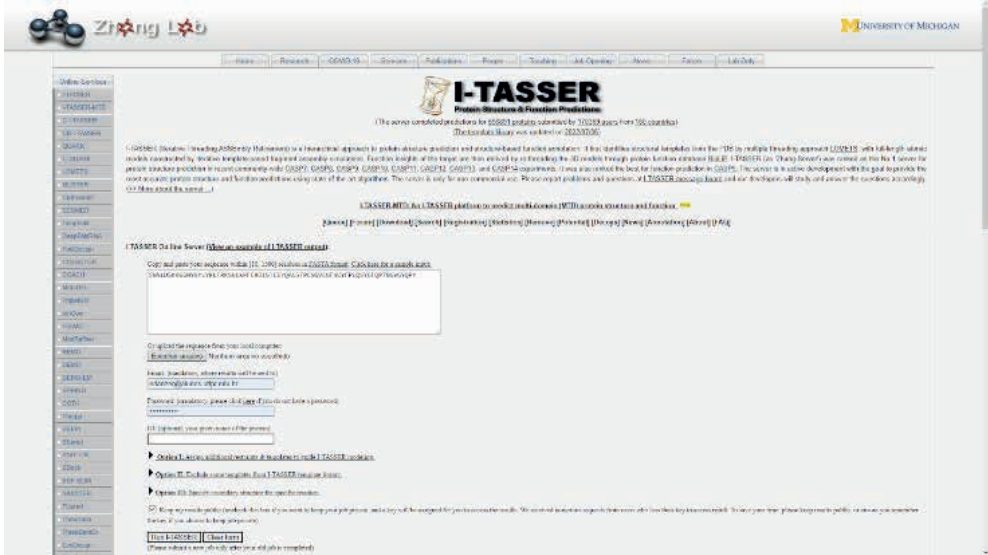


Figura 2 - Interface gráfica do I-TASSER

Fonte: Captura de tela feito pelo autor do endereço web: <https://zhanggroup.org/I-TASSER/>.

Utilizando o I-TASSER, uma a uma as seqüências foram submetidas para realização da modelagem. Para realizar a validação do estudo pelo I-TASSER foi extraído a seqüência RBM correspondente de moléculas RBD do banco de dados RCSB PDB para comparar com a molécula gerada pelo servidor e foram sobrepostas usando o software Chimera-X como demonstrado na Tabela 2.

PDB em comparação com a variante predita	7RKV (Jette et. al.) em marrom.	7EDJ (Yang et. al.) em marrom.	7LYM (Gobeil et. al.) em marrom.	7SBL (Zhang et. al.) em marrom.	7WPE (Yin et. al.) em marrom.
	Seqüência RBM WT em azul.	Seqüência RBM B.1.1.7 em azul.	Seqüência RBM P.1 e B.1.351 em azul.	Seqüência RBM B.1.617.2 em azul.	Seqüência RBM B.1.1.529 em azul.
Visualização 3D					
RMSD	RMSD entre 68 pares de átomos podados é 1,217 Angstroms; (em todos os 71 pares: 1,285)	RMSD entre 69 pares de átomos podados é 0,893 Angstroms; (em todos os 71 pares: 1,050)	RMSD entre 68 pares de átomos podados é 0,918 Angstroms; (em todos os 71 pares: 1,063)	RMSD entre 70 pares de átomos podados é 0,804 Angstroms; (em todos os 71 pares: 0,876)	RMSD entre 60 pares de átomos podados é 0,915 Angstroms; (em todos os 71 pares: 1.500)

Tabela 2 - PDBs sobrepostos

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O RMSD (root-mean-square deviation) na bioinformática indica a distância média entre os átomos de proteínas sobrepostas e é comumente utilizado para medir a similaridade entre duas proteínas. Seu valor é determinado pela Eq. 1.

$$\text{RMSD} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta_i^2} \quad (1)$$

Onde δ indica a distância de um átomo i e uma estrutura referência. Para cada átomo alinhado das proteínas sobrepostas, foi calculado o quadrado da distância entre cada um deles, a soma de todos os quadrados, a divisão da soma pelo número de átomos e por fim, calcula-se a raiz quadrada do valor. Resultando assim em um valor com unidade Angstrom, que equivale a 10^{-10}m , unidade comum na biologia estrutural.

2.2 Equação de Poisson-Boltzmann

No eletromagnetismo clássico a Equação de Poisson (Eq. 2) é uma equação diferencial parcial (EDP) que rege o potencial eletrostático (V) e descreve seu valor em todos os pontos do espaço como uma função da densidade das cargas elétricas (ρ).

$$\nabla^2 V = \frac{-\rho_v}{\epsilon} \quad (2)$$

Essa equação assume (ρ) estacionário, logo, é incapaz de lidar com a movimentação (flutuações de posição) de natureza térmica de íons em uma solução biológica, cuja distribuição de cargas é de natureza estatística. Para lograr essa modelagem, foi proposta a equação de Poisson-Boltzmann (PBEQ), em que a densidade de cargas, torna-se uma função da concentração iônica (c_i^0), do trabalho eletrostático para mover os íons no meio (W), e da temperatura de equilíbrio do meio circundante (T) apresentado na Eq. 3:

$$c_i = c_i^0 * e^{\frac{-W_i}{k_B T}} \quad (3)$$

Desta forma, a densidade de cargas na equação de Poisson é modificada segundo as regras da Mecânica Estatística, considerando a distribuição estatística de Boltzmann, e assim, a densidade de cargas elétricas (ρ) da Eq. 2 torna-se a Eq. 4:

$$\rho_e = e(c^+ - c^-) = c_0 e * \left[e^{\frac{-eV(x,y,z)}{k_B T}} - e^{\frac{eV(x,y,z)}{k_B T}} \right] \quad (4)$$

Assim, a teoria de Poisson-Boltzmann é uma boa aproximação na maioria das condições fisiológicas, especialmente para íons monovalentes e para potenciais de superfície que não são muito grandes. Próximo à superfície carregada, o tamanho finito dos grupos iônicos da superfície e dos contra-íons pode levar a desvios dos resultados de Poisson-Boltzmann.

No caso de estudo em tela, a resolução numérica da PBEQ para os RBMs permite determinar suas energias livres de solvatação. Segundo critérios de estabilidade

termodinâmicos, espera-se que quanto menor forem tais energias livres, maiores serão as interações dos RBMs com a proteína ACE2. Dessa forma as variantes mais infecciosas, e, portanto, biologicamente mais adaptadas aos humanos, teriam menor energia livre. Para efetuar esse cálculo, empregamos o módulo PBEQ-Solver do servidor CHARMM-GUI, uma versão gráfica online do CHARMM, que é um pacote de softwares desenvolvido em Harvard para simulações de dinâmicas macromoleculares. Por sua vez o PBEQ-Solver fornece uma interface gráfica para ler estruturas biomoleculares, resolver a equação de Poisson-Boltzmann (PB) e visualizar interativamente o potencial eletrostático. Para utilizá-lo submetemos os modelos RBM (Tabela 1) no endereço web “<https://charmm-gui.org/?doc=input/pbeqsolver>” com prévio cadastro na plataforma.

3 | RESULTADOS

Comparando as sequências geradas pelo I-Tasser, verificou-se que a sequência B.1.1.7 possui 98,59% de similaridade com a sequência WT, a sequência P.1 (Brasileira), B.1.351 (Sul Africana) e a sequência Delta (B.1.617.2) possuem 97,18% de similaridade com a sequência WT, sendo a sequência Omicron (B.1.1.529) a mais diferente, com 85,92% de similaridade com a sequência WT.

A partir do cálculo da equação de Poisson-Boltzmann, foi possível identificar a energia livre de solvatação das sequências modeladas, na tabela 3, apresentando os valores adquiridos da média de energia de solvatação livre adquirida pelo PBEQ-Solver.

Sequência	Energia Livre de Solvatação
Sequência WT	-581.5225 kcal/mol
Sequência B.1.1.7 (Britânica)	-568.1241 kcal/mol
Sequência P.1 (Brasileira) e B.1.351 (Sul Africana)	-625.4217 kcal/mol
Sequência Delta (B.1.617.2)	-685.0464 kcal/mol
Sequência Omicron (B.1.1.529)	-973.2539 kcal/mol

Tabela 3 - Resultados do PBEQ-SOLVER

Tabela 4 - Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4 | CONCLUSÃO

Durante a pandemia de Covid-19 houve uma urgência de estudos relacionados ao Sars-Cov-2, vírus responsável pela doença. Uma vez que podemos não dispor de modelos isolados de moléculas tridimensionais para ser estudados, analisamos a viabilidade e análise da modelagem das sequências RBM de cinco variantes preocupantes, estrutura está responsável diretamente pela ligação do vírus à ACE2 humana. Há uma diferença significativa na variante Omicron, com 85,92% de similaridade em comparação à Wild-

Type, enquanto as outras superam o patamar de 90% de similaridade. Ao modelar as sequências de aminoácidos com o I-TASSER, o C-score resultante dos modelos melhores ranqueados não foi menor que 0. Somado a isso, o RMSD da sobreposição dos fragmentos RBM cristalográficos com os modelos anteriormente selecionados foram próximos de 1 Ångström, o que indica uma boa paridade na estrutura das moléculas sobrepostas. Com a verificação da qualidade da modelagem realizada, podemos efetuar o cálculo da equação de Poisson-Boltzmann, que confirmou a hipótese de que as variantes mais infecciosas teriam as menores energias livres. Por mais que haja outros fatores que interfiram na infectividade de uma variante, haver uma menor energia livre no segmento que realiza a ligação do vírus com o receptor humano, indica que a variante está mais adaptada a sua função, com grande destaque para o resultado gerado pela variante Omicron. Estudos com a modelagem destes importantes fragmentos podem levar a um foco preciso em pesquisas para medicamentos e vacinas, ajudando assim a reduzir custos e a aumentar a assertividade dos mesmos.

REFERÊNCIAS

BENVENUTO, D. et al. **The 2019-new coronavirus epidemic: Evidence for virus evolution.** Journal of Medical Virology, v. 92, n. 4, 7 fev. 2020.

BERMAN, H.; HENRICK, K.; NAKAMURA, H. **Announcing the worldwide Protein Data Bank.** Nature Structural & Molecular Biology, v. 10, n. 12, p. 980–980, dez. 2003.

DEJNIRATTISAI, W. et al. **Omicron-B.1.1.529 leads to widespread escape from neutralizing antibody responses.** 7 dez. 2021.

GOBEIL, S. M.-C. et al. **Effect of natural mutations of SARS-CoV-2 on spike structure, conformation, and antigenicity.** Science, v. 373, n. 6555, 6 ago. 2021.

HALLING, P. J. **Proteins: Structures and molecular properties (2nd edition).** by Thomas E. Creighton, W. H. Freeman, New York, 1992, xiii + 512 pp, price £22.95. ISBN 0-7167-7030-X. Journal of Chemical Technology AND Biotechnology, v. 62, n. 1, p. 105–105, jan. 1995.

HANS-JÜRGEN BUTT; KARLHEINZ GRAF; KAPPL, M. **Physics and chemistry of interfaces.** Weinheim: Wiley-Vch, 2011.

HAUSER, B. M. et al. **Rationally designed immunogens enable immune focusing to the SARS-CoV-2 receptor binding motif.** 16 mar. 2021.

JETTE, C. A. et al. **Broad cross-reactivity across sarbecoviruses exhibited by a subset of COVID-19 donor-derived neutralizing antibodies.** Cell Reports, v. 36, n. 13, p. 109760, set. 2021.

JO, S. et al. **CHARMM-GUI: A web-based graphical user interface for CHARMM.** Journal of Computational Chemistry, v. 29, n. 11, p. 1859–1865, 19 mar. 2008.

JO, S. et al. **PBEQ-Solver for online visualization of electrostatic potential of biomolecules.** Nucleic Acids Research, v. 36, n. suppl_2, p. W270–W275, 28 maio 2008.

KINCH, L. N. et al. **CASP9 target classification.** Proteins, v. 79 Suppl 10, n. Suppl 10, p. 21–36, 2011.

KRYSHTAFOVYCH, A. et al. **Critical assessment of methods of protein structure prediction (CASP)—Round XIII.** Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics, v. 87, n. 12, p. 1011–1020, 23 out. 2019.

LAN, J. et al. **Structure of the SARS-CoV-2 spike receptor-binding domain bound to the ACE2 receptor.** Nature, v. 581, 30 mar. 2020.

PAULING, L. **Nobel Lecture.** NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2023. Disponível em: <<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1954/pauling/lecture/>>. Acessado em 7 de fev. de 2023.

PLANAS, D. et al. **Reduced sensitivity of SARS-CoV-2 variant Delta to antibody neutralization.** Nature, p. 1–7, 8 jul. 2021.

ŠALI, A.; BLUNDELL, T. L. **Comparative Protein Modelling by Satisfaction of Spatial Restraints.** Journal of Molecular Biology, v. 234, n. 3, p. 779–815, dez. 1993.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Tracking SARS-CoV-2 variants.** Disponível em: <<https://www.who.int/activities/tracking-SARS-CoV-2-variants>>.

YANG, T.-J. et al. **Effect of SARS-CoV-2 B.1.1.7 mutations on spike protein structure and function.** Nature Structural & Molecular Biology, v. 28, n. 9, p. 731–739, 12 ago. 2021.

YI, C. et al. **Key residues of the receptor binding motif in the spike protein of SARS-CoV-2 that interact with ACE2 and neutralizing antibodies.** Cellular & Molecular Immunology, v. 17, n. 6, p. 621–630, 15 maio 2020.

YIN, W. et al. **Structures of the Omicron spike trimer with ACE2 and an anti-Omicron antibody.** Science, v. 375, n. 6584, p. 1048–1053, 4 mar. 2022.

ZHANG, J. et al. **Membrane fusion and immune evasion by the spike protein of SARS-CoV-2 Delta variant.** Science, 26 out. 2021.

PREVISÃO DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA EM MICROGRID CONSIDERANDO NÍVEIS MENOS AGREGADOS POR MEIO DA APLICAÇÃO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL GRNN COMBINADA COM O MÉTODO ESTATÍSTICO SARIMA

Data de submissão: 09/03/2023

Data de aceite: 03/04/2023

Nelson Nunes André Junior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/ Centro de Engenharia e Ciências Exatas/ Foz do Iguaçu, PR
<http://lattes.cnpq.br/5124958843874927>

Carlos Roberto Mendonça da Rocha

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/ Centro de Engenharia e Ciências Exatas/ Foz do Iguaçu, PR
<http://lattes.cnpq.br/4658529903411274>

Marcos Ricardo Müller

Faculdade UNIGUAÇU / Centro de Ciências Exatas/ São Miguel do Iguaçu, PR
<http://lattes.cnpq.br/6275900986006185>

RESUMO: O crescimento do consumo de energia elétrica no mundo obriga que países tenham um planejamento bem estruturado em relação a previsão da demanda de energia elétrica de seus mais diversos setores. Utilizam-se diversas técnicas para previsão de cargas elétricas, como, por exemplo, os modelos de inteligência artificial, os modelos estatísticos e os modelos híbridos. Neste trabalho é apresentado um modelo baseado na combinação entre um método estatístico,

o SARIMA, e uma rede neural artificial (RNA) GRNN (Rede Neural de Regressão Generalizada), com objetivo de melhorar a acurácia das previsões de demanda de energia elétrica em um conjunto de dados. As técnicas utilizadas para previsão consideraram um horizonte de previsão de 1, 3 e 5 dias, sendo a primeira técnica a combinação entre a GRNN e o SARIMA, e, as outras técnicas foram os próprios métodos previsores separadamente, além da RNA LSTM, muito utilizada para previsão de séries temporais. Os resultados obtidos com o modelo combinado proposto GRNN+SARIMA são, em geral, mais precisos quando comparados com os resultados das técnicas individualmente, pois combinam as vantagens da GRNN e do SARIMA, suavizando as características negativas uma da outra, ocasionado assim, um equilíbrio que se reflete na previsão gerada. Os resultados são semelhantes aos resultados da LSTM em algumas simulações comprovando sua eficácia e tornando-se uma ótima opção com um custo computacional menor do que a LSTM.

PALAVRAS-CHAVE: SARIMA, Redes Neurais Artificiais, Previsão de demanda, GRNN, LSTM.

ELECTRICITY DEMAND FORECAST IN MICROGRID CONSIDERING LESS AGGREGATE LEVELS THROUGH THE APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK GRNN COMBINED WITH THE SARIMA STATISTICAL METHOD

ABSTRACT: The growth of electricity consumption in the world requires countries to have a well-structured plan in relation to forecasting the demand for electricity in their most diverse sectors. Several techniques are used to predict electrical loads, such as artificial intelligence models, statistical models and hybrid models. This work presents a model based on the combination of a statistical method, SARIMA, and an artificial neural network (ANN) GRNN (Generalized Regression Neural Network), with the aim of improving the accuracy of forecasts of electricity demand in a set of data. The techniques used for forecasting considered a forecasting horizon of 1, 3 and 5 days, the first technique being the combination of GRNN and SARIMA, and the other techniques were the forecasting methods themselves separately, in addition to the ANN LSTM, which is widely used. for time series forecasting. The results obtained with the proposed combined model GRNN+SARIMA are, in general, more accurate when compared with the results of the techniques individually, as they combine the advantages of GRNN and SARIMA, smoothing out the negative characteristics of each other, thus causing a balance which is reflected in the generated forecast. The results are similar to the LSTM results in some simulations, proving its effectiveness and making it a great option with a lower computational cost than the LSTM.

KEYWORDS: SARIMA; Artificial Neural Networks; Demand forecast, GRNN, LSTM.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, cresce a demanda por energia elétrica, o que acaba ocasionando uma preocupação por parte do governo, estados, municípios e empresas quanto a disponibilidade e a qualidade dos serviços relacionados à distribuição de energia elétrica. Por suas proporções continentais, o Brasil exige um planejamento bem estruturado quanto à produção, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos com a realização da implementação e aplicação da combinação do método estatístico SARIMA (AutoRegressivos Integrados de Médias Móveis com Sazonalidade) e da RNA GRNN (Rede Neural de Regressão Generalizada), para realização de previsões de demanda de energia elétrica em um conjunto de dados que possuem diferentes níveis de agregação, e o comparativo entre os resultados gerados pelas duas técnicas, separadamente, os resultados da RNA LSTM (Rede de Memória de Curto e Longo Prazo), e de uma combinação entre a LSTM e o SARIMA.

O objetivo principal é demonstrar que, quando as técnicas GRNN e SARIMA são combinadas, os resultados gerados tornam-se mais precisos, devido às características da RNA GRNN acabarem auxiliando nas deficiências do método estatístico SARIMA e vice-versa quando aplicado a um conjunto de dados com diferente níveis de agregação, gerando resultados aproximados aos resultados gerados pela RNA LSTM muito utilizada

para previsão de séries temporais, mas obtendo um custo computacional menos que a LSTM.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foram utilizados dados reais de consumo de energia elétrica originários de uma rede inteligente instalada em um conjunto de prédios que se encontra no Parque Tecnológico Itaipu (PTI) localizado na cidade de Foz do Iguaçu – PR (Brasil). Ao todo foram utilizados três *smart-meters* instalados juntos a diferentes transformadores denominados “RES”, onde fica um restaurante, “T03” e “T09”, que atendem blocos formados por salas de aula, banheiros e salas administrativas.

O banco de dados utilizado possui informações de data e hora e valores da energia ativa consumida, além da temperatura. As medições ocorrem por prédio, considerando suas particularidades (sala de aula, escritório, lanchonete, entre outros) com diferentes perfis de consumo compondo suas cargas, ainda assim, com baixa agregação. A curva de carga diária (kW) considerada é composta por 96 medições distintas de consumo de energia ativa igualmente espaçadas no tempo em intervalos de 15 minutos. Antes de serem aplicadas as técnicas de previsão de demanda, foi realizada a validação dos dados a serem utilizados. Nessa etapa foram feitas algumas ressalvas quanto a análise para se obter um melhor resultado como, por exemplo, para o conjunto de dados analisados, os dados referentes aos finais de semana e feriados nacionais e municipais não foram considerados pelo motivo que o consumo de energia elétrica registrado aos finais de semana e feriados é muito inferior ao consumo registrado nos dias úteis da semana, ocasionando uma variação muito grande entre os valores, o que afeta sobremaneira o comportamento dos dados regulares. Cada método de previsão possui características únicas em relação ao processamento dos dados. Na análise do conjunto dos dados foram identificadas eventuais inconsistências e padrões que poderiam influenciar negativamente no resultado final do trabalho, ou seja, os chamados *outliers*. Para Bento e Santos (2018), um outlier pode ser definido como uma amostra que desvia de um conjunto de dados. Foram identificados, ao todo, 19 valores discrepantes em um conjunto composto por 18.144 dados, sendo considerados 6.048 dados por transformador no período considerado, ou seja, os *outliers* representam, aproximadamente, 0,105% da quantidade de valores que foram utilizados.

O tratamento dos *outliers* foi feito de forma manual calculando-se a média aritmética entre os valores válidos imediatamente anterior e posterior e o resultado passou a ser o valor a ser substituído na posição referente ao antigo valor de outlier. Após todo o tratamento nos dados foram determinados horizontes de previsão de 1, 3 e 5 dias, a partir do entendimento que uma semana é formada por apenas 5 dias úteis. Para cada dia são realizadas 96 medições por transformador, o que ocasiona que, para as previsões de 1, 3 e 5 dias sejam obtidos 96, 288 e 480 dados previstos.

Para este trabalho foram combinados os valores resultantes das previsões da RNA GRNN e do método estatístico SARIMA, para isso se utilizou os valores resultantes de cada uma das técnicas, de forma que mantivessem características de ambos os previsores. Para o treinamento da RNA GRNN foi separada uma amostra de tamanho correspondente a 75% do total dos valores e os outros 25% dos valores para os testes com a RNA GRNN. Após a obtenção dos resultados, foi adotada a média aritmética simples entre RNA e SARIMA.

A Figura 1 apresenta o fluxograma do algoritmo que combina as saídas de previsão.

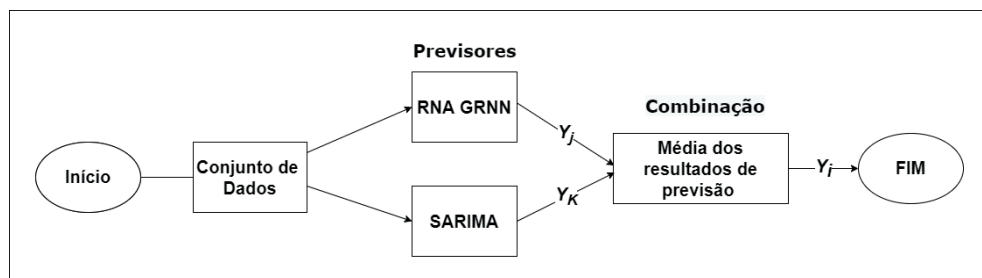


Figura 1 –Algoritmo de combinação dos resultados dos previsores.

Fonte: Autoria própria.

Para este trabalho os dados reais de consumo de energia elétrica foram submetidos à biblioteca *forecast* do software R para computação estatística que fornece a implementação dos modelos automáticos (*auto.arima*) de previsão *step-wise* com modelos ARIMA (Hyndman, 2022). Para a implementação da RNA GRNN foi utilizado o software Matlab. O Matlab possui várias funções e toolboxes para implementação de RNAs, uma delas é a *Neural Network Toolbox*, que possui a função “*newgrnn*” que cria uma rede neural do tipo GRNN automaticamente de acordo com os parâmetros repassados a ela e dos arquivos que contém os dados reais de consumo de energia elétrica (Mathworks, 1994).

A função *newgrnn* define os pesos da primeira camada como P' , e os bias da primeira camada são todos definidos como $0,8326/\text{distância de dispersão do vetor de entrada}$, a segunda camada tem o número de neurônios igual ao número de vetores de entrada (Mathworks, 1994). Os parâmetros da função são editáveis, mas para este trabalho utilizou-se os valores padrão oferecidos pela *toolbox*. Para a implementação da RNA LSTM utilizou-se a linguagem PYTHON com a biblioteca PyTorch que é uma biblioteca de aprendizado de máquina de código aberto usada para implementações de aprendizado profundo, como visão computacional e processamento de linguagem natural (Pytorch, 2022). Para este trabalho a implementação da LSTM considerou o número de passos anteriores a serem lembrados como 5, por ser considerado um valor bom de comparações anteriores, o número de vetores da camada intermediária e o número de vetores na camada oculta como 4 e camadas recorrentes como 2, que são valores padrão da função.

Segundo Cecatto e Belfiore (2015) a acurácia do modelo de previsão corresponde à porcentagem de acertos do modelo de previsão em relação à demanda real. Para a avaliação da assertividade das previsões foi utilizado o cálculo do índice de Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE). No trabalho de Almeida e César (2018) comenta-se que a acurácia da previsão é o fator mais importante na avaliação da mesma, e por esse motivo se faz necessário a utilização de alguma medida de acuracidade, e, entre as medidas mais conhecidas, pode-se citar o erro quadrático médio (MSE) e o MAPE. O MAPE é calculado de acordo com a Equação 2.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - Y_t}{X_t} \right| \quad (2)$$

Sendo:

t : instante t ;

X_t : valor real;

Y_t : valor resultante da previsão;

n : o tamanho da série temporal.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Horizonte preditivo	Método				
	SARIMA	GRNN	LSTM	GRNN+SARIMA	LSTM+SARIMA
1	20,6120	17,4780	12,47299	13,3088	25,57211
3	18,9908	15,0045	12,01754	12,6826	28,0812
5	21,0947	15,7531	13,23118	12,9840	26,8356

Tabela 1 – MAPE do transformador RES.

Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados do cálculo do MAPE obtidos por cada técnica aplicada para o transformador RES, que corresponde ao transformador que se encontra no bloco do restaurante. Pode-se perceber que, para a previsão de carga correspondente a 1 dia, o combinado GRNN+SARIMA gerou um MAPE com valor menor que os valores resultantes da GRNN e do SARIMA e muito próximo a RNA LSTM, que obteve o melhor desempenho, ou seja, gerou o menor valor de MAPE. A LSTM, por ter a característica de relembrar alguns passos passados e aprender, acaba tendo um melhor desempenho que os outros métodos, mas mesmo com essa característica, o combinado GRNN+SARIMA obtém um MAPE próximo ao da LSTM, demonstrando sua eficiência. O combinado LSTM+SARIMA acabou tendo o pior desempenho entre as técnicas, mas um valor mais aproximado do valor obtido pelo SARIMA separadamente.

O mesmo fato pode ser observado quando o horizonte preditivo corresponde a 3 dias, onde o combinado GRNN+SARIMA obteve melhor desempenho que o SARIMA e a GRNN em separados, com um MAPE de, aproximadamente, 12,68, mas acaba tendo um resultado inferior ao da LSTM, que obteve um MAPE de 12,01754. O combinado GRNN+SARIMA chega a ter um melhor desempenho que as outras técnicas quando o horizonte é de 5 dias obtendo um resultado 1,87% melhor que a LSTM. Analisando os melhores desempenhos do combinado percebe-se que o valor do MAPE chegou a ser melhor em até 23,86% em relação a GRNN, na previsão para 1 dia, e chegou a ser melhor em até 38,47% em relação ao SARIMA, na previsão para 5 dias.

A Tabela 2 apresenta os resultados do cálculo do MAPE obtidos por cada técnica aplicada para o transformador T03.

Horizonte preditivo	Método				
	SARIMA	GRNN	LSTM	GRNN+SARIMA	LSTM+SARIMA
1	12,6075	13,3193	6,15455	10,0628	19,049
3	19,7636	11,3978	5,88735	15,0727	20,833
5	16,2439	9,31	5,35401	10,9593	15,916

Tabela 2 – MAPE do transformador T03.

Fonte: Próprio autor.

Baseando-se nos resultados da Tabela 2, pode-se perceber que nesse bloco a RNA LSTM obteve resultados de MAPE amplamente melhores do que os resultados gerados pelos outros métodos. A RNA GRNN obteve um valor menor resultante do cálculo do MAPE nas previsões correspondentes ao horizonte preditivo de 3 e 5 dias, com os valores de 11,39 e 9,31, ou seja, o seu desempenho foi melhor que o SARIMA e o combinado GRNN+SARIMA, mas obteve um valor de MAPE de até 73,88% maior que o valor de MAPE da LSTM para o horizonte de 5 dias. Analisando-se os resultados do combinado GRNN+SARIMA em relação aos resultados da LSTM, observa-se que, para os horizontes de 1, 3 e 5 dias são gerados resultados de 63,5%, 156% e 104,7% respectivamente maiores que os gerados pela LSTM.

A diferença entre os valores pode ter acontecido por causa da característica do conjunto de dados relativos a este bloco. Neste bloco os valores de validação apresentam máximos e mínimos mais aproximados e tem como característica o pico de carga se apresentar no começo da curva de carga. Apenas para a previsão referente ao horizonte de 1 dia o combinado GRNN+SARIMA mostrou um melhor desempenho que as técnicas SARIMA e GRNN separadamente. A GRNN chegou a ter um desempenho 32,14% melhor que o combinado para a previsão de 3 dias e aproximadamente 42% melhor que o SARIMA

para as previsões de 3 e 5 dias.

Os valores obtidos pela previsão da GRNN apresentaram uma acurácia melhor que os valores do combinado GRNN+SARIMA utilizado para previsão de 3 e 5 dias, mas, mesmo assim, sendo inferior aos resultados da LSTM. Analisando os valores de MAPE do bloco T03, é possível notar uma menor discrepância entre os resultados dos diferentes previsores quando comparados aos resultados obtidos no bloco RES. Para todos os horizontes preditivos a combinação entre LSTM e SARIMA acaba tendo o pior desempenho. Essa situação pode ser ocasionada por causa das características do SARIMA que acabam influenciando fortemente na execução da LSTM, uma vez que, separadamente, a LSTM acaba apresentando um desempenho melhor entre todas as técnicas aplicadas.

Horizonte preditivo	Método				
	SARIMA	GRNN	LSTM	GRNN+SARIMA	LSTM+SARIMA
1	16,1985	12,1013	9,97755	11,3270	20,911
3	13,8591	13,7209	10,55699	10,1353	25,7732
5	15,5876	14,3918	10,04812	10,1354	22,9379

Tabela 3 – MAPE do transformador T09.

Fonte: Próprio autor.

A Tabela 3 apresenta os valores obtidos pelo cálculo do MAPE para o transformador T09. Observando-se os resultados obtidos apresentados na Tabela 3 percebe-se que a LSTM apresentou melhor desempenho na maioria dos horizontes preditivos considerados para o transformador T09, apenas no horizonte preditivo de 3 dias o combinado GRNN+SARIMA apresentou melhor desempenho, apresentando uma acurácia 4% melhor que a acurácia da LSTM. Em comparação com a GRNN o combinado conseguiu um valor de aproximadamente 30% na previsão para 1 dia, e com relação ao SARIMA houve um resultado de até 35% melhor na previsão de 5 dias. Nesse bloco pode-se observar que os valores do combinado GRNN+SARIMA são muito próximos aos valores gerados pela LSTM, sendo que a mesma possui a característica de lembrar de valores de n etapas anteriores, aprendendo com os mesmos para realizar a previsão.

Pode-se observar pelos resultados apresentados que a aplicação da LSTM consegue no geral, um resultado do cálculo do MAPE menor em todos os transformadores, mas não em todos os horizontes preditivos considerados. Se considerarmos apenas as outras técnicas, o combinado GRNN+SARIMA acaba se destacando na maioria dos resultados, e, a GRNN consegue, no geral, um resultado do cálculo do MAPE menor em dois dos três transformadores. Isso ocorre devido às características de consumo de cada bloco separadamente, pois a população que utiliza os blocos é uma população considerada

flutuante, formada por estudantes que utilizam as salas e laboratórios instalados nos blocos, funcionários do próprio PTI, de empresas incubadas e da ITAIPU Binacional. Esporadicamente ocorrem eventos técnico-científicos que abrangem diferentes quantidades de públicos que também impactam nas cargas observadas. Com isso, dependendo da época do ano, há um maior ou menor consumo de energia, contribuindo com a variação e aleatoriedade das cargas devido à baixa efetividade ou impossibilidade de modelar o componente “vontade humana”.

Observa-se que os resultados obtidos da aplicação do GRNN foram melhores que os obtidos pelo combinado GRNN+SARIMA e do próprio SARIMA no conjunto de dados referentes ao transformador T03 para os horizontes preditivos de 3 e 5 dias. Isso ocorreu em um conjunto de dados onde o pico dos valores de carga coletados ocorre no começo do conjunto de dados e, após o pico, os valores não chegam a ser tão elevados quanto os do começo do conjunto, mas mantém um certo padrão de máximos e mínimos em todo o resto do conjunto de dados.

Quando combinados a RNA e o método estatístico os resultados obtidos mostraram um desempenho melhor do algoritmo pois conseguiram melhorar o MAPE na maioria as previsões, se aproximando muito dos resultados gerados pela LSTM, principalmente no transformador T09. Apenas quando consideramos o transformador T03 a LSTM se mostrou muito superior que as outras técnicas de previsão. Para uma melhor análise, a seguir são apresentadas curvas de cargas da performance das duas melhores previsões considerando o horizonte preditivo de 1, 3 e 5 dias respectivamente para o transformador RES.

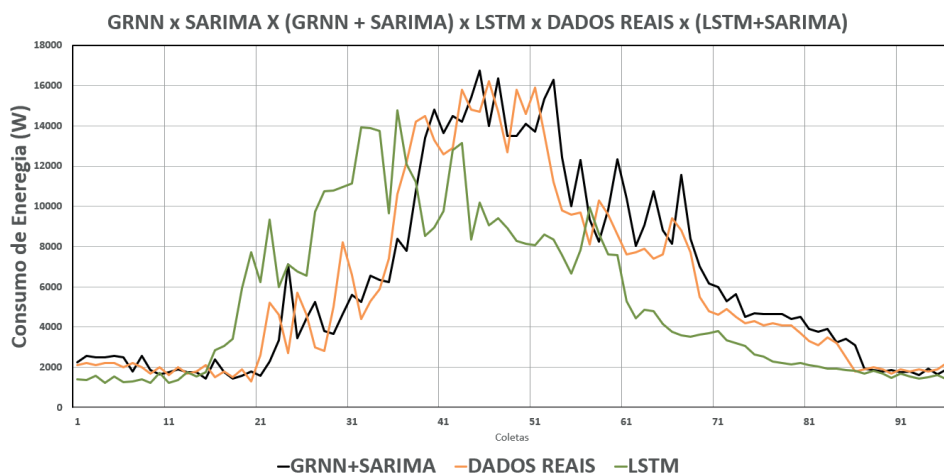


Figura 2 –Algoritmo de combinação dos resultados dos previsores.

Fonte: Autoria própria.

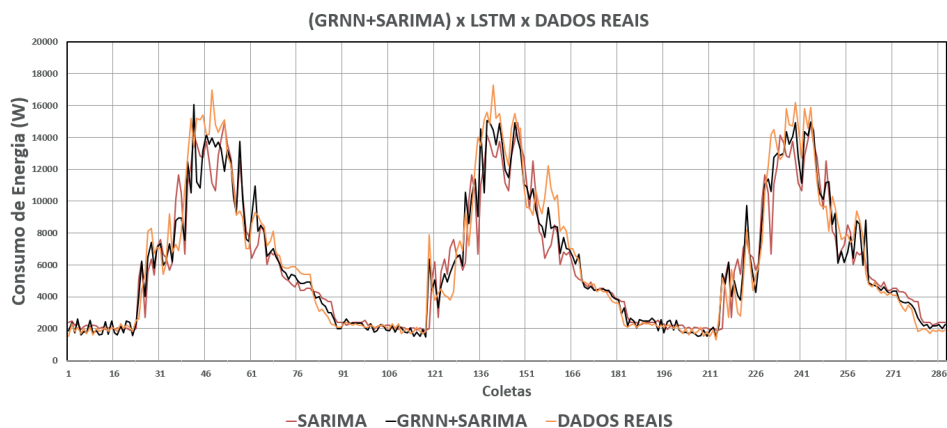


Figura 3 –Algoritmo de combinação dos resultados dos previsores.

Fonte: Autoria própria.

Nas Figura 2, Figura 3 e Figura 4 pode-se observar que a curva de carga do combinado GRNN+SARIMA (cor preta) apresenta uma melhor aproximação com a curva de carga referente aos dados reais (cor laranja) durante todo o horizonte preditivo e, que apesar de apresentar um MAPE melhor, a curva de carga referente a LSTM (cor verde) não acompanha os dados reais de uma forma próxima quanto o combinado GRNN+SARIMA durante toda a extensão do horizonte preditivo.



Figura 4 –Algoritmo de combinação dos resultados dos previsores.

Fonte: Autoria própria.

A seguir são apresentadas curvas de cargas da performance das duas melhores previsões considerando o horizonte preditivo de 1, 3 e 5 dias respectivamente para o transformador T03.

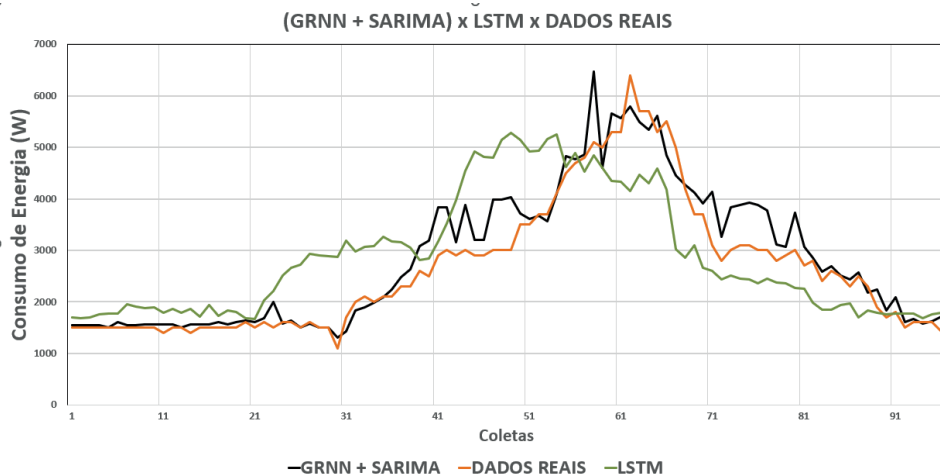


Figura 5 –Algoritmo de combinação dos resultados dos previsores.

Fonte: Autoria própria.

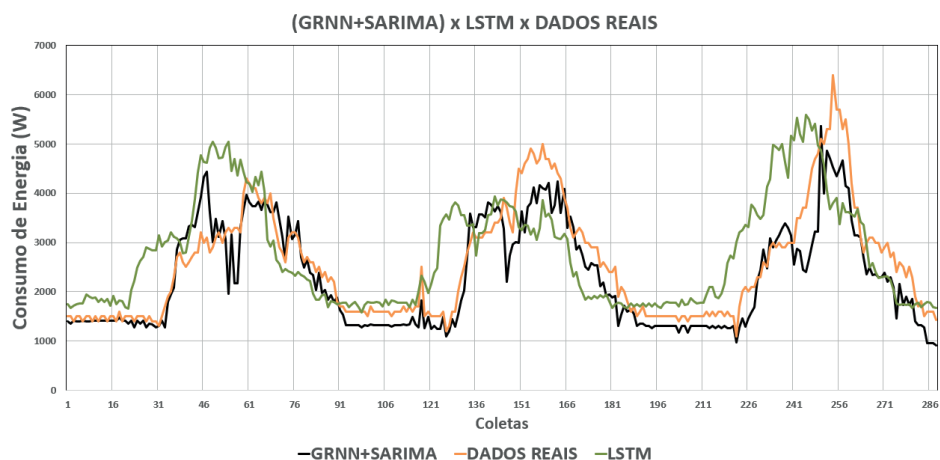


Figura 6 –Algoritmo de combinação dos resultados dos previsores.

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 5, Figura 6 e na Figura 7 pode-se destacar uma aproximação da curva de carga referentes ao combinado GRNN+SARIMA (cor preta) com os valores reais (cor laranja) durante todo o horizonte preditivo, assim como pode-se destacar que a RNA LSTM tem a sua curva de carga com pontos onde fica muito acima dos valores reais.

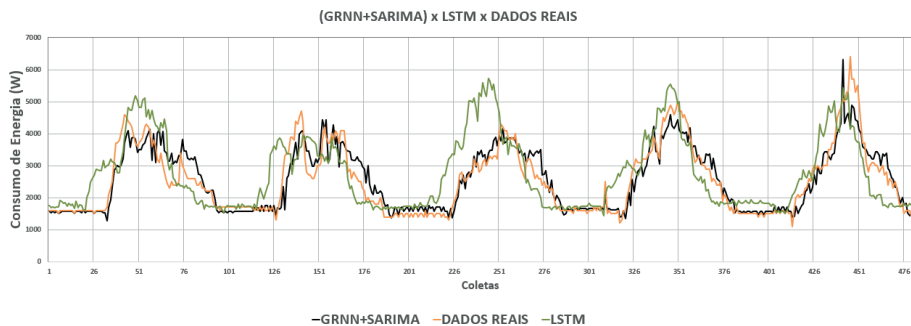


Figura 7 –Algoritmo de combinação dos resultados dos previsores.

Fonte: Autoria própria.

A seguir são apresentadas curvas de cargas da performance das duas melhores previsões considerando o horizonte preditivo de 1, 3 e 5 dias respectivamente para o transformador T09.

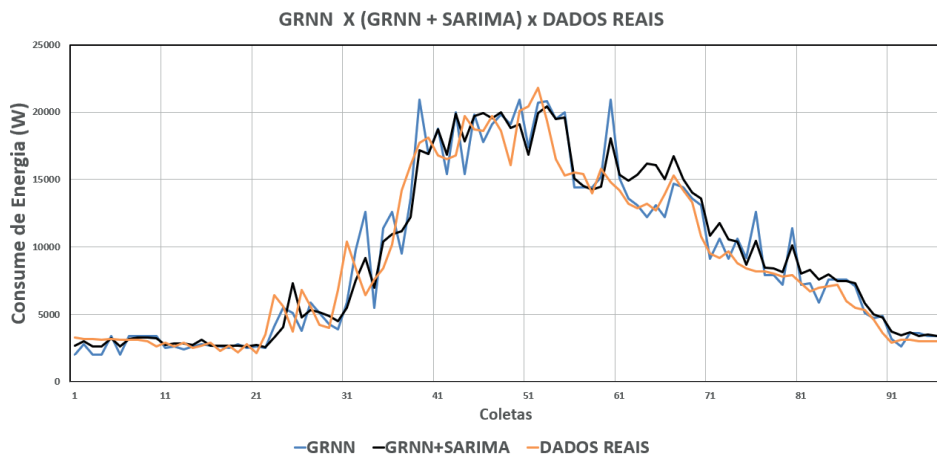


Figura 8 –Algoritmo de combinação dos resultados dos previsores.

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 8 pode-se destacar que a curva de carga da RNA LSTM (cor verde) obteve picos de valores durante um período considerável durante o horizonte preditivo, em alguns momentos a RNA GRNN acaba também gerando valores que são bem mais altos se comparados com os valores reais, pode-se perceber que o combinado GRNN+SARIMA acaba tendo uma curva de carga bem mais próxima aos valores reais.

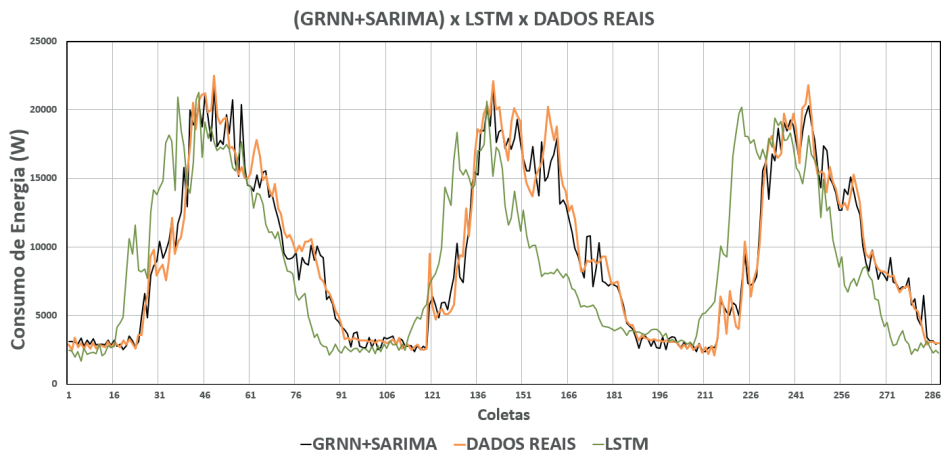


Figura 9 –Algoritmo de combinação dos resultados dos previsores.

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 9 e Figura 10 pode-se destacar as curvas de carga da RNA LSTM (cor verde) e do combinado GRNN+SARIMA (cor preta) acompanhando a curva de carga dos dados reais (cor laranja) por boa parte do horizonte preditivo, repetindo o mesmo padrão das curvas dos transformadores anteriores onde a curva de carga da LSTM acaba ficando mais afastada em vários pontos do horizonte preditivo se comparada com a proximidade da curva de carga do combinado GRNN+SARIMA em relação aos dados reais.

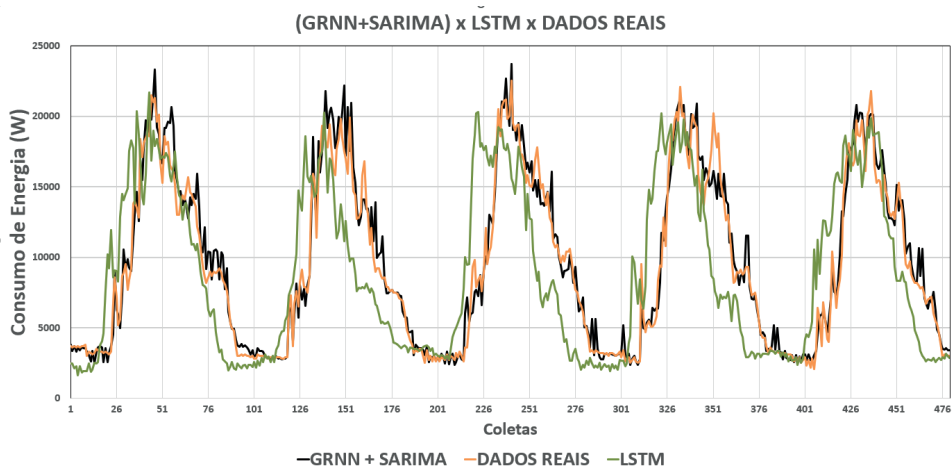


Figura 10 –Algoritmo de combinação dos resultados dos previsores.

Fonte: Autoria própria.

4 | CONCLUSÃO

A RNA LSTM mostrou-se muito eficiente na maioria das simulações realizadas devido à sua característica de lembrar de informações por longos períodos de tempo, o que possibilita mais acurácia em sua previsão, mas essa eficiência se apresenta quando comparamos os valores de MAPE gerados nas simulações, se considerarmos somente as curvas de carga obtidas nas simulações observa-se que o combinado GRNN+SARIMA se mostrou mais eficaz em mais situações. A LSTM apenas se mostrou menos eficiente quando foi combinada com o método estatístico SARIMA.

A combinação do SARIMA com a GRNN se mostrou mais eficiente na maioria dos cenários de previsão quando comparada com as técnicas SARIMA, GRNN e LSTM+SARIMA, essa variação na precisão das previsões é diferente de acordo com o bloco a ser considerado e o objetivo funcional de cada bloco analisado. Os resultados gerados pelo combinado GRNN+SARIMA foram muito semelhantes aos gerados pela LSTM separadamente, que é uma RNA apropriada para previsão de séries temporais do tipo considerado neste trabalho, e, em razão disso, obteve melhores resultados na maioria das simulações, mas a combinação SARIMA e GRNN se mostrou uma boa opção devido a um custo computacional mais baixo que a da LSTM e às características positivas dos dois métodos combinados, que suavizam as desvantagens da aplicação de cada técnica separadamente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. B. de; CESAR, H. P. **Aplicação de métodos de previsão de demanda em uma indústria do setor alimentício**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2018.

BENTO, G. M., SANTOS, R. T. **Avaliação de Métodos de Remoção de *Outliers* e seus Impactos na Precisão dos Métodos de Interpolação**. In: 1 Simpósio Mato-Grossense de Mecanização Agrícola e Agricultura de Precisão - SIMAP, 2018, SINOP. Anais do 1 Simpósio Mato-Grossense de Mecanização Agrícola e Agricultura de Precisão - SIMAP, 2018. p. 1.

CECATTO, C., BELFIORE, P. O uso de métodos de previsão de demanda nas indústrias alimentícias brasileiras. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 2, p. 404–418, jun. 2015.

HYNDMAN, R. (2022). **Package forecast**. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/forecast.pdf>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

MATHWORKS. **Newgrnn: Design generalized regression neural network**. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/newgrnn.html;jsessionid=6d1cd11e3d71df5750250c730bd8>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

PYTORCH CONTRIBUTORS (2022). **PyTorch Documentation**. Disponível em: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html#indices-and-tables> . Acesso em: 23 de outubro de 2022.

FAILURE REPRODUCTION BENCH IN DIGITAL SYSTEMS OF PROTECTION AND CONTROL-POWERTS

Data de aceite: 03/04/2023

Adriel Rodrigues da Silva

Andrei Gomes Lopes

Cidiney José da Silva

Jorge Javier Gimenez Ledesma

Thiago Sousa Guimarães Peixoto

Oswaldo Hideo Ando Junior

ABSTRACT: This article presents the development of the project and the assembly of a test bench, which simulates signals from electrical power equipment, with different configurations of substation arrangements, intended for testing in digital protection and control systems. The knowledge of the logics implemented in the relays and their functions are of paramount importance for carrying out tests. The performance of tests in protection and control systems brings security to the electrical power system, an improper performance or non-performance can occur undue shutdowns leading to a system collapse. Therefore, it is necessary to carry out tests, when changing settings, configuration, implementation of new logics, reproduction of faults that occur in the

electrical system, safely and without risk to its users. The bench was structured with a basic infrastructure and with the aid of a test box, testing logic and protection settings, commissioning and performing maintenance on protection systems. The same can be inserted in the training of professionals, in university laboratories for practical application in protection and control systems. To validate the bench, transmission line protection tests, substation bar protection and transformer protection were carried out, and the results presented validated the bench design and development, and its feasibility of application in the academic environment and professional training.

KEYWORDS: Protection of electrical systems, Digital relay, Simulations, Substation, Test bench.

1 | INTRODUÇÃO

Os dispositivos de proteção são projetados e instalados para eliminarem falhas que ocorrem no sistema elétrico de potência, prover proteção pessoal e limitar danos aos equipamentos na ocorrência de falhas e condições anormais de funcionamento [1]. A função dos relés de

proteção consiste em manter a estabilidade do sistema e continuidade dos serviços de eletricidades, atuando o mais rápido possível para eliminar o elemento faltoso com o tempo mínimo de operação, atuando de forma seletiva garantindo que apenas a parte defeituosa seja isolada [2].

A falha de um dispositivo de proteção pode impactar na confiabilidade do sistema elétrico, o que pode resultar em desligamentos acidentais, aumento de danos e diminuindo a vida útil dos equipamentos, causando prejuízos financeiros às concessionárias de energia elétrica e aos consumidores [3].

Com a crescente evolução das técnicas de processamento digitais aplicada aos dispositivos eletrônicos inteligentes estes passaram a ter parâmetros mais complexos. Os IED's executam funções de controle de subestações através das lógicas implementadas, funções de proteção e comunicação com outros IED's apresentando um caráter multifuncional [4].

Os testes nos dispositivos de proteção se fazem necessários a simulação de falhas, perturbações ocorridas no sistema elétrico. O sistema de teste deve simular os sinais de equipamentos elétricos de subestação e do sistema elétrico, sendo esses sinais enviados para as entradas digitais e analógicas do IED, com intuito de analisar o desempenho do sistema de proteção [5].

Com a evolução dos relés eletromecânicos aos relés digitais multifuncionais, os testes nos dispositivos de proteção sofreram alterações no decorrer dos últimos anos. Os equipamentos de testes acompanharam essa evolução, saindo de equipamentos analógicos para modernos equipamentos com tecnologia microprocessada, atendendo aos novos requisitos dos modernos sistemas de proteção [6].

A utilização de plataformas de testes no ensino de proteção de sistemas elétricos de potência para os cursos de engenharia elétrica é de suma importância para a qualificação de profissionais capacitados para a inserção no mercado de trabalho, contribuindo com o ensino acadêmico e prático no estado da arte de proteção de sistemas elétricos [7].

A plataforma híbrida para ensino de proteção de sistemas elétricos de potência, desenvolve simulações computacionais com modelagem matemática, na qual modela um esquema de proteção e um sistema elétrico, bem como os testes a serem realizados nos dispositivos de proteção [8].

Há de se ressaltar que estas publicações abordam estudos em testes em proteção de sistemas elétricos, simulações de proteção para analisar o desempenho da norma IEC61850, treinamentos de profissionais que atuam no setor elétrico e ferramentas computacionais voltadas para o meio acadêmico. Porém, estas bibliografias são de suma importância para o desenvolvimento do tema proposto, pois servem de referencial para o desenvolvimento da bancada e os testes que serão realizados.

Dado a esse cenário, foi um dos grandes motivadores para o desenvolvimento deste projeto, pois se entende que o uso de uma bancada que reproduz falhas em sistemas

digitais de proteção e controle, irá possibilitar a realização de testes em dispositivos de proteção de forma segura, sem risco para o sistema elétrico e seus usuários.

Podemos evidenciar o aspecto de relevância deste trabalho é a utilização desta bancada para capacitação de profissionais e a inserção dela no meio acadêmico, permitindo aos estudantes de engenharia elétrica a aplicação prática de testes em sistemas digitais de proteção e controle.

Diante dessa questão este trabalho apresenta o desenvolvimento e a elaboração de uma bancada de reprodução de falhas, que simula sinais de equipamentos elétricos de potência, com distintas configurações de arranjos de subestação, sinais de teleproteção, para reprisar falhas, testes e comissionamento em sistemas digitais de proteção e controle, de forma segura, sem risco para a operação do sistema elétrico e a integridade física dos profissionais de manutenção.

A bancada foi projetada e montada para testes em sistemas digitais de proteção e controle, permitindo a avaliação dos ajustes, lógicas, e as funcionalidades de todas as interfaces (entradas e saídas digitais, lógicas de proteção, entradas analógicas e os intertravamentos elétricos) com o sistema elétrico, sendo que bancada simula situações reais de operação de um vão de linha de transmissão, vão transformador ou mesmo vãos de barra de subestação.

Neste contexto, o artigo apresenta os testes que foram realizados, para validar a bancada que foi proposta, através de testes em proteção de linha de transmissão, mais especificamente na lógica de religamento automático, proteção de transformadores e proteção de barras de subestação.

O artigo está organizado da seguinte forma: Fundamentação Teórica na seção II. Desenvolvimento da bancada proposta III. As análises e discussões na seção IV e na seção V as considerações finais.

2 I FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Destaca-se que um laboratório de proteção de sistemas elétricos de potência, além de oferecer um ambiente seguro e fácil para realização de testes em relés, permite ao aluno o aprimoramento sobre conhecimento de sistemas de proteção aliando a teoria com a prática [9].

O projeto de uma bancada de teste, tendo como referência a norma IEC 61850 utilizando relés de proteção, na qual foi modelado um vão de transformador, sendo a sua utilização em laboratório de universidade, permitindo aos alunos o conhecimento de aplicação prática e estudos de sistemas de proteção [10].

A técnica híbrida para testar IED's foi desenvolvida tendo como referência a norma IEC 61850, sendo que um algoritmo foi desenvolvido no mat-lab simulando sinais de tensão e corrente, na qual esses sinais são injetados nos IEDS's com o auxílio de uma caixa de

teste [11].

Um sistema de teste automático em IED foi proposto para atender a universalização de teste em dispositivos de proteção e controle, o sistema consiste em uma plataforma de teste na qual são realizados ensaios de malha fechada em vários dispositivos de proteção simultaneamente e de diferentes fabricantes, o sistema de testes podem modificar os valores de configuração dos IED'S e analisar o desempenho, reduzindo o tempo de testes [12].

Um simulador matemático foi desenvolvido para realizar testes em relés numéricos, simulando falhas ocorridas no sistema elétrico de potência, na qual esses sinais são injetados nos IED's, com intuito de analisar o comportamento dos relés de proteção na ocorrência de falhas que ocorrem no sistema elétrico [13].

O laboratório portátil de proteção foi desenvolvido com a finalidade de ensinar conceitos práticos de proteção de sistemas elétricos a alunos de engenharia. O laboratório permite ao aluno parametrizar, enviar ajustes ao relé, realizar testes com auxílio de um simulador de falhas, para analisar os eventos e o comportamento do dispositivo de proteção nas falhas que foram simuladas no laboratório, contribuindo para formação profissional do discente [14].

Podemos observar que diversos autores têm publicado sobre testes em laboratorios ou bancada de testes para sistemas de proteção e controle. Não foram identificados trabalhos que contemplam, ao mesmo tempo, uma ferramenta que proporciona testar, comissionar, simular falhas ocorridas no sistema elétrico de potência, manutenção em proteção de sistemas elétricos, utilizá-la para capacitação de profissionais e a inserção no meio acadêmico.

3 | DESENVOLVIMENTO DA BANCADA PROPOSTA

Uma característica que difere a metodologia proposta desta pesquisa das demais existentes na literatura é a possibilidade de testar, comissionar e simular falhas ocorridas no sistema elétrico, em funções, lógicas de sistemas de proteção e controle, em distintas configurações de *bays* de subestações, de forma prática e detalhada, para ser utilizada em laboratórios de manutenção, na capacitação dos profissionais que atuam na área de manutenção e operação das empresas do setor elétrico.

Desenvolveu-se uma infraestrutura na bancada, na qual possam ser monitorados as entradas e saídas de relés digitais, quando na necessidade de testar, comissionar, reproduzir falhas em funções, lógicas de sistemas de proteção e controle regidas pela norma IEEE/ IEC37.233, que aborda procedimentos de testes em sistemas de proteção.

A Fig. 1 ilustra um fluxograma para o desenvolvimento e concepção da bancada de teste, onde são descritos os principais passos para o desenvolvimento, concepção e montagem da bancada, para serem executados testes, comissionamento, simulação de

falhas ocorridas no sistema elétrico, em sistemas digitais de proteção e controle.

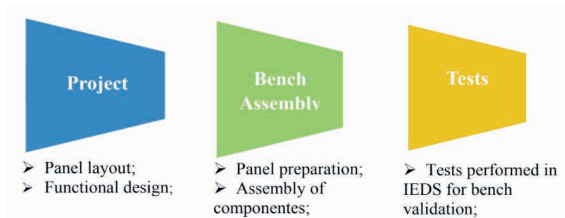


Fig. 1. Fluxograma para o desenvolvimento e concepção da bancada.

Foram montados na bancada relés estáticos que simulam sinais de equipamentos elétricos (disjuntores, seccionadora e sinais de teleproteção), com o auxílio de uma caixa de teste de proteção para gerar sinais analógicos (corrente e tensão) configuráveis em amplitude, frequência e defasamento angular para a consolidação dos conceitos básicos de testes em relés de proteção conforme ilustrado na Fig. 2.



Fig. 2. Diagrama funcional de teste.

A. Layout da Bancada de Teste

O projeto do *layout* da bancada tem como referência uma subestação de transmissão de energia elétrica de extra alta tensão, em vista da necessidade de realização testes em proteção de transformadores, proteção de barra e proteção de linha de transmissão.

A configuração do projeto para a concepção da bancada foi de barramento de disjuntor e meio como ilustrado na Fig. 3, mas o arranjo da subestação pode ser alterado

de acordo a necessidade de teste, arranjo e nível de tensão da subestação, sendo que a montagem da bancada foi desenvolvida em um painel modular, permitindo essa flexibilização de alteração do tipo de configuração de subestação.

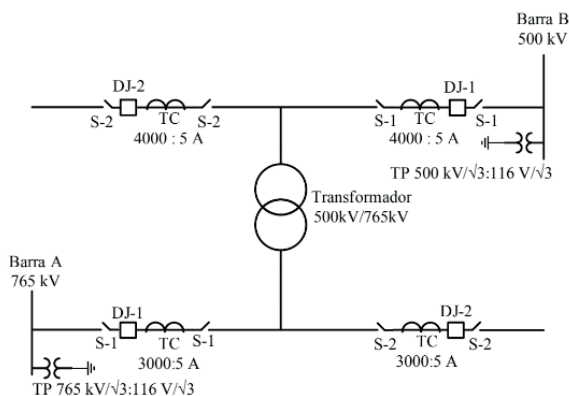


Fig. 3. Diagrama unifilar da bancada.

B. Levantamento e Aquisição dos Componentes da Bancada

Na tabela 1 são descritos os componentes da bancada e suas características de operação, dentro de suas funcionalidades, na qual esses componentes proporciona uma infraestrutura básica para o desenvolvimento de lógicas de acionamentos, intertravamentos e acionamentos elétricos. Os componentes da bancada atendem a todos os requisitos de segurança de seus usuários e dos componentes que foram montados.

Componentes da Bancada	Funcionalidades
Relé auxiliar	Utilizado para simular sinais de teleproteção
Relé biestável	Simulam sinais de disjuntores e seccionadoras
Relé de bloqueio	Utilizado para realizar abertura e bloqueio de fechamento de disjuntores
Relé auxiliar	Relé que efetua a abertura dos disjuntores
Lâmpadas de sinalização	Utilizadas para sinalizar disjuntores e seccionadoras abertos e fechados
Chave de comando	Efetua comando de abertura e fechamento dos disjuntores e seccionadoras
Bornes	Ponto de onde conecta a fiação elétrica do painel
Bloco de testes	Local para conectar sinais analógicos como corrente e tensão quando nos testes dos IED's
Disjuntor de alimentação	Utilizado para proteção e alimentação do painel
Switch	Permitirá a comunicação entre os relés digitais e o sistema supervisorio

Painel	Local onde foi montado todos os componentes da bancada
Fiação elétrica flexível 2,5mm	Utilizada para montar todo o circuito elétrico da bancada
Terminais	Utilizados para colocar na fiação, para garantir a segurança da instalação e estética da bancada
Fonte de alimentação	Para alimentar todos os componentes da bancada

Tabela I - Componentes da bancada

Os componentes da bancada têm a responsabilidade do total funcionamento e simulação dos estados de equipamentos elétricos, permitindo simular os sinais destes equipamentos (disjuntores e seccionadoras) para enviar essas informações para os IED's quando na necessidade de realizar testes, simulações de falhas e manutenção, de forma segura sem riscos para seus usuários e para o sistema elétrico de potência.

C. Concepção do Painel

Para o desenvolvimento da bancada de teste foi utilizado um painel modular para atender as aplicações dos componentes da bancada, que pode ser facilmente expandido quando no surgimento de melhorias, expansão do layout da bancada, de acordo as melhorias que vão surgindo ou mesmo inserção de tecnologia embarcada.

A Fig. 4 ilustra os componentes que foram montados na bancada que simularão todas as condições para realizarem testes, simulação de falhas, comissionamento em fábrica.

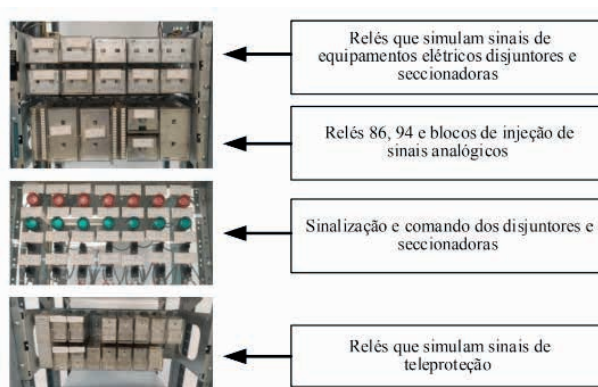


Fig. 4. Relés estáticos que simulam sinais de equipamentos elétricos.

Para realizar manobras nesses relés estáticos que simulam disjuntores e seccionadoras, o painel da bancada possui chaves de pulsos liga/desliga, os quais recebem um sinal de 125 Vcc para realizarem essas manobras. Como esses equipamentos mudam de posição (abertos/ fechados), foram utilizadas lâmpadas de sinalização, sendo que as

verdes sinalizam esses equipamentos abertos e as vermelhas sinalizam os equipamentos fechados ou em operação.

Também foram concebidos no painel relés estáticos que simulam os sinais de equipamentos de teleproteção, haja vista que serão realizados os testes em proteção de linha de transmissão. A função desses relés estáticos é simular os sinais para realizarem as lógicas de envios e recepção de transferência de disparo, ou mesmo outros testes que envolvam sinais de teleproteção.

D. Montagem da Bancada

Para a montagem da bancada foi reaproveitado um painel de proteção desativado devido a modernização das proteções da subestação, definindo o tamanho da bancada e o layout do painel para a montagem dos componentes. As dimensões do painel compreendem 2,30m x 0,60m x 0,60 m, ilustrado na Fig. 5.

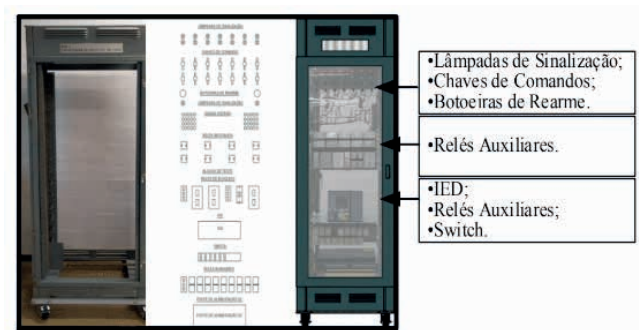


Fig. 5. Painel em fase de preparação.

Depois de definidos a concepção do projeto, a adaptação do painel, diagramas de comandos e aquisição dos componentes, iniciou-se a montagem da bancada. Foram montados todos os componentes da bancada, relés estáticos, switch, chave liga/desliga, lâmpadas de sinalização e fonte de alimentação. Depois, seguindo os diagramas de comandos, foram realizadas as ligações necessárias para o funcionamento da bancada.

Para a montagem dos circuitos elétricos da bancada foram desenvolvidos diagramas de comandos elétricos, para que possam ser realizadas manobras nos componentes que simulam sinais de equipamentos elétricos como disjuntores, seccionadoras, sinais de teleproteção, levando em consideração os circuitos de intertravamento elétrico respeitando todas as características dos componentes da bancada e a segurança de seus usuários.

E. Realizar Testes em IEDS

A bancada foi estruturada para a realização de testes em (i) proteção de linha de transmissão, (ii) proteção de autotransformador, (iii) proteção de barras de subestação.

Contudo, para isso é necessário dispor de uma mala de testes que tenha a capacidade de simular 6 sinais analógicos de corrente, configuráveis em termo de amplitude, frequência e defasamento angular para que a proteção seja testada.

Como os relés são desenvolvidos das mais diversas formas e condições de utilização, a cada novo projeto, nos testes de comissionamento são avaliados os ajustes, lógicas, e as funcionalidades de todas as interfaces (entradas e saídas digitais, lógicas de operação, entradas analógicas e os intertravamentos elétricos) com o sistema. A bancada de testes pode simular um sistema, como um *bay* de linha de transmissão, *bay* transformador ou mesmo *bays* de barra de subestação.

No arranjo ilustrado na Figura 6 destaca-se uma configuração de barra de subestação, configurada com dois vãos, em que é possível testar uma proteção de barras de subestação. Esses testes que são realizados na bancada trazem segurança ao sistema elétrico de potência, por não interferirem no sistema e não provocarem desligamentos indesejados.

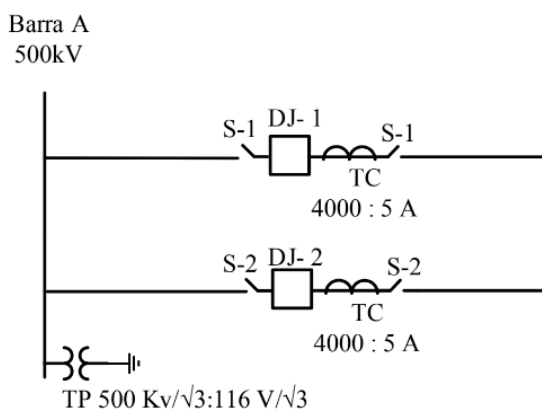


Fig. 6. Diagrama unifilar de um vão de barra.

4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os testes foram executados com a bancada simulando os sinais dos equipamentos elétricos (disjuntores, seccionadoras, sinais de teleproteção e relé auxiliares), com o auxílio de uma caixa de ensaio simulando os sinais de tensão e corrente, configurados em termos de amplitude, frequência e defasamento angular.

Nesta seção são apresentados os resultados dos testes da proteção de linha de transmissão com nível de tensão de 765kV (lógica de religamento automático de linha de transmissão) fabricante Areva, proteção diferencial de barras de 500kV fabricante ABB e proteção de autotransformadores de 500/765kV fabricante Siemens.

F. Teste de Religamento Automático de Linha de Transmissão

O teste na lógica de religamento automático da linha de transmissão tem por objetivo verificar a atuação e o funcionamento correto desta lógica. O religamento automático é inicializado exclusivamente por atuação da proteção de distância, para isso se faz necessário simular uma falha na linha de transmissão, para ocorrer a atuação da função de distância e iniciar o processo de religamento automático, a Fig. 7 ilustra a simulação do teste na lógica de religamento automático da linha de transmissão.

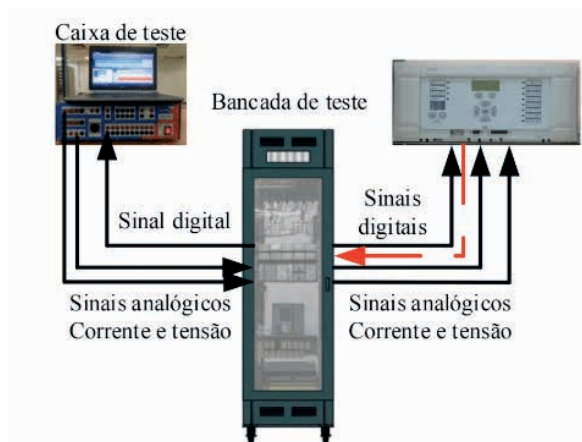


Fig. 7. Simulação do teste de religamento automático.

Para a execução do teste na lógica de religamento automático da linha de transmissão, foi considerado a linha de transmissão em operação, ou seja, a bancada simulou os sinais dos equipamentos elétricos que compõe o vão da linha de transmissão, como disjuntores, chave seccionadoras, enviando esses sinais para as entradas digitais do relé.

Com ajuda da caixa de teste foi simulado uma falha na linha de transmissão em Z1 atuando a função de distância, no mesmo instante o relé envia um sinal de disparo para os disjuntores que foram simulados na bancada. A bancada envia um sinal para as entradas digitais do relé sinalizando que os disjuntores da linha foram desenergizados, neste instante é iniciado o processo de religamento automático.

Na tabela 2 são ilustrados os valores de tensão e corrente que foram ajustados e injetados pela caixa de teste, para simular uma falta na linha de transmissão em Z1. Esses valores foram injetados no relé durante o teste na lógica de religamento automático e foram simuladas no *software* da caixa de teste omicron State *Sequencer*.

Sinais Analógicos	Pré-falta	Falta na linha	Sincronismo
VA	66,6L120° V	*1,224L88° V	66,6L120° V
VB	66,6L240° V	66,6L240° V	*66,6L240° V
VC	66,6L0° V	66,6L0° V	66,6L0° V
IA	1L120° A	*2L0° A	0L120° A
IB	1L240° A	0L240° A	0L240° A
IC	1L0° A	0L0° A	0L0° A
Vref.	66,6L240° V	66,6L240° V	*66,6L240° V

Tabela II - Valores de Tensão e Corrente

Após a simulação do teste, foram obtidos os resultados dos testes, sendo que a bancada simulou todos os sinais necessários para o funcionamento correto da lógica de religamento automático.

A Fig. 8 ilustra os resultados do teste na lógica de religamento automático, na qual o relé detectou uma falha na fase A, sendo uma falta em Z1, tendo a atuação da função de distância, após esta etapa é iniciado pela lógica o religamento automático, sendo realizado o check-sincronismo pela função de sincronismo, na qual a função de sincronismo faz a comparação das tensões Vref que simula a barra da subestação, com a tensão da fase B da linha de transmissão que simula o terminal líder.

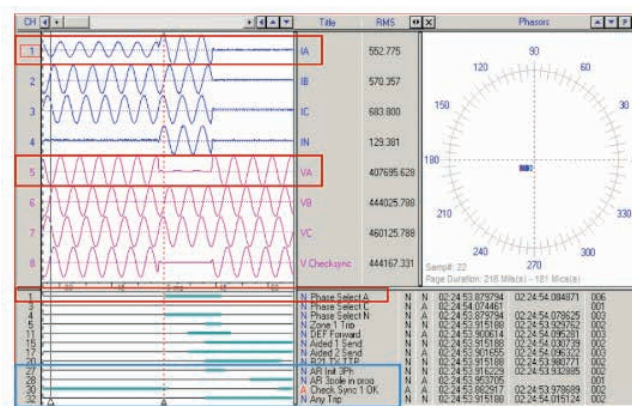


Fig. 8. Eventos e oscilografia do relé.

G. Teste na Proteção Diferencial de Barras de Subestação

Para a realização deste teste foram configurados na bancada dois vãos que compõe uma barra de subestação, simulando os sinais dos equipamentos elétricos que compõe esses vãos, como disjuntores e seccionadoras, esses sinais foram enviados para as entradas digitais do relé.

Essa simulação se faz necessária devido a função diferencial ter sido ajustada

para não atuar por correntes diferenciais falsas, essas informações são processadas pela lógica inserida no relé e em conjunto com a função diferencial faz com que o relé opere corretamente, a Fig. 9 ilustra o arranjo que foi configurado para a simulação do teste.

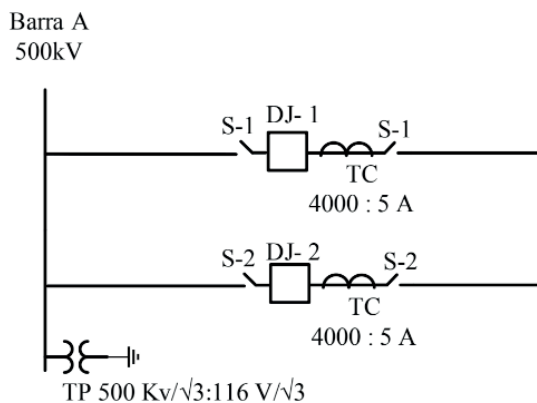


Fig. 9. Arranjo de teste.

Na tabela 3 são apresentados os resultados do teste do levantamento de curva da função diferencial, esses valores que estão nas tabelas são correntes de curto-circuito, que foram injetadas no relé.

lestab	Idiff Nominal	Idif real	Resultado
0.60 In	0.550 In	0.546 In	Aprovado
1.60 In	0.847 In	0.844 In	Aprovado
2.60 In	1.377 In	1.368 In	Aprovado
3.60 In	1.908 In	1.487 In	Aprovado
4.60 In	2.438 In	2.000 In	Aprovado
5.60 In	2.969 In	2.287 In	Aprovado

Tabela III - Resultado do teste

A Fig. 10 apresenta o diagrama da curva características de operação da proteção diferencial referente a fase A, onde I_{diff} corresponde a corrente diferencial de operação do relé e a I_{estb} a corrente de estabilização, os pontos na curva são a operação da proteção referente a um curto-circuito.

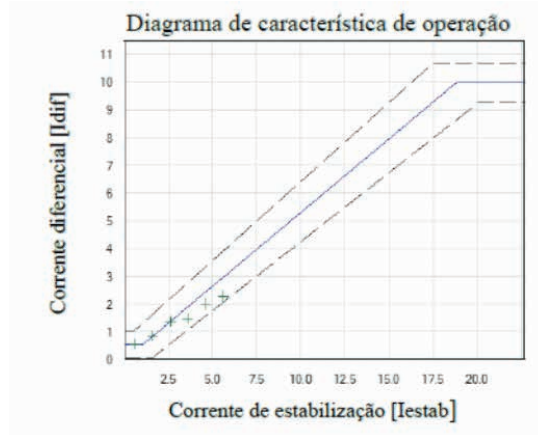


Fig. 10. Diagrama da característica de operação do relé.

A Fig. 11 ilustra os eventos e oscilografia que foram extraídos do relé após a realização do teste referente a fase A, onde podemos observar que a proteção diferencial atuou corretamente com as informações que a bancada enviou para o relé.

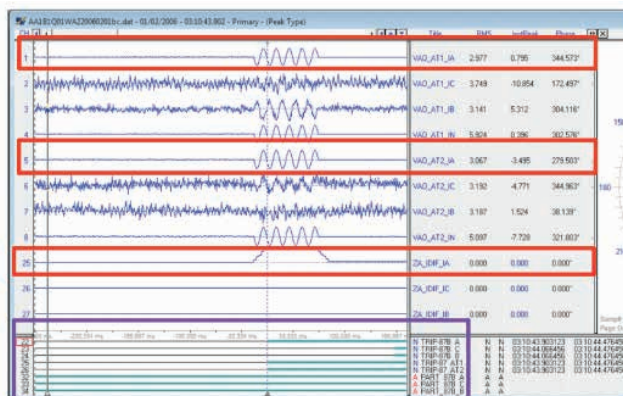


Fig. 11. Eventos e oscilografia da proteção diferencial.

H. Teste na Proteção do Autotransformador

Estes testes têm por objetivos monitorar as saídas binárias do relé, na qual foram simuladas faltas na condição da rede utilizando a caixa de ensaios para a injeção de sinais analógicos de corrente.

A bancada monitorou as saídas binárias do relé para a avaliação e validação do teste, sendo de suma importância a realização destes testes para detectar possíveis falhas potenciais não detectadas pelos autoteste do IED, na qual são monitorados as entradas e saídas digitais do IED a Fig. 12 ilustra o cenário de teste.

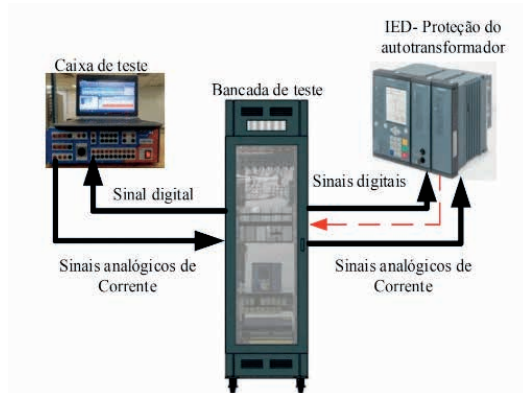


Fig. 12. Cenário de teste na proteção do autotransformador.

A tabela 4 ilustra o resultado do teste realizado na proteção diferencial do transformador, para o seguinte tipo de defeito: curto-circuito monofásico fase A e teste do enrolamento de alta contra o enrolamento de baixa.

lestab	Idiff Nominal	Idif real	Resultado
0.40 In	0.200 In	0.241 In	Aprovado
1.00 In	0.299 In	0.370 In	Aprovado
2.00 In	0.598 In	0.735 In	Aprovado
2.30 In	0.689 In	0.846 In	Aprovado

Tabela IV - Resultado do teste

Na Fig. 13 é ilustrado o diagrama da curva características de operação da proteção diferencial referente a fase A, o qual as curvas de operação estão referenciadas com a curva característica da proteção diferencial.

Sendo que a I_{diff} corresponde a corrente diferencial de operação do relé e a I_{estab} a corrente de estabilização, os pontos na curva são a operação da proteção referente a um curto-circuito.

O método deste teste é realizar a atuação da proteção do transformador para analisar os comportamentos das saídas binárias do relé, onde podemos observar que as saídas binárias atuaram corretamente.

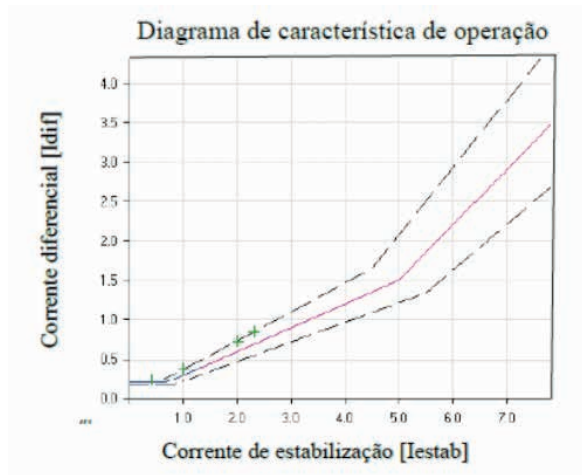


Fig. 13. Diagrama característica de operação.

Os sinais de abertura dos disjuntores monitorado pela bancada de teste é ilustrado na Fig. 14, na qual é observado que a função diferencial enviou os sinais de abertura para os disjuntores de alta e de baixa de acordo a parametrização da função diferencial.

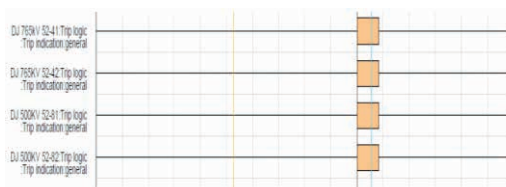


Fig. 14. Monitoramento de abertura dos disjuntores.

Neste artigo foram apresentados os principais resultados da metodologia proposta, de modo que para cada teste foi elaborado um cenário para sua realização, testando-se as funções e lógicas de proteção, para avaliação do comportamento da bancada em relação aos testes que foram realizados. Ressalta-se que foram simuladas na bancada condições operativas de vãos de subestações como sinais de equipamentos elétricos com disjuntores, seccionadoras e sinais de equipamentos de teleproteção para cada teste que foi realizado.

A metodologia proposta foi o desenvolvimento de uma bancada de teste para ser utilizada como uma ferramenta por equipes de manutenção de proteção de sistemas elétricos de potência, simulações de falhas ocorridas nos sistemas elétricos de potência, comissionamento de sistemas digitais de proteção e controle.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentou-se o desenvolvimento, concepção e o projeto concretizado de uma bancada de teste, sendo está uma ferramenta para realizar testes em funções e lógicas de relés digitais, simulações de falhas ocorridas no sistema elétrico de potência, comissionamento de sistemas de proteção e controle.

A metodologia aplicada através de análise de resultados de testes em lógicas e funções de proteção de sistemas elétricos, teve como proposito de atender o objetivo desta pesquisa em validar o desenvolvimento da bancada de teste.

O trabalho desenvolvido mostrou análise de resultados dos testes realizados em lógicas de proteção de linha de transmissão, em funções de proteção de barras de subestação e autotransformadores, mostrando que a bancada simulou todos os sinais necessários para o funcionamento correto das lógicas inseridas nos relés e para a atuação corretas das funções de proteção.

Podemos destacar as configurações de diagramas unifilares que foram estruturados na bancada, atendendo as mais diversas formas e condições de aplicação a cada projeto novo e testes de comissionamento, permitindo a avaliação de ajustes, lógicas e as funcionalidades de todas as interfaces (entradas e saídas digitais, entradas analógicas e intertravamentos elétricos). A bancada de testes atendeu aos requisitos de normas internacionais que abordam procedimentos de testes em sistemas de proteção.

A capacidade de se realizar testes em sistemas digitais de proteção e controle, simulando sinais de equipamentos elétricos de um vão de uma linha de transmissão, vãos de barras de subestações ou vão de autotransformadores, de forma segura sem riscos de desligamentos acidentais de uma linha de transmissão ou equipamentos de subestações e dando segurança para os profissionais que estão executando os testes, atesta a praticidade e a eficiência da bancada.

Algumas aplicações a serem desenvolvidas em trabalhos futuros, a inclusão de realidade virtual para testes em dispositivos de proteção e controle, a utilização em testes de proteção e controle de sistemas de transmissão de corrente contínua.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade (PPGIES) e a UNILA pelo incentivo a pesquisa e a Furnas Centrais Elétricas por disponibilizar a infraestrutura para o desenvolvimento pesquisa.

REFERÊNCIAS

[1] I. Power System Relaying Committee of the IEEE Power and E. Society, *IEEE Guide for Power System Protection Testing IEEE Power & Energy Society*, vol. 233, no. December. 2009. DOI: 10.1109/IEESTD.2009.5352213

- [2] A. A. Sallam and O. P. Malik, *Electric distribution systems*. 2018. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2011.
- [3] J. H. Jurgensen, L. Nordstrom, and P. Hilber, "Estimation of Individual Failure Rates for Power System Components Based on Risk Functions," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 34, no. 4, pp. 1599–1607, 2019. doi: 10.1109/TPWRD.2019.2913777.
- [4] S. Kariyawasam, A. Wickremasuriya, and A. Rajapakse, "Teaching IEC 61850 Based Substation Automation Through Hands-on Experiences," in *2017 IEEE ELECTRICAL POWER AND ENERGY CONFERENCE (EPEC)*, 2017, pp. 326–331. DOI: 10.1109/EPEC.2017.8286217.
- [5] K. Rofalski, *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems , Second Edition Power System Economics Power System Control and Stability , Second Edition Encyclopedia of Electrical & Electronics Eng Online Electromechanical Energy Devices and Power Systems*. DOI: 10.1002/9783527679065
- [6] G. . Paulino, M. E. C. Penariol, "AUTOMAÇÃO DE TESTES DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE SISTEMAS ROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS," *XXII SNPTEE*, 2013.
- [7] Marcos Antônio Dias de Almeida, Marcel da Costa Fontes, and Arrhenius Vinicius da Costa Oliveira, "Plataforma Didática Compatível Com A Norma IEC61850 Para Comissionamento de Sistema Digital de Controle e Proteção de Subestações," *An. do VI Simpósio Bras. Sist. Elétricos*, pp. 1–6, 2016. DOI:10.20906/cps/sbse2016-0159.
- [8] C. A. Morales, C. Hernandez, M. A. Arjona, and S. Member, "Undergraduate Teaching of Electric Network Protection Using Simulations and Lab Experiments," vol. 19, no. 5, pp. 807–814, 2021. DOI: 10.1109/TLA.2021.9448315.
- [9] A. Enayati and T. H. Ortmeier, "Development of a power system protection laboratory/test-bed at Clarkson university," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, vol. 2018-Janua, pp. 1–5, 2018. DOI: 10.1109/PESGM.2017.8274351.
- [10] P. Jankee and K. Awodele, "Design of An IEC61850 Based Substation Automation and Protection Panel : Including peer to peer relay communication," *Proc. - 2019 South. African Univ. Power Eng. Conf. Mechatronics/Pattern Recognit. Assoc. South Africa, SAUPEC/RobMech/PRASA 2019*, pp. 570–575, 2019. DOI: 10.1109/Robomech.2019.8704775.
- [11] M. A. Ali, "Hybrid Technique for Testing IEC 61850 Based IEDs of Distance Protection," in *2017 NINETEENTH INTERNATIONAL MIDDLE-EAST POWER SYSTEMS CONFERENCE (MEPCON)*, 2017, vol. 0, pp. 353–358. DOI: 10.1109/MEPCON.2017.8301205, Cairo, Egypt.
- [12] Y. Xia, W. Li, X. Zhang, C. Kang, H. Zhou, and B. Zheng, "Research on automatic test system of on-site relay protection device," *2020 2nd Int. Conf. Smart Power Internet Energy Syst. SPIES 2020*, pp. 59–63, 2020. DOI: 10.1109/SPIES48661.2020.9243114.
- [13] G. Jurić, J. Havelka, T. Capuder, and S. Sučić, "Laboratory test bed for analyzing fault-detection reaction times of protection relays in different substation topologies," *Energies*, vol. 11, no. 9, 2018. DOI:10.3390/en11092482
- [14] A. Gandhi et al., "Teaching Protective Relaying Using a Portable Relay Training Laboratory," *2020 52nd North Am. Power Symp. NAPS 2020*, 2021. DOI: 10.1109/NAPS50074.2021.9449762

ZONEAMENTO AGRÍCOLA CLIMÁTICO DA DOENÇA FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA: UMA REVISÃO

Data de aceite: 03/04/2023

Brenda Ellen Lima Rodrigues

Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/3744642411826282>

Daniela Abreu de Souza

Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/9692849591069861>

Samira Santos Araujo

Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/3711310410097683>

Paula Sara Teixeira de Oliveira

Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/3559574180065279>

Maria Raysse Teixeira

Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/9511862317040773>

Gerson Freitas Vieira Neto

Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/8631208994644754>

Gleicy de Jesus Matos Abreu

Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/3898415655002831>

Letícia Amorim Cantanhede

Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/7030668410471478>

Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos

Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Chapadinha - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

RESUMO: A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertencente à família das oleaginosas, teve sua exploração iniciada no sul do país e hoje, encontra-se atualmente nas mais diversas regiões do território nacional, tendo grande destaque para os avanços do cultivo que vem sendo realizado em áreas de Cerrado, sendo esta considerada uma das mais importantes culturas para a economia mundial. Seus grãos são utilizados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. A ferrugem asiática é a doença mais importante da soja e tem alto potencial de dano foliar. O fungo biotrófico *P. pachyrhizi* é o agente causal da ferrugem asiática da soja (FAS), uma doença de grande perda econômica. Uma

combinação de elementos meteorológicos pode afetar significativamente o desenvolvimento e a produção da soja. Em condições ideais de temperatura (faixas entre 24°C a 30°C), radiação, chuva, vento e umidade, doenças como a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) podem aparecer e requerem uso expresso de defensivos agrícolas. O zoneamento consiste na compartimentação de uma região em territórios, obtidas a partir de atributos que possuem maior importância. Cada zona delimitada possui alto grau de associação dos elementos que a compõe e ao mesmo tempo possui grandes diferenças com as zonas vizinhas. O zoneamento na cultura da soja pode combater diversos tipos de riscos para a produção, principalmente o fitossanitário causado pela ferrugem asiática da soja, uma vez que, leva em conta recomendações de instituições de pesquisas e órgãos estaduais, orientando sobre medidas de manejo necessárias para uma boa safra.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura, elementos meteorológicos, cultivo.

ABSTRACT: Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) belonging to the oilseed family, had its exploitation started in the south of the country and today, it is currently found in the most diverse regions of the national territory, with great emphasis on the advances in cultivation that has come being carried out in areas of Cerrado, which is considered one of the most important crops for the world economy. Its grains are used by the agroindustry (production of vegetable oil and animal feed), chemical and food industries. Asian rust is the most important soybean disease and has a high potential for foliar damage. The biotrophic fungus *P. pachyrhizi* is the causal agent of Asian soybean rust (ASR), a disease of great economic loss. A combination of meteorological elements can significantly affect soybean development and production. Under ideal temperature conditions (ranges between 24°C to 30°C), radiation, rain, wind and humidity, diseases such as Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*) may appear and require the express use of pesticides. Zoning consists of compartmentalizing a region into territories, obtained from attributes that are of greater importance. Each delimited zone has a high degree of association of the elements that compose it and at the same time has great differences with the neighboring zones. Soybean zoning can combat different types of risks to production, mainly the phytosanitary one caused by Asian soybean rust, since it takes into account recommendations from research institutions and state agencies, providing guidance on management measures necessary for a good harvest.

KEYWORDS: Temperature, meteorological elements, cultivation.

1 | INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertencente à família das oleaginosas, teve sua exploração iniciada no sul do país e hoje, encontra-se atualmente nas mais diversas regiões do território nacional, tendo grande destaque para os avanços do cultivo que vem sendo realizado em áreas de Cerrado (FREITAS, 2011).

A produtividade de uma cultura é definida pela interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo. Dentre as práticas de manejo a época de semeadura, a escolha da cultivar, os espaçamentos e a densidades de semeadura são fatores que influenciam o rendimento da soja e seus componentes da produção (MUAD et al., 2010).

Desde a constatação de epidemias da ferrugem asiática no país, no ano de 2001, a doença mostrou-se altamente agressiva e com índice de expansão rápida, provocando reduções de até 80% na produtividade. A aplicação de fungicidas é o método de controle mais utilizado, porém notou-se que com condição climática favorável (chuva, temperatura e umidade) aliada à grande quantidade de inóculo inicial do fungo em algumas regiões do país, têm exigido um número elevado de pulverizações para ocorra um controle eficiente da doença, aumentando os custos de produção (CUNHA; PERES, 2010).

O zoneamento climático é um programa autônomo e dinâmico que se encontra em processo de aperfeiçoamento constante. Os resultados são tidos como positivos pelos ganhos oriundos da melhoria dos sistemas produtivos, além da melhoria da qualidade genética das cultivares em uso. O que resulta ao produtor um prévio planejamento quanto às condições de deficiência hídrica e problema climático, que permitirá assim um aumento nas quantidades produtivas agrícolas.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é considerada uma das mais importantes culturas para a economia mundial. Seus grãos são utilizados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. Atualmente, vem crescendo da mesma forma seu uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO; ROSSI, 2000).

No Brasil, a soja é cotada como uma das culturas de maior importância econômica. Pesquisas realizadas no território nacional possibilitaram o seu cultivo em toda a extensão territorial do país, compreendendo dimensões que se estendem desde o Rio Grande do Sul até o Equador, tornando a soja, um produto com grande qualidade nutritiva, presente em todas as regiões do Brasil. Seu uso pode ser descrito como excelente fonte vegetal despertando potencialidade para utilização na dieta humana, apresentando grande teor de proteínas de boa qualidade. Originária do Oriente a soja é uma fonte alimentar pouco conhecida entre os brasileiros, sendo, portanto, considerada um alimento exótico (ALBUQUERQUE et al., 2009).

A ampliação da soja no Brasil ocorreu a partir da região Sul do país e sua inclusão em novas áreas de plantio foi viabilizada graças à adoção de novas tecnologias, como uso de sementes de excelente qualidade física, fisiológica, genética e sanitária; adoção do sistema de plantio direto; o desenvolvimento da soja para baixas latitudes e mais resistência às pragas e doenças, acrescentando cultivares mais produtivas e adequadas aos diferentes planos de cultivo (PETTER et al., 2012).

De acordo com Cunha et al. (2001a), o zoneamento climático para a cultura de soja

nos estados brasileiros, inclui diversas variáveis limitantes, tais como: a deficiência hídrica, a insuficiência térmica e a falta de uma estação seca na época de colheita. É por meio do Zoneamento de Risco Climático que se tem noções orientadas em notas técnicas que direcionam o cultivo da soja.

2.2 Ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*)

Uma combinação de elementos meteorológicos pode afetar significativamente o desenvolvimento e a produção da soja. Em condições ideais de temperatura (faixas entre 24°C a 30°C), radiação, chuva, vento e umidade, doenças como a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) podem aparecer e requerem uso expresso de defensivos agrícolas (PERASONI et al., 2020).

Desde 2001, quando foram detectadas as primeiras infecções fúngicas no país, ferrugem asiática atingiu uma área nacional de aproximadamente 20 milhões de hectares. Este evento pode ser atribuído a sua grande capacidade de propagação pelo ar, permitindo-lhe atingir áreas mais remotas, causando virulência e perdas na produtividade. Assim, a agressividade da doença está fortemente relacionada às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do fungo causador desta doença em todas as regiões do Brasil (BERUSKI et al., 2019).

Uma análise geral das variáveis climáticas permitiu observar a relação entre temperatura, umidade relativa, precipitação e o desenvolvimento das primeiras pustúlas da ferrugem asiática nas estruturas foliares da soja. Com o auxílio de evidências climáticas obtidas em campo, concluiu-se que as condições ambientais anteriores ao evento infeccioso eram favoráveis, possibilitando e favorecendo o desenvolvimento e progressão da epidemia fúngica. Vale ressaltar que os resultados mostram consistência com os dados da literatura em vários casos, principalmente em relação a (UR), precipitação, temperatura e umidade foliar (PERASONI, 2020).

A ferrugem asiática é a doença mais importante da soja e tem alto potencial de dano foliar. O fungo biotrófico *P. pachyrhizi* é o agente causal da ferrugem asiática da soja (FAS), uma doença de grande perda econômica. Caracteriza-se por ser muito agressivo e em rápida expansão, pode reduzir a produtividade em até 90%. O uso de sistemas de previsão de doenças pode reduzir o número de surtos de doenças fúngicas, alterando-os apenas quando necessário, e assim também os custos do produtor, os riscos de grandes epidemias e contaminação ambiental (ENGENERS, 2019).

O nível produtivo das culturas agrícolas está diretamente relacionado a quantidade de chuvas, assim como a frequência e nível de intensidade que nos períodos de escassez durante a estação de crescimento das culturas. O momento da escolha da melhor época para semeadura, pode ser realizado oriundo de simulação dos componentes de um balanço hídrico, onde os resultados quando georreferenciados, podem ser especializados por meio de um sistema de informação (MACEDO et al., 2001).

A doença apresenta sintomas iniciais característicos, onde pequeníssimos pontos surgem (em média 1mm de diâmetro) em tons geralmente mais escuros do que o tecido da folha, tendo uma coloração que pode variar entre as tonalidades cinza-esverdeada a esverdeada. Nesse ponto escuro nota-se uma pequena pústula, que evolui e desenvolve diversas urédias (estrutura reprodutora dos fungos). As pústulas tendem a ser estruturas de coloração castanho-clara a castanho escura, abrindo-se um minúsculo poro, e os uredosporos. Os uredosporos são estruturas adquirem a cor bege e acumulam-se ao redor dos poros ou são carregados pelo vento. Estes sintomas são característicos do processo infeccioso e podem causar lesões em folhas, pecíolos, haste e promover a desfolha precoce (TRENTINI et al., 2017).

2.3 O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)

Zoneamento é uma das alternativas mais eficazes quanto ao planejamento de cultivo para determinados ambientes e culturas de interesse econômico. Conforme aponta Silva e Santos (2011) o zoneamento possui diversas adjetivações, utilizado principalmente para definir zonas a partir de critérios pré-estabelecidos. Os resultados levantados a partir do zoneamento podem ser apresentados de diversas formas, tais como: mapas, tabelas e índices técnicos.

O zoneamento consiste na compartimentação de uma região em territórios, obtidas a partir de atributos que possuem maior importância. Cada zona delimitada possui alto grau de associação dos elementos que a compõe e ao mesmo tempo possui grandes diferenças com as zonas vizinhas (FREITAS et al., 2014).

Este método desenvolvido pela Embrapa tem como principal intuito orientar produtores rurais sobre os períodos mais indicados para plantio de acordo com a cultura e o município de interesse. Sendo assim, se propõe a apoiar a formulação, ao aperfeiçoamento e a operacionalidade de programas e políticas públicas de gestão (SANTOS; MARTINS, 2018).

De acordo com o Governo Federal, por intermédio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em nota oficial datada de 31/01/2017 “O Zoneamento Agrícola é apontado como um dos instrumentos de política agrícola e gestão de risco na agricultura. E constitui-se como um estudo que se objetiva primordialmente a minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos e permite que determinado município identifique qual é a melhor época para plantio das culturas, nos mais diferentes tipos de solos e ciclos cultivares” (BRASIL, 2021).

O risco é um ponto chave quando falamos de agricultura, pois se torna geralmente necessário um bom nível tecnológico, para produção de alimentos além de destacar a importância do setor agrícola para a economia brasileira quando comparadas as atividades econômicas modernas, a atividade agropecuária é a que está sujeita aos maiores riscos de perdas e oscilações nos volumes produzidos, com impactos negativos para toda a

sociedade (ASSAD et al., 2008).

Nesse sentido, o ZARC é colocado como uma das técnicas de mais fácil entendimento e adoção pelos produtores rurais, agentes financeiros e demais usuários para o cultivo de diferentes culturas. Sendo validada pela Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e adotada pelo Ministério da Agricultura. Estabelece os parâmetros de clima e solos, para quantificar riscos climáticos envolvidos na condução das lavouras que podem ocasionar perdas na produção (HEIL; JOSSEN, 2021).

Dada à importância da soja que faz com que diversos estudos se formem em torno do cultivo desta cultura. É através dessa necessidade que a cultura foi inserida junto ao ZARC. O Zoneamento de Risco Climático para o cultivo da soja possibilita uma série de estudos sobre o plantio, sobre os fatores de riscos e doenças como: Ferrugem asiática, podridão radicular de fitóftora e Antracnose, dentre outras que podem degradar o plantio dessa cultura (MACIEL et al., 2009).

Essa praticidade é resultado de um estudo acerca dos municípios que indica os plantios de determinadas culturas, os baixos ou altos riscos, elaborando um calendário com as respectivas datas de plantio para cada cultura por localidade. Este estudo é revisado anualmente e publicado como portaria no website do Diário Oficial da União e no site do Ministério da Agricultura. Conforme dados levantados pelo site do Ministério da Agricultura, os estudos de zoneamento já são estabelecidos para 40 culturas, sendo: 15 de ciclo anual e 24 permanentes atingindo 24 Unidades da Federação (WOLLMANN; GALVANI, 2013).

2.4 Zoneamento Climático no Estado do Maranhão

O Maranhão está situado em uma área de transição entre a região nordeste e a região amazônica., encontrando-se na posição localizada entre três macrorregiões brasileiras: Nordeste, Norte e Centro Oeste. Onde desta forma, reúnem feições fitogeográficas e climatológicas características dessas áreas, fisiograficamente, o Maranhão apresenta sete microrregiões: Litoral, Baixada Maranhense, Cerrados, Cocais, Amazônia, Chapadões e Planalto. O clima semiúmido abrange grande porção do território maranhense onde os solos apresentam uma grande variedade (SILVA et al., 2016).

O estado do Maranhão apresenta predominantemente clima tropical e temperaturas médias anuais com níveis superiores a 26 °C, seus índices pluviométricos anuais que variam desde aproximadamente 700 mm na região central a superiores a 2200 mm na região norte (NuGeo UEMA, 2016).

Um dos grandes fatores condicionantes do clima no estado do Maranhão é a sua posição geográfica, pois o mesmo está situado em uma zona de transição que recebe influências do complexo amazônico, ao norte e noroeste, favorecendo assim a tendência do clima a apresentar características equatoriais (quente e úmido); e outra na região semiárida do Nordeste dando ao estado características peculiares. Sua grande extensão territorial no sentido latitudinal contribui anualmente para a atuação de diferentes sistemas

meteorológicos, contando ainda com a influência das condições dos Oceanos Atlântico e Pacífico Tropical (NASCIMENTO et al., 2017).

No que se refere a ferrugem asiática a chuva tende a amplificar o período de molhamento necessário para que ocorram assim o desenvolvimento de novas infecções, alguns modelos empíricos foram desenvolvidos na China, considerando algumas taxas variáveis de chuva durante meses fixos nas safras, para assim conseguir estabelecer os níveis finais de severidade da doença, observando-se os dados de epidemias que ocorreram em um intervalo de tempo durante mais de 10 anos. Em um levantamento realizado no Brasil, observou-se que ocorre uma forte associação entre os níveis finais de severidade da ferrugem e o número de dias chuvosos juntamente com quantidade de chuva (mm) em um período de 30 dias após o surgimento inicial da doença, dados estes obtidos através do monitoramento de 35 epidemias que ocorreram durante três anos, em diferentes regiões produtoras (DEL PONTE, 2005).

A ocorrência completa da infecção do patógeno depende da sequência de eventos que são determinados através da germinação de esporos, formação de apressório e penetração. Todos estes eventos e conseqüentemente a colonização e esporulação são influenciadas por fatores bióticos (interação entre patógeno-hospedeiro) e fatores abióticos do ambiente. Entre os fatores abióticos, a temperatura e o molhamento foliar exercem papel fundamental, principalmente nos processos monocíclicos de germinação e de infecção de *P. pachyrhizi* em soja (ALVES et al., 2007).

2.5 Nota técnica do Zoneamento de Risco Climático da soja

No mês de maio de 2021, foram publicadas no Diário Oficial da União, pelo Ministério da Agricultura, Pecuário e abastecimento, as portarias nº 110 a 125 com notas técnicas sobre o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) para a safra de soja nos anos de 2021/2022: “Temos um total de 15 estados que são contemplados pelas portarias, dentre elas temos: Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia, Maranhão, Piauí, Acre, Pará, Rondônia, Tocantins, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Neste ZARC fica o destaque para os elementos climáticos que apresentam grande influência na produção da soja *G. Max* que são a precipitação pluvial, temperatura do ar e fotoperíodo. A disponibilidade de água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da cultura: germinação/emergência e floração/enchimento de grãos. Déficit hídricos expressivos, durante a floração/enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento dos estômatos e o enrolamento de folhas e, como consequência, causam a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando, em redução do rendimento de grãos” (BRASIL, 2021).

Brasil (2021) ainda destaca que, “A adaptação da soja tende a ser melhor em temperaturas do ar que estejam no intervalo de 20°C e 30°C, a sua temperatura ideal para um pleno crescimento e desenvolvimento está em torno de 30°C, sua faixa de temperatura do

solo pertinente para semeadura fica variável entre 20°C e 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal para uma emergência rápida e uniforme. O crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo a temperaturas menores ou iguais a 10°C. Temperaturas acima de 40°C têm efeito adverso na taxa de crescimento. A floração da soja somente é induzida quando ocorrem temperaturas acima de 13°C. A floração precoce ocorre, principalmente, em decorrência de temperaturas mais altas, podendo acarretar diminuição na altura de planta”.

O zoneamento na cultura da soja pode combater diversos tipos de riscos para a produção, principalmente o fitossanitário causado pela ferrugem asiática da soja, uma vez que, o ZARC leva em conta recomendações de instituições de pesquisas e órgãos estaduais, orientando sobre medidas de manejo necessárias para uma boa safra. Sendo assim, os produtores de soja que se atentam as recomendações do ZARC correm menos riscos de perda da produção e podem ainda ser beneficiados por programas como: Programa de Garantia de Atividade Agropecuária (PROAGRO) e Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR).

Neste sentido, Melo et al. (2020), afirmam que o modelo de simulação agro meteorológico elaborado para o balanço hídrico, juntamente com às técnicas de geoprocessamento viabilizou a execução da obtenção de dados no tempo e no espaço, além de facilitar o entendimento da relações solo-clima-planta, permitindo assim a elaboração de um zoneamento agrícola de risco climático que recomende as épocas mais favoráveis para efetuar a semeadura da cultura da soja no bioma Cerrado. Desta forma, foi possível a identificação das zonas agrícolas de baixo risco climático, e estas estão localizadas na área central do bioma Cerrado e na área de transição entre os biomas do Cerrado e Amazônia; no entanto, áreas de médio e alto risco estão localizadas em sua grande maioria nas áreas de transição entre os biomas do Cerrado e da Caatinga, e entre o Cerrado e o Pantanal.

3 | CONCLUSÃO

Levando em consideração que a doença da ferrugem asiática apresenta um potencial danoso significativo a cultura de interesse econômico O zoneamento climático de risco apresenta-se como uma inovação perante as informações apresentadas sobre atividades agrícolas, tendo como principal intuito a contribuição no momento da tomada de decisão sobre possíveis manejos e técnicas a serem empregadas para cultura da soja.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. L.; LIMA, M. D. A.; OLIVEIRA, V. S.; COELHO, R. M. D.; RODRIGUE, M. D. C. P. Processo e aceitação sensorial de produto do tipo hambúrguer à base de soja (*Glycine max*) e atum (*Thunnus spp*). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 2, 2009.

ALVES, M. C.; POZZA, E. A.; FERREIRA, J. B., ARAÚJO, D. V. D., COSTA, J. D. C. D. B., DEUNER, C. C.; MACHADO, J. D. C. Intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow) da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] nas cultivares Conquista, Savana e Suprema sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 239-244, 2007.

ASSAD, E. D.; MARIN, F. R.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J. Zoneamento agrícola de riscos climáticos do Brasil: base teórica, pesquisa e desenvolvimento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 246, p. 47 – 60, 2008.

BERUSKI, G. C.; GLEASON, M. L.; SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. Bleaf wetness duration estimation and its influence on a soybean rust warning system. **Australasian Plant Pathology**, v. 48, n. 4, p. 395-408, 2019.

BRASIL. **Zoneamento Agrícola**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 25 abr. 2022.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000.

CUNHA, G. R.; BARNI, N. A.; HAAS, J. C.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; PIRES, J. L. F. Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 446-459, 2001a.

CUNHA, J. P. A. R. da; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 597-602, 2010.

DEL PONTE, E. M. Predicting regional soybean rust epidemics in Brazil and South Africa. **Phytopathology**, n. 95, p. 23. 2005.

ENGERS, L. B. D. **O Sistema de previsão para o manejo da ferrugem asiática em soja**. 2019. 60f. Dissertação mestrado – Pós-graduação em Ambiente e Tecnologia Sustentáveis, Universidade Federal da Fronteira do Sul, 2019.

FREITAS, L. E.; NEVES, S. M. A.; NEVES, R. J., CARVALHO, K. S. A.; KREITLOW, J. P.; DASSOLLER, T. F. Avaliação do Uso dos Solos nos Assentamentos do Município de Cáceres/MT. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, 2014.

FREITAS, M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

HEIL, T.; JOSSEN, A. Continuous approximation of the ZARC element with passive components. **Measurement Science and Technology**, v. 32, n. 10, p. 104011, 2021.

MACEDO, M. D.; ASSAD, E. D.; CÂMARA, G.; OLIVEIRA, J. C.; BARBOSA, A. M. Avaliação de métodos para espacialização de índices de necessidade hídrica das culturas e sua aplicação em zoneamento agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 581-587, 2001.

MACIEL, G. F.; AZEVEDO, P. V. de; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Impactos do aquecimento global no zoneamento de risco climático da soja no estado do Tocantins. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 141-154, 2009.

MELO, A. C. A.; JÚNIOR, A. D. A. N., SILVA, F. A. M., de ABREU, L. M. Zoneamento de risco climático para cultivo da soja no Cerrado. **Nativa**, v. 8, n. 1, p. 26-36, 2020.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; NETO, A. I. A.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

NASCIMENTO, F. D. C. A. D.; BRAGA, C. C.; ARAÚJO, F. R. D. C. D. Análise estatística dos eventos secos e chuvosos de precipitação do Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 375-386, 2017.

NUGEO, Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão. **Laboratório de Meteorologia**. Disponível em: <https://www.nugeo.uema.br/?page_id%20=%2081>. Acesso em: 10 out. 2022.

SANTOS, W. G.; MARTINS, J. I. F. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 73-94, 2018.

PERANSONI, A. D. C. M.; PEREIRA FILHO, W.; KRAMER, G. K.; ROSA, C. N. Condições meteorológicas associadas a ocorrência da ferrugem asiática da soja na fase assintomática. **Geoambiente On-line**, n. 37, p. 238-260, 2020.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F.; ZUFFO, A. M.; DE LIMA, L. B. Desempenho agrônômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 3, p. 190-196, 2012.

SILVA, F. B.; SANTOS, J. R. N., FEITOSA, F. E. C. S., SILVA, I. D. C., ARAÚJO, M. L. S. D., GUTERRES, C. E., NERES, R. L. Evidências de mudanças climáticas na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, p. 330-336, 2016.

SILVA, J.; DOS SANTOS, R. F. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental: a experiência aplicada na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Taquari**. 1 Ed. Campinas. Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 329p.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, 179-190, 2013.

TRENTINI, D., MÜHL, F. R., BALBINOT, M., FELDMANN, N. A., & RHODEN, A. C. Avaliação da Aplicação de Fungicidas no Controle da Ferrugem Asiática da Soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos**, v. 2, p. 30, 2017.

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências (CCCh) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. Lattes:<http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

BRENDA ELLEN LIMA RODRIGUES: Técnica em Agropecuária pelo Instituto Federal do Maranhão – IFMA (2014), Graduada em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão – (UFMA) - Centro de Ciências de Chapadinha – CCCh (2023), com bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, CNPq (2021- 2022). Tem atuação nas áreas de fitotecnia, nutrição mineral de plantas, propagação vegetal, substratos alternativos. Atualmente desenvolve atividades na área de controle biológico de pragas e doenças e uso de bioinsumos OnFarm. <http://lattes.cnpq.br/3744642411826282>; <http://orcid.org/0000-0001-7542-3030>.

DANIELA ABREU DE SOUZA: Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) - Centro de Ciências de Chapadinha - CCCh. Bolsista PIBIC CNPq (2023) com o projeto intitulado Clorofila e estado nutricional de mandioca cv. branquinha em sequeiro com adoção de manejo com *Bacillus aryabhata*. Tem experiência principalmente com multiplicação de insumos biológicos, produção vegetal e mecanização agrícola. Experiência em monitoramento de pragas e doenças através do protector cropwise. Lattes:<http://lattes.cnpq.br/9692849591069861>

A

Ambientes urbanos 88, 89, 95, 124
Amoxicilina 111, 113, 116, 117, 118, 120, 121
Análise de lucros 21
Análise e previsão 21
Antibiótico 111, 113, 121
Aprendizagem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 62, 65, 87
Atitude 9, 10, 13, 15, 17, 37
Austrália 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109

B

Boas práticas de fabricação 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 72, 83, 84, 85, 87
Braço robótico 202, 203, 204, 207, 208

C

Capacidade redutora 142, 144, 147, 148
Capacitação 1, 3, 6, 40, 237, 238
Casca de noz-pecã 191, 192, 193, 194, 196, 197, 198
Conscientização 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 96, 114, 115
Controle de trajetória 203
Cromatografia 123, 126, 138, 140, 141

D

DDoS 174, 175, 178
Dendrometria 89, 98

E

Edificações 44, 48, 99, 100, 102, 103, 109
Educação 1, 3, 4, 5, 7, 8, 14, 37, 43, 60, 87, 121
Eficiência 71, 115, 119, 123, 125, 126, 138, 174, 192, 195, 196, 197, 198, 226, 234, 250
Ensino 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 65, 85, 236
Estresse abiótico 181

F

Farinha 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87
Física 3, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 34, 35, 92, 212, 237, 254

Flor comestível 142

Fundações 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 55, 56, 57, 58, 59

G

GRNN 222, 223, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234

H

Herbicidas 123, 124, 126, 127, 130, 131, 132, 137, 138, 140

Histórico de dados reais 21

Horseradish peroxidase 192, 193, 198, 199

I

Investigação Geotécnica 44

L

Legislação 40, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 80, 81, 82, 114, 125, 139

Lógica Fuzzy 174, 175

LSTM 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 232, 233, 234

M

Manual de uso e operação 99

Metais 34, 43, 124, 142, 144, 146, 147, 148

Moodle 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8

N

NIR 123, 124, 125, 126, 132, 137, 138, 139, 140, 141

P

Patologia das fundações 44, 58

Percepção 65, 86, 98, 139

Planejamento 2, 22, 35, 43, 44, 46, 55, 56, 58, 90, 96, 97, 202, 203, 204, 205, 206, 211, 222, 223, 254, 256

POA's (UV e UVH₂O₂) 111, 112, 113, 116

Portugal 9, 10, 11, 18, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 108, 109, 110, 148

Prevenção 32, 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 58, 141, 185

Previsão de demanda 222

Profissional 1, 3, 5, 34, 35, 41, 46, 57, 238

Projetos 14, 15, 16, 33, 44, 47, 55, 58, 104, 106, 107

PSO 174, 175, 176, 178

Q

Qualidade 14, 21, 24, 28, 32, 33, 34, 38, 39, 42, 60, 61, 62, 64, 65, 69, 70, 71, 72, 73, 77, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 94, 97, 100, 104, 112, 114, 125, 139, 141, 181, 182, 200, 216, 220, 223, 254

R

Redes neurais artificiais 20, 21, 26, 27, 29, 30, 222

Rendimento 192, 195, 196, 197, 198, 253, 258

Robótica 203, 204, 205, 211

S

Salinidade 182, 186, 189

Samira 252

SDN 174, 175, 178

Segurança 21, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 57, 58, 61, 62, 64, 71, 72, 100, 102, 114, 205, 240, 241, 242, 243, 250

Séries temporais 20, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 222, 224, 234

T

Tratamento de efluentes 111, 115

Treinamentos 32, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 107, 108, 236

Z

Zea mays 181

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS:

Conhecimento e informação 2


Ano 2023

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS:

Conhecimento e informação 2


Ano 2023