

Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

4

Francisco Odécio Sales
(Organizador)


Atena
Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

4

Francisco Odécio Sales
(Organizador)

**Atena**
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^a Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^a Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Prof^a Dr^a 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. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
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 Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias 4 / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-713-0

DOI 10.22533/at.ed.130211301

1. Terra. 2. Ciências Exatas. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 551.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A coleção “Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 4” é uma obra que objetiva uma profunda discussão técnico-científica fomentada por diversos trabalhos dispostos em meio aos seus 21 capítulos. Esse 4º volume, bem como o volume 3, abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos das Ciências exatas e da Terra, bem como suas reverberações e impactos econômicos e sociais.

Tal obra objetiva publicitar de forma objetiva e categorizada estudos e pesquisas realizadas em diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais. Em todos os capítulos aqui expostos a linha condutora é o aspecto relacionado às Ciências Naturais, tecnologia da informação, ensino de ciências e áreas afins.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam por inovação, tecnologia, ensino de ciências e demais temas. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes campos da engenharia, ciência e ensino de forma temporal com dados geográficos, físicos, econômicos e sociais de regiões específicas do país é de suma importância, bem como abordar temas atuais e de interesse direto da sociedade.

Deste modo a obra Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 4 apresenta uma profunda e sólida fundamentação teórica bem com resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolvem seu trabalho de forma séria e comprometida, apresentados aqui de maneira didática e articulada com as demandas atuais. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A AGRICULTURA URBANA COMO PROPOSTA DE USO E OCUPAÇÃO PARA AS ÁREAS DE RISCO: EXPERIÊNCIAS POTENCIAIS QUE SUBSIDIAM AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA A CIDADE DE FORTALEZA-CE

Ana Carla Alves Gomes

Maria Lúcia Brito da Cruz

DOI 10.22533/at.ed.1302113011

CAPÍTULO 2..... 15

ANÁLISE DE ESPECTROS UTILIZANDO ESPECTROSCÓPIO CASEIRO

Marcelo Antonio Amorim

Denes Alves de Farias

Edite Maria dos Anjos

Eryka Christine Viana Nascimento

Wellington Francisco da Silva

DOI 10.22533/at.ed.1302113012

CAPÍTULO 3..... 26

ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DOS ROUBOS NA CIDADE DE SÃO PAULO – SP PARA OS ANOS DE 2016 E 2017

Ícaro Viterbre Debique Sousa

Alexandre Alves Oliveira

Heron Viterbre Debique Sousa

Antonio Mendes Magalhães Júnior

DOI 10.22533/at.ed.1302113013

CAPÍTULO 4..... 36

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NA PRODUÇÃO DE CLONES DE *SWIETENIA MACROPHYLLA KING*

Ingrid Loraine Rocha Ribeiro

Rogério Oliveira Souza

DOI 10.22533/at.ed.1302113014

CAPÍTULO 5..... 47

BAGAÇO DE MALTE: ALTERNATIVAS DE REAPROVEITAMENTO

Jean Lucas Ribeiro de Farias

Jonas Cardoso de Oliveira

Kamila Paula Machado Rech

Vanessa Zorzan

Claudia Eugênia Castro Bravo

Ellen Porto Pinto

DOI 10.22533/at.ed.1302113015

CAPÍTULO 6..... 52

COLORIMETRIA E ABSORBÂNCIA DE FIBRAS DE TiO₂ OU DE TiO₂ CONTENDO

PERCURSORES DE TUNGSTÊNIO APLICANDO O SISTEMA CIELa*b*

Luana Góes Soares da Silva

Annelise Kopp Alves

DOI 10.22533/at.ed.1302113016

CAPÍTULO 7..... 64

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM COULOMBOSCÓPIO DE BAIXO CUSTO

José Antônio Pinto

Luciano Soares Pedroso

Maria Lúcia Soares Pedroso

Giovanni Armando da Costa

Guilherme Almeida de Souza Pereira

DOI 10.22533/at.ed.1302113017

CAPÍTULO 8..... 77

CYTOTOXICITY OF ESSENTIAL OILS FROM *Murraya paniculata* (L.) JACK. AND THEIR BIOLOGICAL POTENTIAL AGAINST FUNGI OF AGRONOMIC INTEREST

Flávia Fernanda Alves da Silva

Cassia Cristina Fernandes

Aline Soares Diniz

Mayker Lazaro Dantas Miranda

DOI 10.22533/at.ed.1302113018

CAPÍTULO 9..... 86

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE MÁXIMA DE ADSORÇÃO DE COBRE (II) EM CASCA DE OVO E REUSO NA PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA (LACTUCA SATIVA L.)

José Antonio Rodrigues de Souza

Débora Astoni Moreira

Ellen Lemes Silva

Diego César Veloso Rezende

Matheus Rocha Mendes

João Gabriel Felismino

Wesley Anderson Siqueira Ribeiro

Walisson Marques de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.1302113019

CAPÍTULO 10..... 100

ESTUDO COMPARATIVO DE CATALISADORES $La_{(1-x)}Ca_xMnO_3$ (X=0,3) VIA MÉTODOS ÚMIDOS PARA APLICABILIDADE ECONÔMICA INDUSTRIAL AUTOMOBILÍSTICA

Symone Leandro de Castro

Davidson Nunes de Oliveira

Julia Alanne Silvino dos Santos

Filipe Martel de Magalhães Borges

DOI 10.22533/at.ed.13021130110

CAPÍTULO 11..... 111

IMPLEMENTAÇÃO DE UM DETECTOR DE CONTAS BOTS EM REDES SOCIAIS

Mateus da Silveira Colissi

Guilherme Chagas Kurtz
Sylvio André Garcia Vieira
Alexandre de Oliveira Zamberlan
DOI 10.22533/at.ed.13021130111

CAPÍTULO 12..... 132

LA MICROFÍSICA DEL PODER Y LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA: ELEMENTOS FUNDAMENTALES EN LA EMERGENCIA DEL SABER ESCOLAR MATEMÁTICO

Ana Mercedes Pérez Martínez

DOI 10.22533/at.ed.13021130112

CAPÍTULO 13..... 143

AVANÇOS METODOLÓGICOS NA DATAÇÃO POR TRAÇOS DE FISSÃO E U-Pb EM ZIRCÃO

Carlos Alberto Tello Sáenz
Luiz Augusto Stuani Pereira
Murilo Candido de Azevedo
Rosana Silveira Resende

DOI 10.22533/at.ed.13021130113

CAPÍTULO 14..... 155

O USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS EM AUXÍLIO À EDUCAÇÃO EM TEMPO DE DISTANCIAMENTO SOCIAL

Gabriel Kenji Furtado Mitome
Alexandre M. Melo Silva Pessoa

DOI 10.22533/at.ed.13021130114

CAPÍTULO 15..... 166

OXIDAÇÃO CATALÍTICA DE AZO-CORANTES SOBRE ÓXIDO DE FERRO SUPORTADO EM CARVÃO OBTIDO DA *Pachira aquatica Aubl*

Juraci Santos do Nascimento
Erlan Aragão Pacheco
Márcio Souza Santos
Tereza Simonne Mascarenhas Santos
Alexilda Oliveira de Souza
Cesário Francisco das Virgens

DOI 10.22533/at.ed.13021130115

CAPÍTULO 16..... 178

QUANTITATIVE ANALYSIS OF LIGHT ELEMENTS USING COMPACT XRF SPECTROMETERS

Cibele Bugno Zamboni
Dalton Giovanni Nogueira da Silva
Orion Giovane Tasso
Jose Agostinho Gonçalves de Medeiros
Maria Regina Andrade de Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.13021130116

CAPÍTULO 17	187
REVISÃO QUANTO A UTILIZAÇÃO DO FÍLER CALCÁRIO COMO MATERIAL CIMENTÍCIO SUPLEMENTAR	
Jayne Carlos Piovesan	
Raduan Krause Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.13021130117	
CAPÍTULO 18	200
SINCRONIZAÇÃO DO TEMPO DE SÍMBOLO EM SISTEMAS OFDM	
Rubem Vasconcelos Pacelli	
Antônio Macílio Pereira de Lucena	
Daniel Costa Araújo	
Jonas Almeida Mourão	
DOI 10.22533/at.ed.13021130118	
CAPÍTULO 19	208
SOLUÇÃO COMPUTACIONAL PARA COMUNICADO DE ACIDENTE DE TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Gustavo Batista Castagna	
Ana Paula Canal	
DOI 10.22533/at.ed.13021130119	
CAPÍTULO 20	228
“ <i>WEEPING ANGEL</i> ”: BIBLIOTECA <i>CROSS PLATFORM</i> DE BAIXO CUSTO PARA DETECÇÃO DE ATENÇÃO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS	
Alano Martins Pinto	
Yuri Lenon Barbosa Nogueira	
DOI 10.22533/at.ed.13021130120	
CAPÍTULO 21	235
APLICANDO O DESIGN THINKING NOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES	
Jonnathan Alves Teixeira	
Fellipe Henrique Alves de Paula	
Reane Franco Goulart	
DOI 10.22533/at.ed.13021130121	
SOBRE O ORGANIZADOR	241
ÍNDICE REMISSIVO	242

CAPÍTULO 1

A AGRICULTURA URBANA COMO PROPOSTA DE USO E OCUPAÇÃO PARA AS ÁREAS DE RISCO: EXPERIÊNCIAS POTENCIAIS QUE SUBSIDIAM AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA A CIDADE DE FORTALEZA-CE

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 08/12/2020

Ana Carla Alves Gomes

Universidade Estadual do Ceará (UECE),
Centro de Ciências e Tecnologia (CCT),
Programa de Pós-Graduação em Geografia da
UECE.
Fortaleza- Ceará
<http://lattes.cnpq.br/8125049057866041>

Maria Lúcia Brito da Cruz

Universidade Estadual do Ceará, Centro de
Ciências e Tecnologia (CCT), Programa de
Pós-Graduação em Geografia da UECE.
Fortaleza-Ceará
<http://lattes.cnpq.br/7159290904011293>

RESUMO: A Agricultura Urbana (AU) caracteriza-se pelo cultivo de culturas diversas e a criação de animais em áreas urbanas, a atividade surge como forma de emprego, renda, alimentação e como estratégia de recuperação para as áreas de risco. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo a análise da atividade de agricultura urbana como proposta de mitigação contra o uso e ocupação desordenado nesses ambientes. O trabalho apresenta o caso da Comunidade São Miguel do Brejo em Fortaleza, Ceará, como exemplo da existência da AU nessas áreas. Para cumprimento do objetivo, utilizou-se de levantamento bibliográfico para a discussão dos principais conceitos abordados na pesquisa e de experiências exitosas no contexto da implementação da AU nas áreas de risco à

inundação, soma-se a isso, o trabalho de campo na área da comunidade e em órgãos pertinentes. Os resultados demonstram a viabilidade da AU e fornecem um esboço estratégico sobre as formas de inserção da atividade para as demais áreas. Conclui-se que é fundamental incentivar a atividade de agricultura urbana como uma forma de uso e ocupação sustentável capaz de auxiliar na recuperação de áreas com atributos naturais relevantes.

PALAVRAS-CHAVE: Recuperação, Mitigação, Gestão municipal.

URBAN AGRICULTURE AS A PROPOSAL OF USE AND OCCUPATION FOR RISK AREAS: POTENTIAL EXPERIENCES THAT SUBSIDIZE STRATEGIC ACTIONS FOR THE CITY OF FORTALEZA-CE

ABSTRACT: Urban Agriculture (UA) is characterised by the cultivation of diverse crops and animal husbandry in urban areas, the activity arises as a form of employment, income, food and recovery strategy for risk areas. Thus, this paper aims at analysing urban agriculture activity as a proposal for mitigation against the disorderly use and occupation of these environments. The work presents the case of São Miguel do Brejo Community in Fortaleza, Ceará, as an example of the existence of UA in these areas. In order to achieve the objective, a bibliographical survey was used to discuss the main concepts addressed in the research and successful experiences in the context of the implementation of UA in areas at risk of flooding, added to this, field work in the community area and in relevant bodies was carried out. The results demonstrate the viability

of the UA and provide a strategic outline on how the activity can be integrated into other areas. One concludes that it is fundamental to encourage urban agriculture activity as a way of sustainable use and occupation that can help in the recovery of areas with relevant natural attributes.

KEYWORDS: Recovery, Mitigation, Municipal management.

1 | INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura-FAO define Agricultura Urbana (AU) como o cultivo de plantas de diferentes culturas, de produtos não alimentares (plantas aromáticas e medicinais, plantas ornamentais, produtos de árvore) e a criação de animais reprodutores dentro das cidades para a comercialização e autoconsumo.

Mougeot (2000) detalha as características da atividade ao informar que a AU é aquela praticada dentro (intra-urbana) ou na periferia (periurbana) dos centros urbanos (sejam eles pequenas localidades, cidades ou até megalópolis). Vincula-se ao cultivo, produção, criação, processamento e distribuição de vários produtos alimentícios e não alimentícios, (re)utiliza e fornece os recursos humanos, materiais, produtos e serviços encontrados dentro e em torno da área urbana.

A Agricultura Urbana (AU) constitui-se como um fenômeno real e presente em terrenos de tamanhos variados, os quais abarcam desde quintais residenciais à terrenos de dezenas de hectares. Para além de uma prática de plantio na cidade, a principal função da AU destaca-se por ser uma atividade catalisadora de renda e alimentação para os residentes urbanos, principalmente para os grupos vulneráveis constituintes das áreas de risco.

População que majoritariamente reside em áreas impróprias para a edificação e que diante de uma urbanização socialmente fragmentada, encontram nessas áreas periféricas a única alternativa de moradia. Principalmente, no contexto do crescimento das cidades, onde os menos favorecidos economicamente são “empurrados” para esses ambientes e com isso, a fome e a pobreza os acompanham.

Zanella et al. (2009) afirma que o termo “área de risco” é vinculado às probabilidades das populações de serem negativamente afetadas por algum fenômeno geográfico, nesse sentido, áreas ou populações vulneráveis são aquelas que dada à localização estão ligadas a esse fenômeno, ou seja, inundações, deslizamentos, condicionantes climáticos e etc.

As áreas de risco configuram-se como o reflexo das disparidades sociais e econômicas das grandes cidades, onde o acentuado grau de seletividade social empurra a população periférica a uma habitabilidade incipiente e sujeita a intempéries naturais.

Dagnino e Junior (2007) informam que os riscos estão ligados a situações que integram o ambiente natural e o ambiente construído pelo homem mediante as ocupações indevidas do território, onde as consequências incidem diretamente na dinâmica natural e na vida humana.

Nesse viés, Jorge (2014, p.18) menciona que:

[...]o conjunto de problemas ambientais que as grandes cidades atualmente apresentam mostram as formas predatórias de apropriação da natureza. Numa sociedade marcada por uma profunda divisão social do trabalho, a degradação ambiental tem sido fruto de uma relação de grupos sociais com a natureza. O crescimento rápido, espontâneo e desordenado tem provocado o inchaço de muitas cidades, caracterizado pela ocupação de áreas periféricas, a maioria imprópria para a edificação. (JORGE, 2014, p.118).

De tal modo que, a ausência de emprego formal, os preços onerosos dos alimentos e dos terrenos para edificação adequada, a recessão econômica que reduz as oportunidades de emprego e a ineficiência de políticas públicas para criar alternativas para fomentar um uso e ocupação sustentável nessas áreas, são alguns motivos que explicam a presença e permanência dessa população em ambientes sujeitos a eventos naturais capazes de provocar perdas materiais e de vidas humanas.

Contudo, a somatória de entraves urbanos que incidem sobre os residentes das áreas de risco, não impossibilitou a criação de estratégias de renda e alimentação impulsionados pela agricultura urbana e que se constituíram como válvula de escape para a sobrevivência dessas famílias.

A AU é uma atividade cuja dinâmica no espaço geográfico produz fluxos comerciais e que promove a função de recuperação em áreas pressionadas pela urbanização crescente. Santadreu e Lovo (2007) afirmam que a agricultura urbana também está diretamente envolvida com a potencialidade de promover cidades produtivas, potencializando o desenvolvimento econômico local, complementando e melhorando a renda das famílias, além de atuar na gestão territorial e ambiental da cidade.

De acordo com a FAO (2010) a AU auxilia a amenizar os efeitos da crise econômica, pois oferece o acesso às frutas e verduras frescas, reduz o custo dos transportes e permite a criação de animais e venda de seus produtos, principalmente “[...] em áreas onde as perdas inadequadas de infraestrutura são adicionadas à escassez e ao alto custo dos produtos agrícolas (FAO, 2010, p. 1).

Nesse aspecto, a AU também subsidia a possibilidade de reconfiguração espacial desses ambientes, na medida em que emerge como um modo de evitar a ocupação dessas áreas com novas edificações, protegendo as áreas verdes e fazendo um uso produtivo das mesmas.

Dessa forma, o presente trabalho analisa a potencialidade da agricultura urbana como uma forma de uso e ocupação para as áreas de risco, mediante experiências exequíveis encontradas na literatura pertinente, as quais subsidiam ações estratégicas que podem ser adaptadas para os espaços das áreas de risco na cidade de Fortaleza.

Pois, são locais impróprios para construções, mas que através da inserção da AU nos espaços degradados, podem tornar-se recuperados e utilizados de modo sustentável como fonte de renda e alimentação para as famílias vulneráveis.

2 | METODOLOGIA

Para alcance do objetivo proposto, a pesquisa adentra no que Gil (2002) classifica como pesquisa exploratória, a qual proporciona maior familiaridade com o problema a ser investigado, tornando a análise mais evidente e próxima da realidade.

Como procedimento técnico, o trabalho caracteriza-se como pesquisa bibliográfica, a qual utiliza-se de material conceitual e teórico para cumprimento dos objetivos. Desse modo, o trabalho utilizou-se de levantamento bibliográfico de autores clássicos na temática, dentre os quais se destacam Luc Mougeot (2000), a International Development Research Centre (*IDRC*) e Resource Centres on Urban Agriculture & foodsecurity (*Ruaf Foundation*).

Também se classifica conforme Gil (2002) como estudo de caso, cuja essência está na visão ampliada e detalhada do objeto a ser estudado. Nesse aspecto, traz-se um exemplo de área de risco susceptível à inundação presente na cidade de Fortaleza, a saber, a Comunidade São Miguel do Brejo, onde tem-se a presença da agricultura urbana como atividade provedora de renda e alimentação para os agricultores urbanos.

Para análise do estudo de caso proposto, os trabalhos de campo ocorreram nos anos de 2016, 2017 e 2020, o objetivo incorreu na identificação de algumas glebas hortícolas nessa área de risco. As visitas em órgãos pertinentes ocorreram em 2017, logo, foram visitadas a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) e a Secretaria de Trabalho, Desenvolvimento Social e Combate à Fome (SETRA).

As visitas a esses órgãos tiveram como objetivo identificar a existência de projetos específicos para a agricultura urbana nas áreas de risco da cidade, através das informações obtidas, verificou-se a inexistência de ações estratégicas voltadas à AU nessas áreas.

O quadro 1 apresenta os aspectos básicos de avaliação da Agricultura Urbana na área, apesar de Mougeot (2000) afirmar que são critérios comumente elencados nas pesquisas, estes foram utilizados para uma primeira aproximação acerca da realidade da atividade no caso da comunidade São Miguel do Brejo.

Aspectos avaliativos	Descrição
Tipo de atividade econômica	Envolve a análise acerca da produção, processamento e comercialização.
Localização	Área urbana ou Periurbana.
Tipos de áreas utilizadas	As plantações concentram-se dentro ou fora do lote de moradia do agricultor, a área é particular ou por arrendamento.
Sistema e escala de produção	A escala de produção envolve mercados internos ou externos.
Tipos e destinação de produtos	Autoconsumo e/ou comercialização

Quadro 1 - Aspectos avaliativos para análise da agricultura urbana

Fonte: Elaborado pelos autores.

3 | EXPERIÊNCIAS POTENCIAIS DA AGRICULTURA URBANA COMO FORMA DE MITIGAÇÃO PARA AS ÁREAS DE RISCO

Os riscos envolvem uma multiplicidade de características que abrangem desde a esfera dos perigos naturais, conflitos civis e crises econômicas, de maneira que a AU assume o papel de recuperar comunidades e permitir o desenvolvimento de ambientes sustentáveis.

Conforme Baker (2008) devem-se priorizar ações, investimentos e atividades que adequadamente auxiliem na mitigação dos impactos provenientes de situações macroeconômicas, políticas instáveis e ocupação ilegal, em curto prazo, reduzindo os riscos no futuro. Nesse sentido, a agricultura urbana pode amortecer os impactos para o grupo mais vulnerável, a saber, os pobres urbanos em tempos difíceis. Corroboram com a ideia Campbell et al. (2009):

A agricultura urbana, em si mesma, caracteriza-se pela inovação e capacidade de adaptação às necessidades especificamente urbanas. Estas inovações incluem microhortas, que podem proporcionar uma fonte de alimentos em épocas de emergência no contexto de uma gestão de riscos frente a desastres; as lajes produtivas, que representam uma adaptação do entorno construído aos impactos da mudança climática; o plantio de árvores, que atuam como “pulmões” verdes, contribuindo para melhorar a qualidade do ar; enquanto que os sistemas de coleta de água da chuva podem ajudar a reduzir os efeitos das inundações (CAMPBELL et al., 2009, p. 11).

Dentre as contribuições promovidas pela AU, destaca-se a relação que a atividade exerce no tocante a recuperação das áreas de risco, desembocando, nesse viés, na capacidade de evitar que essas terras urbanas ambientalmente frágeis, sejam ocupadas ilegalmente pelas comunidades.

Conforme Campbell et al (2009), algumas cidades na finalidade de protegerem suas zonas de inundação, decidiram mantê-las como áreas atrativas para a agricultura, para a conservação da natureza, recreação e lazer no planejamento cidadão, pois “O crescimento urbano ameaça o ambiente e sem uma legislação ou zoneamento adequado, as terras agrícolas, as áreas verdes [...] e os corpos d’água acabam rapidamente ocupados por construções”. (WANG-YAN; LIOU; JUNPING, 2009, p. 28).

Logo, vem à lume a otimização do uso das áreas de risco pela Agricultura Urbana, haja vista que são áreas onde a edificação do solo por construções se tornam inviáveis e onde a AU emerge como forma de mitigação para a ocupação inadequada nesses ambientes, como ocorre na cidade do Rosário (Argentina).

De acordo com Dubbeling (2003), o projeto “Otimização do uso de áreas baldias na municipalidade de Rosário”, implantado em 2002, visou socorrer os grupos de famílias empobrecidas após a quebra de indústrias, médias e pequenas empresas. O desemprego e a falta de assistência social a essas famílias despertou várias ONG’s a desenvolverem projetos sociais encabeçados, principalmente, pela agricultura urbana.

Para a execução dos trabalhos, foram escolhidas e incorporadas as áreas vazias públicas e privadas, incluindo as áreas de risco para serem convertidas em áreas de produção agrícola pelas famílias pobres. “Dentro desse quadro, facilitar o acesso à terra e a sua posse para os grupos de menor renda é uma chave para lhes abrir o caminho da inclusão no processo social” (DUBBELING, 2003, p. 1).

Acerca disso, Lattuca et al. (2004) corroboram:

Sendo uma prática produtiva diversificada e coletiva, a agricultura urbana tem sido (re)avaliada como uma tecnologia apropriada para as pessoas com poucos recursos. Além de contribuir para o desenvolvimento como uma atividade agrícola, ela pode coexistir com atividades recreacionais ou servir a propósitos educacionais, enquanto que preserva os espaços verdes e produz benefícios ambientais. Nesse contexto surge o desafio de criar vários ambientes produtivos de acordo com a tipologia dos espaços e das demandas sociais e funcionais da população local (LATTUCA et al., 2004, p. 1).

Dubbeling (2003) afirma que as áreas utilizadas para AU foram trabalhadas pelos residentes dos assentamentos e das favelas vizinhas, outras foram obtidas junto a entidades públicas, a prefeitura cedeu algumas terras temporariamente, com o interesse de uso comunitário. E, nas áreas particulares, foram realizadas negociações com os donos mediante a isenção dos impostos territoriais por dois anos.

Aproximadamente cerca de 10.000 pessoas foram beneficiadas com o projeto, em que foram identificadas as tipologias referentes às propriedades para implementação da agricultura urbana em Rosário, dentre as quais destacam-se, as áreas verdes, os espaços institucionais, as áreas impróprias para a construção como linhas de trem, margens de rios e córregos, laterais de estradas, dentre outros espaços incorporados ao planejamento do projeto.

Outro exemplo ocorreu na cidade de Gorakhpur, na Índia, onde os investimentos foram voltados especificamente para a agricultura periurbana, prática com os mesmos aspectos da agricultura urbana, diferindo apenas por ser aquela praticada nos arredores da cidade. A localidade situa-se nas planícies do médio Ganges e, pela proximidade com o Himalaia, está constantemente submetida às inundações, tornando-se vulnerável e com impactos incidentes diretamente sobre os meios de subsistência das comunidades mais pobres da região (MANI; SINGH; WAJIH, 2014).

Em um contexto de urbanização acelerada, cuja pressão recai sobre os recursos naturais diminuindo as terras agrícolas, pela conversão em larga escala dessas áreas em usos não agrícolas trazendo a condição de perigo para os residentes, a estratégia promovida por Ong’s objetivou reforçar os meios de subsistência baseados na Agricultura periurbana e preservar os espaços abertos ainda existentes (MANI; SINGH; WAJIH, 2014).

Vale salientar que analisar a AU como exequível de ser implementada em áreas de risco de inundação constitui-se em reconhecer e valorizar esses espaços, tanto pela ótica ambiental, socioeconômica e estética, conforme mencionam Lattuca et al. (2004):

Do ponto de vista sócio produtivo, uma alta percentagem das baixadas inundáveis não serve para a produção intensiva ou para a instalação de estruturas técnicas. Essas áreas, porém, com pouca ou nenhuma modificação, podem sustentar atividades agrícolas menos intensivas ou tornarem-se áreas recreacionais com um mínimo de investimento e de manutenção. Os pequenos cursos d'água e suas bacias foram subestimados enquanto elementos naturais significativos das paisagens urbanas [...]. O papel das baixadas inundáveis foi principalmente dar lugar à urbanização, quase sempre (mas não sempre) de modo informal. Essa prática de ocupação das terras significou que o sistema hidrológico passou a ser visto como um risco para as moradias humanas [...]. (LATTUCA et al., 2004, p. 1).

Mani, Singh, Wajih, (2014) informam que em Gorakhpur, nas áreas inundáveis, a agricultura periurbana caracteriza-se por manter as áreas vulneráveis às inundações, livres de construções. Mantendo sua função natural, ou seja, a infiltração da água e seu respectivo armazenamento do solo. O projeto também incidiu na redução da vulnerabilidade dos pobres urbanos, ao aumentar sua capacidade de lidar com os impactos das enchentes, através da provisão de renda para as comunidades.

Diante dos desafios para encabeçar novas técnicas de cultivo mais resistentes a essas intempéries e promover a alimentação e o trabalho para essas comunidades, o governo municipal estabeleceu, desde 2012, numa área com cerca de 200 hectares, onde moram cerca de 18.000 pessoas, a promoção intensa da Agricultura Periurbana, especialmente para os pequenos agricultores.

Baseando-se na integração familiar com a produção alimentícia e a valorização da diversidade e reciclagem dos sistemas agrícolas, a prefeitura tem utilizado e ensinado a produção de insumos locais de baixo custo, a variedade de espécies mais adaptadas às condições geográficas, criação de um banco de sementes e sistemas portáteis de produção de mudas e a melhor gestão do tempo e do espaço. Ações que refletem um desenvolvimento da agricultura permanente como estratégia em meio às situações de risco, dentre as inovações têm-se os túneis baixos de polietileno sobre canteiros elevados (MANI; SINGH; WAJIH, 2014).

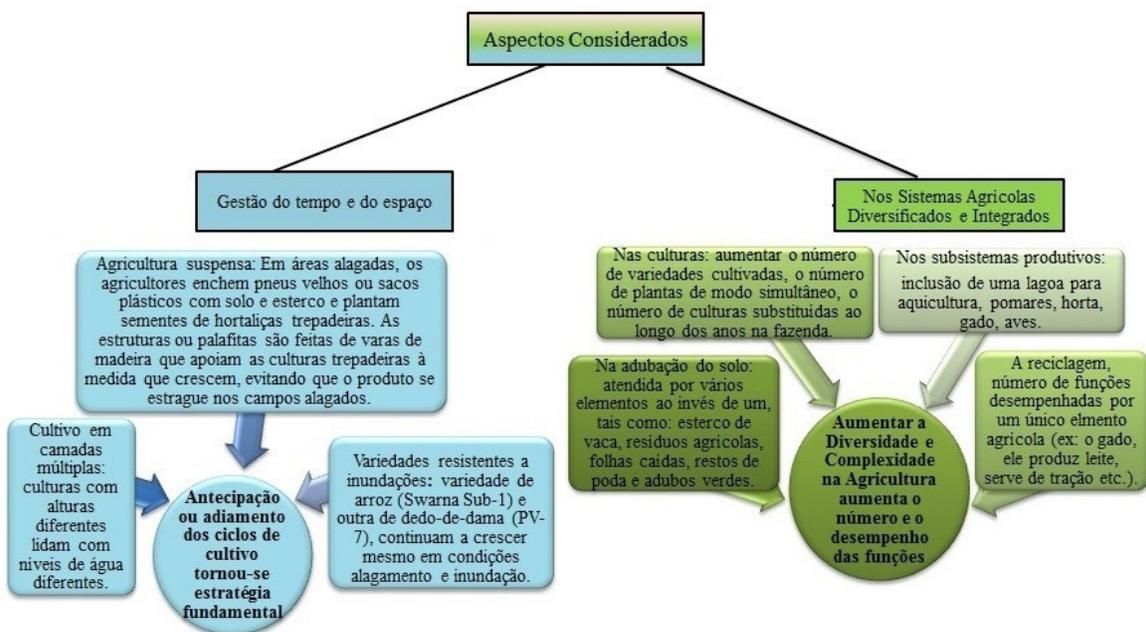
Os agricultores preparam um canteiro com cerca de 35 a 45 cm de altura para depositar as sementes em uma área mais livre de inundações. Posteriormente, abre-se um dreno no sentido do declive topográfico, para evitar que as águas cheguem na sementeira e facilitar o escoamento, o canteiro é coberto por um túnel baixo de polietileno, sustentado por varas de bambu ou arame para que as mudas possam ir para um campo aberto após o evento de inundação. A escolha por culturas trepadeiras, nas quais as culturas rasteiras possam se apoiar e subir. Os agricultores utilizam caixas de isopor, sacos com esterco e solo para cultivar as trepadeiras, que, conforme o crescem, são sustentadas por varas (MANI; SINGH; WAJIH, 2014).

Mani, Singh e Wajih, (2014) mencionam que a prefeitura instalou estações meteorológicas e um serviço via mensagens nos celulares dos agricultores, a fim de informar

as previsões do tempo, como sistema de alerta para que os mesmos se prevenissem quanto a duração do plantio, irrigação, colheita.

Soma-se a isso, a adoção de práticas sustentáveis para a produção do adubo orgânico local e ofensivos naturais, fomentando, assim, a exequibilidade de uma atividade passível e possível de ser reproduzida em áreas sujeitas a alagamentos e inundações.

A figura 1 demonstra as formas de inserção da Agricultura periurbana na área sujeita aos riscos de inundações, os impactos positivos promovidos na esfera do produtor e do ecossistema e as inovações para melhor adaptabilidade. Conforme supradito, esses aspectos também são implementados pela agricultura urbana, haja vista, ambas apresentam os mesmos caracteres, aspectos, benefícios, distinguindo-se apenas em nível de localização.



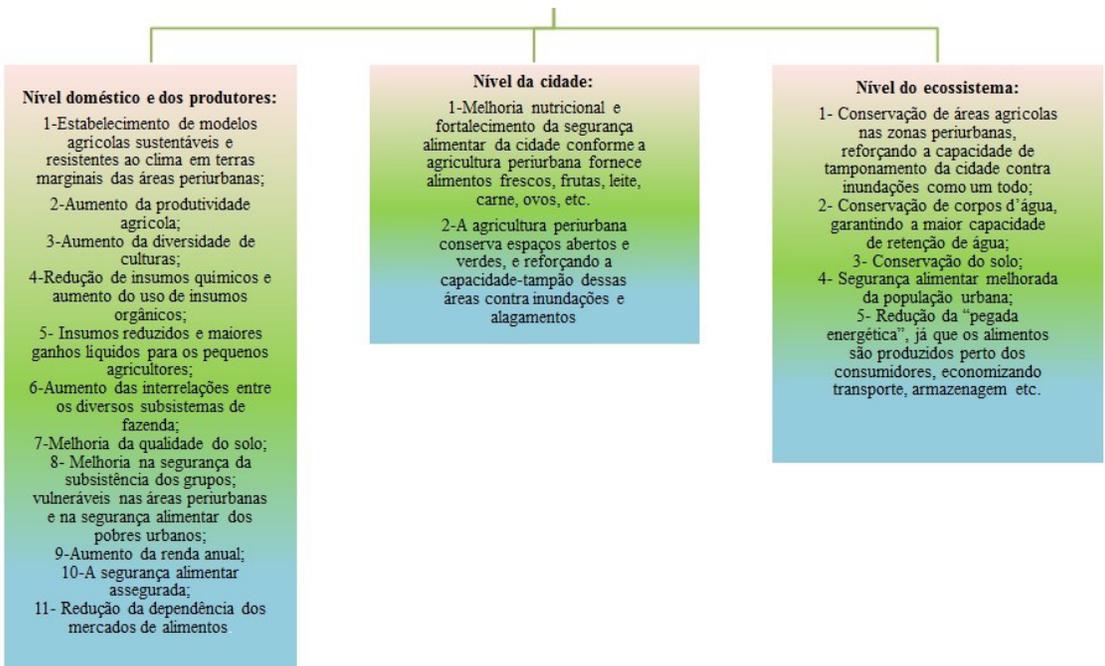


Figura 1 – Atuação da Agricultura Periurbana nas áreas sujeitas as inundações em Gorahkpur (Índia)

Fonte: Elaborado pelos autores (2018). Adaptada de Mani, Singh e Wajih (2014).

Essas formas de apoio que a atividade recebe pelas autoridades dos exemplos supraditos, tornam-se modelo para que outras cidades incorporem a AU em seu planejamento territorial e ambiental. Conforme Boudjenouia, Fleury e Tacherift (2004,p.1) “[...] áreas agrícolas urbanas são mais sustentáveis se localizadas em áreas impróprias para construção [...] como nas áreas alagáveis, sob linhas de alta tensão, em parques e áreas de conservação da natureza”.

Segundo Campbell et al. (2009), as cidades estão incluindo a AU em suas estratégias de mitigação na redução das emissões de gás carbônico, pela menor energia gasta na armazenagem e transporte quando comparado ao sistema convencional, a atividade também permite processos cíclicos e reuso eficaz dos resíduos, quando integrada ao sistema de saneamento.

A AU transforma essas áreas “em risco” de uso por assentamentos informais, em meio de subsistência com espaços verdes produtivos que auxiliam na melhor reestruturação na paisagem citadina que, por vezes, é lócus de lixões e vazios urbanos.

Nesse sentido, o papel da agricultura urbana na relação homem e lugar, em que ambos constituem-se como indissociáveis, está em possibilitar a recuperação da coabitação e do coabitante. A saber, na medida em que evita a ocupação ilegal das áreas de risco com

um uso atrelado ao plantio, reduz-se o processo de favelização naquelas áreas sujeitas aos perigos naturais.

No aspecto do coabitante, a AU também pode viabilizar a recuperação social de comunidades ou indivíduos cujas condições de sobrevivência mais básicas são afetadas pela urbanização acelerada, a AU oferece a oportunidade de redução dos efeitos dos riscos sociais.

Pois que, a abordagem via agricultura urbana leva em consideração a visão holística de como os recursos locais podem ser aprimorados, das formas de capacitação para o desenvolvimento local, a fim de corresponder às necessidades dos principais atores envolvidos – os de baixa renda.

4 | CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES PARA O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA AGRICULTURA URBANA NAS ÁREAS DE RISCO DE FORTALEZA: O CASO DA COMUNIDADE SÃO MIGUEL DO BREJO

De acordo com dados adquiridos pela Defesa Civil do município de Fortaleza no ano de 2014, cerca de 21.345 famílias estão inseridas em áreas de risco sujeitas ao deslizamento, desmoronamento, inundação, alagamento/inundação e radiação, o que se configura em desafios para a gestão municipal.

De acordo com Fortaleza (2014) aproximadamente 213 famílias vivem na comunidade São Miguel do Brejo, localizada no bairro Lagoa Redonda em Fortaleza, Ceará. De acordo com Gomes e Cruz (2020), durante a década de 1960 inúmeros trabalhadores saíram do interior do estado para habitarem na cidade de Fortaleza, alguns deles começaram a reproduzir o cultivo de hortaliças e a criação de animais como forma de alimento e renda dentro da área urbana.

A agricultura urbana desenvolvida na área em evidência, possui caráter familiar, ou seja, uma atividade repassada de pai para filho, de tal modo que, as principais culturas plantadas são coentro, cebolinha, alface; quando ocorre a rotação de culturas tem-se feijão, couve-manteiga, quiabo, batata-doce.

A irrigação das plantações ocorre com poço artesiano por microaspersão na residência de um dos agricultores, cerca de três à quatro agricultores trabalham na área com rendimento médio que varia entre R\$ 2000,00 à 3.000,00 distribuídos entre si. Vale frisar que essa não é uma remuneração fixa, podendo ter maior ou menor valor mensal ou semanal, a depender da comercialização que ocorre nos mercados locais, bairros vizinhos e restaurantes.

Contudo, apresenta-se como uma alternativa para aqueles que não possuem emprego, mas que conseguem levar algum tipo de renda e alimentação para suas famílias, principalmente, quando compara-se ao número de pessoas que não possuem nenhum tipo de renda e estão abaixo da linha da pobreza, a agricultura urbana tem sido um diferencial

para que mais pessoas não adentrem no rol daqueles que passam fome e não possuem nenhum vínculo de rentabilidade.

Os agricultores da comunidade não possuem nenhum vínculo governamental, haja vista, não existe subsídio para a agricultura urbana nesses ambientes. A figura 02 abaixo, traz o compilado de imagens organizadas em 01- vista parcial da comunidade, 02 gleba hortícola de hortaliças, ambas registradas em 2016, 03- rotação de culturas no mesmo lote e 04- a utilização de plantios também realizados em espaços exíguos, os registros 03 e 04 ocorreram em 2020.



Figura 2 - Imagens da AU na Comunidade São Miguel do Brejo

Fonte: Autores (2016,2020).

Através dos exemplos exitosos percorridos no trabalho, compreende-se que é fundamental a articulação entre governo e população, principalmente quando adentra em contexto de cidades cuja urbanização crescente tende a atrair mais edificações em locais impróprios.

A figura 03 apresenta um esboço de ações estratégicas, as quais somadas as experiências exitosas relatadas no presente trabalho, podem oferecer as esses espaços o resguardo de suas condições naturais e às famílias, a oportunidade financeira e alimentícia através da AU.

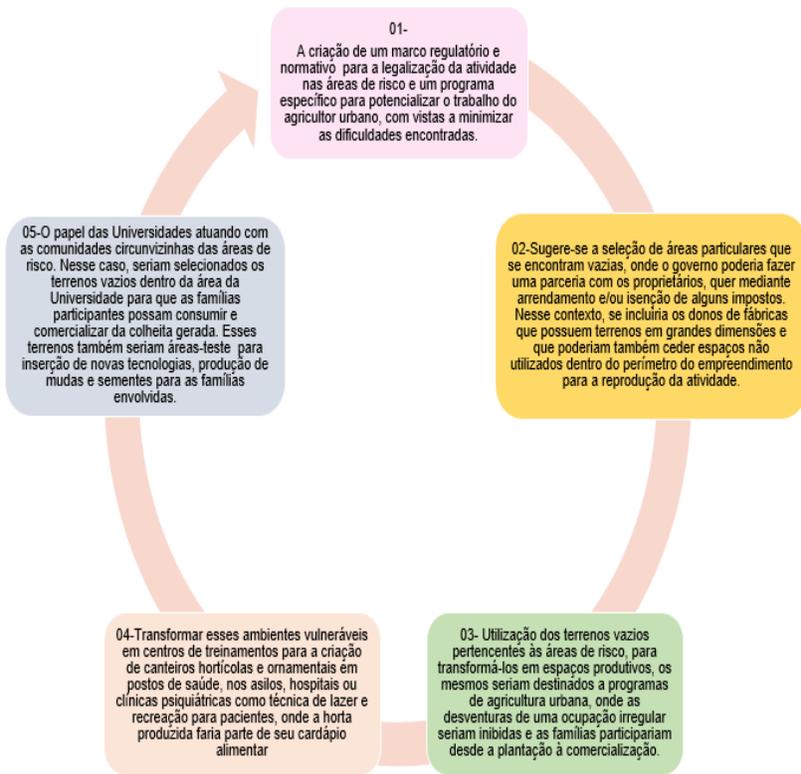


Figura 3 - Ações estratégicas para inclusão da AU nas áreas de risco em Fortaleza-Ce

Fonte: Elaborado pelos autores.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados informam acerca da invisibilidade da atividade por parte da política municipal, pois que, Fortaleza não possui nenhum projeto atuante de AU nas áreas de risco à inundação, sendo necessária a seleção dessas áreas para inserção de programas voltados para a atividade.

A AU contribui para o abastecimento de alimentos nas cidades, inserção no mercado de trabalho, haja vista, o número de pessoas em condições de extrema pobreza, sem vínculo empregatício ou que trabalham no mercado informal é significativo e crescente. Logo, cabe ao governo municipal estratégias capazes de driblar o desemprego, aumentar a suficiência de alimentos e incorporar os vazios urbanos a objetivos que atendam as populações carentes, com fomento, apoio, investimento, treinamento, inovação de técnicas e legalização da atividade de AU.

Vale ressaltar que, algumas famílias ao serem retiradas das áreas de risco, são realocadas em conjuntos habitacionais de programas governamentais. Há casos, em

que a remoção acontece parcialmente, onde famílias ainda permanecem nessas áreas de susceptibilidade aos eventos naturais. Outras, mesmo após a obtenção de uma moradia fora da área de risco, retornam a esses espaços, novamente disputando território pelas novas habitações que ali se instalam.

Diante dessa dinâmica de relação entre o lugar e o habitante, é fundamental que após a retirada dessas famílias, essas porções do território recebam uma nova funcionalidade para evitar a (re) ocupação desordenada, para tanto, sugere-se a inserção da AU com programas específicos que incorporem esses ambientes a um uso e ocupação pautado na atividade.

Uma vez que, no contexto em que muitas áreas são invadidas pela ociosidade em que se encontram, formando ou acrescentando o número de assentamentos informais, as mesmas seriam destinadas à inclusão de hortas comunitárias em parcelas, onde as desventuras de um ocupação irregular seriam mitigadas.

Portanto, as áreas consideradas de risco podem ser destinadas a plantações comunitárias, trazendo retorno para a população socioeconomicamente vulnerável, logo, a AU se constitui como proposta de uso e ocupação mediadora de sustentabilidade e recuperação ambiental nesses espaços.

REFERÊNCIAS

BAKER, Judy. L. **Impacts of financial, food and fuel crisis on the urban poor**. Directions in urban development, World bank global Humanitarian Forum. Human Impact Report. Climate Change: the anatomy of a silent crisis, 2008. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/10263/4/75250BRI0GLB01ections020Box334118B.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 5 set. 2020.

BOUDJENOUIA, Abdelmalek; FLEURY, André Fleury; TACHERIFT, Abdelmalek Tacherift. A multifuncionalidade dos espaços abertos na periferia de Setif, Argélia. **Revista Agricultura Urbana**: as múltiplas funções da agricultura urbana, [S.l.], n.15, 2004. Disponível em: <<http://www.agriculturaurbana.org.br/RAU/AU15/AU15.html>>. Acesso em: 18 de outubro de 2020.

CAMPBELL, Marcia. Caton. *et al.* Construindo Cidades Resilientes. **Revista de Agricultura Urbana**, [S.l.], n.22, p.3-19, jul. 2009. Disponível em: http://www.ruaf.org/sites/default/files/rau22_completo.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2020.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio; JUNIOR, Salvador Carpi. Risco Ambiental: conceitos e aplicações. **Revista Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v.2, n.2, p.50-87, jul./dez. 2007.

DUBBELING, Marielle. Otimização do uso de áreas baldias em Rosário. **Revista de Agricultura Urbana**, Disponibilidade, acesso e condições de uso da terra para a agricultura urbana n.11, p.1-8 jul. 2003. Disponível em: <http://agriculturaurbana.org.br/RAU/AU01/AU1estrategia.html>. Acesso em: 6 set. 2020.

FAO - COMITÉ DE AGRICULTURA. **La lucha contra El hambre y La pobreza**. Perspectivas Económicas y Sociales - Informes de Política n.10, Roma, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/al377s/al377s00.pdf>. Acesso em: 3 set. 2020.

FORTALEZA. **Áreas de Risco-Fortaleza**. Fortaleza: Coordenadoria Municipal de Defesa Civil, 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002

GOMES, Ana Carla Alves; CRUZ, Maria Lúcia Brito da. **Sociodiversidade na produção do espaço: agricultura urbana no município de Fortaleza-CE-Brasil**. Porto Alegre: Ebook Agriculture and Food in a Urbanizing Society, Conference Proceedins, 2018. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/18BwoRUPY6IznEUFnbkCDhgEwpxMibJb/view>. Acessado em: 1 ago. 2020.

GOMES, Ana Carla Alves; CRUZ, Maria Lúcia Brito da. Análise preliminar da agricultura urbana na cidade de fortaleza- ce: vivência e prática para o desenvolvimento urbano.IV ENCONTRO LATINOAMERICANO DE AGRICULTURA URBANA EPERIURBANA, 4. p.40-54, 2019. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1RfbXx5TaHGmvo10S3F7UbvTDYmzcudyE/view>. Acesso em: 01 out. 2020.

GOMES, Ana Carla Alves; CRUZ, Maria Lúcia Brito da. A agricultura urbana como forma de uso e ocupação no espaço urbano. **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, [S.l.], v.15, n.37, ago. p.68-86, 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/53462/29889>. Acesso em: 6 dez. 2020.

JORGE, Maria do Carmo Oliveira. Geomorfologia Urbana: conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2013. p.117-142.

LATTUCA, Antonio; TERRILE, Raúl; KINGSLAND, Ricardo; ABALOS, Pablo; CÁCERES Sabrina; DI BERNARDO, Elio; BRACALENTI, Laura; LAGORIO, Laura; LAMAS, Virginia. Projetando espaços para trabalhar a terra e construir comunidades. **Revista de Agricultura Urbana**, [S.l.], n.13, 2004. Disponível em: <http://www.agriculturaurbana.org.br/RAU/AU13/AU13design.html>. Acesso em: 29 set. 2020.

MANI, Nivedita; SINGH, Ajay; WAJIH, Shiraz A. Promoção da agricultura periurbana em áreas inundáveis de Gorakhpur, Índia. **Revista de Agricultura Urbana**: [S.l.], n.28, p.136-145, 2014. Disponível em: <http://www.ruaf.org/sites/default/files/rau28.pdf>. Acesso em: 24 out. 2019.

MOUGEOT, Luc. J. A. Conceito e Definições. Cidades Crescentes do Alimento: agricultura urbana na agenda política. **Revista de Agricultura Urbana**, [S.l.], n.1, p.1-8, jul. 2000. Disponível em: <http://agriculturaurbana.org.br/RAU/AU01/AU1conceito.html>. Acesso em: 16 nov. 2020.

SANTADREU, Alain; LOVO, Ivana Cristina. **Panorama da agricultura urbana e periurbana no Brasil e diretrizes políticas para sua promoção**: identificação e caracterização de iniciativas de AUP em regiões metropolitanas brasileiras. Belo Horizonte: REDE, IPES, 2007.

WANG-YAN, Cai Jianming; LIOU Xie; JUNPING, Liu. Construindo Cidades Resilientes. **Revista de Agricultura Urbana**, [S.l.], n.22, p.27-30, jul. 2009. Disponível em: http://www.ruaf.org/sites/default/files/rau22_completo.pdf. Acesso em: 5 out. 2020.

ZANELLA, Maria Elisa; OLÍMPIO, João Luis; COSTA, Maria Clélia Lustosa; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia; Vulnerabilidade Socioambiental do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza - CE. **Revista Soc. & Nat**, Uberlândia, v.25, p.317-332, maio/ago. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v25n2/a09v25n2.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2019.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DE ESPECTROS UTILIZANDO ESPECTROSCÓPIO CASEIRO

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 15/12/2020

Marcelo Antonio Amorim

Instituto Federal de Pernambuco – Campus Ipojuca/Física.
Ipojuca - PE

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K2730580E5>

Denes Alves de Farias

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K8189769U2>

Edite Maria dos Anjos

Universidade Federal Rural de Pernambuco/
Unidade Acadêmica de Educação a Distância e
Tecnologia – Polo Gravatá.

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4485036U5>

Eryka Christine Viana Nascimento

Instituto Federal de Pernambuco – Campus Ipojuca
Ipojuca – PE

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K9598430U8>

Wellington Francisco da Silva

Instituto Federal de Pernambuco – Campus Ipojuca
Ipojuca - PE

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K2220668P0>

RESUMO: Neste trabalho apresentamos a experiência de ensinar a análise de espectros da luz visível utilizando um espectroscópio construído em sala de aula. Durante a Semana Nacional do Meio Ambiente no IFPE – Campus Ipojuca, ministramos uma oficina para um total de 20 estudantes com o propósito de analisar espectros através de um espectroscópio caseiro. Eles tiveram os fundamentos teóricos necessários para entenderem e resolverem as situações propostas. Divididos em cinco grupos receberam lâmpadas de tipos distintos, vela, álbum com fotos de espectros que seriam tomados como “padrão”, materiais e orientações para montarem o espectroscópio. A construção do espectroscópio é fácil e de baixo custo, apresentando uma resolução que permite identificar e comparar espectros de elementos químicos diferentes. Com o espectroscópio, observaram e fotografaram os espectros das lâmpadas e da chama de uma vela e, após analisá-los, identificaram os espectros correspondentes aos que existiam no álbum. A análise do pós-teste mostrou que as atividades desenvolvidas durante a oficina contribuíram para o entendimento de que cada elemento químico possui um espectro característico e que o espectroscópio é um instrumento de grande relevância para a Astronomia, pois, conhecendo o espectro de um objeto celeste obtêm-se várias informações dele, tais como temperatura e composição química. Outro ponto a destacar foi a desconstrução de um obstáculo epistemológico sobre a relação entre a temperatura e a cor de um objeto. A utilização do simulador Blackbody-Spectrum e da lei de Wien permitiram mostrar

que as estrelas azuis têm maior temperatura que as estrelas vermelhas. O processo ensino-aprendizagem foi favorecido pela motivação e interação dos estudantes.

PALAVRAS-CHAVE: Espectroscópio caseiro, espectros.

SPECTRA ANALYSIS USING HOMEMADE SPECTROSCOPE

ABSTRACT: In this work we present the experience of teaching spectral analysis of visible light using a spectroscope constructed in the classroom. During the National Environment Week at IFPE - Ipojuca Campus, we held a workshop for a total of 20 students for the purpose of analyzing spectra through a homemade spectroscope. They had the theoretical foundations necessary to understand and resolve the proposed situations. Divided into five groups they received lamps of different types, candle, album with photos of spectra that would be taken as “standard”, materials and orientations to assemble the spectroscope. The construction of the spectroscope is easy and inexpensive, presenting a resolution that allows to identify and compare spectra of different chemical elements. With the spectroscope, they observed and photographed the spectra of the lamps and the flame of a candle and, after analyzing them, identified the spectra corresponding to those that existed in the album. The analysis of the post-test showed that the activities developed during the workshop contributed to the understanding that each chemical element has a characteristic spectrum and that the spectroscope is an instrument of great relevance for Astronomy since, knowing the spectrum of a celestial object obtains information, such as temperature and chemical composition. Another point to emphasize was the deconstruction of an epistemological obstacle about the relation between the temperature and the color of an object. The use of the Blackbody-Spectrum simulator and Wien’s law have shown that blue stars have higher temperatures than red stars. The teaching-learning process was favored by the students’ motivation and interaction.

KEYWORDS: Homemade spectroscope, Spectra.

1 | INTRODUÇÃO

Para um indivíduo não especializado se torna surpreendente a quantidade de informações que a ciência possui sobre estrelas, galáxias e nebulosas situadas tão distantes aonde praticamente tudo que chega até a Terra é a luz. De acordo com Gregório – Hetem (2011, p.179), “A luz emitida pelos objetos astronômicos é o elemento chave para o entendimento da Astrofísica”.

Diante disso, esse trabalho se propõe a analisar espectros utilizando um espectroscópio caseiro, para que os estudantes possam compreender como os astrônomos obtêm a maioria das informações de objetos longínquos utilizando apenas a luz. Convém ressaltar que o espectroscópio caseiro apesar de não possuir ótima resolução permite identificar e comparar espectros de elementos químicos diferentes. Isso pode ser constatado durante uma oficina realizada no IFPE – Campus Ipojuca, onde estudantes analisaram corretamente os espectros de diversas lâmpadas e a chama de uma vela.

A propósito, o químico Robert Bunsen e o físico Gustav Kirchhoff construíram um espectroscópio em 1859 (Figura 01) e com ele descobriram, após fazerem várias experiências, que cada elemento químico emite um espectro formado por um conjunto de linhas específicas e que para obtê-las basta uma pequena amostra do material. Ou seja, cada elemento químico tem uma “impressão digital” (MILLER, 1983).

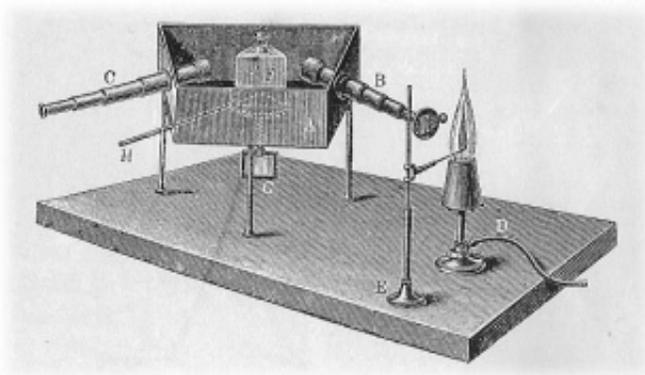


Figura 01 - Espectroscópio de Bunsen e Kirchhoff.

Fonte: Filgueiras.

Sendo assim, são apresentadas (quadro 01) algumas linhas espectrais e os elementos químicos correspondentes.

Linha	Elemento	Cor
A	Oxigênio	Vermelho
D ₁	Sódio	Amarelo
F	Hidrogênio, H β	Verde
G	Ferro (e Cálcio)	Azul
K	Cálcio	Violeta

Quadro 01 – Algumas linhas espectrais identificadas por Bunsen e Kirchhoff.

Fonte: Müller; Saraiva; Kepler.

Na opinião do professor do Departamento de Física da PUC-RJ, Marco Cremona (2011),

O espectroscópio é praticamente uma peneira, algo que pode dividir uma determinada onda eletromagnética. Sempre que se quer analisar ondas magnéticas passo a passo, componente por componente, precisa-se de um espectroscópio.

Corroborando com esse ponto de vista é importante destacar que o astrônomo inglês Joseph N. Lockyer, em 1868, ao utilizar uma luneta acoplada a um espectroscópio observou o espectro das protuberâncias solares e após análise conseguiu descobrir um novo elemento químico, até então desconhecido na Terra, que denominou hélio (FILGUEIRAS, 1996).

Assim, a descoberta que cada elemento produz linhas espectrais próprias proporcionou maior interesse dos astrônomos em orientar espectroscópios acoplados em telescópios para estrelas, nebulosas, galáxias e até mesmo planetas em busca de maior conhecimento das propriedades desses objetos celestes.

1.1 Construindo um espectroscópio

- *Materiais*

Pedaço de cano PVC com 5,0 cm de diâmetro e 13 cm de comprimento, papel guache preto, um CD, tesoura, estilete, cola, fita isolante e fita adesiva.

- *Montagem*

Corte um pedaço de cartolina para revestir internamente o cano e fazer duas tampas. Numa tampa, utilizando o estilete, faça um corte de 2,0 cm de comprimento e espessura igual ao da lâmina do estilete e, na outra tampa fazer um quadrado de 2,0 cm de lado. Usando fita adesiva retire a película das bordas de um CD e corte um quadrado com 2,5 cm de lado. Observe orientações na figura 02.

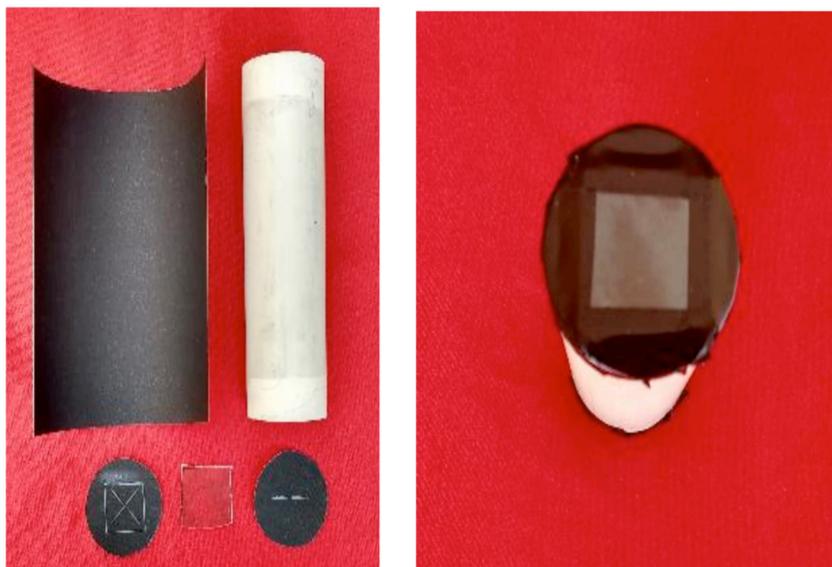


Figura 02 – Montagem do espectroscópio.

Fonte: Arquivo pessoal.

Cole as duas tampas no tubo tendo o cuidado de deixar a fenda alinhada com o centro do quadrado. O pedaço de CD deve ser fixado à tampa com fita isolante deixando as linhas de gravação paralelas à fenda da outra tampa. Contorne as tampas com a fita isolante para evitar penetração de luz no interior do cano.

1.2 Espectro eletromagnético

As radiações eletromagnéticas podem ser analisadas em diferentes faixas espectrais (Figura 03): visível, infravermelho, ultravioleta, micro-ondas, raios X, etc. Este trabalho será desenvolvido dentro da faixa do visível que envolve comprimentos de onda desde o vermelho (720 nm) até o violeta (390 nm), no entanto deve-se ressaltar que atualmente a análise espectral não se restringe à faixa do visível.

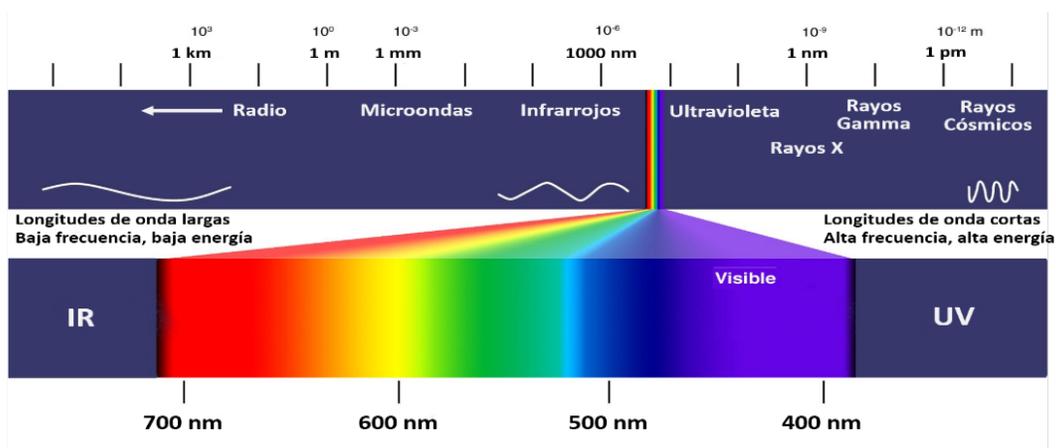


Figura 03 - Espectro eletromagnético destacando o espectro visível.

Fonte:< https://isqch.files.wordpress.com/2015/06/espectro_em.png

1.3 Leis de Kirchhoff

Apartir de suas experiências, Kirchhoff formulou as três leis básicas da espectroscopia que estão ilustradas (Figura 04) seguindo a ordem crescente (1^{a} a 3^{a}) de cima para baixo.

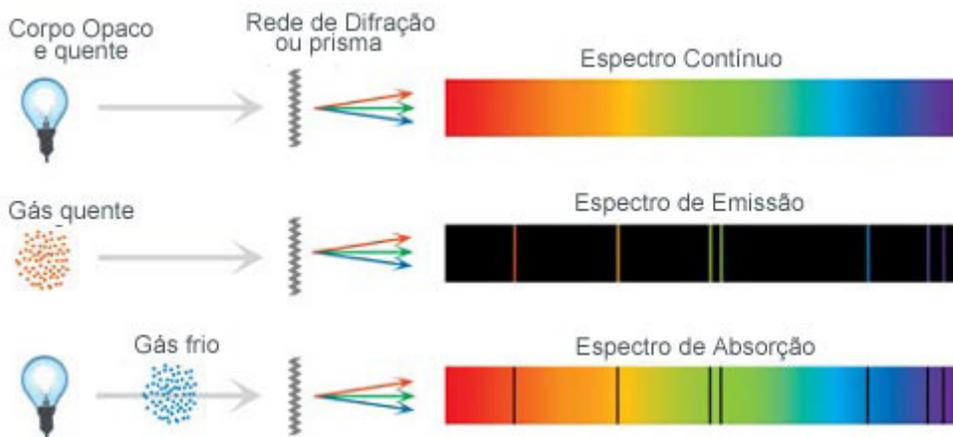


Figura 04 – Ilustrações das leis de Kirchhoff.

Fonte: < http://www.apolo11.com/imagens/etc/leis_kirchhoff.jpg >

2 | OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo trazer algumas contribuições para o ensino da análise de espectros da luz visível através de um espectroscópio caseiro. Mostrar que fazendo uso de um espectroscópio construído em sala de aula, lâmpadas distintas e uma vela acesa será possível comprovar que cada elemento químico e cada partícula tem seu espectro característico. Consequentemente, proporcionar um melhor entendimento de como os astrônomos conseguem tantas informações de objetos longínquos usando apenas a luz.

3 | METODOLOGIA

Durante a Semana Nacional do Meio Ambiente 2017 realizada no IFPE – Campus Ipojuca foi ministrada uma oficina envolvendo construção de espectroscópio caseiro e análise de espectros de lâmpadas e chama de uma vela. Inicialmente foi feita uma apresentação da história da espectroscopia e do espectroscópio. Em seguida os estudantes tiveram uma “aula” sobre alguns fundamentos teóricos, tais como: o espectro da luz visível; leis básicas da espectroscopia; lei de Planck (radiação do corpo negro) apresentada através do gráfico radiância espectral versus comprimento de onda, mostrando a determinação da cor que predomina numa estrela na faixa do visível; lei de Wien que expressa a intensidade máxima de cada curva do gráfico anterior, relacionando o comprimento de onda com a temperatura absoluta. O simulador Blackbody-Spectrum (figura 05) possibilitou verificar o deslocamento de Wien, mostrando a relação temperatura e comprimento de onda. No simulador podemos alterar a temperatura absoluta com o botão cinza e encontrar o valor do comprimento de

onda no pico da curva espectral. Assim, foi possível mostrar que uma estrela azul tem maior temperatura que uma estrela vermelha.

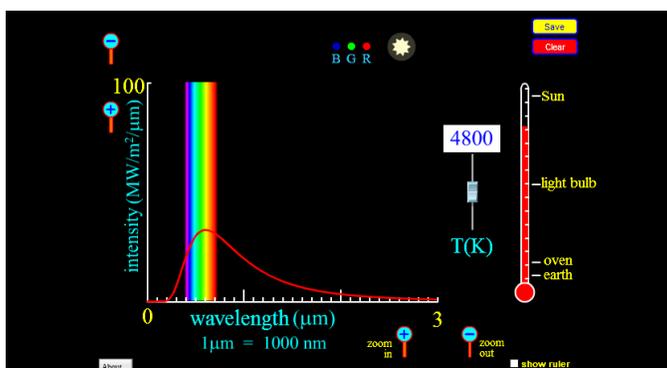


Figura 05 – Blackbody-Spectrum.

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html

A oficina foi dividida em dois momentos: construção do espectroscópio caseiro e, observação e análise dos espectros de lâmpadas e velas.

1ª) Construção do espectroscópio caseiro.

Inicialmente todos os 20 estudantes tiveram orientações sobre como construir um espectroscópio. Em seguida, eles foram divididos em cinco grupos, receberam materiais e acompanhamento necessários para construírem seus espectroscópios (Figura 06). Os materiais disponibilizados foram: pedaços de cano PVC com 5,0 cm de diâmetro e 13 cm de comprimento, papel guache preto, redes de difração (pedaços de CD), tesouras, estilete, fita isolante, fita adesiva e cola.



Figura 06 - Construção do espectroscópio.

Fonte: arquivo pessoal.

2º) *Observação e análise dos espectros de lâmpadas e velas.*

Foram disponibilizadas lâmpadas (LED, eletrônica, incandescente, luz negra) ligadas a terminais elétricos, uma vela e um álbum (Figura 07) contendo os espectros (“codificados”) que serviram como padrão para a pesquisa que eles desenvolveram. Essa “codificação” foi feita pintando o verso de cada foto com uma cor correspondente a uma determinada lâmpada ou vela.

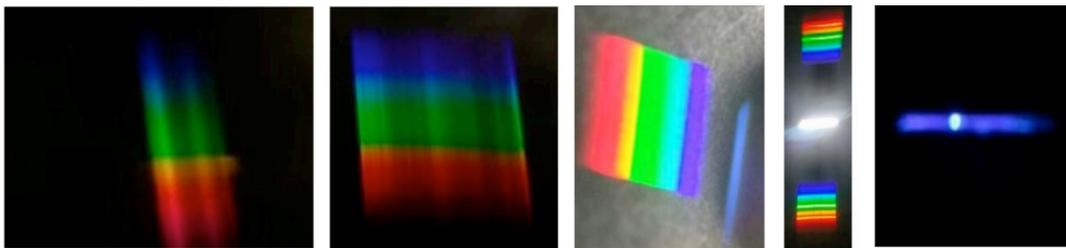


Figura 07- Álbum dos espectros (da esquerda para à direita): chama da vela, lâmpada incandescente, lâmpada LED, lâmpada eletrônica e “luz negra”.

Fonte: arquivo pessoal.

Cada estudante, usando o próprio espectroscópio acoplado ao celular, fotografou os espectros das lâmpadas e da chama da vela (Figuras 08 e 09).



Figura 08 - Utilizando o espectroscópio.

Fonte: arquivo pessoal.



Figura 09 - Fotografando espectros.

Fonte: arquivo pessoal.

Após analisarem e discutirem as características dos espectros vistos, eles consultaram o álbum e identificaram o espectro correspondente a cada elemento fotografado.

Conforme afirma Bachelard (2008, p.303), “Para ensinar o aluno a inventar, é bom mostrar-lhe que ele pode descobrir”.

Desta forma, possivelmente, eles compreenderam que os cientistas observam o espectro de um objeto celeste e analisa-o baseando-se nos espectros disponíveis em laboratório. Como o espectro representa a “impressão digital” de um elemento químico é possível identificar os componentes do objeto que está sendo analisado.

4 | RESULTADOS

Através de um pré-teste se buscou saber os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o que seria vivenciado durante a oficina. Um breve recorte dos conhecimentos prévios apresentados será feito a seguir. Foi observado que 80% dos estudantes afirmaram ser possível separar as cores que compõem a luz branca do Sol, mas apenas 10% deu uma justificativa coerente mesmo sem citar o espectroscópio como uma das opções; A respeito de como os cientistas conhecem a temperatura de uma estrela, observou-se que a maioria dos participantes (95%) não sabe e alguns acreditam que “tem que tocar ou precisariam ir até lá”; A associação da “cor vermelha” com a temperatura “mais quente” foi uma forte presença de um obstáculo epistemológico percebida em todos os participantes.

A análise do pós-teste nos levou a concluir que eles entenderam que cada elemento possui um espectro distinto e através do espectro de um objeto celeste podem-se obter informações como temperatura e composição química. A utilização do simulador e a compreensão da lei de Wien favoreceram o entendimento da relação entre a cor de um corpo com a sua temperatura, observando, por exemplo, que estrelas azuis possuem maior temperatura do que estrelas vermelhas.

Na opinião de Bachelard (2008, p.17), “[...] o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização”.

Enfim, ocorreu muita motivação com todos interagindo e proporcionando debates sobre os espectros observados e a quantidade de informações que eles oferecem.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebemos que a participação direta dos estudantes desde a construção do próprio espectroscópio até a verificação dos espectros, contribuiu para motivá-los no prosseguimento das “pesquisas”. Ficaram surpresos com a funcionalidade do instrumento e cada espectro observado proporcionava debates entre eles. Nestes momentos eram feitas intermediações apresentando a importância dos espectros para os astrônomos. Dessa forma, as atividades desenvolvidas durante a oficina promoveram o envolvimento de todos os participantes, proporcionando um excelente resultado no processo ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ABRAMSON, G. **Espectroscópio**. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=5IQVedue5OQ> > Acesso em: 07 maio 2018.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Trad. Estela dos S. A. Rio de Janeiro: Contraponto editora, 2008.

CREMONA, M. **Espectroscopia permitiu a evolução de campos distintos da ciência**. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2011/07/espectroscopia-permitiu-evolucao-de-campos-distintos-da-ciencia.html>> Acesso em: 28 maio 2017.

APOLO 11.COM. **Entenda como os cientistas sabem a composição química dos planetas e estrelas**. Disponível em:< <http://www.apolo11.com/espectro.php> >. Acesso em: 28 maio 2017.

FILGUEIRAS, C.A.L. **A espectroscopia e a química** – da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica. Química Nova na Escola. n.3, maio 1996. Disponível em:< <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc03/historia.pdf> >. Acesso em: 28 maio 2017.

GREGÓRIO - HETEM, J. **Estrelas**. In: O céu que nos envolve. 1 ed. São Paulo: 2011.

MILLER, F. A. **The History of Spectroscopy as Illustrated on Stamps**. History of spectroscopy. v.37, n.3, p.219-225, 1983. Disponível em: <http://www.goda.chem.s.u-tokyo.ac.jp/documents/courses/structural_chemistry/2016spring/miller1983appliedspectroscopy.pdf > Acesso em: 01 jan. 2018.

MÜLLER, A.M.; SARAIVA, M.F.O.; OLIVEIRA FILHO, K.S. **Espectroscopia**. In: Fundamentos de Astronomia e Astrofísica para o Ensino Superior na Modalidade a Distância. Área 2, Aula 7, p.04. Porto Alegre: 2013. Disponível em: <https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Muller/ > Acesso em: 28 maio 2017.

OLIVEIRA FILHO, K.S.; SARAIVA, M.F.O. **Astronomia e Astrofísica**. 4 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. **Blackbody-Spectrum**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html> Acesso em: 28 maio 2017.

TURRICCHIA, A.; MAJCHER, A. **Amateur spectroscope**. Disponível em: <<http://www.pl.euhou.net/docupload/files/Excercises/WorldAroundUs/Spectroscope/spectroscope.pdf>> Acesso em: 20 maio 2017.

ZHU, X. **A CD spectrometer**. Disponível em: <<http://www.cs.cmu.edu/~zhuxj/astro/html/spectrometer.html>> Acesso em: 18 mar. 2017.

ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DOS ROUBOS NA CIDADE DE SÃO PAULO – SP PARA OS ANOS DE 2016 E 2017

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 03/11/2020

Ícaro Viterbre Debique Sousa

Universidade Federal de Lavras, Departamento
de Estatística
Lavras – MG
<http://lattes.cnpq.br/5648343045394420>

Alexandre Alves Oliveira

Universidade Federal de Lavras, Departamento
de Estatística
Lavras – MG
<http://lattes.cnpq.br/5835239957904762>

Heron Viterbre Debique Sousa

Universidade de Itaúna, Faculdade de
Engenharia e Computação
Itaúna – MG
<http://lattes.cnpq.br/2535104910232355>

Antonio Mendes Magalhães Júnior

Universidade Federal de Lavras, Departamento
de Estatística
Lavras – MG
<http://lattes.cnpq.br/4990530494040296>

RESUMO: A criminalidade é um influenciador da qualidade de vida da população e seu estudo vem de encontro ao desejo de minimizar seus efeitos na sociedade. Dispondo de dados referentes ao número de ocorrências de roubos no município de São Paulo, SP, para os anos de 2016 e 2017 agregados segundo a sua localização dentro de distritos policiais e com intuito de considerar a continuidade espacial da ocorrências destes

crimes, este trabalho tem por objetivo construir mapas da intensidade dessas variáveis por meio de uma análise via técnicas geoestatísticas a fim de que haja um melhor entendimento do fenômeno em estudo. Os anos de 2016 e 2017 tiveram, respectivamente, ajustes com os modelos exponencial e gaussiano para a krigagem dos mapas.

PALAVRAS-CHAVE: Criminalidade, Estatística Espacial, Dependência Espacial.

GEOSTATISTIC ANALYSIS OF THEFT IN THE CITY OF SÃO PAULO - SP FOR THE YEARS 2016 AND 2017

ABSTRACT: Crime is an influencer of population's quality of life, and studies in this matter intend to meet the will to minimize its effects on society. Having data on the number of occurrences of thefts in the city of São Paulo, SP, for 2016 and 2017 combined, according to their location within police districts and in order to consider the spatial continuity of the occurrence of these crimes, the objective of this paper is to build maps of the intensity of these variables through an analysis via geostatistical techniques in order to pursue a better understanding of the studied phenomenon. The years of 2016 and 2017 had, respectively, an exponential and a gaussian model fitting, which was used for the map kriging.

KEYWORDS: Crime, Spatial Statistics, Spatial Dependence.

1 | INTRODUÇÃO

O crime tornou-se um tema relevante na sociedade contemporânea brasileira, sendo este classificado segundo sua natureza: assassinato, estupro, agressão, dentre outros. Para minimizar os impactos dessas ações na sociedade, é imprescindível o estudo de variáveis que corroboram para a ocorrência de determinados crimes e, dentre essas, destacam-se fatores relativos à localização geográfica, uma vez que se presume que determinadas áreas tendem a apresentar maiores índices de criminalidade que outras.

A análise de dados via estatística espacial surge como uma tentativa de entender determinado comportamento espacial e que pode ser de grande importância em ações voltadas à segurança pública. Em outras palavras, compreender a distribuição espacial da ocorrência de um determinado crime auxilia na definição de estratégias que visam reduzir os índices de violência e, para isso, ferramentas que mensurem tais comportamento são de grande valia. A maneira ideal de se caracterizar tal fenômeno seria a utilização de técnicas de processos pontuais, onde cada acontecimento possui sua localização determinada, contudo, há certa complexibilidade para obtenção de dados dessa natureza devido a aspectos éticos e operacionais. Uma vez que não se possui a localização exata da ocorrência de determinado evento, os dados são agregados em polígonos que representam bairros, cidades, países, entre outros, e uma análise via técnicas de dados de área pode ser desenvolvida. Contudo, esta abordagem não considera um importante fator: a continuidade espacial.

Em situações em que os dados se apresentam separados por regiões, sendo que entre estas haja uma interação que não depende de suas fronteiras, o padrão espacial pode não ser evidenciado devido à discretização do espaço. Como exemplo pode-se citar o cenário encontrado no município de São Paulo no estado brasileiro de São Paulo, onde dados de ocorrência de crimes são dispostos segundo distritos policiais definidos por polígonos de diferentes áreas e formas.

Dessa maneira, este trabalho tem por objetivo recriar a superfície espacial de ocorrência de roubos no município de São Paulo - SP, nos anos de 2016 e 2017 via técnicas de geoestatística, almejando a consideração da continuidade espacial no mapeamento de tal variável.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Neste tópico são abordados a coleta dos dados e os métodos estatísticos utilizados para as análises.

2.1 Base de dados

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos no site do Jornal Estadão e são provenientes de informações fornecidas pela Secretaria de Estado da Segurança Pública de São Paulo, acessadas por meio da plataforma Criminalidade Bairro a Bairro (2019). Eles

referenciam o número de ocorrências de roubos registrados na cidade de São Paulo - SP, de acordo com a localização do distrito policial em que ocorreu, para os anos de 2016 e 2017. Ao todo são 93 distritos, sendo que os valores coletados em cada distrito para cada ano foram alocados no centroide de cada polígono que representa cada distrito policial distribuídos pelo município supracitado, conforme apresentado na figura 1.

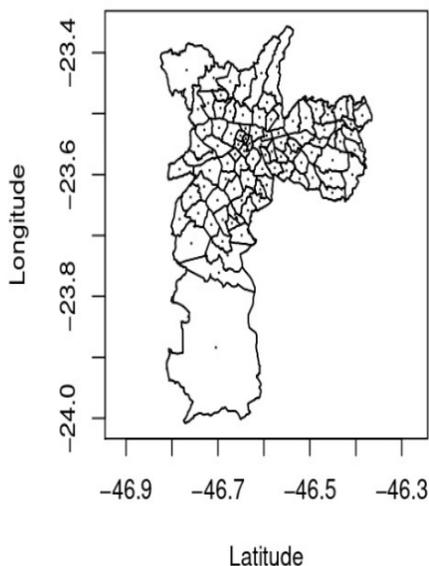


Figura 1: Mapa dos distritos policiais e seus centroides do município de São Paulo – SP.

Fonte: os autores (2020).

2.2 Abordagem estatística

A geoestatística se baseia na teoria das variáveis regionalizadas, que foi inicialmente abordada em problemas relacionados à mineração na África do Sul. De acordo com Matheron (1971), o ponto de partida para o desenvolvimento da geoestatística foi devido à inabilidade da estatística clássica em considerar o aspecto espacial de um fenômeno.

Como destaca Vieira (2000), para a modelagem espacial devemos nos atentar à estacionariedade dos dados. De forma sucinta, podemos definir a estacionariedade de primeira ordem como a admissão de que todas as variáveis aleatórias possuem a mesma média, enquanto a estacionariedade de segunda ordem, além de respeitar as características da estacionariedade de primeira ordem, pressupõe a existência de covariância e uma variância finita. Porém, esta hipótese de variância finita é muito forte, raramente assumida e é usualmente substituída por uma hipótese mais fraca chamada de hipótese intrínseca (OLIVEIRA, 2003). Conhecida como estacionariedade dos incrementos ou estacionariedade

fraca, esta hipótese não é mais definida através das distribuições pontuais e sim através das diferenças entre elas (RIBEIRO JÚNIOR, 1995).

Considerando o fenômeno sob hipótese intrínseca, o variograma é definido como uma função matemática que representa a dependência espacial entre duas variáveis regionalizadas locais (OLIVEIRA, 2003). A ocorrência da dependência espacial expressa no variograma, segue a hipótese básica na qual dados da vizinhança são mais parecidos do que dados distantes (OLIVEIRA, 2003). Os variogramas são construídos partindo das pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca e cálculo da semivariância entre todos os pares de pontos.

Neste trabalho foi utilizado o estimador da semivariância para cada distância apresentado por Cressie e Hawkins (1980), devido ao fato de não ser significativamente sensível a outliers. Tal estimador é dado pela equação (1):

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\left[\frac{1}{N(h)} \sum_{\forall(s_i, s_j) | |s_i - s_j| = h} \sqrt{z(s_i) - z(s_j)} \right]^4}{0,457 + \frac{0,494}{N(h)}} \right\} \quad (1)$$

Em que $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $z(s_i)$ e $z(s_j)$, separados por uma distância h .

De posse do estimador e obtenção do semivariograma empírico, foi realizado o ajuste de quatro diferentes modelos: esférico, exponencial, gaussiano e linear, sendo que a escolha daquele que melhor se ajusta aos dados foi feita baseada no Critério de Akaike (AIC), apresentado na equação (2):

$$AIC = k \cdot \ln \left(\frac{SQR}{k} \right) + 2 \cdot p \quad (2)$$

A soma de quadrados dos resíduos é dada pela equação (3):

$$SQR = \sum_{\forall(s_i, s_j) | |s_i - s_j| = h}^{N(h)} \{[\gamma(h) - \hat{\gamma}(h)]^2\} \quad (3)$$

A geoestatística não se limita apenas em obter um modelo de dependência espacial, ela pretende também prever valores de pontos nos locais onde não foram coletados (ISAAKS E SRIVASTAVA, 1989), e como destaca Yamamoto e Landim (2015), esta predição é realizada através do método de interpolação denominado krigagem, que utiliza a dependência espacial entre amostras vizinhas para prever valores em qualquer posição dentro do campo. A krigagem ordinária para um ponto é dada pela equação (4):

$$\hat{z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot z(s_i)$$

(4)

Em que N é o número de valores coletados $z(s_i)$ e λ_i são os pesos associados a cada valor.

Os pesos λ_i são estimados de acordo com a dependência espacial do fenômeno, pontos s_i próximos ao ponto s_0 recebem pesos maiores do que pontos distantes, assim o preditor se caracteriza como uma média ponderada. O que torna a krigagem ordinária um preditor ideal são as pressuposições de variância mínima e não tendenciosidade.

Para as análises será utilizado o software R Core Team (2020) e tal análise foi feita utilizando as teorias já implementadas de geoestatística disponibilizadas pelo pacote geoR (RIBEIRO JÚNIOR E DIGGLE, 2015).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de casos de roubos ocorridos em 2016 variou de 335 a 5610 com média de 2122, enquanto, no ano de 2017, houve um registro de um número mínimo de 300 e máximo de 4742 ocorrências de roubo, sendo que, em ambos os anos os dados apresentaram comportamento aproximadamente normal.

Utilizando o estimador robusto de Cressie e Hawkins apresentado na equação (1) e 40 % da distância máxima, tem-se o semivariograma. Foram então ajustados os modelos exponenciais, esférico, linear e gaussiano.

A tabela 1 apresenta os critérios de Akaike utilizados para a decisão do melhor modelo.

Ano	Modelo ajustado	Efeito pepita	Alcance	Patamar	AIC
2016	Esférico	300000	600000	0,11	313,53
	Exponencial	306237	800000	0,08	292,61
	Gaussiano	300000	600000	0,04	295,84
	Linear	582802	2311087	1	325,88
2017	Esférico	84000	673000	0,05	306,35
	Exponencial	84131	800000	0,04	294,25
	Gaussiano	84000	650000	0,02	291,72
	Linear	584806	1428079	1	318,95

Tabela 1: Parâmetros dos modelos ajustados para os anos de 2016 e 2017.

Fonte: os autores (2020).

Para o ano de 2016 o melhor ajuste foi o modelo exponencial (figura 2).

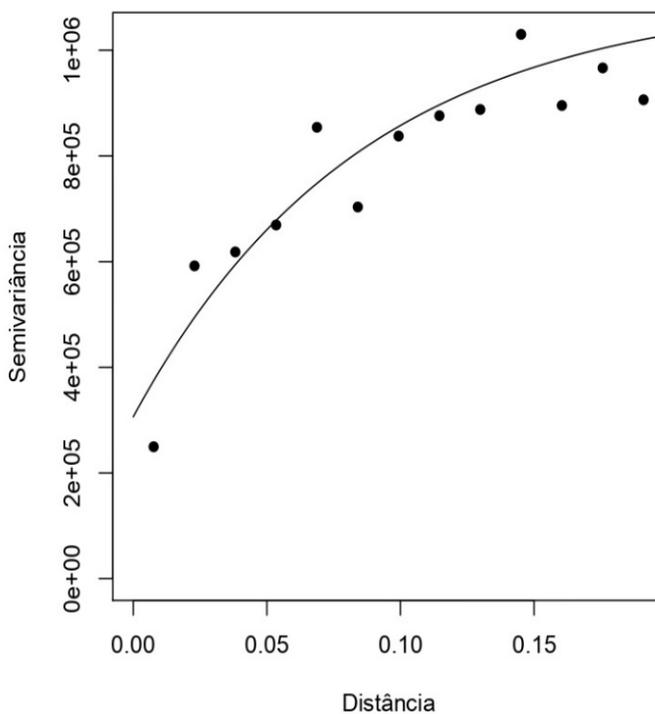


Figura 2: Semivariograma ajustado com o modelo exponencial para o ano de 2016.

Fonte: os autores (2020).

Para o ano de 2017 o melhor modelo ajustado foi o gaussiano (figura 3).

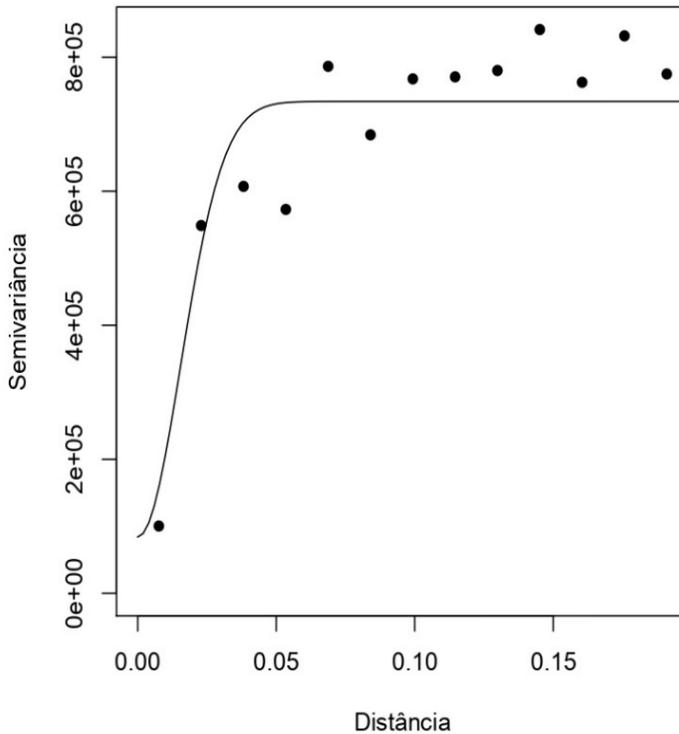


Figura 3: Semivariograma ajustado com o modelo gaussiano para o ano de 2017.

Fonte: os autores (2020).

Por meio da validação cruzada, foi possível verificar aparentemente normalidade dos resíduos acompanhada com média em torno de zero e um razoável ajuste aos dados para ambos os anos em análise. Conhecido o modelo que melhor se ajusta ao semivariograma empírico para ambos os cenários em estudo, foi realizada a krigagem ordinária para a reconstrução do mapa da intensidade do número de roubos na cidade de São Paulo para os anos de 2016 (figura 4) e 2017 (figura 5).

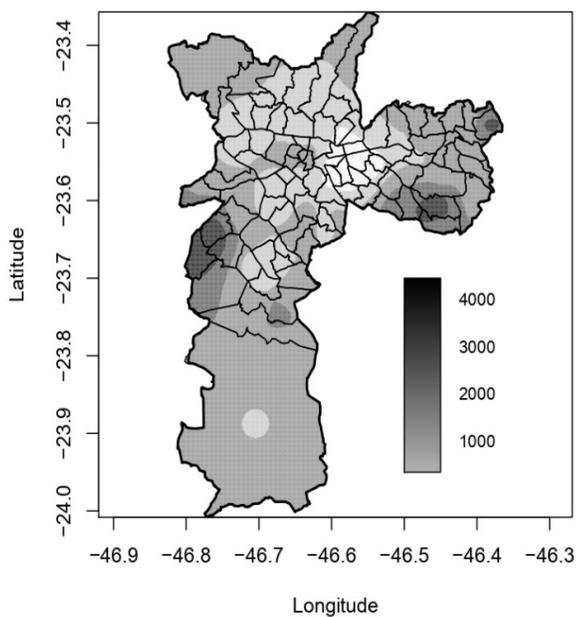


Figura 4: Mapas de intensidade do número de ocorrências de roubos no município de São Paulo – SP para o ano de 2016.

Fonte: os autores (2020).

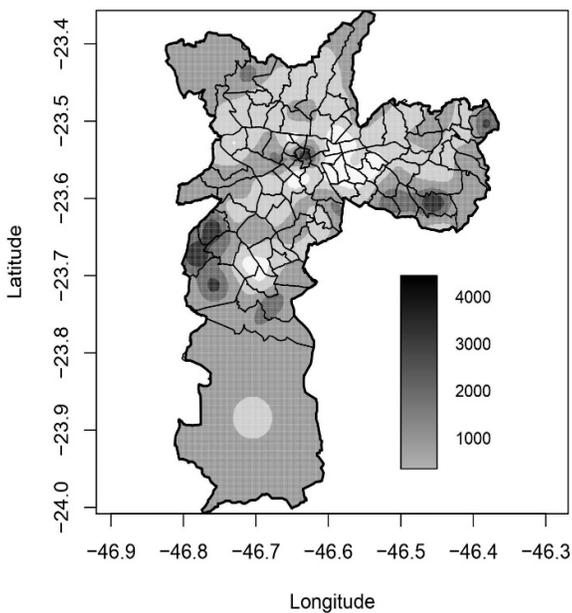


Figura 5: Mapas de intensidade do número de ocorrências de roubos no município de São Paulo – SP para o ano de 2017.

Fonte: os autores (2020).

É possível perceber, por meio dos mapas gerados (figuras 4 e 5), um comportamento similar em relação à intensidade do número de casos de roubos em São Paulo – SP. Na área central, para longitude variando em $-46,9^\circ$ a $-46,5^\circ$ e latitude variando em $-23,7^\circ$ a $-23,4^\circ$, percebe-se um menor número de ocorrências em ambos os anos. Destacam-se dois pontos de maior intensidade, localizados aproximadamente nas coordenadas $(-46,8; -23,7)$, correspondendo aos distritos de Capão Redondo, Jardim Herculano e Campo Limpo, e coordenadas $(-46,4; -23,7)$, correspondendo ao distrito de São Mateus.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se perceber que o mapeamento da intensidade via técnicas geoestatísticas mostra-se uma interessante ferramenta para análise de dados que possuem continuidade no espaço. Ainda que haja limitações quanto ao uso dessas técnicas aplicadas aos dados em questão, uma vez que estes são computados por agregados de áreas, esta abordagem fomenta o arsenal estatístico para análise de dados no espaço.

A ausência de precisão em relação as localidades de ocorrência, tendo somente os valores totais em cada região, permite o uso da geoestatística para análise destes dados, uma vez que o fenômeno é passível de ocorrer em qualquer localidade do espaço. Os mapas gerados com a utilização de krigagem indicam a ocorrência de roubos no município de São Paulo, mostrando a intensidade de forma contínua por toda a extensão do município.

REFERÊNCIAS

CRESSIE, Noel; HAWKINS, Douglas M. **Robust estimation of the variogram: I**. Journal of the International Association for Mathematical Geology, v. 12, n. 2, p. 115-125, 1980.

CRIMINALIDADE BAIRRO A BAIRRO. **Estadão**. São Paulo. Disponível em: <https://infograficos.estadao.com.br/cidades/criminalidade-bairro-a-bairro/>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.

ISAAKS, Edward H.; SRIVASTAVA, Mohan R. **Applied geostatistics**. 1989.

MATHERON, George. **The theory of regionalised variables and its applications**. Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique, v. 5, p. 212, 1971.

OLIVEIRA, Maria C. N. de. **Métodos de estimação de parâmetros em modelos geoestatísticos com diferentes estruturas de covariâncias: uma aplicação ao teor de cálcio no solo**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

R. Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2020.

RIBEIRO JÚNIOR, Paulo J.; DIGGLE, Peter J. **geoR: Analysis of Geostatistical Data**. R package version 1.7-5.1. 2015.

RIBEIRO JÚNIOR, Paulo J. **Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo**. 1995. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VIEIRA, Sidney R. et al. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 1-53, 2000.

YAMAMOTO, Jorge K.; LANDIM, Paulo M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. Oficina de textos, 2015.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NA PRODUÇÃO DE CLONES DE *SWIETENIA MACROPHYLLA* KING

Data de aceite: 04/01/2021

Data da submissão: 06/10/2020

Ingrid Loraine Rocha Ribeiro

Universidade Federal do Acre, *Campus*
Floresta

Cruzeiro do Sul – Acre.

<http://lattes.cnpq.br/8648176832075469>

Rogério Oliveira Souza

Universidade Federal do Acre, *Campus*
Floresta, CMULTI

Cruzeiro do Sul, Acre.

<http://lattes.cnpq.br/3403528519336785>

RESUMO: O método de estaquia, e suas variações, tem se destacado na produção de mudas em larga escala e que, como consequência, garantam uma homogeneidade no plantel, facilitando assim o manejo e diminuindo a pressão sobre os indivíduos nativos. Desta maneira, o objetivo principal do trabalho foi avaliar o comportamento de estacas de mogno *Swietenia macrophylla* (King), em diferentes concentrações de Ácido Indolbutírico, visando garantir a multiplicação da mesma em larga escala. Diante do observado, estacas produzidas de a partir de uma matriz madura, apresentou melhores resultados quando comparadas com uma matriz mais jovem, foi levado em consideração a sazonalidade da região, além disso, estacas coletadas no período chuvoso, que coincidiu com a época de frutificação e mantidas em Argissolo Amarelo, apresentou melhores resultados em

termos de desenvolvimento da parte aérea. Em nenhum dos tratamentos houve a produção de calos e de raízes.

PALAVRAS-CHAVE: Propagação vegetativa, estaquia, AIB, mogno brasileiro.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF INDOLEBUTYRIC ACID ON THE PRODUCTION OF *SWIETENIA MACROPHYLLA* KING CLONES

ABSTRACT: The cutting method, and its variations, has stood out in the production of seedlings on a large scale and, as a consequence, ensures homogeneity in the stock, thus facilitating management and reducing pressure on native individuals. In this way, the main objective of the work was to evaluate the behavior of cuttings of *Swietenia macrophylla* (King), in different concentrations of Indolebutyric Acid, in order to guarantee its multiplication on a large scale. In view of the observed, cuttings produced from a mature matrix, showed better results when compared to a younger matrix, the seasonality of the region was taken into account, in addition, cuttings collected in the rainy season, which coincided with the time of fruiting and maintained in Argiloso Amarelo, presented better results in terms of aerial part development. In none of the treatments there was the production of calluses and roots.

KEYWORDS: Vegetative propagation, cuttings, IBA, Brazilian mahogany.

1 | INTRODUÇÃO

Para atender à crescente demanda econômica e antrópica por madeira, a floresta amazônica vem sendo alvo de exploração predatória (CARIELLO, 2008; ARAUJO, 2020), e dentro dos registros, uma parcela significativa dessa exploração é de âmbito ilegal e/ou exploração sem os devidos cuidados com o manejo florestal sustentável (ARAUJO, 2020). Essa conduta vem gerando sérios impactos ambientais, bem como econômicos às florestas remanescentes (OLIVEIRA, 2005).

A exploração irregular de madeira é uma realidade nacional, sendo comuns ações dos Ministérios Públicos Estaduais, Polícia Federal e outros órgãos controle, no combate a exploração irregular, seja na retirada, como na operação realizada pela Polícia Federal em Rondônia (WALLACE, 2019), seja no desdobro sem licenciamento (Ministério Público do Estado do Acre, 2018).

O estado do Acre não fica fora dessa realidade, onde as notificações cresceram em mais de 100% nos últimos dois anos, saltando de 47 notificações contra a flora, no ano de 2018, para 98 notificações em 2019 (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2019). Segundo esse mesmo documento, considerando a região Norte, somente os estados do Acre e Amapá (de 16 para 21) tiveram incremento no número de notificações contra a exploração irregular da flora.

Com uma demanda anual crescente, é preciso investir em produção de mudas de alto potencial produtivo, para que venha atender as inúmeras exigências do mercado florestal nacional. As técnicas de propagação vegetativa apresentam-se como uma alternativa viável à produção de mudas em larga escala, sendo uma notável alternativa para reprodução de espécies (FERNANDES, 2015; SOUZA, 2019).

Entre as vantagens oferecidas pela produção de mudas assexuadas, pode-se ressaltar ganho energéticos superiores; manutenção dos genótipos desejados; clones padronizados; plantas com crescimento homogêneo, quando comparado ao crescimento por mudas produzidas de forma sexuada. Outra vantagem é quanto à fisiologia das espécies, algumas árvores economicamente importantes, tem baixa produção de semente e de dinâmica irregular (GRAÇA, TAVARES, 2000).

Entre as substâncias reguladoras de crescimento, as auxinas possuem um papel fundamental na rizogênese, principalmente entre as espécies lenhosas que apresentam dificuldade de realizar o enraizamento (GASPAR, HOFINGER, 1988 APUD LOPES et. al. 2001). O ácido indolbutírico (AIB), ácido indolacético (AIA), ácido naftalenoacético (ANA) estão entre os hormônios reguladores mais usados (ZIMMERMAN, 1981 APUD LOPES et. al. 2001), sendo manipulados em baixas concentrações nos meios de cultura (GEORGE, SHER-RINGTON, 1984 APUD LOPES et. al. 2001). O AIB vem sendo utilizados em inúmeros trabalhos com espécies lenhosas (MENEZES 2006; XAVIER et. al. 2009; DIAS et.al. 2012; PEREIRA, 2014; FERNANDES, 2015), é considerado um dos melhores

estimuladores de enraizamento, visto que é foto estável e não degradado em processos enzimáticos (WENDLING et al., 2005).

Pertencente à família das meliáceas, o Mogno (*Swietenia macrophylla* King.), é uma espécie madeireira predominantemente amazônica, conhecido na região do Vale do Juruá como Aguano, possui a madeira excepcionalmente lisa e brilhante e que dentre outros motivos, é seu principal agregador de valor. O metro cúbico da madeira chega a R\$ 5.000,00, se extraída e vendido ilegalmente seu valor cai drasticamente podendo chegar a R\$125m³ (OLIVEIRA, 2018) tratando-se da espécie madeireira mais valiosa da Amazônia (COSTA et al., 2013), desencadeando numa exploração em larga escala e sem os devidos cuidados de manejo, colocando-a entre as espécies florestais ameaçadas de extinção (FERNANDES, 2015).

A partir de 1990, o governo Brasileiro tem trabalhado na redução da exploração de Mogno no país. Tal medida é proveniente do conhecimento da escassez, cada vez maior, dos estoques da árvore (GROGAN et al., 2002). No entanto, a adoção dessas medidas não tem surtido o efeito esperado para deter o comércio ilegal da madeira. Assim, a produção de mudas tem-se tornado necessário para fins de reflorestamento e preservação da espécie. Cabe a empresas e instituições de ensino desenvolver metodologias e pesquisas para seu incremento populacional.

Logo, objetivou-se neste trabalho avaliar a influência do regulador de crescimento Ácido Indolbutírico (AIB) no enraizamento de estacas de Mogno, sob diferentes dosagens, visando garantir uma alternativa de produção de mudas em larga escala.

2 | METODOLOGIA

O material genético foi coletado na propriedade do Núcleo Espírita: União do Vegetal – Núcleo Cruzeiro do Sul, em duas épocas distintas do ano: verão – Agosto, inverno - Dezembro; e levados ao laboratório de Genética para produção das estacas. Foram selecionadas duas matrizes, sendo que ambas já haviam atingido a maturidade (frutificando), embora uma fosse mais velha (A com 20m) e a outra mais jovem (B com 15m).

Weaver (1987) APUD Herrera (2001) cita que a probabilidade de obter resultados satisfatórios no enraizamento de estacas quando são coletadas no final do inverno ou início da primavera, quando existem carboidratos suficientes armazenados.

As estacas foram produzidas com o tamanho padrão de 15 cm, contendo dois pares de folhas reduzidas à metade. Posteriormente divididas entre as que possuíam gemas apicais; finas (onde o diâmetro definido foram 0,4 a 0,7); grossas (onde o diâmetro definido foram <0,8).

Sendo Herrera (2001):

“Existem provas experimentais em que a presença de folhas nas estacas exerce influência estimuladora na formação de raízes, sendo tal fato atribuído à presença de carboidratos, resultantes da atividade fotossintética, os quais atuariam como fonte de reservas, para a iniciação das raízes.”

Os dois primeiros testes foram realizados tratamentos de desinfecção, descrito por Graça e Tavares (2000). Feito isso, separou-se as estacas em cinco blocos com o objetivo de fazer a imersão nos tratamentos hormonais. A Auxina utilizada foi o Ácido Indolbutírico (AIB) diluído em álcool 50%, e em pó. Manteve-se um bloco de testemunha (0,0) e as concentrações utilizadas foram (0,1; 0,2; 0,4)g/L. O tempo de imersão foi de 10 minutos, e plantadas imediatamente em tubetes com substrato contendo esterco bovino curtido e material orgânico proveniente de serapilheira. A distribuição do experimento foi inteiramente casualizado.

Nos dois últimos testes não foram realizados tratamentos de desinfecção das estacas, e a Auxina utilizada foi o Ácido Indolbutírico (AIB) diluído em álcool 50%, e em pó. Manteve-se um bloco de testemunha (0,0) e as concentrações utilizadas foram (0,5; 2,0; 4,0)g/L. O tempo de imersão foi de 10 minutos, e plantadas imediatamente em substratos divididos em três blocos: 100% areia, 100% argissolo amarelo e 100% matéria orgânica proveniente da decomposição da serapilheira; em copos descartáveis de 180 ml, o objetivo foi avaliar a influência do solo e do acúmulo de água sobre as estacas.

Segundo Hartmann et. al. (2002), o substrato desempenha funções muito além de apenas sustentação das estacas, sendo ele, promotor de umidade, ambiente escuro, reduzindo a insolação na base da estaca e permitindo aeração, o oxigênio é fundamental na respiração celular durante o processo de formação de calos e emissão das raízes.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estacas da primeira coleta (agosto), apresentaram ressecamento da fração de folhas que foi mantida, e logo em seguida houve a morte das estacas, não obstante, as regas diárias, ao longo de todo o período do experimento. Levantou-se a hipótese que, em virtude do calor intenso, os substratos não mantiveram-se úmidos o suficiente ao longo dos dias, causando assim, a morte por ressecamento, além de uma capacidade insuficiente na captação e transporte de água, pela inexistência do sistema radicular.

A disponibilidade de água é fator essencial no estabelecimento de estacas, Janick (1966) APUD Fernandes (2015) relata que ausência de sistema radicular impossibilita a absorção de água mesmo com a contínua perda de água pela transpiração de brotações e folhas, explicando assim, a morte das estacas mesmo após o estabelecimento da parte aérea. Fernandes (2015) ainda destaca que temperaturas muito elevadas, apesar de acelerar o metabolismo das plantas, estimula a perda de água.

Como medida para comprovar a hipótese, o segundo teste realizado foi realizado utilizando do mesmo substrato, contudo, em sacos de polietileno (15x25cm). Com isso, procurou-se observar se a quantidade de substrato disponível influenciaria a rentabilidade de água.

Cerca de 10 dias após o plantio, as estacas da matriz “A” começaram a apresentar sinais de brotações de folíolos, mas apenas nos tratamentos testemunha. Aos 15 dias, os demais tratamentos começaram a apresentar brotações. O tratamento com a matriz mais “jovem” os aspectos relacionados à brotação foram somente observados a partir de 20 dias após os tratamentos. Apesar de o tratamento testemunha iniciar a produção de folíolos precocemente (Tabela 1), quando comparado com os demais tratamentos, notou-se que o tratamento T3 (AIB 0,2 g/L) apresentou a maior quantidade de estacas com folíolos (N=3). O tratamento T1 (AIB em pó) foi o que houve menor resultado de estacas brotando, uma estaca por matriz, no entanto, as estacas mostraram-se mais vigorosas e resistentes. O tratamento T4 (0,4 g/L) apresentou a maior quantidade de brotos de folíolos ao longo das estacas (N= 4).

As estacas provenientes da matriz B apresentaram os mesmos resultados da matriz A, contudo, em proporções menores, sendo uma estaca por tratamento. Com exceção dos tratamentos T0, onde apresentou brotações (N=1), entretanto morreram antes da formação dos folíolos; e o T1, onde apresentou a maior quantidade de brotação ao longo da estaca (N = uma estaca com seis brotações). Esse comportamento de início de formação de brotos que, entretanto, não chegam a formar os fólhos foi observado ao longo de todos os tratamentos. Estacas que foram mantidas as gemas apicais, apesar de conter seu sistema meristemático, foram as que mais apresentaram esse comportamento.

TRATAMENTOS	MATRIZ A/B			
	GEMAS APICAIS	GEMAS LATERAIS	GEMAS APICAIS E LATERAIS	FORMAÇÃO DE FOLÍOLOS E FOLHAS
T0	2/1	3/1	1/1	3/-
T1 (PÓ)	5/1	1/2	-/1	1/2
T2	3/1	2/1	-/-	2/-
T3	5/1	3/2	-/-	3/-
T4	3/1	5/1	1/-	4/-

Tabela 1: Dados relacionados ao desenvolvimento da parte aérea das estacas de *Swietenia macrophylla*, coletadas em setembro de 2017, em experimento sobre influência de Ácido Indolbutírico na produção de clones de mogno.

O processo de transformação de fíololos em folhas foi observado nos tratamentos T0, T1 e T3, no entanto, com o passar dos dias, houve queda das folhas, e formação de novos fíololos, contudo, ocorreu murcha desses novos fílios seguida da morte da estaca, no tratamento T2 houve a formação de fíololos, no entanto, as estacas morreram antes da transformação em folhas. Nas estacas provenientes da matriz mais jovem, esse processo de transformação de fíololos em folhas foi observado apenas no T1.



Figura 01. Desenvolvimento das gemas, fíololos e folhas em estacas de mogno *Swietenia macrophylla* (King), submetidas à diferentes concentrações de Ácido Indolbutírico (AIB). A - Gema; B - Fíololos laterais; C - Gema lateral; D - Folhas.

Os tratamentos realizados durante o período chuvoso apresentaram resultados mais promissores. Na ocasião, observou-se o desenvolvimento da parte aérea de 68% do número total de indivíduos, estratificando esse total por tratamento, foi observado: MO (N=10), Argissolo (N=15), Areia (N=16).



Figura 02. Desenvolvimento da parte aérea de estacas de mogno *Swietenia macrophylla* (King), submetidas à diferentes concentrações de Ácido Indolbutírico (AIB), em diferentes substratos. A - Areia; B - argissolo amarelo; C - matéria orgânica.

Obedecendo ao que fora observado no material genético coletado em setembro, as estacas produzidas durante a coleta do mês de abril iniciaram as brotações apicais de 5 a 7 dias após a submissão dos tratamentos na matriz “A” no tratamento testemunha, destes cinco dias no substrato proveniente de matéria orgânica, e aos sete dias nos substratos de argissolo amarelo e areia, nestes por sua vez, as brotações ocorreram uniformemente, sem distinção acentuada entre tratamentos. O material coletado da matriz “B” foi possível observar o início de brotações a partir do décimo a décimo quinto dia após submetidas aos tratamentos com AIB, tal atividade foi observada em todos os tratamentos.

TRATAMENTOS		MATRIZ A/B		
MO	GEMAS APICAIS	GEMAS LATERAIS	GEMAS APICAIS E LATERAIS	FORMAÇÃO DE FOLÍOLOS E FOLHAS
T0	1/2	-/-	-/-	-/1
T1	1/2	-/-	-/-	-/-
T2	1/1	-/-	-/-	-/1
T3	-/-	1/-	-/-	-/1
T4 (PÓ)	-/-	1/-	-/-	-/-

Tabela 2: Desenvolvimento da parte aérea das estacas de *Swietenia macrophylla*, em substrato de matéria orgânica (MO), coletadas em abril de 2018, em experimento sobre influência de Ácido Indolbutírico na produção de clones de mogno.

TRATAMENTOS		MATRIZ A/B		
ARGISSOLO	GEMAS APICAIS	GEMAS LATERAIS	GEMAS APICAIS E LATERAIS	FORMAÇÃO DE FOLÍOLOS E FOLHAS
T0	2/1	1/-	-/-	-/-
T1	2/1	-/2	-/-	1/1
T2	2/1	-/2	-/1	-/1
T3	2/1	-/1	1/-	1/1
T4 (PÓ)	2/1	2/1	-/-	2/-

Tabela 3: Desenvolvimento da parte aérea das estacas de *Swietenia macrophylla*, em substrato de Argissolo Amarelo, coletadas em abril de 2018, em experimento sobre influência de Ácido Indolbutírico na produção de clones de mogno.

TRATAMENTOS		MATRIZ A/B		
AREIA	GEMAS APICAIS	GEMAS LATERAIS	GEMAS APICAIS E LATERAIS	FORMAÇÃO DE FOLÍOLOS E FOLHAS
T0	2/2	-/-	-/-	-/-
T1	2/1	-/1	-/-	1/-
T2	2/1	1/1	-/-	-/-
T3	2/2	-/-	-/-	-/1
T4 (PÓ)	2/-	1/-	-/-	3/1

Tabela 4: Desenvolvimento da parte aérea das estacas de *Swietenia macrophylla*, em substrato de Areia, coletadas em abril de 2018, em experimento sobre influência de Ácido Indolbutírico na produção de clones de mogno.

Embora não tenham apresentado número expressivo de brotações e desenvolvimento da parte aérea, as estacas provenientes da matriz mais “jovem” (“B”) de modo geral, adaptou-se melhor ao substrato de MO (Tabela 2). As estacas provenientes da matriz “madura” (“A”) adaptaram-se melhor nos substratos de argissolo amarelo e areia, não havendo diferenças entre os tratamentos, como é possível observar nas fotos acima.

Fernandes (2015) realizou o experimento de produção de estacas de *Swietenia macrophylla* e *Handroanthus serratifolius*, diluído a 0, 1.000, 2.000 e 4.000 mg.L⁻¹ em AIB, ao fim de três meses da implantação do experimento, obteve percentual de sobrevivência das estacas de ambas as espécies elevadas, *S. macrophylla* igual a 91,7%; e *H. serratifolius* igual a 92,3%. Miranda e Miranda (2000) não obtiveram resultados promissores ao realizar esse experimento em câmara úmida, a elevada umidade contribuiu para o aparecimento de fungos no experimento, ocasionando a morte das estacas. Em estudo realizado por Vasconcelos (2012) *Khaya senegalensis* A. Juss (mogno africano), a porcentagem de sobrevivência da espécie foi de 100%, não sofrendo influência significativa dos tratamentos de AIB.

Em termos de sazonalidade, apesar do período chuvoso apresentar maior favorecimento à formação da parte aérea, a coleta de estacas realizadas nesse período coincidiu com o período de frutificação (abril) e início de dispersão (final de junho), o que nos leva a supor se os hormônios naturais das matrizes não influenciaram na divisão meristemática das estacas. A literatura descreve que, no estado do Acre, os meses de amadurecimento dos frutos de mogno ocorre de julho a outubro, e que a dispersão ocorre durante o meio e o final da estação seca (CARVALHO, 2007), no ano de 2017/2018 houve um prolongamento das chuvas (caracterizado, normalmente de setembro a março) até meados de junho, o que poderia justificar os eventos fenológicos precoce. Fernandes (2015) realizando uma revisão bibliográfica, afirma com base em diversos autores que:

"A época do ano, em algumas situações, exercem influência sobre o enraizamento. Para espécies de fácil enraizamento, esse fator pode não interferir, mas aquelas de difícil enraizamento, o período de maior enraizamento coincide com a estação de repouso ou com a estação de crescimento (Hartmann et al., 2002). Murayama (1973) recomenda a coleta de estacas durante o período de repouso vegetativo, quando os ramos estariam com maior acúmulo de reserva. Além do nível endógeno de auxina, as estações do ano estão relacionadas com a presença ou ausência de cofatores e inibidores do enraizamento."

Em nenhum dos tratamentos realizados houve a formação de calos e/ou raízes, o que nos leva a supor que tenha sido a causa da morte das estacas com o passar dos dias. A disponibilidade de água é fator essencial no estabelecimento de estacas, Janick (1966) APUD Fernandes (2015) afirmam que ausência de sistema radicular impossibilita a absorção de água mesmo com a contínua perda de água pela transpiração de brotações e folhas, explicando assim, a morte das estacas mesmo após o estabelecimento da parte aérea. Fernandes (2015), oferecendo subsídios para a justificativa do insucesso das estacas implementadas no mês de agosto, afirma que temperaturas muito elevadas, apesar de acelerar o metabolismo das plantas, estimula a perda de água.

4 | CONCLUSÕES

Através das observações realizadas em estacas produzidas de duas matrizes diferentes – jovem e madura – em duas épocas distintas do ano – verão e inverno amazônico – notou-se que as estacas provenientes da matriz madura apresentou melhores resultados de desenvolvimento de parte aérea, além disso, os resultados foram mais notáveis em substratos contendo argissolo amarelo e areia. Apesar dos resultados apontarem para a melhor época de coleta seja durante o período de chuvas, tal época do ano coincidiu com o início da época de frutificação, o que levanta a hipótese se o melhor desenvolvimento das estacas está associado ao balanço hormonal natural da planta do que a época chuvosa.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Acre, pela concessão de bolsa de Iniciação Científica; Ao Senhor Mário Costa pelas matrizes utilizadas em diversos ensaios; e a Núcleo União do Vegetal de Cruzeiro do Sul por permitir coletas o material.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. J. B. de. Ações de restauração de florestas exploradas seletivamente no Sudoeste da Amazônia Brasileira. **Brazilian Journal of Animal and Environment Research**, Curitiba, v. 3, n. 1, p.43-59, jan./mar. 2020 ISSN 2595-573X

CARIELLO, R. V. **Considerações sobre a exploração florestal de impacto reduzido**. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas. Seropédica, 2008.

CARVALHO, P. E. R. Mogno *Swietenia macrophylla*. Circular técnica 140. Colombo, PR. **Embrapa Florestas**. Novembro, 2007, 12 f. ISSN 1517-5278.

COSTA, J. R.; MORAIS, R. R.; CAMPOS, L. DA S. Cultivo e manejo de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2013. 36 p. (**Documentos Embrapa Amazônia Ocidental**, ISSN 1517-3135; 114).

DIAS, P. C.; OLIVEIRA, L. S. de.; XAVIER, A.; WENDLING, I. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.32, n. 72, p. 453-462. 2012.

FERNANDES, A. C. **Propagação vegetativa e estabelecimento in vitro de *Swietenia macrophylla* (King) e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose**. Dissertação. Manaus, [s.n.], 2015, 65 f. : il. Color.

GRAÇA, M. E. C.; TAVARES, F. R.; Propagação vegetativa de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M (org.) Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: Um guia para ações municipais e regionais. Brasília. Colombo, PR. **Embrapa Florestas**, p.175-197. 2000.

GROGAN, J; BARRETO, P; VERÍSSIMO, A. Mogno na Amazônia Brasileira: ecologia e perspectiva de manejo. Belém: **Imazon**, 2002. 40 p. il. Col. ISBN 86212-04-0.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D.E.; DANIES TR, F.T.D. GENEVE, R. L. **Plant propagation: Principles and practices**. Prentice-Hall/Englewood Cliffs, New Jersey. 7 ed. Upper saddle River: Prentice Hall. 2002.

HERRERA, T. I. R. **Efeitos de auxina e boro no enraizamento de estacas caulinares de louro (*Laurus nobilis* L.)**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”. Faculdade de ciências agrônômicas – *Campus* de Botucatu. Botucatu, SP, 2001. Disponível em: < https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/93579/herrera_tir_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LOPES, S. DE C; LAMEIRA, O. A; FORTES, G. R.L; NOGUEIRA, R. C; PINTO J. E. B. P; Enraizamento in vitro de mogno (*Swietenia macrophylla* KING). **Cerne**, v. 7, núm. 1, 2001. p. 124-128, Universidade Federal de Lavras.

MENEZES, A. **Propagação vegetativa de três espécies amazônicas: Pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) e breu (*Protium apiculatum* Swartz)**. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonas/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 83p. 2006.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO ACRE. 2018. Assis Brasil: **MPAC ajuíza ação civil pública para que município adote medidas de proteção ambiental**. Disponível em: <https://www.mpac.mp.br/assis-brasil-mpac-ajuiza-acao-civil-publica-para-que-municipio-adote-medidas-de-protacao-ambiental/>

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. 2019. **4ª Câmara de Coordenação e Revisão - Meio Ambiente e Patrimônio Cultural**. Disponível em : <http://www.mpf.mp.br/pgr/documentos/Recomendaon42019aoMMA.pdf>

OLIVEIRA, L. C. DE. **Efeito da exploração madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação numa área de 136 há na Floresta Nacional Tapajós.** Tese (doutorado). Escola de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2005.

OLIVEIRA, S. S. DE. **Diversidade e estrutura genética de *Swietenia macrophylla* King em floresta manejada na Amazônia Sul-Occidental.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Acre. Programa de pós-graduação em ciência florestal, Rio Branco, AC, 2018. Disponível em <<http://www2.ufac.br/ciflor/egressos/SabrinaSilvadeOliveira.pdf>>.

PEREIRA, M. O. **Resgate vegetativo e propagação via estaquia e miniestaquia de *Toona ciliata* m. ROEM. var. *australis* (f. muell.) Bahadur.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2014. 103 f. : il.

SOUZA, L. K. F. de. **Propagação vegetativa de gabirobeira associada a reguladores vegetais.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Espacial de Ciências Agrárias. Programa de pós-graduação em agronomia – Produção Vegetal, Jataí, GO, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/9336/5/Disserta%20a7%20c3%a3o%20-%20Lasara%20Kamila%20Ferreira%20de%20Souza%20-%202019.pdf>>.

TAVARES, F. R; GRAÇA, M. E. C. Materiais e procedimentos para a produção de mudas por estaquia. In: GALVÃO, A. P. M (org.) Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: Um guia para ações municipais e regionais. Brasília. Colombo, PR. **Embrapa Florestas**, p.175-197. 2000.

VASCONCELOS, R. T. de. **Enraizamento de estacas de *Khaya senegalensis*. Juss. em diferentes concentrações de ácido indolbutírico.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, SP. 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/96868>>.

WALLACE, S. Por dentro da difícil missão de combate à extração ilegal de madeira na Amazônia. **National Geographic**, 3 de setembro de 2019. Disponível em : <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/09/por-dentro-da-dificil-missao-de-combate-extracao-ilegal-de-madeira-na>

WENDLING, I.; FERRARI, M.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de corticeira-domato (*Erythrina falcata* Bentham) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2005. 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 130).

XAVIER, A.; WENDLING I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: Princípios e técnicas.** VIÇOSA: Ed UFV, 2009. 272 p.

BAGAÇO DE MALTE: ALTERNATIVAS DE REAPROVEITAMENTO

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 06/10/2020

Jean Lucas Ribeiro de Farias

UTFPR, Francisco Beltrão - PR
<http://lattes.cnpq.br/8601944286168391>

Jonas Cardoso de Oliveira

UTFPR, Francisco Beltrão - PR
<http://lattes.cnpq.br/4539236994529240>

Kamila Paula Machado Rech

UTFPR, Francisco Beltrão - PR
<http://lattes.cnpq.br/8394817452033737>

Vanessa Zorzan

UTFPR, Francisco Beltrão - PR
<http://lattes.cnpq.br/1980045421958190>

Claudia Eugênia Castro Bravo

UTFPR, Francisco Beltrão - PR
<http://lattes.cnpq.br/7541890428140782>

Ellen Porto Pinto

UTFPR, Francisco Beltrão - PR
<http://lattes.cnpq.br/2701056807446493>

RESUMO: Alta quantidade de resíduos agroindustriais são gerados em processos de fabricação de alimentos diariamente. Estes resíduos possuem determinado valor agregado, podendo ser incorporados à dieta humana. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo concentrar informações sobre o bagaço de malte, subproduto da indústria cervejeira e seus usos alternativos na indústria de alimentos em função

de sua composição nutricional. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o bagaço de malte e sua utilização em diferentes produtos alimentícios. Para isso, foram consultados artigos científicos relativos ao assunto em estudo. Através destes, foi possível observar que o bagaço de malte pode ser incorporado em sua maioria em produtos panificáveis. Sendo uma alternativa para reduzir os impactos ambientais, além de evitar desperdícios.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos agroindustriais, Bagaço de malte, Reaproveitamento.

BREWER'S SPENT GRAINS: REUSE ALTERNATIVES

ABSTRACT: High amounts of agro-industrial waste are generated in food manufacturing processes daily. These residues have a certain added value and can be incorporated into human diet. In this way, the present work aims to concentrate information about brewer's spent grains, a by-product of the brewing industry and its alternative uses in food industry due to its nutritional composition. A bibliographic research was carried out on the brewer's spent grain and its use in different food products. For this, scientific articles were consulted on the subject under study. Through these, it was possible to observe that the brewer's spent grains can be incorporated mostly in bakery products. Being an alternative to reduce environmental impacts, in addition to avoiding waste.

KEYWORDS: Agro-industrial waste, Malt bagasse, Reuses.

1 | INTRODUÇÃO

As indústrias de alimentos são grandes geradoras de resíduos agroindustriais. Em diversos processos da industrialização de alimentos faz parte da produção principal a formação de subprodutos de considerável valor agregado.

As cervejarias estão entre as maiores produtoras de resíduos, devido à alta quantidade de bagaço de malte gerado. Estes resíduos provenientes de indústrias cervejeiras possuem altos teores de proteínas e fibras, as quais têm grande interesse na produção de alimentos destinados à dieta humana. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo concentrar informações sobre o bagaço de malte, subproduto da indústria cervejeira, e seus usos alternativos na indústria de alimentos em função de sua composição nutricional.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

A produção de grãos de cevada no Brasil em 2019 foi superior a 400 mil toneladas e quando comparado com o resultado até o mês de agosto do ano de 2020, tem-se um aumento de 4,5%, ou seja, atingindo 418.430 mil toneladas para a safra desse grão (IBGE, 2020).

Foi observado que a produção de bagaço é 32% a mais do que a quantidade de cevada inicial em uma avaliação realizada em cervejarias, ou seja, a cada 100 kg de matéria prima gera-se cerca de 130 kg de resíduo úmido (BROCHIER, CARVALHO, 2009).

O bagaço de cevada é gerado em grandes quantidades anualmente, sendo um alimento rico em fibras e com quantidades significativas de proteínas, contudo, pouco aproveitado, sendo destinado geralmente para a ração animal. Ele é um produto considerado atraente para fabricação de produtos alimentícios voltados para humanos devido a capacidade de disponibilizar níveis de nutrientes superiores a 60%, além de promover a redução dos impactos ambientais (ASCHERI, 2007; REINOLD, 1997).

De acordo com Reinold (1997), o bagaço tem alto teor nutritivo devido a sua composição nutricional que é de aproximadamente 35% hemicelulose, 20% celulose, 10% lignina, sendo estas fibras alimentares, 22% proteína, 10% gorduras, 3% cinzas, incluindo os monos e diácidos fenólicos e fonte de vitaminas do complexo B.

As fibras são materiais não digestíveis pelo organismo humano, e não tem valor nutritivo, mas fornece a ferramenta necessária para os movimentos peristálticos no intestino (CECCHI, 1999). Cordova et al. (2005), relataram que o consumo de fibra reduz os riscos de doenças, como doenças cardiovasculares e gastrointestinais, câncer de cólon, hiperlipidemias, diabetes, obesidade, etc., atuando na redução de absorção de glicose sérica pós-prandial nas dietas ricas em carboidratos.

Vários estudos têm sido realizados para avaliar o potencial do bagaço de malte como ingrediente na elaboração de diversos tipos de produtos. Ktenioudaki e colaboradores (2012) analisaram o potencial do bagaço de malte como ingrediente funcional em massa assada na forma de palito. Foram preparados palitos empregando 15%, 25% e 35% bagaço de malte e classificados em relação a suas proporções de fibras, proteínas e qualidade de cozimento. O acréscimo de bagaço de malte alterou as características dos palitos por afetar sua estrutura e textura. O produto apresentou alteração na sua estrutura celular e perda de crocância. No entanto, ele tinha uma vida de prateleira estável. A adição de 15% de bagaço de malte mais do que duplicou o teor de fibras nas amostras, em comparação com o padrão que continha trigo no lugar da farinha de bagaço de malte.

Panzarini et al. (2014) ao desenvolverem bolo de mel enriquecido com 7% e 10,5% de farinha de bagaço de malte, obtiveram um alimento com alto teor de fibras por apresentar valor médio de 10g 100g⁻¹ de produto, considerando que o mínimo estabelecido pela legislação é de 6g 100g⁻¹. Estes autores ainda mencionaram que a elaboração de farinha de bagaço de malte com substituição parcial da farinha de trigo nos produtos de panificação tem grande interesse para as indústrias e pesquisadores, tendo em vista sua importância econômica, ambiental e nutricional.

Melo et al. (2016) elaboraram farinha de bagaço de malte e observaram que esta apresentou uma elevada capacidade de absorção de água, sendo uma característica interessante para aplicação em produtos cárneos, bolos e pães, enquanto que a capacidade de absorção de gordura e propriedade emulsificante apresentou resultados baixos, assim não sendo viável sua utilização como substituto desses ingredientes.

Rigo et al. (2017) determinaram a composição centesimal da farinha obtida de bagaço de malte e avaliaram as características físico-químicas e sensoriais de formulações de biscoitos tipo *cookie* elaboradas com substituição parcial da farinha de trigo por farinha obtida de bagaço de malte. Os resultados mostram a possibilidade de utilização desta farinha na elaboração de biscoitos tipo *cookie* ricos em fibras e com características sensoriais aceitáveis.

Casella et al. (2019) caracterizaram as propriedades nutricionais do bagaço de malte e desenvolveram pães caseiros utilizando diferentes concentrações de farinha do mesmo. Os autores concluíram que o resíduo agroindustrial se mostrou interessante para a alimentação humana devido seu alto teor de fibras, além de obterem bons índices de aprovação do produto.

Silva e colaboradores (2019) desenvolveram farinha de bagaço de malte e avaliaram suas características químicas, físicas e microbiológicas. Os autores mencionaram que o reaproveitamento do resíduo cervejeiro na forma de farinha apresenta potencial para ser utilizado na indústria de alimentos, devido seu baixo teor lipídico, alto teor de proteínas e características microbiológicas dentro do padrão estabelecido pela legislação vigente.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através destes estudos percebe-se que é possível aproveitar o bagaço de malte em função do seu teor de proteínas e fibras em diferentes tipos de produtos, sendo estes: massas assadas, bolos, pães, *cookies*, produtos cárneos entre outros. Além de ser uma alternativa para evitar desperdício e diminuir impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

ASCHERI, D. P. R.; BURGER, M. C. M.; MALHEIROS, L. V.; OLIVEIRA, V. N. **Curvas de secagem e caracterização de hidrolisados de bagaço de cevada**. Anais... XLVII Congresso Brasileiro de Química, Natal, 2007.

BROCHIER, M. A.; CARVALHO, S. **Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento**. Ciência Agrotécnica, v.33, n.5, p.1392-1399, 2009.

CASELLA, G. S.; VILELA, T. S. L.; SANTOS, M. T. M.; SOUZA, E. E. de; MEDEIROS, I. M.; TARABAL, P. R.; SANTOS, L. V. de S.; PEDROSO, F. P. **Reaproveitamento do bagaço de malte na indústria alimentícia**. Revista Latino Americana de cerveja, 2ed., p. 124-141, 2019.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: UNICAMP, 212 p., 1999.

CÓRDOVA, K. R. V., GAMA, T. M. T. B., WINTER, C. M. G., NETO, G. K., DE FREITAS, R. J. S. **Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis Flavicarpa Degener*) obtida por secagem**. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, v. 23, n. 2, p. 221-230, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - LSPA**: Produção, por período da safra e produto (toneladas), Brasil - Agosto (2020). Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2020.

KTENIOUDAKI, A.; CHAURIN, V.; REIS, S.; GALLAGHER, E. **Brewer's spent grain as a functional ingredient for breadsticks**. International Journal of Food Science and Technology, v. 47, n. 8, p. 1765–1771, 2012.

MELO, A. A.; MANFIO, M.; ROSA, C. S. **Composição e propriedades tecnológicas da farinha do resíduo da fermentação da cerveja**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.18, n.1, p. 91-95, 2016.

PANZARINI, N. H.; RABBERS, A.; TRINDADE, J. L. F. da; MATOS, E. A. S. A. de; CANTERI, M. H. G.; BITTENCOURT, J. V. M. **Elaboração de Bolo de Mel Enriquecido com Fibras do Bagaço da Indústria Cervejeira**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v. 8, n. 1, p. 1154-1164, 2014.

REINOLD, M. R. 1997. **Manual Prático de Cervejaria**. São Paulo: Aden, 103 p., 1997.

RIGO, M.; BEZERRA, J. R. M. V.; RODRIGUES, D. D.; TEIXEIRA, A. M. **Avaliação físico-química e sensorial de biscoitos tipo cookie adicionados de farinha de bagaço de malte como fonte de fibra**. Ambiência. v. 13, n. 1, p. 47-57, 2017.

SILVA, L. da C.; SILVA, M. de O.; ALMEIDA, F. L. C.; PAIXÃO, R. N. da; FREIRE, K. R. de L. DANTAS, C. de O. **Elaboração e caracterização da farinha do bagaço de malte**. Anais... V Encontro Nacional da Agroindústria, p. 3-15, 2019. Campinas, Galoá, 2019.

COLORIMETRIA E ABSORBÂNCIA DE FIBRAS DE TiO_2 OU DE TiO_2 CONTENDO PERCURSORES DE TUNGSTÊNIO APLICANDO O SISTEMA $\text{CIE}L^*a^*b^*$

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Luana Góes Soares da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Departamento de Engenharia de Materiais
Porto Alegre – RS

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4227220Y>

Annelise Kopp Alves

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Departamento de Engenharia de Materiais
Porto Alegre – RS

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4762707Y3>

RESUMO: A visão colorida do espectro visível depende da iluminação, fenômeno explicado por Isaac Newton, através da decomposição da luz nas cores do arco-íris. A percepção visual está ligada a existência de um “trinômio”, conhecido como observador, objeto e a fonte de luz. Materiais cerâmicos que absorvem no espectro visível, resultam numa mudança perceptível de cor que, são chamados “centros de cores”. Exemplos como: Al_2O_3 , TiO_2 e WO_3 , manifestam uma variedade de cores, resultantes das transições eletrônicas que ocorrem na rede cristalina destes materiais. A luz é composta por ondas eletromagnéticas em que cada comprimento de onda corresponde a uma cor distinta. Quando o feixe luminoso reflete sobre a superfície de um material, esse material absorve parte desta luz e reflete o restante. Os olhos humanos são

capazes de perceber aproximadamente 10.000 cores diferentes, em comprimentos de onda que variam entre 380 a 700 nanômetros (nm). Neste trabalho, a percepção visual das diferentes cores foi avaliada, quando da mistura de percursoros de tungstênio com o TiO_2 . As fibras de TiO_2 , TiO_2/WO_3 e de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ foram obtidas por *electrospinning* e, caracterizadas por difração de raios X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e testes colorimétricos. Os resultados apontam que as propriedades ópticas foram influenciadas pela temperatura de calcinação que intensificaram a absorção de luz por estas fibras.

PALAVRAS-CHAVE: *Electrospinning*, Sistema $\text{CIE}L^*a^*b^*$, Centros de Cor, Propriedades Ópticas.

COLORIMETRY AND ABSORBANCE OF TiO_2 OR TiO_2 FIBERS CONTAINING TUNGSTEN PERCURSORS APPLYING THE $\text{CIE}L^*a^*b^*$ SYSTEM

ABSTRACT: The colored view of the visible spectrum depends on illumination, a phenomenon explained by Isaac Newton, through the decomposition of light into the colors of the rainbow. Visual perception is linked to the existence of a “trinomial”, known as an observer, object and light source. Ceramic materials that absorb in the visible spectrum, result in a noticeable change in color, which are called “color centers”. Examples such as: Al_2O_3 , TiO_2 and WO_3 , manifest a variety of colors, resulting from the electronic transitions that occur in the crystalline network of these materials. Light is composed of electromagnetic waves in which each wavelength corresponds to a different color. When the light

beam reflects on the surface of a material, that material absorbs part of this light and reflects the rest. Human eyes are capable of perceiving approximately 10,000 different colors, at wavelengths ranging from 380 to 700 nanometers (nm). In this work, the visual perception of the different colors was evaluated when mixing tungsten precursors with TiO_2 . The fibers of TiO_2 , TiO_2/WO_3 and $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ were obtained by *electrospinning* and, characterized by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and colorimetric tests. The results show that the optical properties were influenced by the calcination temperature, which intensified the absorption of light by these fibers.

KEYWORDS: *Electrospinning*, CIELa*b* System, Color Centers, Optical Properties.

1 | INTRODUÇÃO

Foi no século XVII que a decomposição da luz nas cores do arco-íris foi descrita pela primeira vez por Isaac Newton. O fenômeno foi explicado através de um experimento que analisou a decomposição da luz por um prisma. O espalhamento das cores obtidas com este experimento ficou conhecido como espectro, e se estende numa faixa que vai desde a radiação vermelha até a radiação violeta (LOPES, 2009).

A cor é determinada pela disposição espectral de radiação emitida, transmitida ou refletida. A composição da luz é observada através do efeito da cor no objeto, por comprimentos de onda e pela maneira que o objeto altera a luz que irradia sobre ele. Essas alterações podem ser demonstradas por curvas de absorvância, transmitância ou de reflectância espectral (LOPES, 2009). É uma informação visual, gerada por um estímulo que é percebido pelo nosso olho e interpretado pelo nosso cérebro (BERTOLINI, 2010). Para que os olhos sejam capazes de perceber uma cor é fundamental presença de raios de luz. Os raios de luz refletidos nos olhos percorrem um longo trajeto até chegar na retina. Lá se localizam numa região central da retina chamada fóvea. O olho humano possui dois tipos de células que são responsáveis por nos fazer enxergar: os cones e os bastonetes. Os bastonetes são células que necessitam de pouca luz para serem sensibilizadas. Entretanto não conseguem formar imagens coloridas ou nítidas. É por isso que a noite ou em locais escuro é muito difícil se distinguir a cor. Já os cones são sensibilizados com uma grande quantidade de luz e geram imagens nítidas e coloridas (TIANO, 2009). Existem 3 tipos de cones: os azuis, os vermelhos, e os verdes. O cone azul é ativado em comprimentos de onda curtos, o cone verde é ativado em comprimentos de onda médio e o cone vermelho é ativado em comprimentos de onda longos. Assim, as cores supracitadas são os três tipos de coloração que os nossos olhos captam. Todas as outras cores que vemos são formadas a partir destas 3 cores (TIANO, 2009).

Dentro deste contexto, é impossível falar de colorimetria, sem mencionar a importância dos defeitos pontuais e dos solutos na determinação da cor dos materiais cerâmicos (KINGERY et al 1997). Materiais que absorvem o brilho no espectro visível, resultando em uma mudança perceptível na cor, geralmente são chamados de “centros

de cores” (KINGERY et al., 1997). Alguns exemplo interessantes de colorimetria, incluem as impurezas de Al_2O_3 que apresentam várias cores (rubis, safiras azuis, entre outras) e o semicondutor TiO_2 que conforme a temperatura de tratamento térmico ao qual é submetido apresenta um tipo de estrutura cristalina (anatase, brookita e rutilo) e coloração (preto, marrom-avermelhado, azul, entre outras) (CALLISTER, 2002). Essas diferenças de cores apresentadas por um mesmo material são baseadas: na formação de defeitos pontuais (vacâncias de oxigênio) e cristais individuais de coríndon, na temperatura de tratamento térmico ao qual o material é submetido, que por sua vez influenciará na desordem gerada na estrutura cristalina formada bem como na sua orientação cristalográfica, levando a manifestação de muitas propriedades elétricas, ópticas e químicas (KINGERY et al., 1997).

Sendo assim, como a percepção visual colorida é particular e no espectro visível depende da iluminação (VON BEZOLD, 1873), neste trabalho se avaliou como os olhos percebem as variações entre as diferentes cores em fibras de TiO_2 e de TiO_2 contendo precursores de tungstênio (H_2WO_4 e $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$) quando irradiadas por luz UVA-vis. Neste trabalho não foram considerados casos de daltonismo ou discromatopsia, protanopsia, deuteranopsia, tritanopsia e acromatopsia (TIANO, 2009). Os resultados se basearam na capacidade de olhos “normais” (sem anomalias) diferenciar as cores nas amostras.

2 I METODOLOGIA

2.1 Reagentes químicos

As fibras de TiO_2 , TiO_2/WO_3 e $TiO_2/Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ foram obtidas por *electrospinning*, através da preparação de soluções contendo os seguintes precursores: propóxido de titânio (Sigma-Aldrich), ácido acético glacial (Neon), polivinilpirrolidona (Sigma-Aldrich), álcool etílico anidro (Zeppelin) que foi usado como o solvente, ácido túngstico (Sigma-Aldrich) para obter os compostos (TiO_2/WO_3), di-hidrato de tungstato de sódio (Dynamics), peróxido de hidrogênio (Sigma-Aldrich) e o padrão TiO_2 -P25 (pó comercial Evonik).

2.2 Electrospinning

As fibras foram obtidas através do preparo de 3 soluções precursoras. A solução precursora de TiO_2 foi obtida através da mistura de 2,5 mL de propóxido de titânio (TIP), 2,0 mL de ácido acético glacial e 5,0 mL de uma solução alcoólica contendo 10% em peso de polivinilpirrolidona (PVP). A solução precursora de TiO_2/WO_3 foi preparada misturando os reagentes acima mencionados mais 0,10 g de H_2WO_4 . A solução precursora de $TiO_2/Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ foi preparada misturando os reagentes acima mencionados mais 0,10 g de $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$. Em seguida, uma seringa de plástico foi carregada com 5 mL da solução precursora que foi ligada a uma agulha de alimentação de aço inoxidável hipodérmica por uma fonte de alta tensão. A distância entre o tubo capilar e o coletor cilíndrico foi de 12 cm,

a tensão foi de 13,5 kV com um fluxo de 1,8 mL /h. O coletor cilíndrico foi recoberto com uma folha de alumínio para coletar as fibras produzidas a cada 30 minutos por um período de 4 horas. As fibras foram tratadas termicamente em forno elétrico (SANCHIS) a 650, 700, 750 ou 800 °C com patamar de 1 h e taxa de aquecimento de 1,4 C/min.

2.3 Caracterização

Utilizou-se um difratômetro PHILIPS com radiação $\text{CuK}\alpha$, com tensão de 40 kV e 40 mA, equipado com o software X'PERT HighScore, para identificar as fases presentes nas fibras. Um microscópio eletrônico de varredura (MEV, JEOL 6060) equipado com EDS (espectroscopia de energia dispersiva), usado para avaliar a morfologia das fibras e identificar a presença de átomos de Na, W, Ti e O nas amostras, dependendo da composição das fibras. A correlação de Kubelka e Munk foi utilizada para fornecer os valores da energia de *band gap* das amostras. O equipamento utilizado foi um espectrofotômetro de feixe duplo UV-Vis- NIR (Cary 5000), com uma esfera integradora no modo de reflexão difusa de luz. A colorimetria foi determinada por um colorímetro, modelo Colorium 2 equipado com o *software i7*. O equipamento possui geometria óptica de $45^\circ/0^\circ$, uma esfera integradora de $d/8^\circ$, com uma área de medição de 13 mm. O iluminante utilizado foi D65, que corresponde a faixa espectral da luz do dia, e o observador utilizado foi o que corresponde a um campo de visão de 10° para visualizar o objeto. O equipamento registra as informações para definir o índice de cor com base no sistema CIE- La^*b^* . Neste sistema, a cor é determinada conforme os valores positivos ou negativos das coordenadas a^* (vermelho e verde) e b^* (amarelo e azul). O L^* define a luminosidade variando entre 0 a 100%.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fibras apresentaram-se amorfas antes do tratamento térmico para todas as formulações. As fibras de TiO_2 (Figura 1a) tratadas até a temperatura de 700 °C apresentaram a presença majoritária da fase cristalina anatase (JCPDS 010782486) com o primeiro pico característico em aproximadamente $2\Theta = 25,271^\circ$ (PLESKOVA, 2016; CAMPOS et al., 2017). As fibras tratadas a partir de 750 °C formaram, além da fase anatase, a fase rutilo (JCPDS 01-077-0442), com o primeiro pico característico em aproximadamente $2\Theta = 27,294^\circ$, resultado da ocorrência de uma transição da fase anatase para a fase rutilo, após o aumento da temperatura de calcinação. A literatura relata que esta transição de fases do TiO_2 ocorre a partir de tratamento térmico entre 350 e 1175 °C, que pode variar dependendo do método de síntese utilizado para a obtenção das amostras (SANGEETA, 2014; THOMAZINI, 2015). Nas fibras de TiO_2/WO_3 tratadas até 650 °C foram identificadas as fases anatase (JCPDS 01-078-2486) e brookita (JCPDS 01-075-1582) para TiO_2 com picos característicos em aproximadamente $2\theta = 25,271^\circ$ e $25,425^\circ$, respectivamente. Para WO_3 a fase monoclinica (JCPDS 00-032-1393) apareceu em todas as temperaturas de tratamento térmico, com o primeiro pico característico a aproximadamente $2\Theta = 23^\circ$. As

fibras tratadas a 700 °C apresentaram a fase rutilo (JCPDS 01-077-0442), esta última com o primeiro pico característico a $2\theta = 27,294^\circ$ para TiO_2 além das fases anatase e brookita. As fibras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tratadas à temperatura de 700 °C (Figura 1c) apresentaram a fase monoclinica para WO_3 (JCPDS 00-032-1393), a fase anatase (JCPDS 01-078-2486) e brookita (JCPDS 01-075-1582) para o TiO_2 . Para as fibras calcinadas a 750 °C foram identificadas as fases anatase e brookita para TiO_2 e tetragonal (JCPDS 00-002-0414) para WO_3 , com o primeiro pico a $2\theta = 37,604^\circ$. As fibras calcinadas a 800 °C apresentaram as fases anatase, brookita e rutilo (JCPDS 01-077-0442) para o TiO_2 e predominância da fase tetragonal para o WO_3 . O grupo $\text{Na}(\text{OH})$ apresentou a fase ortorrômbica (JCPDS 00-035-1009), identificada em todas as fibras contendo $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, tratadas entre 650 °C e 800 °C, com o primeiro pico em aproximadamente $2\theta = 16^\circ$.

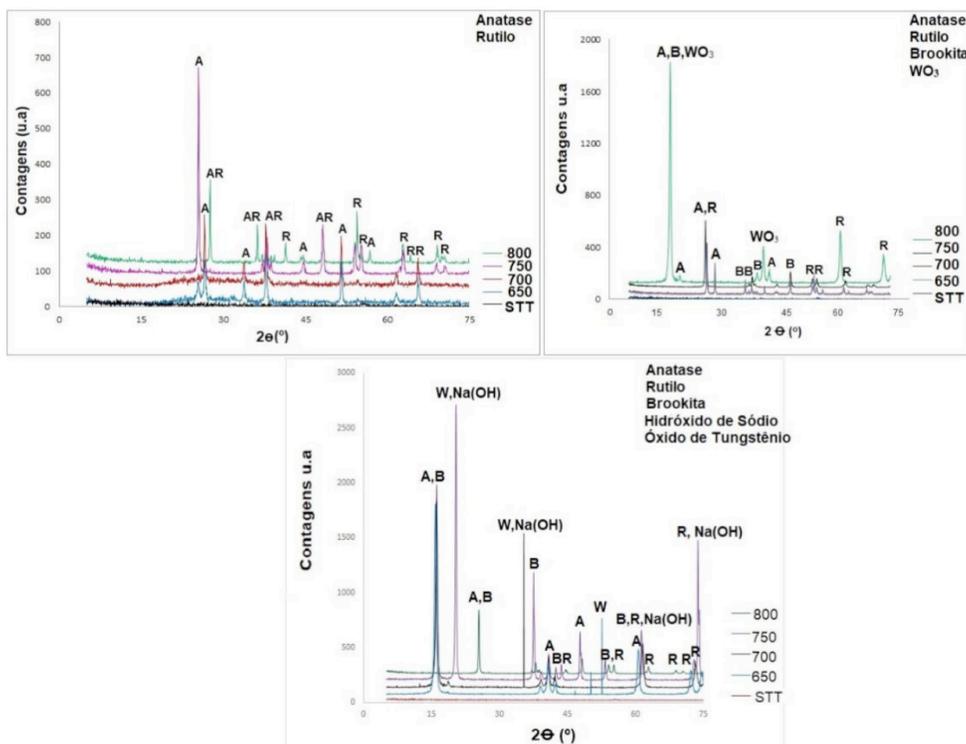


Figura 1. Difratoograma de raios X das fibras de (a) TiO_2 , (b) TiO_2/WO_3 e (c) $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sintetizadas por *electrospinning*.

A Figura 2a-c mostra as imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) da superfície das amostras de TiO_2 , TiO_2/WO_3 e $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Em geral, as fibras de TiO_2 (Figura 2a) parecem não possuírem uma orientação preferencial, apresentando uma

microestrutura alongada e contínua. Essas observações também foram relatadas por (SHIM *et al.*, 2009; NGUYEN *et al.*, 2011) quando obtiveram fibras cerâmicas pelo processo de *electrospinning*. As fibras de TiO_2/WO_3 (Figura 2b) apresentam-se em forma de bastonete, provavelmente devido a presença da fase rutilo (NGUYEN *et al.*, 2011). Há relatos na literatura de que o TiO_2 nesta fase cristalina é capaz de formar grandes nanocristais em forma de bastonetes (NGUYEN *et al.*, 2011). As fibras aparentam possuir em sua estrutura vários grãos, com tamanhos maiores que os observados para as fibras de TiO_2 . A presença de WO_3 foi identificada por espectroscopia de energia dispersiva (EDS). Observando-se as amostras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Figura 2c) nota-se um aglomerado de fibras alongadas. A presença deste aglomerado de fibras pode estar associada ao fato de que as fibras são compostas por $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (GARCIA, 2016; PIKUDA, et al., 2017). A espectroscopia de energia dispersiva (EDS) indicou a existência de átomos de Na, W, Ti e O em todas as amostras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, proveniente do precursor ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) utilizados na síntese dessas fibras.

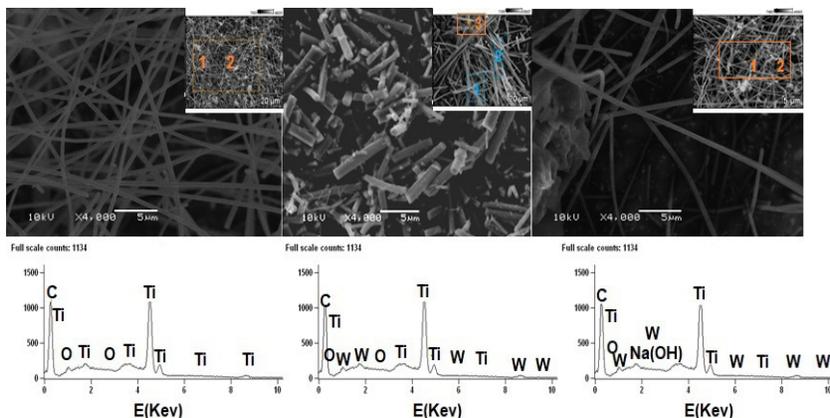


Figura 2. Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) da superfície das amostras de (a) TiO_2 , (b) TiO_2/WO_3 e (c) $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

A Figura 3 a-c são fotografias das fibras de TiO_2 , TiO_2/WO_3 e de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ após a síntese por *electrospinning*. Pelas imagens é possível perceber que todas as fibras sintetizadas apresentaram a coloração branca. Como não houve variação na cor apresentada pelas fibras, para fins de explanação foi escolhida uma amostra de cada precursor de TiO_2 , TiO_2/WO_3 e de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tratada termicamente a 800°C .

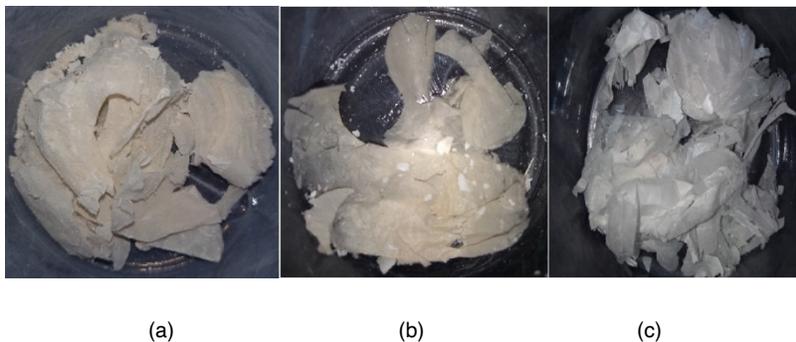


Figura 3. Fotografia das fibras de (a) TiO_2 , (b) TiO_2/WO_3 e de (c) $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sintetizadas por *electrospinning* tratadas termicamente a 800°C , antes do teste colorimétrico.

A Figura 4a-c mostra a coloração das soluções de TiO_2 , TiO_2/WO_3 e de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ antes da síntese das fibras por *electrospinning*. A solução de TiO_2 é amarelo-claro. A solução de TiO_2/WO_3 é amarelo. A solução de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ é transparente.

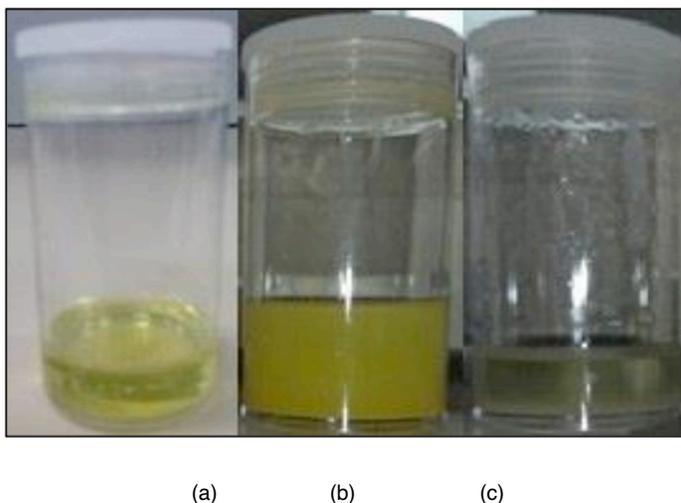


Figura 4. Cores transmitidas pelas soluções de (a) TiO_2 , (b) TiO_2/WO_3 e de (c) $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

A solução de TiO_2 é amarelo-claro (Figura 4a) e absorve preferencialmente o azul do espectro da luz branca. Sendo a cor transmitida a complementar ao azul, o amarelo (Figura 5a). A solução de TiO_2/WO_3 é amarelo (Figura 4b) e absorve preferencialmente a cor azul do espectro da luz branca. Sendo a cor transmitida a complementar ao azul, o amarelo (Figura 5b). A solução de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Figura 4c) é transparente. No caso de um material transparente, a cor do filtro é a cor vista quando a luz é refletida ou transmitida

por ele. Todas as cores não vistas no filtro ou que não passam por ele são absorvidas. O colorímetro possui três filtros, de cores: azul, verde e vermelho. Com base nisto, a cor absorvida pelas fibras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ foi o azul, transmitindo a cor complementar a esta, o amarelo (Figura 5c).

A diferença na tonalidade de amarelo observada na cor transmitida pelas fibras de TiO_2 e de TiO_2/WO_3 estão associadas com a matiz, saturação e brilho. Por exemplo as fibras de TiO_2/WO_3 transmitiram a cor amarelo-esverdeado, possuem as cores amarelo e verde. O amarelo é a cor pura sem a presença do branco ou do preto. A tonalidade verde surge através da presença de uma porção do branco no amarelo. Sendo o amarelo-esverdeado uma matiz do amarelo (THOMAZINI, 2015). O brilho se refere a quantidade de luz percebida, ou seja, representa o claro ou escuro. Conforme se agrega preto a uma cor, tal obscuridade é intensificada. E a claridade ocorre conforme se agrega branco a uma cor, intensificando a claridade da mesma (THOMAZINI, 2015).

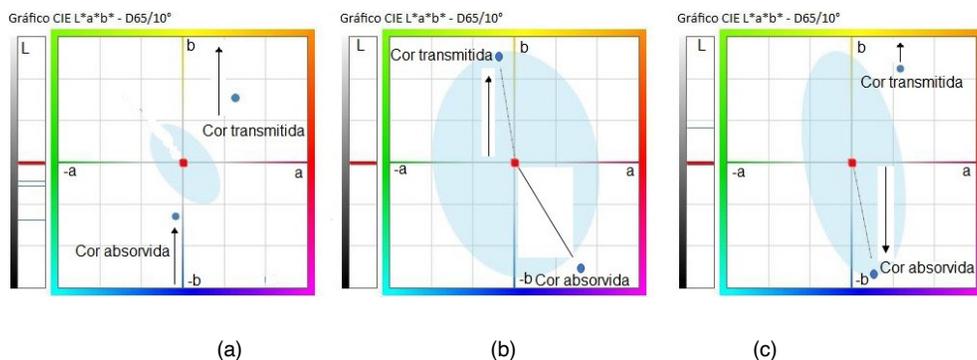


Figura 5. Gráficos CIE $L^*a^*b^*$ das fibras de (a) TiO_2 , (b) TiO_2/WO_3 e de (c) $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Em análises colorimétricas o máximo de absorbância ocorre na região da coloração complementar. Os resultados foram obtidos com o auxílio do *software i7* que registra várias informações para cada análise, sendo as mais úteis para definir a região de máxima absorbância, as do sistema Cie-La*b*. As fibras de TiO_2 tiveram máxima absorbância de luz na região da cor azul-escuro influência dos valores positivos de a^* (cor vermelho) e negativos de b^* (cor azul). Já se esperava este resultado, pois a cor da solução de TiO_2 é amarelo-claro (Figura 4a), que é a cor complementar ao azul (Figura 5a). Já as fibras de TiO_2/WO_3 tiveram máxima absorbância de luz na região da cor azul-claro, influência dos valores negativos de a^* (cor verde) e negativos de b^* (cor azul). Já se esperava este resultado, pois a solução de TiO_2/WO_3 é amarela (Figura 4b), que é a cor complementar ao azul. E por fim, as fibras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tiveram máxima transmitância de luz na região da cor amarelo-alaranjado, influência dos valores positivos de a^* (cor vermelho) e b^* (cor amarelo). Este resultado já era esperado pois, a solução de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Figura

4c) é transparente. No caso de um material transparente todas as cores não vistas no filtro ou que não passam por ele são absorvidas. Com base nisto, a cor absorvida pelas fibras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ foi o azul, que é a cor complementar ao amarelo.

A capacidade dos olhos humanos para diferenciar as alterações de cor entre as fibras foi determinada através dos valores obtidos pela associação da L^* (luminosidade Tabela 2), ΔE (diferença de cor Tabela 2) e a (Norma DIN 6174, 1979, Tabela 1).

A capacidade dos olhos humanos para diferenciar as alterações de cor entre as fibras foi determinada através dos valores obtidos pela associação da L^* (luminescência Tabela 2), ΔE (diferença de cor Tabela 2) e a (Norma DIN 6174, 1979, Tabela 1).

Diferença de cor (ΔE^*ab)	Classificação
0,0 – 0,2	Imperceptível
0,2 – 0,5	Muito pequena
0,5 – 1,5	Pequena
1,5 – 3,0	Distinguível
3,0 – 6,0	Facilmente distinguível
Maior que 6,0	Muito grande

Tabela 1. Norma DIN 6174.

A Tabela 2 apresenta os valores de luminosidade (L^*), ou seja, a cor percebida pelos olhos, durante o período de irradiação sobre as fibras de TiO_2 , TiO_2/WO_3 e de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Os olhos perceberam cores escuras para as fibras de TiO_2 e de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ devido ao valor de $L < 50$ e cores claras para as fibras de TiO_2/WO_3 , devido ao valor de $L > 50$. Esta informação visual gerada e percebida pelos olhos apresentou-se distinguível para as fibras de TiO_2 e facilmente distinguível para as fibras de TiO_2/WO_3 e de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Estes resultados se basearam nos valores da diferença de cor (ΔE) apresentados na Tabela 2. Os olhos humanos não conseguem distinguir diferenças de cor menores de $\Delta E = 1$.

Amostras	%L (Luminosidade)	Diferença de cor (ΔE)	Percepção dos olhos
Fibras de TiO_2	32,15	2,32	Distinguível
Fibras de TiO_2/WO_3	83,24	3,53	Facilmente Distinguível
Fibras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	42,24	3,79	Facilmente Distinguível

Tabela 2. Valores de luminescência, diferenças de cor e capacidade de percepção da cor pelo olho humano.

Os valores da *band gap* das fibras de TiO_2 , TiO_2/WO_3 e de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ são apresentados na Tabela 3. Estes valores são importantes pois, a distinção entre óxidos semicondutores ou isoladores é realizada com base na ocupação das bandas de energia. A Tabela 3 mostra uma redução no *band gap* das fibras conforme aumenta a temperatura de calcinação. Este aumento na temperatura favorece: as propriedades ópticas do material, os efeitos de superfície sobre a distribuição de níveis eletrônicos e também permite que as fibras de TiO_2/WO_3 e de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tenham uma inibição da recombinação das cargas do par elétron/lacuna permitindo a transferência de cargas entre os dois óxidos (TiO_2 e WO_3), aumentando a capacidade de absorção de luz (SOARES, 2018). Em semicondutores intrínsecos, como no caso das fibras sintetizadas neste trabalho, a energia de *band gap* (E_g) é caracterizada por uma banda de valência completamente preenchida e uma banda de condução completamente vazia. É através da excitação térmica ou óptica dos elétrons que ocorre a formação do *gap* de energia na banda de valência, e os elétrons são promovidos para a banda de condução. Com o aumento da temperatura têm-se a redução de *band gap* das fibras além da geração de desordem na estrutura eletrônica das mesmas, favorecendo as suas propriedades ópticas (KINGERY et al., 1997).

Amostras	Valores de <i>band gap</i> (eV)
Fibras de TiO_2 -650°C	3,24
Fibras de TiO_2 -700°C	2,93
Fibras de TiO_2 -750°C	2,85
Fibras de TiO_2 -800°C	2,82
Fibras de TiO_2/WO_3 ,650°C	2,58
Fibras de TiO_2/WO_3 ,700°C	2,57
Fibras de TiO_2/WO_3 ,750°C	2,56
Fibras de TiO_2/WO_3 ,800°C	2,54
Fibras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -650°C	2,52
Fibras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -700°C	2,32
Fibras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -750°C	2,27
Fibras de $\text{TiO}_2/\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -800°C	2,24
Pò comercial TiO_2 Evonik	3,2

Tabela 3. Valores da *band gap* das fibras sintetizadas por *electrospinning*.

4 | CONCLUSÕES

A visão colorida do espectro visível depende da iluminação, que define que ao aproximar-se do nascer do sol nossos cones ainda não estão totalmente ativados, então nossa visão de cores limita-se ao azul verde e amarelo. Com mais iluminação temos o

acionamento total da fôvea e todo o espectro pode ser visto. O aumento da temperatura de calcinação provocou uma desordem na estrutura eletrônica das amostras que diminuiu o *band gap* das fibras e favoreceu muitas de suas propriedades ópticas. E isto pode ser observado nas fibras sintetizadas, pois conforme aumentou a temperatura de tratamento térmico aos quais as fibras foram submetidas, ocorre uma redução nos valores de *band gap* das amostras. Isto é, o aumento da excitação térmica através da elevação da temperatura promoveu os elétrons da banda de valência para a banda de condução. As propriedades ópticas foram influenciadas pela temperatura de calcinação que provocou uma desordem na estrutura eletrônica das fibras, intensificando a absorção de luz pelas mesmas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), do CNPq e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- BERTOLINI, C. **Sistema para medição de cores utilizando espectrofotômetro**, estado de Santa Catarina, Brasil, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Centro de Ciências Exatas e Naturais Curso de Ciência da Computação – Bacharelado) - FURB, Universidade Regional de Blumenau, 2010.
- GARCIA, A. P. **Síntese e caracterização de nanoestruturas de TiO₂ de alta eficiência fotocatalítica obtidas pelo método dos peróxidos oxidantes combinado com tratamento solvotermal assistido por micro-ondas**, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia - Ciência e Tecnologia dos Materiais) - UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- CALLISTER, J. W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- CAMPOS, F. A.; AGUIAR, A. C. R.; ANDRADE, R. D A.; MEDEIROS, V. S.; BRANQUINHO, A. C.; SILVA, F. C. B.; CHAVES, A. R. **Degradação fotocatalítica de atrazina na presença de catalisadores nanoparticulados**. Química Nova, v.40, p. 36-41, 2017.
- LOPES, L. C. **Controle metrológico da cor aplicado à estamperia digital de materiais têxteis**, estado do Rio de Janeiro, Brasil. 2009. Dissertação (Mestrado em Metrologia para a Qualidade e Inovação) – PUCRJ, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.
- MING CHIANG, Y., DUNBAR BIRNIEIII, P., DAVID KINGERY, W. **Physical ceramics: principles for ceramic Science and engineering**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- NGUYEN, T. A.; JUN, T. S.; RASHID, M.; KIM, Y. S. **Synthesis of mesoporous tungsten oxide nanofibers using the electrospinning method**. Materials Letters, v. 65, p. 2823–2825, 2011.

PIKUDA, O.; GARLISI, C.; SCANDURA, G.; PALMISANO, G. **Micro-mesoporous N-doped brookite-rutile TiO₂ as efficient catalysts for water remediation under UV-free visible LED radiation.** Journal of Catalysis, v. 346, p. 109–116, 2017.

PLESKOVA, S. N.; GOLUBEVA, I. S.; VEREVKIN, Y. K. **Bactericidal activity of titanium dioxide ultraviolet-induced films.** Materials Science and Engineering, v. 59, p. 807–817, 2016.

SANGEETA, A.; DEBASISH, S. **High efficient electrochromic WO₃ nanofibers.** Electrochimica Acta, v. 138, p. 115–123, 2014.

SHIM, H. S.; KIM, W. J.; SUNG, Y. E.; KIM, W. B. **Electrochromic properties of tungsten oxide nanowires fabricated by electrospinning method.** Solar Energy Materials and Solar Cells, v. 93, p. 2062-2068, 2009.

SOARES, L. G.; ALVES, A. K. **Analysis of colorimetry using the CIE-L*a*b* system and the photocatalytic activity of photochromic films.** Journal Materials Research, v. 105, p. 318-321, 2018.

THOMAZINI, E. F. **Síntese e caracterização de óxidos termocrômicos para aplicação em dispositivos optoeletrônicos**, estado do Paraná, Brasil. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia de Materiais-Departamento Acadêmico de Engenharia de Materiais) – UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

TIANO, P. C. M. **Cor e colorimetria: minicursos CRQ-IV**, estado de São Paulo, Brasil. 2009.

VON BEZOLD, J. F. W. **Ueber das gesetz der farbenmischung und die physiologischen grundfarben.** Annalen der Physik, v. 226, p. 221-247, 1873.

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM COULOMBOSCÓPIO DE BAIXO CUSTO

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 07/12/2020

José Antônio Pinto

UNIFAL – ICEX/DF/MNPEF.
Alfenas, MG

<http://lattes.cnpq.br/5029776629891861>

Luciano Soares Pedroso

UFVJM – PPGECMaT.
Diamantina, MG

UNIFAL - ICEX/DF/MNPEF
Alfenas, MG

<http://lattes.cnpq.br/3024109786605674>

Maria Lúcia Soares Pedroso

EEPMLN.
Jacuí, MG

<http://lattes.cnpq.br/6155321974617959>

Giovanni Armando da Costa

UNIFAL – MNPEF.
Alfenas, MG

<http://lattes.cnpq.br/4700950367901346>

Guilherme Almeida de Souza Pereira

MNPEF.
Alfenas, MG

<http://lattes.cnpq.br/1744586599200938>

RESUMO: Este artigo propõe a construção e a validação de um instrumento eletrônico denominado Coulomboscópio de Baixo Custo (CBC), aliando a simplicidade e o baixo custo, o que o torna mais simples e barato do que aqueles que se encontram no mercado. A construção do

CBC passa pelo uso de um transistor de efeito de campo (MOSFET), LED, resistor e bateria de 9,0V, com conexões simples e elementares o que o caracteriza como instrumento de medida de baixo custo. A validação do CBC ocorreu através da comparação entre os resultados da Série Triboelétrica e os experimentos realizados em um ambiente climatizado, comprovando sua efetividade como instrumento de coleta de dados relacionados a conceitos de eletricidade estática. O uso do CBC tende a facilitar a difusão e o acesso a este tipo de instrumento de medidas entre professores do ensino médio e instituições de ensino, sendo ideal para constituir um laboratório de ciências.

PALAVRAS-CHAVE: Coulomboscópio, experimento de baixo custo, eletrostática, série triboelétrica.

CONSTRUCTION AND VALIDATION OF A LOW COST COULOMBOSCOPE

ABSTRACT: This article proposes the construction and validation of an electronic instrument called Low Cost Coulomboscope (CBC), combining simplicity and low cost, which makes it simpler and cheaper than those found on the market. The construction of the CBC involves the use of a field effect transistor (MOSFET), LED, resistor and 9.0V battery, with simple and elementary connections, which characterizes it as a low-cost measuring instrument. The validation of the CBC occurred through the comparison between the results of the Triboelectric Series and the experiments carried out in a climate-controlled environment, proving its effectiveness

as an instrument for collecting data related to static electricity concepts. The use of CBC tends to facilitate the dissemination and access to this type of measurement instrument among high school teachers and educational institutions, being ideal to establish a science laboratory.

KEYWORDS: Coulomboscope, low cost experiment, electrostatic, triboelectric series.

1 | INTRODUÇÃO

Este trabalho propõe a construção e validação de um instrumento eletrônico denominado Coulomboscópio, aliando a simplicidade e o baixo custo, o que o torna mais simples e barato do que aqueles que se encontram no mercado. A sua construção tende a facilitar a difusão e o acesso a este tipo de instrumento de medida entre professores do ensino médio e instituições de ensino, sendo ideal para ser usado em aulas de Física, Química e Ciências.

Muitos são os relatos de pessoas que recebem um choque ao sair do carro e encostar na lataria, ou quando estão chegando em casa e pegam num portão de metal. Isso ocorre porque estes corpos estão eletrizados e parte das cargas elétricas é transferida para o corpo da pessoa ou até mesmo do corpo da pessoa para a maçaneta de metal da porta.

Essa corrente elétrica é um fenômeno que pode levar um ser humano à morte. Quando se estabelece uma diferença de potencial entre dois pontos do corpo humano, flui uma corrente elétrica entre esses pontos e a intensidade dessa corrente depende da diferença de potencial e da resistência elétrica entre os pontos sobre o qual se aplica a voltagem, por exemplo: a resistência elétrica entre as orelhas é aproximadamente igual a 100Ω . A sensação de choque elétrico surge com correntes elétricas de intensidades superiores a 1 mA. Com correntes superiores a 10 mA os músculos se contraem, o que dificulta, por exemplo, o pulo (salto). Correntes próximas de 20 mA tornam difícil a respiração, podendo cessar com correntes que chegam a 80 mA. As correntes elétricas que chegam a matar são aquelas cuja intensidade está compreendida na faixa entre 100 e 200 mA. Próximo dos 100 mA as paredes do coração executam movimentos descontrolados, isso é chamado de fibrilação. As correntes que chegam a ultrapassar os 200 mA não são tão perigosas quanto as de 100 mA, pois as contrações musculares do coração são tão violentas que o coração fica paralisado, fato esse que acaba aumentando a possibilidade de sobrevivência de um ser humano. (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2012).

O aparato experimental proposto nesse trabalho (Coulomboscópio de baixo custo) é um instrumento utilizado para medir a intensidade do campo elétrico e o sinal da carga elétrica que se encontra em excesso em corpos eletrizados por atrito, contato ou indução. Este tipo de equipamento é adequado para ser usado na indústria têxtil, em aviões no momento do abastecimento, em caminhões que transportam combustíveis no momento de desabastecimento, nas escolas para confirmação da série triboelétrica, da lei de Coulomb e nas aulas de Química Analítica para verificar a quantidade de matéria transformada em

uma reação de eletrólise, entre outros espaços. Ele consiste basicamente de um MOSFET, resistores, LED's e uma bateria de 9,0 V.

2 | O TRANSISTOR MOSFET

O MOSFET (*Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor* ou Transistor de Efeito de Campo de óxido de Metal Semicondutor) é um transistor de efeito de campo (CIPELLI e SANDRINI, 2001). Quando um campo elétrico se aproxima da sua antena, ocorre o fechamento do circuito elétrico que aciona o brilho do LED, dependendo da distância e do sinal do corpo eletrizado. Durante a construção do Coulomboscópio sugerido neste trabalho podem ser explorados conhecimentos relacionados a unidades de medidas, lei de Coulomb, processos de eletrização, semicondutores e Física Moderna, podendo ser útil também em trabalhos e projetos interdisciplinares. Existem vários tipos de Coulomboscópios disponíveis, variando basicamente no modo de leitura, podendo ser analógicos ou digitais, sendo que os digitais geralmente apresentam maior facilidade e precisão de leitura. Desta forma, optou-se neste trabalho por construir um Coulomboscópio de baixo custo, tendo por base um MOSFET do tipo NPN e outro do tipo PNP (Fig. 1).

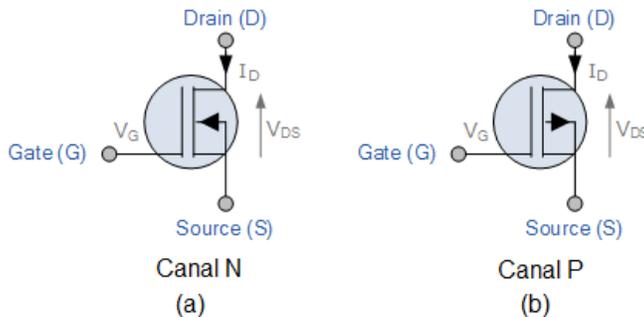


Figura 1: MOSFET do tipo NPN em (a) e PNP em (b). Fonte: acervo dos autores

Os MOSFETs são transistores de efeito de campo que, diferentemente de transistores comuns, funciona como um comutador controlado por tensão.

Um transistor de efeito de campo atua como elemento resistivo controlado por diferença de potencial (BOYLESTAD e NASHELSKY, 1998). O MOSFET pode ser do tipo NPN ou PNP. O transistor do tipo N interage com o campo elétrico gerado por cargas positivas do objeto eletrizado (V_G) através do *gate* (para esse projeto será usado como antena) e fecha um contato entre o *source* (entrada de potencial) e o *drain* (saída para o LED), designado como a diferença de potencial V_{DS} . Já o transistor do tipo P interage com o campo elétrico gerado por cargas negativas do objeto eletrizado através do Gate e fecha o contato entre o source e o drain (Figuras 2 e 3).

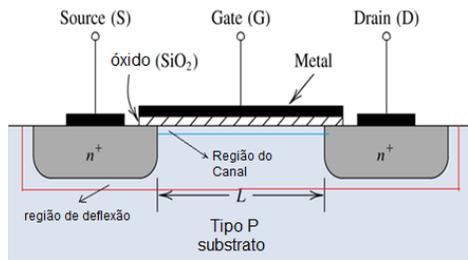


Figura 2: MOSFET.

Fonte: acervo dos autores.

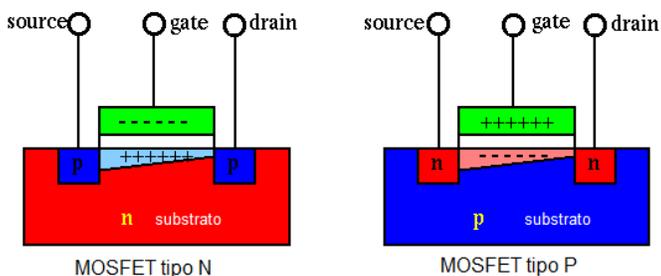


Figura 3: MOSFET com indicação do campo elétrico em seus terminais.

Fonte: acervo dos autores.

A figura 3 possibilita a seguinte interpretação: quando um campo elétrico gerado por cargas positivas se aproximar do *gate* (porta) de um MOSFET tipo N, ocorrerá uma atração entre os elétrons que estão mais acima no *gate* e os prótons em excesso no objeto eletrizado ocasionando um fechamento no circuito entre os pontos de *source* (fonte) e *drain* (drenagem), estabelecendo uma Diferença de Potencial (DDP) capaz de acionar o LED.

Em um MOSFET tipo P, quando um campo elétrico externo gerado por cargas negativas se aproximar do *gate*, ocorrerá uma atração entre os elétrons no objeto externo e os prótons mais acima no *gate*, estabelecendo uma DDP entre o *source* e o *drain*, acionando o LED.

A figura 4 descreve o comportamento do MOSFET tipo N quando se aproxima do *gate* um campo elétrico externo gerado por cargas positivas.

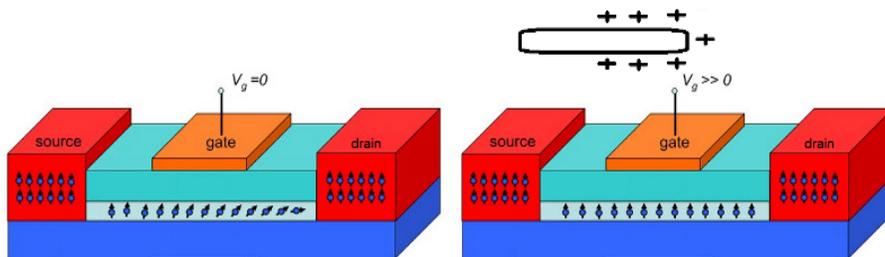


Figura 4: MOSFET tipo N interagindo com campo elétrico externo.

Fonte: acervo dos autores.

3 | CONSTRUINDO O COULOMBOSCÓPIO DE BAIXO CUSTO – CBC

A construção do Coulomboscópio sugerido neste trabalho (CBC) é bastante simples, sendo necessários os materiais mostrados na Fig. 5, ou seja, um MOSFET que será usado como uma chave, sendo responsável por caracterizar a interação entre o campo elétrico do objeto eletrizado e o LED, cabos de fios para se efetuar as conexões, um LED vermelho para indicação de campo elétrico positivo ou um LED verde para indicação de campo elétrico negativo, uma bateria de 9,0V com conector e um resistor de 680Ω.



Figura 5: Materiais necessários para a construção do Coulomboscópio.

Fonte: acervo dos autores.

A construção do CBC, com os componentes listados na figura 5, tem custo em torno de R\$14,90 e o CBC, com componente listados na figura 9, tem custo de R\$25,00.

O tipo do MOSFET a ser usado (tipo N ou tipo P), bem como a identificação de seus terminais pode ser acessado em: <https://youtu.be/45EF7vrIXW4> acesso em 29 nov. 2020.

A montagem do CBC para detecção do campo elétrico e seu esquema encontra-se nas figuras 6 e 7.

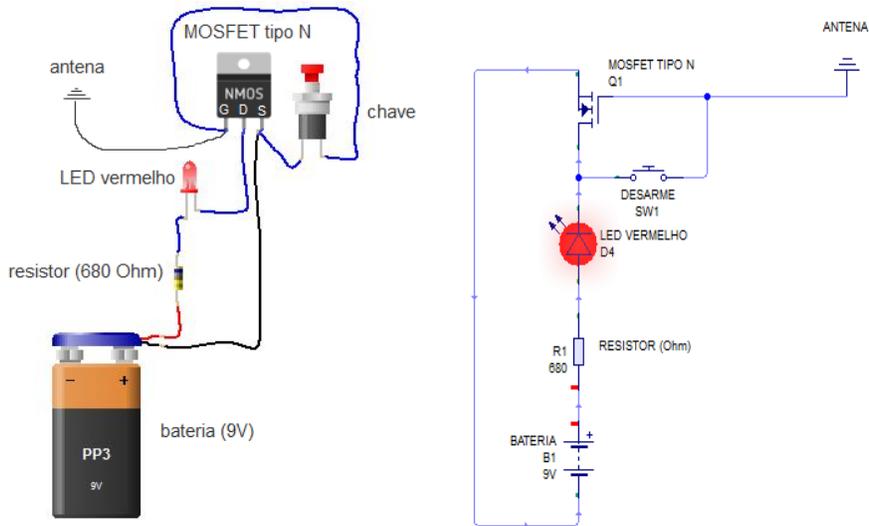


Figura 6: CBC para detecção de campo elétrico gerado por cargas positivas.

Fonte: acervo dos autores.

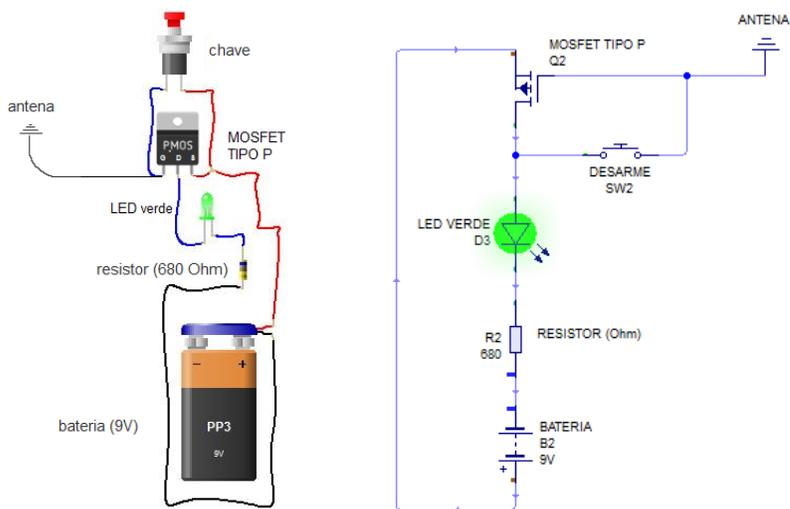


Figura 7: CBC para detecção de campo elétrico gerado por cargas negativas.

Fonte: acervo dos autores.

A chave utilizada nos dois projetos indicado pelas figuras 6 e 7 é opcional pois sua função é neutralizar o campo elétrico que fica em excesso no MOSFET quando o corpo eletrizado toca a antena. Para essa função basta tocarmos com os dedos, concomitantemente o *gate* e o *source*.



Figura 8: CBC para detecção de campo elétrico gerado por cargas Positivas (LED vermelho) e campo elétrico gerado por cargas Negativas (LED verde).

Fonte: acervo dos autores.

4 | VALIDANDO O CBC

Para validar o CBC, utilizou-se uma tabela da série Triboelétrica.

As tabelas da Série Triboelétrica possuem alguns materiais que, após entrarem em contato com outros, ficam eletrizados. Esse efeito é conhecido como efeito triboelétrico e é aumentado quando os materiais são esfregados um contra o outro.

A série Triboelétrica é uma lista de materiais que mostra a tendência relativa de ceder ou receber elétrons no processo de eletrização. Um material que aparece no topo da lista fica com carga positiva quando atritado com um material que está listado abaixo dele. No entanto, esse ordenamento não é reproduzível e depende da umidade, da limpeza da superfície e do processo de fabricação dos materiais.

Espuma de poliuretano
Cabelo, pele oleosa
Vidro
Papel
Algodão
Acrílico
PET
Borracha (EVA)
Poliestireno (CANUDO DE REFRIGERANTE)

Polietileno de Baixa Densidade (PEBD – sacolinha de plástico)
PVC
Látex de borracha (BEXIGA)

Tabela 01: Série Triboelétrica. Fonte: RECHES e SNYDER, 2009.

Para validar o CBC, partimos da série triboelétrica acima e construímos a tabela abaixo:

Bexiga atritada com cabelo humano	Acrílico atritado com cabelo humano
	
Bexiga atritada com espuma	Acrílico atritado com espuma
	
Bexiga atritada com algodão	Vidro atritado com papel
	
Bexiga atritada com sacola plástica	Acrílico atritado com sacola plástica
	
Vidro atritado com espuma	Vidro atritado com algodão
	

Bexiga atritada com papel	Canudinho atritado com algodão
	
Canudinho atritado com papel	Canudinho atritado com espuma
	

Tabela 02: Validação do CBC.

Fonte: resultados obtidos pelos autores.

Constata-se, pelas imagens que se encontram na tabela 3, que todos os resultados dos processos de eletrização que ocorreram por atrito condizem com os resultados certificados na Série Triboelétrica da tabela 2.

5 | MELHORAMENTOS E READEQUAÇÕES: NOVO CBC

A construção do Coulomboscópio sugerido neste trabalho, para a edição em 2020, passou por inovações e melhoramentos, sendo necessários os materiais mostrados na figura 9 ou seja, um MOSFET FDS 8958A (transistores de efeito de campo que, diferentemente de transistores comuns, funciona como um comutador controlado por tensão.) que será usado como uma chave, sendo responsável por caracterizar a interação entre o campo elétrico do objeto eletrizado e os LEDs, cabos de fios para se efetuar as conexões, um LED vermelho e um LED verde para indicação de campo elétrico positivo ou campo elétrico negativo, duas pilhas de 1,5 V, dois resistores de 100Ω e dois botões do tipo *push botton*.

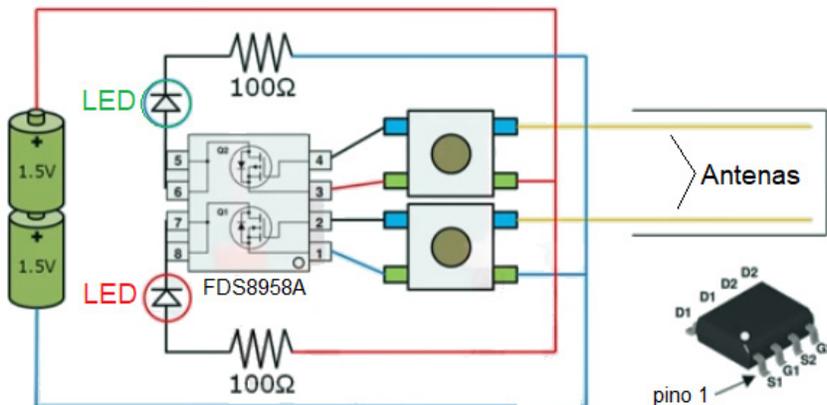


Figura 9: Novo circuito do CBC.

Fonte: acervo dos autores.

Para esta nova edição do CBC foi construído uma placa de circuito impresso com a finalidade de tornar o aparato ainda mais fácil de manipular pelos estudantes, conforme as figuras 10, 11, 12 e 13.

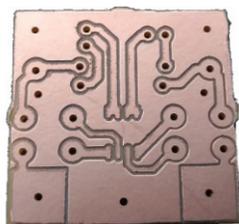


Figura 10: Placa de circuito impresso do novo CBC – parte 1.

Fonte: acervo dos autores.

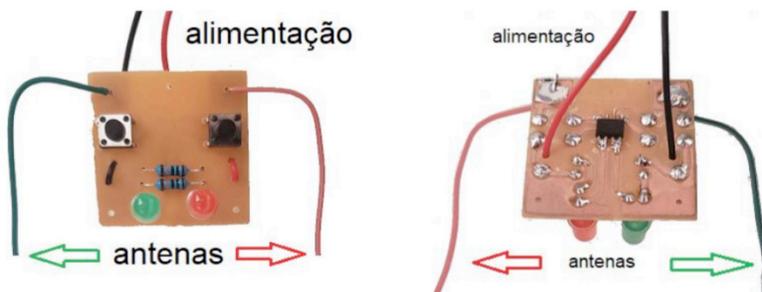


Figura 11: Placa de circuito impresso do novo CBC com componentes eletrônicos instalados.

Fonte: acervo dos autores.

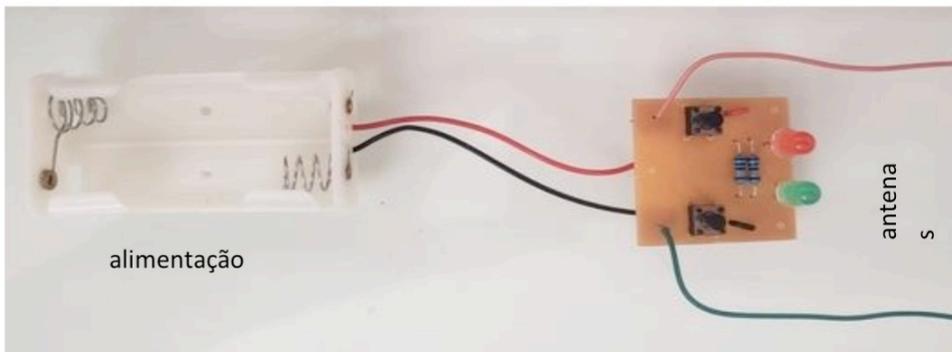


Figura 12: CBC com componentes eletrônicos instalados

Fonte: acervo dos autores.

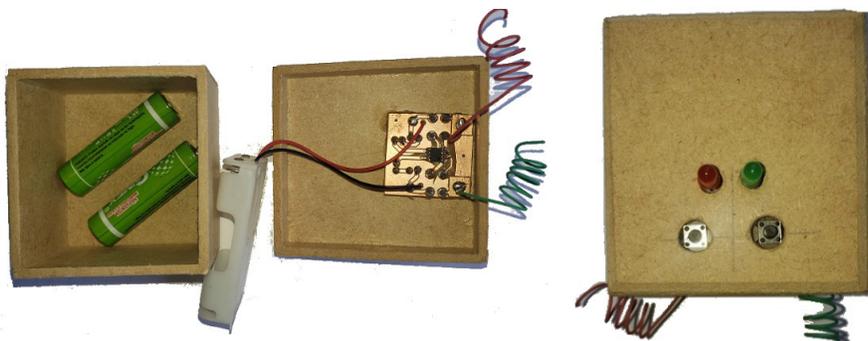


Figura 13: CBC acoplado à patola para facilitar seu manuseio.

Fonte: acervo dos autores.

61 SUGESTÕES DE ATIVIDADES QUE PODEM SER EXPLORADAS UTILIZANDO O CBC

Com a inclusão da Física Moderna no currículo do ensino médio e sendo o transistor tão relevante na atualidade, este trabalho propõe um experimento complementar ao estudo do campo elétrico e da eletrização dos corpos, utilizando materiais de baixo custo.

A proposta possibilita várias discussões acerca da corrente elétrica, da DDP, do campo elétrico gerado por processos de eletrização, carga elétrica, carga de prova, bem como da Física Moderna.

O CBC como sistema de coleta de dados possui diversas aplicações, merecendo destaque o seu uso juntamente com alguns aparelhos, tais como: eletroscópio de folhas, gerador de Van de Graaff, acoplado à entrada de áudio do computador e com o auxílio do

software Audacity pode-se comprovar o inverso do quadrado da distância para o campo elétrico, gerador de cargas eletrostáticas, simulações computacionais, dentre outros.

Os aparatos experimentais propostos possibilitam que o estudante diante de uma situação física seja capaz de identificar parâmetros relevantes e quantifique grandezas, relacionando-as. Ainda em relação à Física Moderna, muitos dos seus aspectos são indispensáveis para que os estudantes desenvolvam uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a terem contato com diferentes e novos materiais presentes nos utensílios domésticos e tecnológicos e utilizados no desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. Entretanto, é indispensável ir além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer os conceitos elétricos e seus diferentes usos, o que pode ser feito por meio do uso do CBC, que possibilita o estudo da carga elétrica, dos isolantes e do campo elétrico constituindo um tema capaz de proporcionar condições favoráveis à organização das competências relacionadas com a compreensão do mundo material microscópico (ARAUJO e ABIBI, 2003).

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma boa compreensão das características mensuráveis da eletrização e do campo elétrico e a utilização de instrumentos que facilitam estas medidas utilizando-se de materiais de baixo custo e fácil aquisição podem proporcionar importantes aprendizagens conceituais no que diz respeito à lei de Coulomb bem como de suas aplicações. A utilização do CBC pode representar uma alternativa inovadora à prática pedagógica do professor, auxiliando na motivação do estudante no processo educacional e possibilitando aprimorar a sua aprendizagem. Além disso, possibilita a utilização de conceitos da Física em uma situação real, o que não acontece na maioria das situações propostas no atual ensino desta área de conhecimento.

O CBC pode ser usado ainda como recurso didático alternativo, na descoberta do sinal do corpo eletrizado e dos processos de eletrização sem, no entanto, desprezar os instrumentos profissionais, mas correspondendo a uma alternativa mais barata e acessível, o que facilita largamente o seu uso na maioria das escolas brasileiras, onde normalmente são escassos os recursos e materiais de apoio à atividade pedagógica dos professores.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 2: p.176-194, 2003.

BOYLESTAD, R. L. ; NASHELSKY, L. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1998.

CIPELLI, A. M. V. ; SANDRINI, W. J. **Teoria e desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos**. 18.ed. São Paulo: Érica, 2001.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. ; WALKER, J. **Fundamentos de Física 3: Eletromagnetismo** (Editora LTC, Rio de Janeiro, 2016), v. 3. 10ª ed., 432 p.

RECHES, M., SNYDER, P.W. **Folding of Electrostatically Charged Beads-on-a-String: An Experimental Realization of a Theoretical Model**, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2009.

CYTOTOXICITY OF ESSENTIAL OILS FROM *Murraya paniculata* (L.) JACK. AND THEIR BIOLOGICAL POTENTIAL AGAINST FUNGI OF AGRONOMIC INTEREST

Data de aceite: 04/01/2021

Flávia Fernanda Alves da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, Brasil.

ORCID: 0000-0003-1645-5029

Cassia Cristina Fernandes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, Brasil.

ORCID: 0000-0003-2004-3166

Aline Soares Diniz

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, Brasil.

ORCID: 0000-0003-2038-6089

Mayker Lazaro Dantas Miranda

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberlândia Centro, Uberlândia, MG, Brasil.

ORCID: 0000-0003-4689-572X

ABSTRACT: Phytopathogenic fungi cause significant economic losses in the agroindustry. The brine shrimp (*Artemia salina*) assay is a convenient preliminary toxicity test, because brine shrimps are highly sensitive to several chemical compounds. Therefore, this study described cytotoxic and antifungal activities of essential oils (OEs) from *Murraya paniculata* leaves (ML-EO) and fruit (MF-EO) extracted by hydrodistillation. EOs were analyzed by GC-FID and GC-MS, while cytotoxic and antifungal activities were

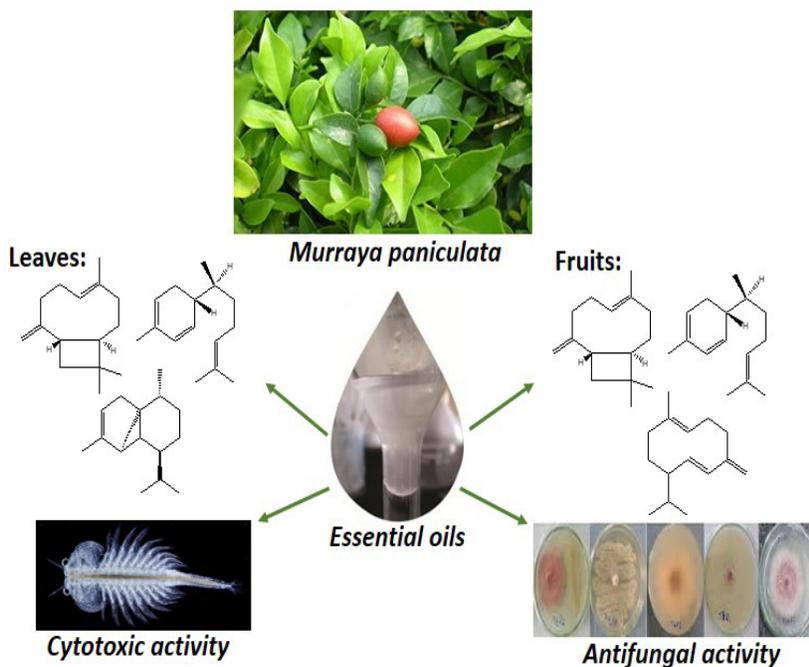
evaluated by the brine shrimp lethality test and the disc-diffusion method, respectively. Major compounds of ML-EO were β -caryophyllene (20.8%), α -zingiberene (20.0%) and β -cubebene (13.2%) and the ones of MF-EO were β -caryophyllene (20.1%), germacrene D (18.0%) and α -zingiberene (15.2%). In the cytotoxic assay, LC_{50} values of ML-EO and MF-EO were 1785.3 and 1549.2 $\mu\text{g/mL}$, respectively. ML-EO and MF-EO were evaluated against *Cladosporium cladosporioides*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani* and *Rhizopus stolonifer*. ML-EO and MF-EO showed satisfactory results between 54-83% inhibition of mycelial growth at 300 μL and revealed weak activity against *F. solani*. EOs from *M. paniculata* had $LC_{50} > 1000 \mu\text{g/mL}$, which is not cytotoxic. The novelty is that both ML-EO and MF-EO represent a natural alternative to control post-harvest fungi and to extend shelf-life of agricultural products.

KEYWORDS: *Artemia salina*, post-harvest fungi, β -caryophyllene, biocontrol.

RESUMO: Fungos fitopatogênicos causam perdas significativas na agroindústria. O ensaio de toxicidade em que se utiliza *Artemia salina* é preliminar e altamente sensível a diversos tipos de compostos químicos. Portanto, este estudo descreveu as atividades citotóxica e antifúngica dos óleos essenciais (OEs) das folhas de *Murraya paniculata* (ML-EO) e de seus frutos (MF-EO), extraídos por hidrodestilação. Os óleos essenciais foram analisados por CG-EM e CG-DIC, enquanto as atividades citotóxica e antifúngica foram avaliadas pelo teste da *Artemia salina* e pelo método de difusão em disco,

respectivamente. Os compostos majoritários foram β -cariofileno (20,8%), α -zingibereno (20,0%) e β -cubebeno (13,2%) e para MF-EO foram identificados β -cariofileno (20,1%), germacreno D (18,0%) e α -zingibereno (15,2%). No ensaio de citotoxicidade, os valores de LC_{50} para ML-EO e MF-EO foram 1785,3 e 1549,2 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. ML-EO e MF-EO foram avaliados contra *Cladosporium cladosporioides*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani* e *Rhizopus stolonifer*. ML-EO e MF-EO mostraram satisfatórios resultados de inibição do crescimento micelial na dose de 300 μL com valores entre 54-83% e revelou fraca atividade contra *F. solani*. Os óleos essenciais de *M. paniculata* apresentou $LC_{50} > 1000$ $\mu\text{g/mL}$, não sendo citotóxicos. A novidade e que os dois óleos estudados representam uma alternativa natural para o controle de fungos pós-colheita e para estender a vida de prateleira de produtos agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: *Artemia salina*, fungo pós-colheita, β -cariofileno, biocontrole.



Graphical Abstract

1 | PLANT SOURCE

Murraya paniculata (L.) Jack. leaves and fruit (17°48'08.1"S and 50°54'22.2"W) were collected in December 2018 in Rio Verde, GO, Brazil. The plant was identified by the botanist Luzia Francisca de Souza, M. Sc., and a voucher specimen (HJ 28760/MP) was deposited in the herbarium in Rio Verde, at the Instituto Federal Goiano (IFGOIANO).

2 | PREVIOUS STUDIES

The genus *Murraya* (Rutaceae) is made up of about 14 species. *Murraya paniculata* (L.) Jack is a small tropical evergreen shrub, native to tropical and subtropical parts of the world, such as southern China, southeastern Asia and northern Australia [1]. In Brazil, this species has been widely used for forestation in many city parks. The phytochemical study of its leaves resulted in the isolation of one triterpenoid (24-methylene-cycloartan-3 β -ol), one phenylpropanoid (methyl caffeate) and seven coumarins (isomeranzine, murranganone acetate, murrayatine, murrangatine, meranzine hydrate, phebalosine and murranganone) [2]. Four coumarins were also isolated from this species in Japan (Auraptene, *trans*-gleinadiene, 5,7-dimethoxy-8-(3-methyl-2-oxo-butyl) coumarin and toddalenone) [3]. In folk medicine, *M. paniculata* has been commonly used to treat diarrhea, abdominal pain, stomachache, dysentery, headache, edema, thrombosis and blood stasis [1]. Other promising biological properties, such as stimulant, astringent, antinociceptive, anti-inflammatory, antidiarrheal, antitrypanocidal, antidiabetic, antimalarial, antibacterial, antifungal and antioxidant activities, have been described for its extracts [1]. It should be highlighted that its essential oil has already found to exhibit anti-amebic activity [4].

Considering the remarkable biological potential of *M. paniculata* – which has already described in the literature [1] – and the continuation of studies of this species [5] that have been carried out by this research group, the study reported by this paper aimed at evaluating, for the first time, the antifungal activity of EOs from *M. paniculata* against four types of fungi that are involved in a large number of harvest and post-harvest diseases. Besides, cytotoxic activity of EOs was also determined.

3 | PRESENT STUDY

Murraya paniculata (L.) Jack. leaves and fruit were subjected to hydrodistillation for 2 hours by a Clevenger-type apparatus. In order to carry out the analysis, 300 g plant material was divided into three 100-g samples and 500 mL distilled water was added to each sample. After manual collection of essential oil samples, traces of remaining water in the oils were removed with anhydrous sodium sulfate, which was followed by filtration. The extraction procedure was done in triplicate. The isolated oils were stored under refrigeration up to the analysis and test.

GC–MS and GC-FID conditions and the identification of chemical constituents of ML-EO and MF-EO were carried out in agreement with the methodology proposed by Cabral et al. (2019) [6]. Sixteen components were identified in oils from *M. paniculata* leaves, which exhibited about 97.7% of the total composition of the oil, whereas twenty-eight components were identified in oils from its fruit, which showed about 95.4% of the total composition of the oil. Major constituents of essential oil from its leaves were β -caryophyllene (20.8%), α -zingiberene (20.0%) and β -cubebene (13.2%). Major constituents of essential oil from

its fruit were b-caryophyllene (20.1%), germacrene D (18.0%) and α -zingiberene (15.2%) - Table 1. Chemical compositions of ML-EO and MF-EO are different in terms of relative abundance (%RA), when they are compared to the ones that were previously published by our research group [5]. The main difference is related to the fruit oil, which was not separated in two maturation stages (ripe and unripe). Its major constituent is β -caryophyllene, rather than sesquithujene. Differences may be explained by several factors, such as local climate and environmental conditions, soil variation, collection time, season, geographical location, geology, stages of vegetative cycles and parts of plants [7].

Brine shrimp (*A. salina*) [San Francisco Bay Brand, Inc.] lethality test was performed with ML-EO and MF-EO in triplicate, in agreement with Meyer et al. (1982) [8]. Quinidine sulphate (Merck) was the positive control. LD₅₀ values in $\mu\text{g/mL}$ were determined by the probit analysis. In the brine shrimp cytotoxic assay, LC₅₀ values of ML-EO and MF-EO were 1785.3 and 1549.2 $\mu\text{g/mL}$, respectively. The positive control quinidine sulfate exhibited LC₅₀ = 72.5 $\mu\text{g/mL}$. These LC₅₀ values show that EOs from *M. paniculata* are non-toxic, since the literature reports that samples whose LC₅₀ values > 1000 $\mu\text{g/mL}$ are considered non-toxic [9]. Cytotoxic activity of ML-EO had already been evaluated against hepatoma cells and exhibited IC₅₀ = 63.7 $\mu\text{g/mL}$, with prominent selectivity by comparison with normal cells [10]. It should be highlighted that this is the first report of cytotoxic activity of MF-EO.

The isolate of fungi was provided by the Embrapa Arroz e Feijão, whose headquarters is in Santo Antônio de Goiás, GO, Brazil. Assays were carried out in the agricultural microbiology lab at IF Goiano – Campus Rio Verde, in agreement with the methodology described by Silva et al. (2018) [11]. *In vitro* antifungal activity of ML-EO and MF-EO was evaluated against *Cladosporium cladosporioides*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani* and *Rhizopus stolonifer*. Percentages of inhibition of mycelial growth (IMG) of ML-EO and MF-EO are shown in Figure 1. Graphs in Figure 1 show that MF-EO exhibited high inhibition of fungal growth at the highest dose under investigation (300 μL) against *R. stolonifer* (83.28%), followed by *C. cladosporioides* (79.89%) and *C. gloeosporioides* (64.10%). ML-EO was more active against *C. cladosporioides* (79.67%), followed by *R. stolonifer* (77.55%) and *C. gloeosporioides* (65.84%). These values were considered satisfactory, since more than 50% fungal growth was inhibited. It should also be emphasized that both EOs under study were slightly active against *Fusarium solani*, whose inhibition potential is below 42%.

Brazil is globally important to both food security and environmental sustainability; thus, several types of phytopathogens must be controlled. Therefore, low risk for resistance development to pathogenic fungi is the main characteristic of EOs that have already shown that they are promising in biological control of different phytopathogenic fungi and natural products [12-13]. Thus, plant extracts and essential oils (EOs) are promising due to their capacity to penetrate cell membranes and cause the destruction of their structures and, then, cell death as the result of apoptosis [13].

Antifungal activity of ML-EO and MF-EO may be justified by their major constituent, i. e., β -caryophyllene [14], whose activity has already been described in the literature against several kinds of fungi, such as *Candida glabrata*, *C. albicans* and *Aspergillus niger* [15]. However, synergistic effects of minor compounds of EOs may also be taken into consideration [16]. In addition, it should be mentioned that a previous study carried out by our research group showed that ML-EO has anti-*Sclerotinia sclerotiorum* activity; this fungus causes serious problems to certain crops, such as soybean, which have great economic importance to Brazil [17]. It was one of the factors that encouraged the authors of this study to keep working on investigations into biological activities of this Rutaceae species, mainly the ones related to phytopathogenic fungi that harm agriculture worldwide.

In sum, in this study, the main constituents of ML-EO and MF-EO were identified as β -caryophyllene and α -zingiberene, which were found in both parts (leaves and fruit) of the plant under study. EOs, for the first time, constitute an attractive alternative to control post-harvest fungal development, such as *R. stolonifer*, *C. cladosporioides* and *C. gloeosporioides*. Since ML-EO and MF-EO showed little toxic activity by the brine shrimp cytotoxic assay, further studies should be conducted with various carcinoma cell lines to determine their *in vitro* cytotoxic activity. Samples should also be fractionated to have their biological activities determined.

Compounds	RI _{exp}	RI _{lit}	%	
			MF-EO	ML-EO
Bicycloelemene	1334	1336	1.4	-
Elemene isomer	1341	1344	2.7	-
α -Cubebene	1351	1352	6.1	-
β -Bourbonene	1377	1384	-	0.5
α -Copaene	1379	1377	6.7	1.7
β -Cubebene	1385	1390	-	13.2
α -Ylangene	1405	1406	1.0	5.6
Sesquithujene	1415	1417	3.0	-
α -Gurjunene	1419	1419	0.1	-
β -Caryophyllene	1425	1423	20.1	20.8
Isogermacrene D	1437	1439	0.8	-
β -Gurjunene	1439	1440	0.7	-
β -Humulene	1446	1440	-	6.4
γ -Muurolene	1448	1449	2.4	-
α -Humulene	1456	1455	1.0	-
Aromadendrene	1465	1463	1.1	1.8

Germacrene D	1480	1480	18.0	9.0
α -Zingiberene	1499	1496	15.2	20.0
Bicyclogermacrene	1503	1501	0.5	-
β -Bisabolene	1508	1506	1.7	1.2
β -Cadinene	1528	1527	4.6	-
Cadina-1.4-diene	1534	1533	0.3	-
<i>trans</i> -Nerolidol	1557	1565	-	1.4
Germacrene-D-4-ol	1574	1574	1.0	-
Spathulenol	1576	1576	-	2.5
Caryophyllene oxide	1590	1589	1.1	1.5
Lauryl acetate	1608	1606	0.2	-
Octil 2-methylbutanoate	1624	1623	0.2	-
<i>t</i> -Cadinol	1634	1638	-	0.4
10- <i>epi</i> - α -Muurolol	1640	1641	-	1.6
Isovaleric acid. decyl ester	1657	1659	0.1	-
τ -Muurolol	1659	1660	0.5	-
α -Cadinol	1662	1663	1.3	1.8
Decyl senecioate	1720	1719	0.1	-
Isovaleric acid. dodecyl ester	1844	1845	4.5	-
Total			95.4	97.7

Table 1. Chemical composition of essential oils (EOs) from *M. paniculata* (Rutaceae) fruit (MF-EO) and leaves (ML-EO)

RI_{exp} : Retention index related to *n*-alkanes (C_8 – C_{20}) in the Rtx-5MS column. RI_{lit} : Retention index from the literature [18].

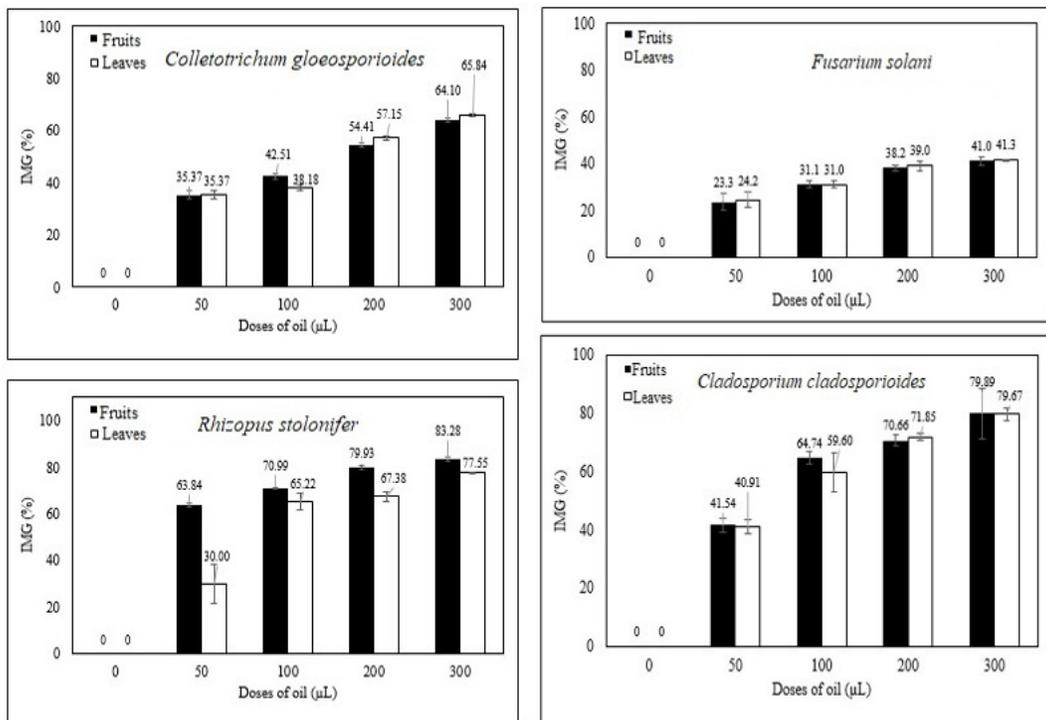


Figure 1. Percentages of inhibition of mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani*, *Rhizopus stolonifer* and *Cladosporium cladosporioides* at different doses of MF-EO (fruit) and ML-EO (leaves). **Positive control (0)**: Frowncide 500 SC.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank FAPEG, CNPq, CAPES and IFGOIANO – Campus Rio Verde, for their financial support, and Josemar Gonçalves de Oliveira Filho, M.Sc., for his contribution to the treatment of statistical data.

REFERENCES

1. N. S. DOSOKY, P. SATYAL, T. P. GAUTAM, AND W. N. SETZER (2016). Composition and biological activities of *Murraya paniculata* (L.) Jack essential oil from Nepal, *Medicines*, **3**, 7.
2. S. G. MESQUITA, M. F. MARTINEZ, P. ROMOFF, O. A. FÁVERO, S. R. LIEBER, AND J. H. G. LAGO (2008). Constituintes químicos das folhas de *Murraya paniculata* (Rutaceae). *Rev. Bras. Farmacogn.* **18**(4), 563-568.
3. S. S. S. A. AZIZ, M. A. SUKARI, M. RAHMANI, M. KITAJIMA, N. AIMI, AND N. J. AHPANDI (2010). Coumarins from *Murraya paniculata* (Rutaceae). *Malaysian J. Anal. Sci.* **14**(1), 1-5.

4. N. SAWANGJAROEN, S. PHONGPAICHIT, S. SUBHADHIRASAKUL, M. VISUTTHI, N. SRISUWAN, AND N. THAMMAPALERD (2006). The anti-amoebic activity of some medicinal plants used by AIDS patients in southern Thailand. *Parasitol. Res.* **98**, 588-592.
5. F. F. A. SILVA, C. C. FERNANDES, G. A. OLIVEIRA, A. C. B. CANDIDO, L. G. MAGALHÃES, T. M. VIEIRA, A. E. M. CROTTI, C. A. SILVA, AND M. L. D. MIRANDA (2020). *In vitro* antileishmanial and antioxidant activities of essential oils from different parts of *Murraya paniculata* (L.) Jack: a species of Rutaceae that occur in the *Cerrado* biome in Brazil. *Aust. J. Crop Sci.* **14(02)**, 347-353.
6. F. D. CABRAL, C. C. F. ALVES, R. S. C. CABRAL, G. B. WILLRICH, A. E. M. CROTTI, AND M. L. D. MIRANDA (2019). Chemical constituents of essential oils extracted from the leaves and flowers of *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil. (Rutaceae). *Rec. Nat. Prod.* **13(2)**, 172-175.
7. P. CHRYSAL, A. C. PEREIRA, C. C. FERNANDES, J. M. SOUZA, C. H. G. MARTINS, J. POTENZA, A. E. M. CROTTI, AND M. L. D. MIRANDA (2020). Essential oil from *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae) fresh leaves: chemical characterization and *in vitro* antibacterial activity against endodontic pathogens. *Braz. Arch. Biol. Technol.* **63(1)**, e20190196.
8. B. N. MEYER, N. R. FERRIGNI, J. E. PUTNAM, L. B. JACOBSEN, D. E. NICHOLS, AND J. L. MCLAUGHLIN (1982). Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. *J. Med. Plant Res.* **45**, 31-34.
9. S. P. PIARU, R. MAHMUD, AND S. ISMAIL (2012). Studies on the phytochemical properties and brine shrimp toxicity of essential oil extracted from *Myristica fragrans* Houtt. (Nutmed). *J. Essent. Oil Bear. Pl.* **15(1)**, 53-57.
10. M. C. S. NETA, C. VITTORAZZI, A. C. GUIMARÃES, J. D. L. MARTINS, M. FRONZA, D. C. ENDRINGER, AND R. SCHERER (2017). Effects of β -caryophyllene and *Murraya paniculata* essential oil in the murine hepatoma cells and in the bacteria and fungi 24-h time-kill curve studies. *Pharm. Biol.* **55(1)**, 190-197.
11. E. A. J. SILVA, V. P. SILVA, C. C. F. ALVES, J. M. ALVES, E. L. SOUCHIE, AND L. C. A. BARBOSA (2018). Chemical composition of the essential oil of *Psidium guajava* leaves and its toxicity against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Semina: Ciênc. Agrár.* **39(2)**, 865-874.
12. A. ZAMBONELLI, A. Z. D'AULERIO, A. BIANCHI, AND A. ALBASINI (1996). Effects of essential oils on phytopathogenic fungi *In vitro*. *J. Phytopathology* **144**, 491-494.
13. S. WANG, Y. ZHENG, F. XIANG, S. LI, AND G. YANG (2016). Antifungal activity of *Momordica charantia* seed extracts toward the pathogenic fungus *Fusarium solani* L. *J. Food Drug Anal.* **24**, 881-887.
14. S. S. DAHHAM, Y. M. TABANA, M. A. IQBAL, M. B. K. AHAMED, M. O. EZZAT, A. S. A. MAJID, AND A. M. S. A. MAJID (2015). The anticancer, antioxidant and antimicrobial properties of the sesquiterpene β -caryophyllene from the essential oil of *Aquilaria crassna*. *Molecules*, **20**, 11808-11829.
15. SABULAL, M. DAN, A. J. J, R. KURUP, N. S. PRADEEP, R. K. VALSAMMA, AND V. GEORGE (2006). Caryophyllene-rich rizome oil of *Zingiber nimmonii* from south India: chemical characterization and antimicrobial activity. *Phytochemistry*, **67**, 2469-2473.

16. N. T. CHUNG, L. T. HUONG, AND I. A. OGUNWANDE (2020). Antimicrobial, larvicidal activities and composition of the leaf essential oil of *Magnolia coco* (Lour.) DC. *Rec. Nat. Prod.* **15(2)**, 372-377.
17. F. F. A. SILVA, C. C. F. ALVES, J. G. O. FILHO, T. M. VIEIRA, A. E. M. CROTTI, AND M. L. D. MIRANDA (2019). Chemical constituents of essential oil from *Murraya paniculata* leaves and its application to *in vitro* biological control of the fungus *Sclerotinia sclerotiorum*. *Food Sci. Technol.* **39(Suppl. 2)**, 413-417.
18. R.P. ADAMS (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. Allured publishing Co. Carol Stream, Illinois.

CAPÍTULO 9

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE MÁXIMA DE ADSORÇÃO DE COBRE (II) EM CASCA DE OVO E REUSO NA PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA (LACTUCA SATIVA L.)

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Walisson Marques de Oliveira

Instituto Federal Goiano campus Urutaí, Urutaí

-GO

<http://lattes.cnpq.br/7052217868475846>

José Antonio Rodrigues de Souza

Instituto Federal Goiano campus Urutaí, Urutaí

-GO

<http://lattes.cnpq.br/1637300776838940>

Débora Astoni Moreira

Instituto Federal Goiano campus Urutaí, Urutaí

-GO

<http://lattes.cnpq.br/0892554192927049>

Ellen Lemes Silva

Instituto Federal Goiano campus Urutaí, Urutaí

-GO

<http://lattes.cnpq.br/2020996967548069>

Diego César Veloso Rezende

Empresa Brasileira de Extensão Rural

(EMATER-MG)

<http://lattes.cnpq.br/2390623769547865>

Matheus Rocha Mendes

Prefeitura Municipal de Morrinhos -GO

<http://lattes.cnpq.br/1430630633509461>

João Gabriel Felismino

Instituto Federal Goiano campus Urutaí, Urutaí

-GO

<http://lattes.cnpq.br/5949610566978863>

Wesley Anderson Siqueira Ribeiro

Instituto Federal Goiano campus Urutaí, Urutaí

-GO

<http://lattes.cnpq.br/4063527816946300>

RESUMO: Neste trabalho objetou-se estudar o tratamento de águas residuárias ricas em cobre por meio de bioadsorção, bem como o posterior reuso deste bioadsorvente na produção de alface. Para isso, avaliou-se a capacidade de remoção do cobre (II) pela casca de ovo moída por meio da isoterma de adsorção de Langmuir. Posteriormente, para estudar os efeitos do reuso deste adsorvente, diferentes doses foram adicionadas a vasos cultivados com alface, avaliando-se os efeitos no solo e na planta. Os resultados permitiram concluir que a casca de ovo moída apresentou elevada capacidade de remoção do cobre ($25,4291 \text{ mg g}^{-1}$), não havendo contaminação do solo e as plantas de alface apresentaram-se aptas para o consumo. Assim, a bioadsorção e o posterior reuso do adsorvente na produção de alface mostrou-se uma técnica ambientalmente adequada e de baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso, bioadsorvente, metal pesado.

DETERMINATION OF THE MAXIMUM CAPACITY OF COPPER (II) ADSORPTION IN EGG SHELL AND REUSE IN THE PRODUCTION OF AMERICAN LETTUCE (LACTUCA SATIVA L.)

ABSTRACT: In this work, it was aimed to study the treatment of wastewater rich in copper by

biosorption, and the subsequent reuse of this biosorbent in the production of lettuce. For this, the capacity of copper (II) removal by the egg shell ground by means of the Langmuir adsorption isotherm was evaluated. Subsequently, to study the effects of reuse of this adsorbent, different concentrations were added to pots grown with lettuce, evaluating the effects on soil and plant. The results allowed to conclude that the ground egg shell presented high copper removal capacity ($25.4291 \text{ mg g}^{-1}$), with no contamination of the soil and the lettuce plants were suitable for consumption. Thus, biosorption and subsequent reuse of the adsorbent in the production of lettuce. proved to be an environmentally adequate and low-cost technique.

KEYWORDS: Reuse, biosorbent, heavy metal.

1 | INTRODUÇÃO

Dentre os vários contaminantes do meio ambiente, os metais pesados necessitam de atenção especial, pois além de ser bioacumuladores, não são degradáveis e, ainda que exerçam papéis essenciais em diversos processos metabólicos dos organismos, quando em excesso, podem se tornar potencialmente citotóxicos, carcinogênicos e mutagênicos (SILVA, 2013; NASCIMENTO, 2015; BARROS et al., 2017).

Devido as valências de cobre (I) e (III) apresentarem-se geralmente na forma insolúvel ou complexada, os compostos de cobre (II) encontram-se muito tóxicos (PINTO et al., 2013). Com isso, a exposição oral a níveis elevados deste metal pode resultar em vômito, diarreia, cólica estomacal, enquanto a deficiência de cobre no organismo humano pode ocasionar formação óssea anormal com fragilidade esquelética e osteoporose, além de anemia hipocrônica (OLIVEIRA, 2011).

O cobre é considerado um micronutriente essencial para as plantas e atua na constituição de muitas enzimas e proteínas, mantendo desempenho fundamental em processos como fotossíntese, respiração, desintoxicação de radicais superóxido e lignificação. Sua deficiência pode induzir drasticamente a redução das atividades enzimáticas, enquanto o excesso pode causar toxidez (CUNHA FILHO, 2013).

A poluição do solo via metais pesados pode causar efeitos deletérios à saúde dos seres humanos e animais, bem como resultar em atenuação da atividade microbiana, fertilidade e da biodiversidade. Visto que a disponibilidade de cobre é influenciada pela textura, teor de matéria orgânica, balanço de nutrientes, pH e reações de oxirredução, a interação com componentes minerais e orgânicos o tornam pouco móvel no solo (HIRAK, 2016).

Diversos métodos de remoção de metais pesados presentes em águas residuárias têm sido estudados, tais como a precipitação, troca iônica, oxidação/redução, eletrodeposição, filtração por membrana/osmose e adsorção. Cada um desses processos mencionados apresenta vantagens e desvantagens, sendo o método de adsorção, um dos mais eficientes na remoção de metais pesados (PINTO et al., 2013).

Todavia, os adsorventes mais utilizados na remoção de compostos orgânicos e íons metálicos são de alto custo e/ou de natureza impactante, o que tem impulsionado o desenvolvimento de pesquisas que busquem a utilização de adsorventes provenientes de materiais biológicos, uma vez que apresentam vantagens, o baixo custo do material adsorvente e reciclagem de um resíduo natural, além de economias sobre os métodos convencionais e a fácil regeneração do biossorvente, ainda é possível a reutilização em ciclos de sorção múltipla (NASCIMENTO, 2015).

Segundo Duarte Neto et al. (2014), no processo de adsorção, devido a existência de interações na superfície do material adsorvente, as espécies de contaminantes presentes na fase líquida se movem para a zona interfacial, desta forma, nos sistemas líquido/sólido ocorre o deslocamento de uma ou mais espécie da fase líquida para a superfície da fase sólida.

No tratamento de águas residuárias onde utiliza-se o processo de adsorção, ocorre migração dos problemas ambientais, sendo os contaminantes transferidos das águas residuárias para o adsorvente. Considerando-se a elevada toxicidade do cobre e, diante da necessidade de buscar sistemas de tratamento de baixo custo e alta eficiência na sua remoção dos contaminantes, bem como possibilitar destinação final ambientalmente adequada para os adsorventes, objetou-se, com este trabalho, estudar o tratamento de efluentes ricos em cobre por meio de biossorção e posterior reuso do biossorvente na produção de alface americana (*Lactuca sativa* L.).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí (IF Goiano), em Urutaí-GO, localizado a 17°29'6"S, 48°12'27"O e altitude de 712 m, compreendendo uma etapa para determinar a capacidade de remoção (adsorção) do cobre presente em águas residuárias por biossorvente natural e, outra para estudar o efeito da reutilização deste biossorvente na produção da alface.

Utilizou-se como biossorvente natural, cascas de ovos de galinhas poedeiras da raça Plymouth Rock Branca, coletadas em unidades incubadoras na região de Pires do Rio –GO, (17°18'2"S, 48°17'1"O), as quais foram conduzidas ao Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas do IF Goiano, sendo, posteriormente, secas ao ar, trituradas e passadas em peneiras de 0,074 mm. Na Tabela 1 estão apresentadas as características das cascas de ovos moídas utilizadas nos ensaios experimentais.

Características	Concentração
Umidade (dag kg ⁻¹)	13,53
pH em água	9,02
pH em CaCl ₂	7,22
Condutividade Elétrica (uS cm ⁻¹)	226,80
Nitrogênio (dag kg ⁻¹)	9,17
Sólidos Totais (mg kg ⁻¹)	201,55
Carbono Orgânico _{total} (dag kg ⁻¹)	0,69
Matéria Orgânica (dag kg ⁻¹)	1,19
Cobre (mg kg ⁻¹)	9,88

Tabela 1. Características químicas e físicas das cascas de ovos moídas utilizadas nos ensaios experimentais.

Na condução dos ensaios de adsorção, amostras de 0,5 g das cascas de ovos moídas foram transferidas para erlenmeyers com capacidade volumétrica de 125 mL, onde foram adicionadas 20,0 mL de solução de cobre (II) com concentrações variando entre 50 a 1000 mg L⁻¹ em um pH igual 6,3 ± 0,2. Posteriormente, estas misturas foram agitadas por 24 horas, centrifugadas a 1258 g (FRC) por 15 minutos e filtradas à vácuo, obtendo-se a solução de equilíbrio. Todas as amostras foram preparadas em triplicatas, sendo os ensaios realizados em três períodos distintos.

O íon metálico foi obtido por meio de espectrofotometria de absorção atômica em chamas após a digestão com ácido nítrico e perclórico, sendo a quantidade adsorvida determinada pela diferença entre a concentração do íon nas soluções de equilíbrio e inicial, à uma temperatura de 25°C. Para determinação da capacidade máxima de adsorção utilizou-se a equação de Langmuir (Equação 1) (CIOLA, 1981).

$$\theta = \frac{\theta_m * K * C_{eq.}}{(1 + K * C_{eq.})} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: θ = quantidade adsorvida (mg g⁻¹); θ_m = capacidade máxima de adsorção (mg g⁻¹); K = coeficiente relacionado à energia de ligação (L mg⁻¹); $C_{eq.}$ = concentração do íon na solução (mg L⁻¹).

Com o intuito de evitar contaminação ambiental pela disposição inadequada do bioissorvente após filtragens e ciclos de regeneração, bem como promover sua reutilização de forma ambientalmente sustentável, mudas de alface americana (*Lactuca sativa* L.) foram transplantadas em vasos plásticos com capacidade volumétrica de 0,001 m³ e cultivadas com uma mistura de Latossolo Vermelho Amarelo e esterco bovino humificado na proporção de 1:1, na qual foram adicionados bioissorvente após utilização no processo de filtragem.

A dose do bioissorvente foi calculada a partir da relação entre capacidade máxima de adsorção de cobre (II) e a massa da mistura utilizada no preenchimento do vaso de modo

a se obter concentrações de cobre iguais aos Valores Orientadores de Prevenção (VP = 60 mg kg⁻¹) e de Intervenção Agrícola (VI = 200 mg kg⁻¹), segundo a resolução CONAMA 420/2009.

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com 10 repetições e três tratamentos (Testemunha, VP e VI), totalizando 30 parcelas experimentais, sendo que cada parcela foi constituída por uma planta por vaso. As plantas foram irrigadas diariamente, repondo-se a demanda evapotranspirométrica por meio de regadores manuais, cujas lâminas foram determinadas a partir dos dados de uma estação meteorológica automática instalada próximo ao local e pelo coeficiente de cultivo, conforme metodologia descrita por Mantovani et al. (2009).

Para a avaliação do efeito das diferentes doses de bioissorvente com aporte de cobre na cultura, durante o período experimental, foram mensurados a altura e o diâmetro da planta e, ao final (aos 41 dias após o transplante), foram colhidas para determinação da massa fresca, massa seca e percentagens de matéria seca, bem como a concentração do metal remanescente no solo e nos órgãos da planta de alface, segundo espectrofotometria de absorção atômica em chama, após a digestão com ácido nítrico e perclórico.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está apresentada a isoterma de adsorção de cobre (II) utilizando como adsorvente a casca de ovo moída. Verifica-se que adsorção do cobre (II) aumentou com incrementos nas concentrações do íon e, que os dados experimentais seguiram o modelo de adsorção proposto por Langmuir (LANGMUIR I, 1916), apresentando elevado coeficiente de determinação.

A isoterma obtida apresenta leve concavidade para baixo e o parâmetro de equilíbrio (RL) está entre 0 e 1, classificando-a, segundo Mccable et al. (2000), como isoterma do tipo favorável. Ainda segundo estes autores, isotermas côncavas são favoráveis ao processo de adsorção, possibilitando extrair quantidades relativamente altas, mesmo em baixos níveis de concentração do adsorvato (cobre II). Também, conforme classificação de Giles (GILES et al., 1974), a isoterma obtida pertencente ao grupo L e subgrupo 1, refletindo alta afinidade dos cátions metálicos com um sítio específico e, cujo formato da curvatura inicial voltada para baixo ocorre devido à diminuição da disponibilidade dos sítios ativos (LIMA, 2013).

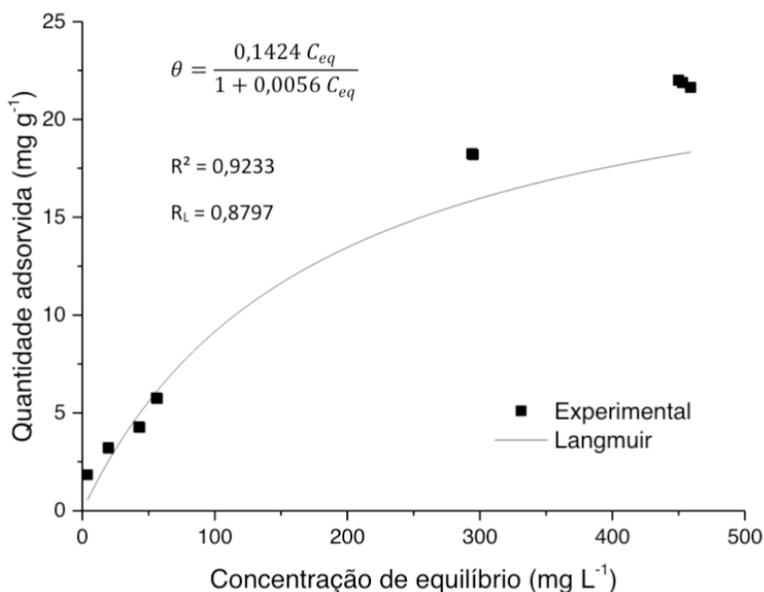


Figura 1. Isoterma de Langmuir, obtidas a partir do ajuste da equação de adsorção aos dados obtidos experimentalmente para valores de cobre (II) na solução de equilíbrio.

No que se refere a quantidade de íons removidos (adsorvidos) pela casca de ovo moída durante o processo de filtragem, verifica-se, conforme Figura 1, que a capacidade máxima de adsorção foi de 25,4291 mg g⁻¹ e o coeficiente relacionado à energia de ligação de foi de 0,0056 L mg⁻¹. Ao comparar os resultados obtidos neste estudo com diversos trabalhos de adsorção do íon cobre por adsorção química ou quimissorção (Tabela 2), verificou-se que, a casca de ovo moída apresentou capacidade máxima de adsorção superior quando comparado com trabalhos da literatura.

De modo geral, nota-se que a casca de ovo moída pode ser utilizada para substituir o carvão ativado comercial, bem como outros materiais utilizados para a remoção de cobre, apresentando eficácia superior, mesmo em baixas concentrações, sendo, portanto, uma alternativa econômica em relação ao tratamento convencional. No entanto, o tratamento de águas residuária por meio do processo de filtragem (adsorção) transfere apenas o íon da fase líquida (presente nas águas residuária) para a fase sólida (casca de ovo moída), sendo necessário prover sua reutilização de forma ambientalmente sustentável e de modo a atender a Resolução do CONAMA N° 420/2009 que dispõe sobre a qualidade do solo em relação a presença de substâncias químicas.

Biossorventes	Capacidade de adsorção(qm) (mg g ⁻¹)	Autor
Carvão ativado endocarpo de noz macadâmia	3,48	ROCHA, 2006
Carvão ativado de semente de goiaba	1,23	
carvão ativado industrial de casca de coco de babaçu	4,84	
Casca de coco de dendê	0,7288	ISECKE, 2012
Pó da casca de coco verde	13,04	SALVADOR, 2009
Erva-sal	8,89	
Taioba-brava	4,47	
Casca de arroz modificada	2,67	SILVA, 2013
Casca de arroz carbonizada	15,01	
Cinza de casca de arroz	20,16	
Carvão ativado de caroço de buriti	10,29	PINTO et al., 2013
Casca de banana	20,80	MARTINS et al.,2015
Carvão ativado a partir da casca do coco do licuri	10	AMORIM, 2017
Pó de folhas de carnaúba	10,44	PEREIRA, 2017

Tabela 2. Comparação da capacidade máxima de bioadsorção do cobre da casca de ovo moída com outros materiais bioadsorventes da literatura.

Na Figura 2 estão apresentados a variação da altura e do diâmetro da copa das plantas de alface submetidas aos tratamentos aportando diferentes doses do adsorvente ao longo do período experimental.

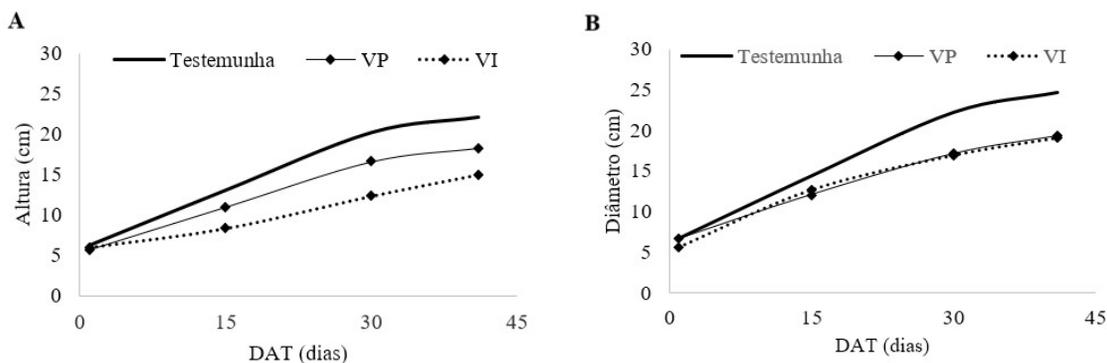


Figura 2. Variação da altura (A) e diâmetro de copa (B) das plantas de alface submetidas ao Tratamento Testemunha e adição de cobre iguais aos Valores Orientadores de Prevenção (VP) e de Intervenção Agrícola (VI).

Sendo: DAT = dias após transplante (dias), VP e VI = aporte de 60 mg L⁻¹ e 200 mg L⁻¹ de Cobre (II).

Verifica-se que, após o transplântio das mudas, houve diferença estatisticamente significativa na altura das plantas submetidas aos diversos tratamentos, sendo que incrementos de cobre (II) resultaram em menores alturas de plantas. Já em relação ao diâmetro da copa, esta diferenciação ocorreu a partir de 15 dias após o transplântio (DAT), apenas entre as plantas submetidas aos tratamentos com aporte de cobre (II) e ao tratamento testemunha, sendo que a adição do íon às plantas resultou em menores diâmetros de copa.

Esta diferenciação no desenvolvimento das culturas submetidas aos diferentes tratamentos pode estar relacionada com sintomas iniciais de fitotoxidez, uma vez que, conforme Bouazizi et al. (2010), o excesso de cobre inibe o crescimento das plantas devido ao efeito tóxico inicial nas raízes. De acordo a World Health Organization - WHO (1998), o cobre é requerido em pequenas quantidades para o crescimento normal das plantas, variando entre 5 a 20 mg kg⁻¹. Segundo Levesque e Mathur (1983), plantas de alface já apresentam sintomas de toxidez quando o teor de cobre alcança 45 mg kg⁻¹ na planta. Neves (2016) observou que soluções nutritivas com concentrações de cobre (II) superiores a 0,44 mg L⁻¹ por planta resultaram na redução do crescimento das plantas de alface.

Observa-se, também, que as plantas submetidas ao Tratamento Testemunha apresentaram menores valores de massa seca, embora tenham apresentado maiores alturas e diâmetros de copa ao final do período experimental, conforme Figura 2. Esse fato pode estar relacionado à baixa concentração de cobre disponível para as plantas submetidas ao Tratamento Testemunha, uma vez que, de acordo com Kirkby; Rönhekd (2007), a presença de cobre está diretamente relacionada com o transporte fotossintético de elétrons e, conseqüentemente, com os teores de plastocianina (proteína que atua na fixação do CO₂), de amido e carboidratos solúveis (especialmene sacarose). Assim, a baixa concentração de cobre, proporciona menor produção de matéria seca, mesmo com aumento na altura e no diâmetro da copa.

Neves (2016) avaliando alface e, Hiraki (2016) avaliando *Jatropha curcas* L, também observaram que a produção de matéria seca foi influenciada pelo acréscimo de cobre na solução, onde consideram o fato do metal ser de alta densidade e a possível absorção e acúmulo desse metal nas plântulas incentivar o aumento na massa. Segundo Lopes (2015), o cultivo de alface (*Latua sativa* L.) em solos com elevada concentração de cobre proporcionam distúrbios no metabolismo, resultando em inibição do crescimento ou em desenvolvimento anormal, enquanto em baixa concentração de cobre, as plantas apresentam como características folhas compridas.

Na Tabela 3, estão apresentados os valores médios das massas úmidas e secas, bem como a percentagem de matéria seca, em base úmida, dos órgãos das plantas de alface submetidas aos diversos tratamentos. Verifica-se que as plantas submetidas aos tratamentos avaliados não apresentaram diferenças estatisticamente significativa entre a massa úmida e as percentagens de matéria seca.

Tratamentos	Ma (g)	MS (g)	PT (%)	PF (%)	PC (%)	PR (%)
Testemunha	48,71 ± 16,68 a	7,94 ± 0,17 b	82 ± 05 a	85 ± 05 a	71 ± 03 a	74 ± 04 a
VP	57,90 ± 6,43 a	10,94 ± 0,99 ab	81 ± 02 a	82 ± 03 a	77 ± 06 a	74 ± 12 a
VI	71,98 ± 8,92 a	14,96 ± 5,05 a	80 ± 05 a	80 ± 05 a	79 ± 03 a	70 ± 05 a

Tabela 3. Valores médios de massa úmida (Ma), massa seca (MS) e porcentagens, em base úmida, de matéria seca total (PT), nas folhas (PF), caule (PC) e raiz (PR) das plantas de alface submetidas aos diversos tratamentos, e respectivos testes de médias.

*Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula nas colunas, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os resultados das análises da concentração do cobre no solo e nos órgãos das plantas de alface (Tabela 4), indicou a existência de uma relação diretamente proporcional entre a quantidade aportada de cobre ao solo e sua concentração tanto no solo como na planta. Apesar disto, as plantas de alface apresentaram-se adequadas para consumo, uma vez que os valores estão abaixo do limite tolerado para concentração do cobre em hortaliças, que é de 10 mg kg⁻¹, conforme Portaria 685/1998 da ANVISA.

Embora esteja presente na constituição de muitas enzimas e proteínas, o excesso de cobre deve ser evitado. Mesmo que o consumo diário de cobre seja recomendado, é especialmente para mulheres grávidas (importante para permitir um desenvolvimento saudável do feto e, posteriormente, do recém-nascido), a dose diária deve estar acima de 12,5 µg kg⁻¹ e nunca superior a 10 mg d⁻¹ (GOMES, 2016), já que o excesso de cobre se acumula no fígado e no cérebro e, a toxicidade do cobre é uma causa fundamental da doença de Wilson (MEBRAHTU et al., 2011). Por este motivo, a Who (2004) recomenda, de um modo geral, o consumo diário de 1,2 mg, enquanto a ANVISA (RDC 269/2005), recomenda ingestão diária de 0,9 mg.

Tratamentos	Planta				Solo	BCF
	Folha	Caule	Raiz	Total		
Testemunha	0,31±0,05 b	1,06±0,03 b	0,15±0,01 a	1,52±0,05 c	4,73 ± 0,21 b	0,32 ± 0,02 a
VP	0,01±0,01c	3,29±0,05 a	0,01±0,01 b	3,29±0,047 b	15,18 ±3,53 b	0,25 ± 0,10 a
VI	5,70±0,03 a	1,83±0,05 b	0,01±0,01 b	7,53±0,04 a	49,64 ± 13,14 a	0,17 ± 0,05 a

Tabela 4. Valores médios da concentração de cobre (mg kg⁻¹) nos órgãos das plantas de alface submetidas aos diferentes tratamentos, remanescente no solo, fator de bioconcentração (BCF) e respectivos testes de médias.

*Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Ao se comparar os valores de concentração de cobre nos órgãos das plantas de alface submetidas aos diferentes tratamentos com valores obtidos em plantas cultivadas com sistema hidropônico, verifica-se que os valores encontrados neste estudo são inferiores (GONÇALVES et al., 2016).

Da mesma forma, os valores obtidos neste estudo são inferiores àqueles obtidos no cultivo comercial convencional, tais como os obtidos por Cunha Filho (2013); Gonçalves et al. (2016); Almeida et al. (2017).

Embora tenha sido aportada aos solos doses de cobre (II) em níveis de intervenção que, segundo CONAMA 420/2009, poderia causar riscos potenciais diretos ou indiretos à saúde humana, verifica-se, na Tabela 3, que após período experimental, as concentrações remanescentes ficaram próximas daquelas consideradas naturalmente presentes para os solos do estado de São Paulo, conforme CETESB (2014) e de Minas Gerais, conforme FEAM (COPAM, 2011), regiões cujos solos apresentam características semelhantes a analisada. Para o estado de Goiás, ainda não foram definidos valores de referência de substâncias orgânicas naturalmente presente, conforme preconiza a resolução CONAMA 420/2009, não podendo ser feita comparações.

Esse fato pode estar relacionado à interação do sistema solo-planta, onde a retenção de Cu nas raízes atua como mecanismo de tolerância ao excesso do metal, imobilizando-o na parede celular, assim a planta de alface atua como fitorremediador do solo, extraindo o metal pelas raízes e translocando pelos seus tecidos. Plantas quando expostas à alta concentração de metal pesado apresentam um aumento na produção da ligação metal-proteínas, (MACOVEI et al., 2010).

O fator de bioconcentração (BCF) é a razão entre o elemento potencialmente tóxico no vegetal e no solo, sendo utilizado como indicador da quantidade de metal acumulado na planta. Entretanto, o BCF não é um valor constante, pois pode variar para o mesmo elemento em solos com propriedades químicas diferentes e, de uma planta para outra (BOIM, 2014).

Os valores de BCF obtidos neste estudo estão dentro da faixa naturalmente presente em regiões tropicais conforme estudos realizados por Boim (2014), que compilou valores da concentração crítica de elementos potencialmente tóxicos em várias regiões do mundo. Também, estão de acordo com os valores considerados como adequados, utilizados nas planilhas de avaliação de risco elaboradas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo CETESB (2014) e CSOIL 2000 (BRAND et al., 2007).

Xu et al. (2013) avaliaram amostras de alface cultivadas em áreas urbanas, situadas próximo a uma mineradora na China, com teores de Cu no solo de 107 mg kg^{-1} , e encontraram valores médios do FT de 0,25. Pinto (2016), estudando o fator de bioconcentração de cobre em alface cultivados em dois tipos de solos com teores de cobre variando entre 70 a 85 mg kg^{-1} , assemelhando aos valores encontrados no presente trabalho.

Pinto (2016) avaliou os fatores de bioconcentração e disponibilidade de metais em culturas, verificou que as plantas de alface extraíram pouca quantidade de cobre do solo, acumulando menos de 4% do total aplicado. Segundo o mesmo autor, quanto maior a concentração do elemento potencialmente tóxico no solo, geralmente, menor é o acúmulo deste no vegetal; logo o BCF será menor.

Algumas espécies de vegetais possuem a capacidade de regular a biodisponibilidade do elemento potencialmente tóxico no solo e reduzi-lo na zona radicular (MURRAY et al., 2009), o que conseqüentemente diminui a relação solo-planta (DE VRIES et. al, 2007).

4 | CONCLUSÕES

A casca de ovo moída mostrou-se eficiente na remoção de cobre (II) presente nas águas residuárias, podendo substituir o carvão ativado.

As plantas de alface cultivadas com elevadas concentrações de cobre (II) no solo, embora tenham apresentado menores alturas e diâmetros de copa em relação às plantas submetidas ao tratamento testemunha, não foram verificadas diferenças estatísticas em relação ao peso fresco e percentagem de matéria seca.

Assim o reuso de águas residuárias ricas em cobre (II) submetidas ao processo de filtração com biossorvente natural e posterior reutilização deste biossorvente na produção da hortaliça, mostrou-se como uma técnica ambientalmente adequada, produzindo plantas dentro dos padrões de qualidade e sem contaminação do solo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. A.; VIROLI, S. L. M.; SILVA, F. P.; SOARES, G.B.; Teor de metais em alface (*Lactuca Sativa* L.) cultivadas em sistema convencional em Paraíso do Tocantins. In: 57º Congresso Brasileiro de Química, 2017, Gramado – RS. **Megatendências: Desafios e oportunidades para o futuro da Química: Anais do 57º Congresso Brasileiro de Química, Gramado – RS: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA - ABQ, 2017.**
- AMORIM, F. A. C. Estudo de remoção de Cu(II) em meio aquoso utilizando carvão preparado a partir de casca do licuri (*Syagrus coronata*). **Revista virtual de Química**. vol. 9, n. 5, p. 2121-2134, 2017.
- BARROS, D. C.; CARVALHO, G.; RIBEIRO, M. A. Processo de biossorção para remoção de metais pesados por meio de resíduos agroindustriais: uma revisão. **Revista Biotecnologia & Ciência**, Tocantins, v. 6, n. 1, p.1-15, 2017.
- BOIM, A. G. F. **Derivação de valores críticos de elementos potencialmente tóxicos em solos e avaliação de risco ao ambiente e à saúde. Piracicaba – SP. 2014. 86f.** Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, Piracicaba - SP, 2014.
- BOUAZIZI, H.; JOUILI, H.; GEITMANN, A.; EL FERJANI, E. Copper toxicity in expanding leaves of *Phaseolus vulgaris* L.: antioxidant enzyme response and nutrient element uptake. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, n. 6, p. 1304-1308, 2010.

BRAND, E.; OTTE, P. F.; LIJZEN, J. P. A. CSOIL 2000 an exposure model for human risk assessment of soil contamination, **Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu**, Bilthoven, p. 90, 2007.

CETESB. Decisão de Diretoria no 256-2016-E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005; em substituição aos Valores Orientadores de 2001; e dá outras providências. São Paulo, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo de 03 de dezembro de 2005, retificada em 13 de Dezembro de 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em 25 maio. 2020.

CETESB. Decisão de Diretoria no 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005; em substituição aos Valores Orientadores de 2001; e dá outras providências. São Paulo, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo de 03 de dezembro de 2005, retificada em 13 de Dezembro de 2005. Disponível em:<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em 25 maio. 2020.

CETESB. Planilhas para avaliação de risco em áreas contaminadas sob investigação. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/planilhas-para-avalia%E7%E3o-de-risco/8-planilhas>>. Acesso em 25 maio. 2020.

CIOLA, R. **Fundamentos da Catálise**. Editora da USP, 1ª ed., São Paulo, 1981.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBEINTE. Resolução no 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2009. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em 25 maio. 2020.

CUNHA FILHO, F. F. **Metais pesados em solo, água e hortaliças em áreas produtoras de olerícolas na zona da mata de Pernambuco**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2013.

DE VRIES W., RÖMKENS P.F.A.M., SCHÜTZE G. Critical Soil Concentrations of Cadmium, Lead, and Mercury in View of Health Effects on Humans and Animals. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, NY, vol 191, p. 91-130, 2007.

DUARTE NETO, J. F.; CARTAXO, J. M.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R. Processos de adsorção de corantes em argilas esmectíticas: uma revisão. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 9, n. 1, p. 51–59, 2014.

GILES, CH, SMITH D, HUITSON A. A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm. I. Theoretical. **Journal Colloid and Interface Science**, v. 47, p.755-765, 1974.

GOMES. C. S. M. **Cobre: fisiologia e fisiopatologia**. 2016. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Instituto Superior de Ciências da Saúde Ega Moniz, Almada, 2016.

GONÇALVES, T.O. Teor de metais em alface (*Lactuca Sativa* L.) do tipo crespa e americana cultivadas em sistema hidropônico e convencional. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2016, Gramado – RS. **Alimentação: a árvore que sustenta a vida**. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Gramado, 2016.

HIRAKI, S. S. **Tolerância e potencial fitorremediador de *Jatropha curcas* L. aos metais níquel e cobre**. 2016. 83 f. Tese (Doutorado em Ciências Botânicas) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu - SP, 2016.

ISECKE, B. G. **Adsorção de íons cobre Cu^{2+} em superfície de casca de coco de dendê**. 2012. 46 f. Monografia (Química Industrial) - Universidade Estadual de Goiás. Anápolis. 2012.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Encarte técnico: Informações Agrônomicas. Piracicaba**, n. 118, p. 1-24, jun. 2007.

LANGMUIR, I. The dissociation of hydrogen into atoms. III. The mechanism of the reaction. **Journal of the American Chemical Society**, v. 38, n. 6, p. 1145-1156, jun. 1916. DOI: 10.1021/ja02263a001

LEVESQUE, M. P.; MATHUR, S. P. The effects of using copper for mitigating Histosol subsidence on: 1. The yield and nutrition of oats and lettuce grown on Histosols, mineral sublayers, and their mixtures. **Soil Science**, v. 135, n. 2, p. 88-100, 1983.

LIMA, L. C. C. **Isotermas de adsorção no estudo do comportamento de cobre e chumbo em solos originais e tratados para remoção de matéria orgânica**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2013.

LOPES, A. M. O., **Liberção controlada de complexo de cobre (II) com EDTA de matrizes de quitosana e de ágar**. 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2015.

MACOVEI, A., VENTURA, L., DONA, M., FAE, M., BALESTRAZZI, A., CARBONERA, D. Effect of heavy metal treatments on metallothionein expression. Profiles in white poplar (*Populus alba* L.) cell suspension cultures. **Analele Universitatii din Oradea - Fascicula Biologie**, Oradea, v, 17, n. 2, p. 274-279, 2010.

MANTOVANI, E. C. MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação - princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 359p.

MARTINS, W. A. M.; OLIVEIRA, A. M. B. M.; MORAIS, C. E. P.; COELHO, L. F. O.; MEDEIROS, J. F. Reaproveitamento de resíduos agroindustriais de casca banana para tratamento de efluentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.1, 2015.

MCCABE, W. L, SMITH, J.C., HARRIOT, P., **Unit Operations of Chemical Engineering**, 6ª edição, McGraw-Hill Book Company, 2000. p. 816-817.

MEBRAHTU, GEBREKIDAN; ZERABRUK, SAMUEL. Concentration and health implication of heavy metals in drinking water from urban areas of Tigray region, northern Ethiopia. **Momona Ethiopian Journal of Science**, Mekelle, v. 3, n. 1, p. 105–121, 2011.

MURRAY, H.; THOMPSON, K.; MACFIE, S.M. Site- and species-specific patterns of metal bioavailability in edible plants. **Botany-Botanique**, Ottawa, v. 87, n. 7, p. 702–711, 2009.

NASCIMENTO, J. M. **Estudo da remoção do íon cobre por meio de biossorção usando biomassa de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*)**. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

NEVES, M. G. **Silício e cobre na produção de alface em cultivo sem solo**. 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria- RS, 2016.

OLIVEIRA, S. A. **Estudo de adsorção de metais pesados em zeólitas para fins de uso em barreira reativa**. 2011. 220 f. Dissertação de (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

PEREIRA, J. E. S. **Biossorção de cobre em solução aquosa utilizando os pós das folhas do cajueiro (*Anacardium Occidentale L.*) E da carnaúba (*Copernicia Prunifera*)**. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2017.

PINTO, M. V. S.; SILVA, D. L.; SARAIVA, A. C. F. Obtenção e caracterização de carvão ativado de caroço de buriti (*Mauritia flexuosa L. f.*) para a avaliação do processo de adsorção de cobre (II). **Acta Amazônica**, Manaus – AM, v.4, n. 1, p. 73-80, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672013000100009>

PINTO, F. A. **Fator de bioconcentração e disponibilidade do bário, cádmio, cobre, níquel e zinco em solos e culturas de interesse agrônomo**. 2016. 132f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo/ Escola Superior Luiz de Queiros, São Paulo. 2016. DOI:10.11606/T.11.2016.tde-05072016-162118

ROCHA, W. D. da., LUZ, J. A. M. da., LENA, J. C., ROMERO, O. B. Adsorção de cobre por carvões ativados de endocarpo de noz macadâmia e de semente de goiaba. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 59. n. 4, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672006000400010>

SALVADOR, G. **Estudo da adsorção de cobre (II) usando como adsorvente pó da casca de coco verde ativada com hidróxido de sódio**. Relatório parcial de Estágio Supervisionado (QMC 5512) - Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC. Florianópolis. 2009.

SILVA, L. B. S. **Emprego de adsorventes oriundos da casca de arroz na remoção de cobre em efluentes aquosos**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA, 2013.

XU, D.; ZHOU, P.; ZHAN, J.; GAO, Y.; DOU, C.; SUN, Q. Assessment of trace metal bioavailability in garden soils and health risks via consumption of vegetables in the vicinity of Tongling mining area, China. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, San Diego, v. 90, p. 103-111, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.12.018>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental Health Criteria 200** - Copper. Geneva, 1998.

ESTUDO COMPARATIVO DE CATALISADORES $LA_{(1-X)}CA_XMNO_3$ (X=0,3) VIA MÉTODOS ÚMIDOS PARA APLICABILIDADE ECONÔMICA INDUSTRIAL AUTOMOBILÍSTICA

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 16/11/2020

Symone Leandro de Castro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – RN
<http://lattes.cnpq.br/3750857608670963>

Davidson Nunes de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – RN
<http://lattes.cnpq.br/1926314087403033>

Julia Alanne Silvino dos Santos

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – RN
<http://lattes.cnpq.br/4700151295581789>

Filipe Martel de Magalhães Borges

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal - RN
<http://lattes.cnpq.br/3125652251177322>

RESUMO: O protocolo de Kyoto foi criado para amenizar as emissões de gases poluentes e assim seus impactos. Visando o cumprimento de metas impostas, esse trabalho tem como objetivo o estudo da preparação e caracterização do catalizador automotivo via métodos químicos úmidos. Foram realizadas caracterizações por técnica de difração de raios-x (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR). O DRX indica que a rota gelatina obteve fase única a 700°C, enquanto que, pechini em

sua menor temperatura de calcinação obteve fases secundárias. MEV aponta para ambos dos métodos temperaturas com material poroso e homogêneo e os resultados obtidos do FTIR confirmaram a formação da cerâmica tipo perovskita catalítica segundo a literatura, entretanto, o método gelatina apresenta bandas de maior intensidade a 700°C em relação ao método pechini. Segundo o estudo em relação aos métodos trabalhados o mais atrativo para empresas aplicarem o catalizador por sua questão econômica e eficiência é o método gelatina.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria, Perovskita, Método, Economia, Ambiental.

COMPARATIVE STUDY OF CATALYSTS $LA_{(1-X)}CA_XMNO_3$ (X=0.3) BY WET METHODS FOR AUTOMOTIVE ECONOMIC APPLICATION

ABSTRACT: The Kyoto protocol was created to decrease emissions of pollutant gases and thus their impacts. Aiming at the fulfillment of imposed goals, this work aims at the study of the preparation and characterization of the automotive catalyst via wet chemical methods. Characterizations were performed by X-ray diffraction technique (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). The XRD indicates that the gelatine route obtained a single phase at 700°C, while pechini at its lowest calcination temperature obtained secondary phases. SEM points to both methods temperatures with porous and homogeneous material and the results

obtained from FTIR confirmed the formation of catalytic perovskite ceramic according to articles already published, however, the gelatine method presents bands of higher intensity at 700°C compared to the pechini method. According to the study, the most attractive method for companies to apply the catalyst for its economic and efficiency reasons is the gelatin method.

KEYWORDS: Industry, Perovskite, Method, economy, environment.

1 | INTRODUÇÃO

O número crescente da circulação de veículos no mundo proporcionada pela alta atividade industrial automobilística é um dos fatores que contribuem fortemente para a poluição da atmosfera, que segundo a figura 1 aumenta exponencialmente, a qual ocorre por meio de liberação de gases como monóxido de carbono, que são nocivos ao meio ambiente e a saúde humana (SILVEIRA e MUSSI, 2011). Através dessa preocupação, 55% dos países mais poluidores se comprometeram assinar o protocolo de Kyoto, em 1995 no Japão (HELLVIG, E.L e FLORES-SAHAGUN, T.H.S; 2020). O protocolo propõe três mecanismos para auxiliar o cumprimento de metas (SILVEIRA e MUSSI, 2011), dentre eles o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), conhecido como o mercado de créditos de carbono, onde visa países desenvolverem projetos para reduzir a emissão ou emitir a venda a países que não conseguiram reduzir até a sua meta, flexibilizando assim o lucro de países sustentáveis e auxílio a países que são comprometidos a reduzir por serem os mais poluidores. Essa flexibilização movimentou bilhões de dólares nos últimos anos e ocasionou a redução de bilhões de toneladas de dióxido de carbono, gerando assim, um equilíbrio entre o crescimento econômico e o meio ambiente.

Um dos métodos de auxílio para essa redução, e assim ajudar os países mais poluidores e aqueles que vendem seu crédito de carbono é o uso de catalizador automotivo (MARQUES et al.,2019a; CARVALHO et al.,2020), que, através da aplicabilidade por empresas automobilísticas, proporciona reduções significantes a seus países (NOUSHEEN et al., 2020).

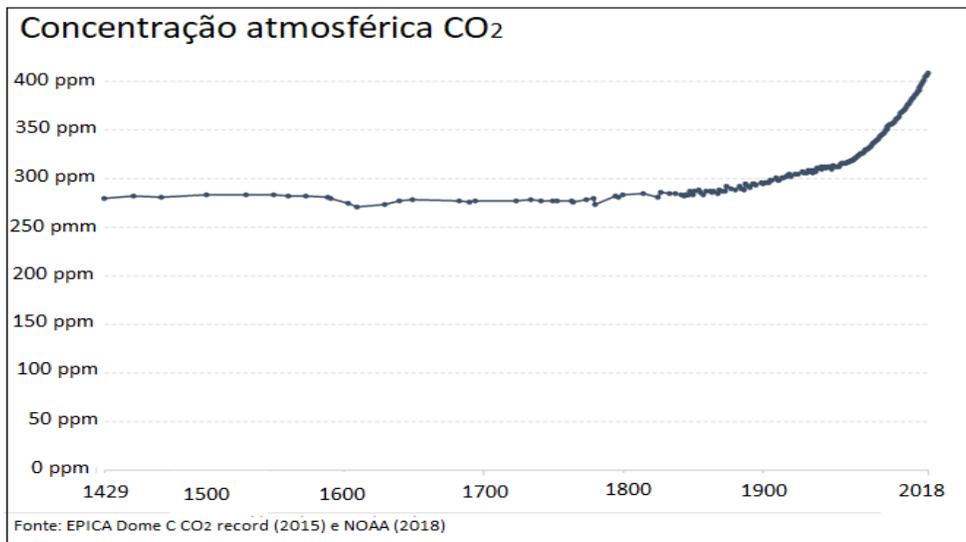


Figura 1 - Concentração atmosférica média global de longo prazo de dióxido de carbono (CO₂), medida por milhão (ppm).

Esse trabalho tem como objetivo a preparação e caracterização de catalisadores automotivos para a conversão de compostos orgânicos voláteis (COV's) em gases menos nocivos (VOORHOEVE et al.,1976; MARQUES et al.,2018) contribuindo assim com os objetivos 3, 8, 9, 13,17 da agenda 2030 Organização das Nações Unidas (ONU). Tendo como finalidade a síntese e caracterização estrutural, morfológica e física da perovskita La_(1-x)Ca_(x)MnO₃ (x=0,3) via precursor polimérico, pechini, e precursor orgânico, gelatina (CARVALHO et al.,2019).

Foi realizada caracterização estrutural por técnica de difração de raios-x (DRX), morfológica por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e física por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), para realização de estudo entre métodos químicos úmidos para uma análise de qual método possui o custo mais acessível e rápida aplicabilidade para tornar o catalisador mais viável para indústrias automobilísticas (ANDEWI, 2020).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foram sintetizadas duas cerâmicas de composição La_{1-x}Ca_xMnO₃ (x=0,3) pelos métodos químicos úmidos via precursor polimérico e orgânico (pechini e gelatina). Para a síntese foi utilizado os reagentes: nitrato de cálcio [Ca(NO₃)₂·4H₂O MM: 236,15 g.mol⁻¹ (99%-Vetec)], cloreto de manganês [MnCl₂·4H₂O MM: 197,91 g.mol⁻¹ (98,0%-Vetec)] e nitrato de lantânio [La(NO₃)₃·6H₂O MM: 433,01 g.mol⁻¹ (99.9%-Vetec)]. No método Pechini foi

utilizado como complexante etilenoglicol $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ - (99%, Vetec) e como polimerizante ácido cítrico $C_2H_6O_2$ - (99%, Vetec), já para o método precursor orgânico, foi usado gelatina comercial (Farmafórmula) a qual tem ação complexante e polimerizante. Para a obtenção da massa teórica desejada de 7g, foram feitos cálculos estequiométricos. Em seguida, os reagentes foram colocados lentamente em 150 mL de água destilada e diluído seus respectivos sais precursores. Após a dissolução, foi obtida a resina polimérica via Pechini e precursor orgânico estas foram levadas para pré-calcinação a $300^\circ C/4h$ com taxa de aquecimento $5^\circ C/min$ e calcinados a temperaturas de $700^\circ C$ e $900^\circ C/4h$ mantendo-se uma taxa de aquecimento constante, de $10^\circ C \text{ min}^{-1}$, em um forno mufla. Processo explicativo no fluxograma na figura 2 remete a síntese pelo método úmidos molhados pelas rotas pechini e gelatina e as caracterizações realizadas. Os materiais obtidos foram desaglomerados por maceração manual e analisados por difração de raios-x (DRX) com tubo de cobre, voltagem de 40,0 kV e corrente de 30,0 mA, numa faixa angular de 10 a 80° (2θ) em equipamento Shimadzu XRD-6000, e os resultados das fases estudadas dos difratogramas foram analisados no programa Crystallographica Search-Match, microscopia eletrônica de varredura (MEV) realizada com detector de elétrons retroespalhados e aumento de 4000 vezes, em equipamento Hitachi TM3000 e espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier IRTracer-100 da Shimadzu, possuindo relação sinal de 60.000:1, tendo resolução de $0,25 \text{ cm}^{-1}$.

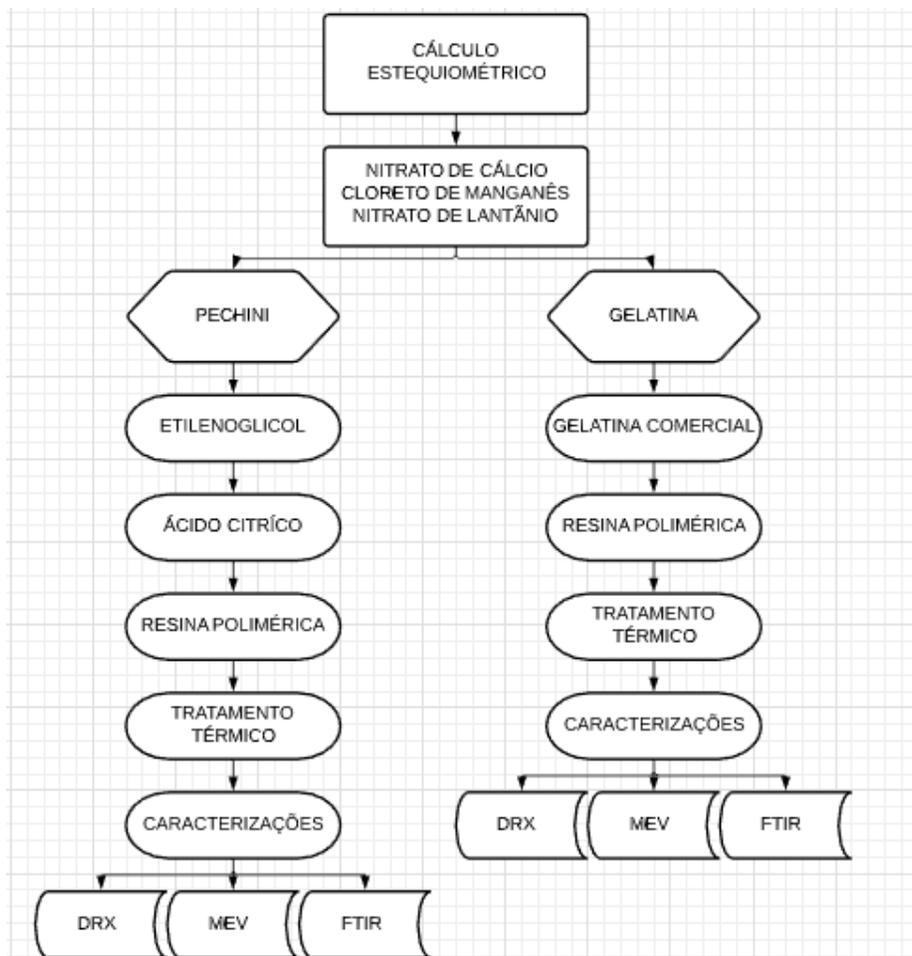


Figura 2 – Fluxograma explicativo da síntese e caracterizações dos métodos químicos molhados, pechini e gelatina

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do resultado dos difratogramas foi possível observar que houve formação da estrutura perovskita catalítica parcialmente substituída em ambos precursores, e, além disso, como pode ser observado nas figuras 3 e 4, houve formação de fases secundárias para a amostra calcinada a 700°C e formação de fase única apenas a 900°C no precursor polimérico (pechini), já no precursor orgânico (gelatina) foi observado fase única em ambas temperaturas de calcinação. As tabelas 1 e 2 apresentam as cartas cristalográficas obtidas no software X'Pert HighScore Plus, confirmando as fases obtidas no DRX.

Amostra	Temperatura	Fase	Cartas
Pechini	700°C	$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	89-8084
		Mn_3O_4	89-4837
	CaO	74-1349	
	La_2O_3	83-1349	
	900°C	$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	89-8081

Tabela 1 – Fases das amostras calcinadas via pechini a 700 e 900 °C/4h.

Amostra	Temperatura	Fase	Cartas
Gelatina	700°C	$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	96-152-1155
	900°C	$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	96-152-1155

Tabela 2 – Fases das amostras calcinadas via gelatina a 700 e 900 °C/4h.

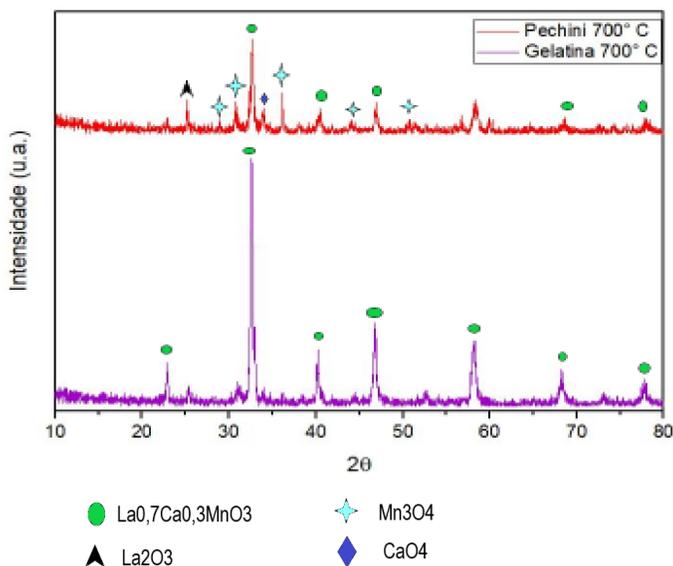


Figura 3 – Difratomogramas de raios-x das composições obtidas pelas rotas pechini e gelatina à temperatura de calcinação 700°C/4h

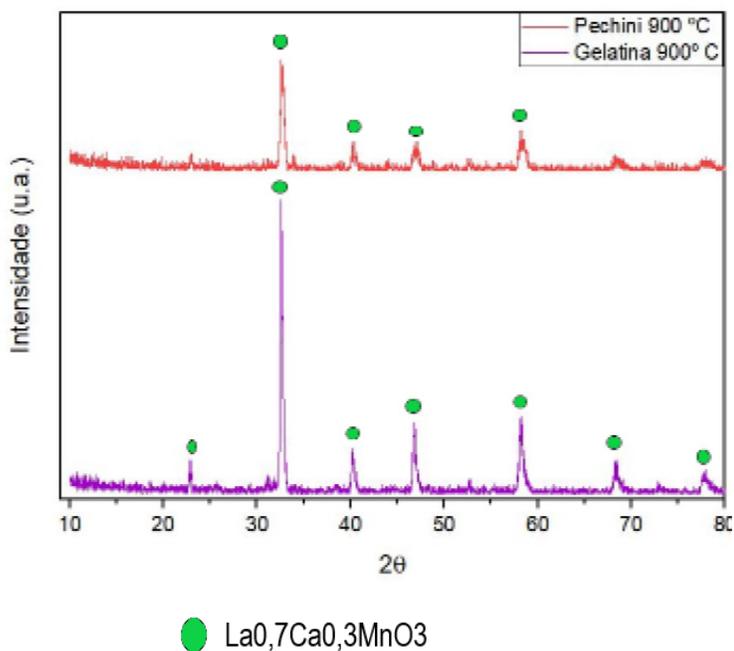


Figura 4 – Difratomogramas de raio x das composições obtidas pelos métodos pechini e gelatina à temperatura de calcinação 900°C/4h

Analisando as imagens do MEV é possível observar que todos os quatro materiais apresentaram propriedades como porosidade e homogeneidade como pode ser visto na figura 5. Essas características são esperadas em um material catalítico e é de fundamental importância, pois é através dos poros que ocorre o mecanismo de adsorção e dessorção, para que ocorram, sobre a superfície, as reações para a conversão dos gases poluentes (ERIC et al.,2012).

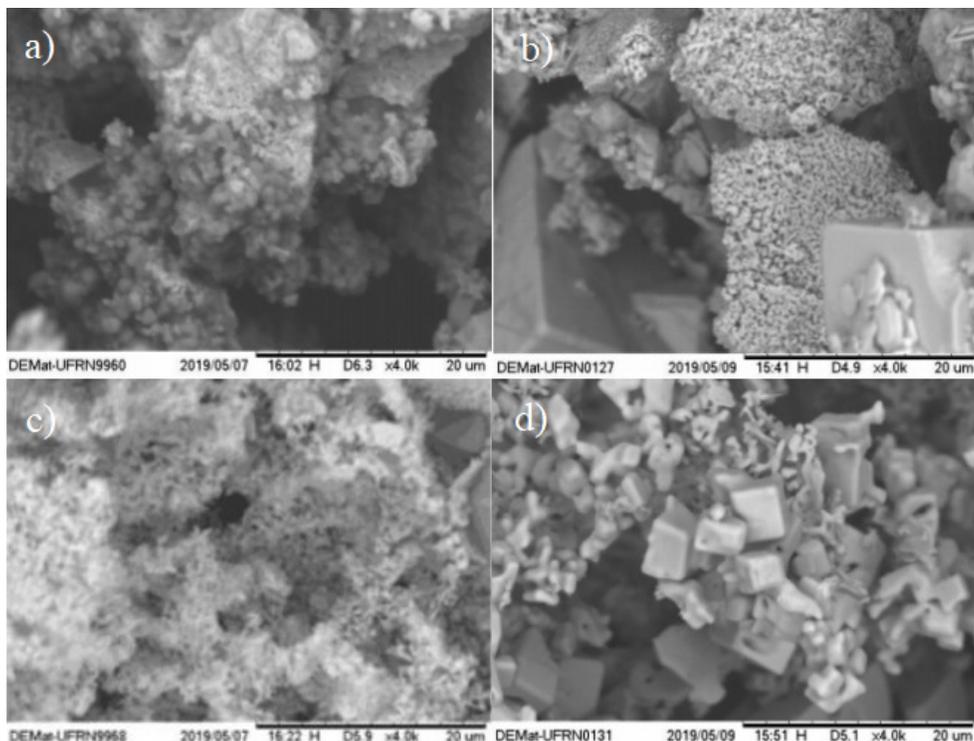


Figura 5 – Micrografia: a) Pechini à 700°C /4h; b) Pechini à 900°C /4h; c) Gelatina à 700°C /4h; d) Gelatina à 900°C /4h.

A partir das análises dos espectros de FTIR, via pechini, nota-se a presença de bandas fortes e largas na região do infravermelho, para as duas temperaturas de calcinação, entre 3000 e 3700cm^{-1} devido ao estiramento da hidroxila (O-H) contida nos reagentes percussores, como etileno glicol (função diol) resultante da associação polimérica, e apresentou bandas de pequena intensidade referentes ao ácido carboxílico (C=O) do ácido cítrico que a medida que a temperatura de calcinação aumenta, obtém-se menor intensidade destas bandas características. Na região em torno de 600 cm^{-1} há a presença de bandas metal-Oxigênio, que à medida que a temperatura de calcinação aumenta, mais intensa fica a banda, indicado a formação da fase (BORGES,2003).

Com a rota gelatina, podemos observar um pico em torno do intervalo de $3450 - 3400\text{ cm}^{-1}$ em todas as análises das composições, devido ao estiramento N-H em amidas, presente no composto Gelatina. Na qual, a presença de outro pico é observada em torno de $1630 - 1650\text{ cm}^{-1}$, correspondente a ligação C=O de amidas terciárias, tendo o estiramento C-O, nessa banda. No qual, no início da análise, temos a banda característica da ligação do metal com oxigênio em torno de 500 cm^{-1} , tendo a formação da fase perovskita (MARQUES et al., 2019b). Durante a análise, as intensidades das bandas vibracionais permaneceram

praticamente inalteradas, diminuindo levemente com a mudança da temperatura de calcinação. Esses resultados podem ser analisados nas figuras 6 e 7.

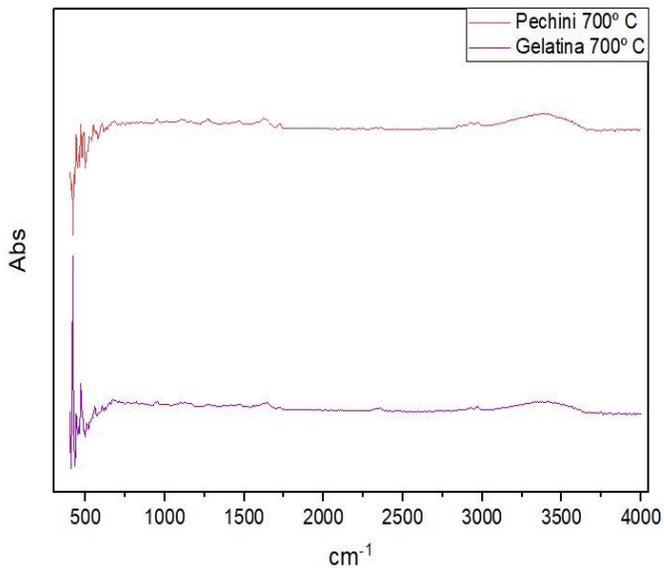


Figura 6 – Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier de pechini e gelatina nas temperaturas de calcinação de 700°C/4h

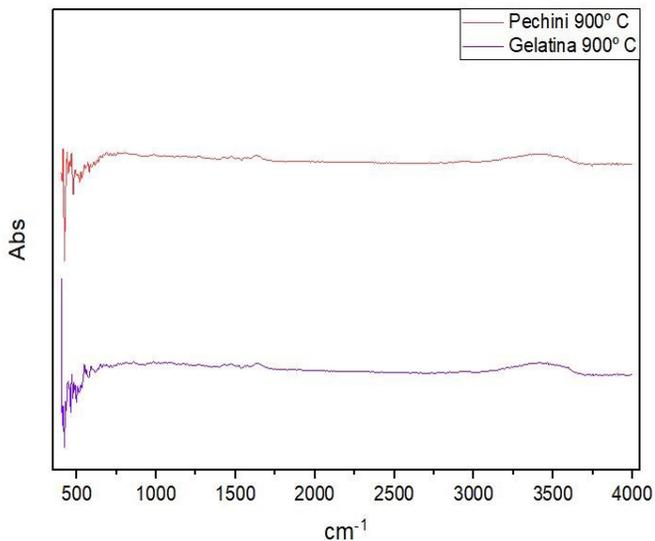


Figura 7 – Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier de pechini e gelatina nas temperaturas de calcinação de 900°C/4h

4 | CONCLUSÃO

As composições $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$ via pechini e gelatina, mostraram potenciais candidatos a catálise automotiva, uma vez que apresentaram propriedades que corroboram com isto, como porosidade, homogeneidade e obtenção da fase perovskita. No entanto, o método gelatina mostrou-se ser mais viável, pois segundo o DRX foi obtida fase única a 700°C , enquanto que via pechini só obteve sua fase única a 900°C , e de acordo com FTIR, enquanto pelo gelatina obteve bandas praticamente inalterada com a mudança de temperatura de calcinação, as bandas do método pechini obteve uma intensidade maior a 900°C . Logo, levando em conta fatores econômicos empresariais o método mais adequado entre as empresas para a aplicação de catalizador nos automóveis é a perovskita preparada via gelatina, pois a resina polimérica é obtida com um menor tempo de síntese, como também a empresa obtém o catalisador a menor temperatura de calcinação, 700°C , não precisando assim, elevar os custos para obtenção do material a temperaturas mais elevadas e obtém uma maior economia dos reagentes orgânicos em relação ao precursor polimérico (pechini), pois fora a relação de reagentes que os métodos químicos úmidos possuem em comum, os sais precursores metálicos, o precursor orgânico (gelatina) utiliza apenas um reagente orgânico com a função de complexante e polimerizante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), à Escola de Ciências e Tecnologia da UFRN (ECT/UFRN), ao Laboratório de Materiais Multifuncionais e Experimentação Numérica (LAMMEN) da EC&T ao Departamento de Engenharia de Materiais da UFRN (DEMat-UFRN), à Pró-reitoria de Pesquisa da UFRN (PROPESQ).

REFERÊNCIAS

Andewi Rokhmawati. **Profit Decomposition: Analyzing the Pathway from Carbon Dioxide Emission Reduction to Revenues and Costs**. International Journal of Energy Economics and Policy, 10(4), 150-160, 2020.

Borges, F.M.M. **Preparação, caracterização e propriedades catalíticas de óxidos cerâmicos tipo Perovskita**. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Matérias) – Centro de Ciência Exatas e da Terra, Programa de Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

Carvalho, C.C.; Borges, F.M.M.; Marques, A.C.; Castro, S. L.; Oliveira, D.N.; **Influeência da substituição de cácio e bário em composições de perovskita $\text{TR}_{(1-x)}\text{M}_x\text{O}_3$ (TR =Pr,Gd), (M= Ca, Ba) (X=0,2) na atividade catalítica**. In: Henrique Ajuz Holzmann. (Org.). *Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais*. 1ed. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020, v. , p. 108-118.

Carvalho, C.C.; Borges, F.M.M.; Marques, A.C.; Campos, A. S.; Freire, F. O.; Ruiz, J. A. C.; **Estudo comparativo de perovskitas catalíticas obtidas por métodos químicos molhados para conversão dos COVs**. In: Tayronne de Almeida Rodrigues; João Leandro Neto; Dennyura Oliveira Galvão. (Org.). Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia 4. 1ed.Ponta Grossa /PR: Atena Editora, 2019b, v. 4, p. 239-248.

ERIC, C. et al. **Catalytic oxidation of ethylene at low temperatures using porous copper manganese oxides**. Applied Catalysis A: General 421-422. P. 54-160, 2012.

Hitchie, Hannah; Roser, Max. **CO2 and Greenhouse Gas Emissions**, Our World in Data, dezembro de 2019. Disponível em: < <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> > Acesso em: 10 de junho. De 2020.

H. Chen, et al. **Precise fabrication of surface-reconstructed LaMnO3 perovskite with enhanced catalytic performance in CH4 oxidation**. Applied Surface Science 505, 144112, 2020.

Hellvig, E.L; Flores-Sahagun, T.H.S; **Desenvolvimento Sustentável para empresas brasileiras: a nova proposta da Economia Hipocarbônica como estratégia de obtenção de lucros através dos créditos de carbono**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 5, p. 25456-25472, may. 2020.

J. Jouannaux, et al. **Lanthanum manganite perovskite ceramic powders for CO2 splitting: Influence of Pechini synthesis parameters on sinterability and reactivity**. Ceramics International 45, 15636–15648, 2019.

Marques, A.C Campos, A. S.; Borges, F.M.M.; Carvalho, C.C.; Freire, F. O.; Ruiz, J. A. C.; **Efeito da contração lantanídica na atividade catalítica das perovskitas $A_{(1-x)}Ca_xMnO_3$ (A = La, Pr, Gd)**. In: Tayronne de Almeida Rodrigues; João Leandro Neto; Dennyura Oliveira Galvão. (Org.). Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia 5. 1ed.Ponta Grossa (PR): Editora Atena, 2019a, v. 5, p. 261-271.

Marques, A.C.; Carvalho, C.C.; Borges, F.M.M.; Castro, S. L.; Oliveira, D.N.; **Estudo comparativo da substituição parcial de cálcio na rede cristalina da perovskita $La_{(x-1)}Ca_xMnO_3$ (x= 0 e x= 0,3)**. In: Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica (CICT). 30º edição. 2019b. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN),2019. Disponível em: <http://www.cic.propesq.ufrn.br/pagina.php?a=c_oquee>. Acesso em: 1 de junho de 2020.

Marques, A. C.; Campos, A. S.; Borges, F. M. M.; Carvalho, C. C.; Fernandes, M. C. M.; Freire, F. O.; Ruiz, J. A. C.; Paiva, A. K. O. **Estudo da influência da proporção do substituinte cálcio na atividade catalítica na rede perovskita $La_{(1-x)}Ca_{(x)}MnO_3$ (X=0,2 e 0,4)**. In: Marcia Regina Werner Schneider Abadala. (Org.). Ciência e Engenharia de Materias. 1ed.Ponta Grossa-PR: Atena Editora, 2018, v. 1, p. 51-60.

Nousheen. A. et al.. **Education for sustainable (ESD): Effects of sustainably education on pre-service teacher's attitude sustainable development (SD)**. Journal of Cleaner Production 250, 2020.

Voorhoeve. R. J. H. et al. **HCN from the Reduction of NO over Platinum, Palladium, Ruthenium, Monel and Perovskite Catalysts**.Journal of catalysis. New Jersey, 45, 297-304, 1976.

Silveira, Bruno; Mussi, Augusto. **A comercialização de créditos de carbono e seu impacto econômico econômico e social**. Análise, Porto Alegre, v. 22,n. 1,p. 72-88, jan/jun. 2011.

IMPLEMENTAÇÃO DE UM DETECTOR DE CONTAS BOTS EM REDES SOCIAIS

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 28/09/2020

Mateus da Silveira Colissi

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/9027071770132048>

Guilherme Chagas Kurtz

Universidade Franciscana
Santa Maria – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/7593120133985945>

Sylvio André Garcia Vieira

Universidade Franciscana
Santa Maria – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/6517968488391010>

Alexandre de Oliveira Zamberlan

Universidade Franciscana
Santa Maria – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/0691587342173099>

RESUMO: O alto crescimento da popularidade de redes sociais como Twitter tem sido acompanhado pelo aumento de poluidores de conteúdo. Notícias falsas ou manipuladas, disseminadas por bots e compartilhadas por humanos, levam a uma fabricação do consenso da população, assunto a ser levado em consideração em eleições. Portanto, o objetivo deste trabalho é implementar um detector de contas bots na plataforma social Twitter, em que foram extraídas informações relevantes de contas sociais,

baseada em determinadas heurísticas, a fim de evitar a manipulação do conteúdo das redes sociais. As tecnologias utilizadas são Python, Tweepy, MongoDB, JSON, etc. Os resultados são a modelagem da solução, técnicas para detecção de bots e validação dos resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Bots, Redes Sociais, Detector de Contas Bots.

IMPLEMENTATION OF A BOTS ACCOUNT DETECTOR IN SOCIAL NETWORKS

ABSTRACT: The growing popularity of social networks like Twitter has been accompanied by the rise of content polluters. Fake or manipulated news, disseminated by bots and shared by humans, lead to a fabrication of a population consensus, a subject to be taken into consideration during elections. Therefore, the object of this work is to implement a bot account detector on the Twitter social platform, in which relevant social account information was extracted based on specific heuristics in order to avoid manipulation of social network content. The technologies used are Python, Tweepy, MongoDB, JSON, etc. The results are solution modeling, bot detection techniques and validation of results.

KEYWORDS: Bots, Social Networks, Bot Account Detector.

1 | INTRODUÇÃO

Com a popularidade dos serviços das redes sociais tornou-se extremamente fácil e ágil a interação, o compartilhamento de informações ou opiniões e a comunicação com outros grupos

de pessoas. A população está tão envolvida nessas plataformas que o conteúdo distribuído nessas conexões causa um grande impacto ao ponto de influenciar decisões no seu dia a dia. Bots ou sistemas autônomos são abundantes em uma rede social. Eles são criados com uma série de propósitos, como notícias, *marketing*, *spamming*, divulgação de conteúdo malicioso, e campanhas políticas, conforme aponta (CHU et al., 2010). Segundo o autor, estima-se que 51,8% de todo tráfego na internet é gerado por bots. Em redes sociais como Twitter percebeu-se um grande aumento na população de bots, que segundo informações do próprio site, em 2014, 5% do total de usuários eram de contas falsas ou *spams* (GILANI et al., 2017). Com isso, detectar esses bots pode ajudar a prevenir que a opinião e o consenso das pessoas sejam influenciados por esses sistemas autônomos, evitando e repudiando a divulgação de informações falsas.

O avanço na inteligência artificial permitiu aos programadores a produção de sistemas automatizados (*socialbots*) que são capazes de interagir com usuários legítimos e compartilhar conteúdo baseados em um critério específico. Com essa tecnologia, esses bots atingiram um nível capaz de simular o comportamento humano, e com isso houve o acréscimo na dificuldade de sua detecção nas mídias sociais (XIE et al., 2012). Usuários reais, ao se depararem com essas informações, tendem a contribuir com o bot, seja compartilhando ou mencionando sua divulgação, conferindo assim, uma maior credibilidade para o conteúdo falso (ITAGIBA, 2017).

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho é implementar um detector de contas bots em redes sociais utilizando a *API (Application Program Interface)* do Twitter.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Bots são sistemas autônomos (robôs) criados para imitar ações desejadas pelo seu administrador, tais como bots da rede social Twitter, que são configurados para seguir pessoas (*follow*), postar e direcionar mensagens, enviar *URLs* ou *hashtags*. São capazes de compreender uma consulta (comando, ordem, questão) de um humano (ou bot mestre) e entregar uma resposta adequada (ITAGIBA, 2017). Os bots são utilizados há bastante tempo em aplicativos de mensagens mais famosos como Facebook, Skype e chatbots. Em 1966, Joseph Weizenbaum criou um “bot” chamado ELIZA que alcançou grande popularidade ao simular uma conversa com um terapeuta por meio da digitação (MARTIM, 2017). Os bots também são observados em diferentes situações, tais como: inteligência artificial em jogos; grupo de *botnets* (grupo de computadores “sequestrados” utilizado para ataques, ou fins maliciosos); assistentes virtuais, como no caso da Siri e Cortana; e finalmente como divulgador de informações/contéudo (os *socialbots*) (MARTIM, 2017).

Socialbots são softwares automatizados com objetivo de propagar conteúdo, possuem potencial malicioso para comprometer contas, espalhar *spams*, postar mensagens e enviar requisições de conexão. Eles são desenvolvidos para mimetizarem o ser humano,

seja imitando um usuário de uma rede social, ou simulando seu comportamento com inteligência artificial (BOSHMAF et al., 2013).

Segundo (WOOLLEY e GUILBEAULT, 2017), na eleição presidencial dos Estados Unidos em 2016, exércitos de bots permitiram que campanhas, candidatos e apoiadores alcançassem dois critérios chaves durante a eleição: (i) fabricar consenso; e (ii) democratizar a propaganda na rede. Os robôs de mídia fabricaram o consenso ampliando artificialmente o tráfego em torno de um candidato ou assunto político.

Uma rede social possui três tipos de usuários: humanos, bots e ciborgues (CHU et al., 2010). A categoria bots é, especificamente, dividida em: bots autodeclarados (informam o tempo, hora atualizada, etc), *spambots* (distribuem grandes quantidade de conteúdo não solicitados para os usuários) e *socialbots* (distribuem notícias, e interagem com usuários em redes sociais) (BOSHMAF et al., 2013). Para diferenciá-las, assume-se que humanos postam conteúdos pensativos e sentimentais, enquanto que os bots enviam conteúdos com tuítes automatizados, ou seja, conteúdo não original (tuítes copiados e abundância de retuítes – Figura 1), *spam* ou *URLs* maliciosos e links com conteúdo não relacionados. Ciborgues, por sua vez, postam diferentes tipos de tuítes, geralmente contendo um conteúdo original mais um agregador de conteúdo *RSS* (*Really Simple Syndication*) (CHU et al., 2010). Utiliza-se métodos ou ferramentas para diferenciar as classes bots, que podem ser via trabalho manual, como por rotulagem, ou automática, por meio de contas armadilhas (*honeypots*) ou por aprendizado de máquina por meios de técnicas de reconhecimento de padrões. Sendo que o principal componente da detecção é feito através da comparação do conteúdo postado por uma conta já rotulada como bot, e uma conta suspeita (LEE et al., 2010).



Figura 1 - Tuíte com conteúdo não original

A detecção de bots pode ser feita por diversas abordagens, sendo que a mais efetiva depende da rede social que deseja-se aplicar a detecção. Isso acontece devido aos diferentes dados providos pela *API* das redes sociais. Além da rede social, o tipo de

bot que se deseja detectar também influencia no método escolhido para detecção, devido a diferentes abordagens nos níveis de comunicação (HAUGEN, 2017). Para detecção de *socialbots* no Twitter, frequentemente são utilizados métodos automatizados como *honeypots* e reconhecimento de padrões, que combinados com um conjunto de heurísticas e um *dataset* rotulado com dois tipos de contas (*spammers* ou legítimas), apresentam uma alta precisão na detecção (LEE et al., 2011).

Honeypots são contas armadilhas para automatizar a detecção de *socialbots*, com a finalidade de monitorar e armazenar o comportamento de ataques ou *spams*. Esse método assume que usuários não seguem bots, ou seja, a detecção dos bots é dada quando um bot segue a conta *honeypot*. Conforme a conta *honeypot* coleta evidências de *spams*, considerando um conjunto de heurísticas para precisão da detecção, as informações são extraídas do perfil suspeito, tais como: número de amigos, idade, entre outros (LEE et al., 2010).

Heurísticas são critérios, métodos ou princípios para decidir entre muitas alternativas, qual será a ação mais efetiva a fim de atingir um objetivo (PEARL, 1984), ou seja, que não garante ser a mais otimizada ou perfeita, mas suficiente para os objetivos imediatos. As heurísticas para detecção de bots podem ser classificadas em quatro categorias: (i) demográfica, no qual é levada em consideração a idade da conta e o tamanho do nome na tela em relação com o nome da conta, em que é verificado se ambos possuem os mesmos caracteres, se não contém letras e números aleatórios ou se contém a palavra bot; (ii) conectividade, analisando o percentual de amigos bidirecionais (*followers/following*), como é demonstrado na Equação 1:

$$\frac{|following \cap followers|}{|following|} \text{ e } \frac{|following \cap followers|}{|followers|} \quad (1)$$

em que o módulo da intersecção de *followers* e *following* dividido pelo módulo dos *following*, e o módulo da intersecção de *followers* e *following* dividido pelo módulo de *followers*, demonstram esse percentual; (iii) conteúdo, em que são verificadas *URLs* e tuítes únicos; e (iv) histórico, calculando o desvio de *followers* durante o tempo, como é demonstrado na Equação 2:

$$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} (f_i + 1 - f_i)} \quad (2)$$

em que n é o número total de registros temporais e históricos registrados informados, e l significa o número de seguidores do usuário extraído em informações temporais e históricas (LEE et al., 2011).

Medida F_1 é a média ponderada de precisão (proporção dos casos positivos previstos que são corretamente positivos reais (POWERS, 2011)) e *recall* (proporção dos casos reais positivos, que são corretamente previstos como positivos (POWERS, 2011)).

$$F_1(u, b) = 2 \frac{PR}{P + R} \quad (3)$$

em que,

$$P = \frac{|u \cap b|}{|u|} \quad (4)$$

é a precisão do modelo, e

$$R = \frac{|u \cap b|}{|b|} \quad (5)$$

é o *recall*, em que dado um conjunto de todos os usuários U e um conjunto de bots rotulados $b \subset U$, no qual essa medida identifique um conjunto de usuários $u \subset U$ (MORSTATTER et al., 2016).

3 | TRABALHOS CORRELATOS

Segundo (GILANI et al., 2017) é possível estudar os efeitos dos bots no Twitter ao configurar uma conta bot e realizar análises em um conjunto de dados no servidor Web. Com esse estudo percebeu-se que utilizando duas características relevantes como frequência de cliques e *user agent string* (relata à um site informações sobre o navegador e o sistema operacional) é possível montar um classificador de contas bots. Com isso, conclui-se que os bots eram apenas 4,08% dos visitantes, mas responsáveis por quase metade da frequência de cliques (44,91%). A partir disso, o autor realizou uma análise de séries temporais ao levar em conta a frequência de cliques em uma única conta do usuário do Twitter, percebendo assim sua correlação com o comportamento automatizado.

Conforme (MORSTATTER et al., 2016), para detectar bots o autor propôs uma Medida F_1 , como ilustra a Equação 3 no Seção 2. O autor usou um modelo de detecção no qual considera o *recall* em sua formulação em conjunto com heurísticas populares para detecção de contas bots. Para o uso desses métodos, foram utilizados dois *datasets* rotulados durante diferentes processos.

Segundo (LEE et al., 2011), adotar uma estratégia utilizando *honeypots* é vantajoso pois: (i) evidências são coletadas automaticamente; (ii) não necessitam interferência de usuários; (iii) identificam e filtram novas características que podem ser incorporadas ao conteúdo. Com base nas informações coletadas, uma ampla variedade de recursos é criada a partir de uma das quatro categorias a seguir: *User Demographics (UD)*: recursos extraídos de informações descritivas sobre uma conta; *User Friendship Network (UFN)*: recursos extraídos de informações de amizades; *User Content (UC)*: recursos extraídos de tuítes postados; e *User History (UH)*: recursos extraídos das informações de perfil temporal e histórico de usuários. Com esses identificadores, testou-se algoritmos de detecção usando o *Weka machine learning toolkit* (coleção de algoritmos de aprendizado de máquina e ferramentas de pré processamento de dados (WITTEN et al., 2016)). O autor obteve 95% a 98% de precisão na detecção, em particular o método *Random Forest* (constrói uma grande quantidade de árvores de decisão para fora do subconjunto de dados a partir de um treinamento único definido) foi o que produziu a maior precisão. Para melhorar esse método, técnicas de *boosting* (algoritmos que aumentam a força de previsão) e *bagging* (algoritmos que minimizam a variância da previsão) foram aplicadas posteriormente, formando um classificador composto no qual resultou em um aumento da precisão da detecção.

4 | METODOLOGIA

Um estudo de técnicas de reconhecimento de padrões foi realizado para que seja possível aplicá-los na detecção de bots, e, a partir disso, desenvolver um detector completamente automatizado. O treinamento dos dados do *dataset* é constituído de informações extraídas pertencentes às categorias: *UD*, *UFN* e *UC*, definindo assim uma estratégia baseada nas heurísticas de detecção de bots.

Neste trabalho é implementado um modelo baseado na Medida F_1 , que deve considerar precisão e *recall*, através da aplicação de heurísticas comuns para detecção de bots. Essas heurísticas foram escolhidas com base em que bots: (i) não postam conteúdos originais; (ii) promovem conteúdo e *URLs*; (iii) geralmente são *spammers*; e (iv) não são seguidos por humanos. Um *parser* (é um analisador sintático) deverá ser implementado para analisar as informações extraídas do Twitter, em que o modelo é composto por: fração de retuítes; média do tamanho do tuíte; fração/quantidade de *URLs*; média de tempo entre *posts*; número de *followers* e *following*. Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado a linguagem de programação Python, o sistema gerenciador

de banco de dados MongoDB, e a integração com a API do Twitter via Tweepy, permitindo assim a extração das informações do usuário a fim de popular um *dataset* necessário para o desenvolvimento do classificador. Partindo de dados bases são utilizadas as informações contidas no *dataset* americano caverlee-2011 (<https://botometer.iuni.iu.edu/bot-repository/datasets/caverlee-2011/caverlee-2011.zip>) (LEE et al, 2011), com a finalidade de validar os resultados. É presente no *dataset* informações da conta (bot ou humana) pertencentes as categorias *UD*, *UFN*, *UC* e *UH*, como: quando foi criada, número de *followers* e *following*, tuítes, informações dos tuítes, etc. Também para validação dos resultados, utiliza-se métricas padrões apresentadas na Seção 2 como: (i) precisão; (ii) *recall*; (iii) Medida F_1 ; (iv) *fall-out*, como demonstra a Equação 6:

$$F = 1 - \frac{|U - G - B|}{|U - G|} \quad (6)$$

que calcula quantos “alarmes falsos” encontrados; (v) falsos positivos; e (vi) verdadeiros positivos (MORSTATTER et al., 2016), nos grupos classificados como bots, bots conhecidos e todos os usuários, representados na Figura 2. Precisão é uma proporção da observação corretamente prevista para o total observado. Quanto mais alta a precisão, melhor é o modelo utilizado. *Recall* é a proporção de observações positivas previstas corretamente. Medida F_1 é a média ponderada de precisão e *recall*, portanto essa medida deve levar em conta os falsos positivos e os falsos negativos (MORSTATTER et al., 2016). Falso positivo acontece quando uma conta é prevista/classificada como bot, mas que na realidade é humana. Verdadeiro positivo é quando uma conta é prevista/classificada, por exemplo, como bot, e a conta era realmente um bot.

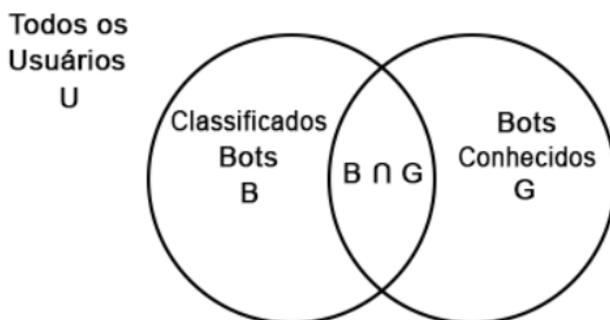


Figura 2 - Modelo precisão – Recall

A Figura 3 ilustra, visão geral, o diagrama de classe com as relações entre as classes: *UserAccount* gera objeto de uma conta de usuário, apresenta métodos responsáveis por

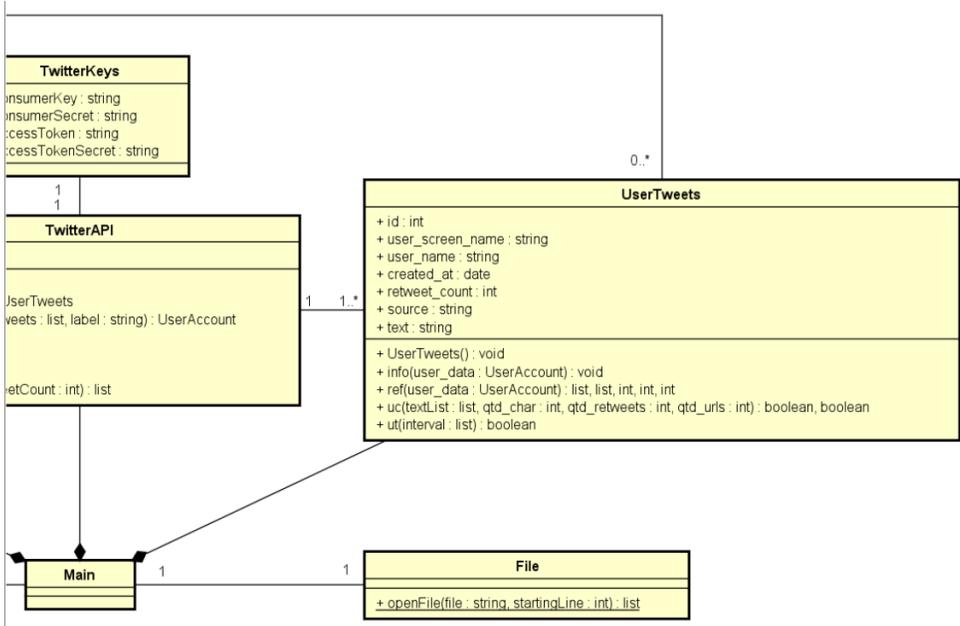


Figura 4 - Diagrama de classe para fornecer uma visão de domínio do sistema

Após criar um objeto do tipo *UserTweets* a *Main* acessa a *TwitterAPI* para criar um objeto do tipo *UserAccount* com as informações e tuítes (objeto *UserTweets*) do usuário.

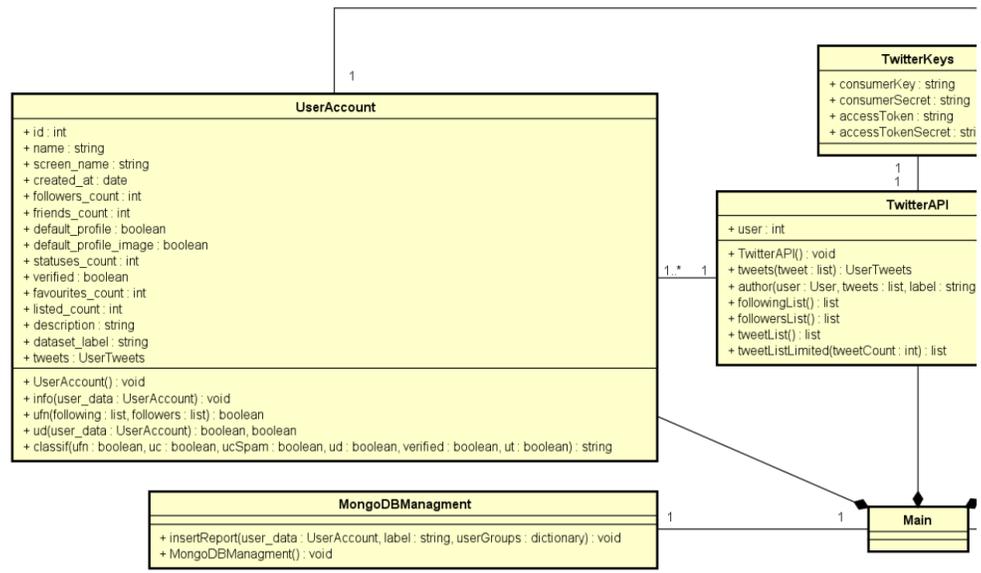


Figura 5 - Diagrama de classe para fornecer uma visão de domínio do sistema

Em relação ao diagrama de sequência, que representa a sequência dos processos e a colaboração entre as classes ao longo do tempo, há 4 figuras. A Figura 6 mostra a visão geral de todo o processo do sistema modelado e implementado.

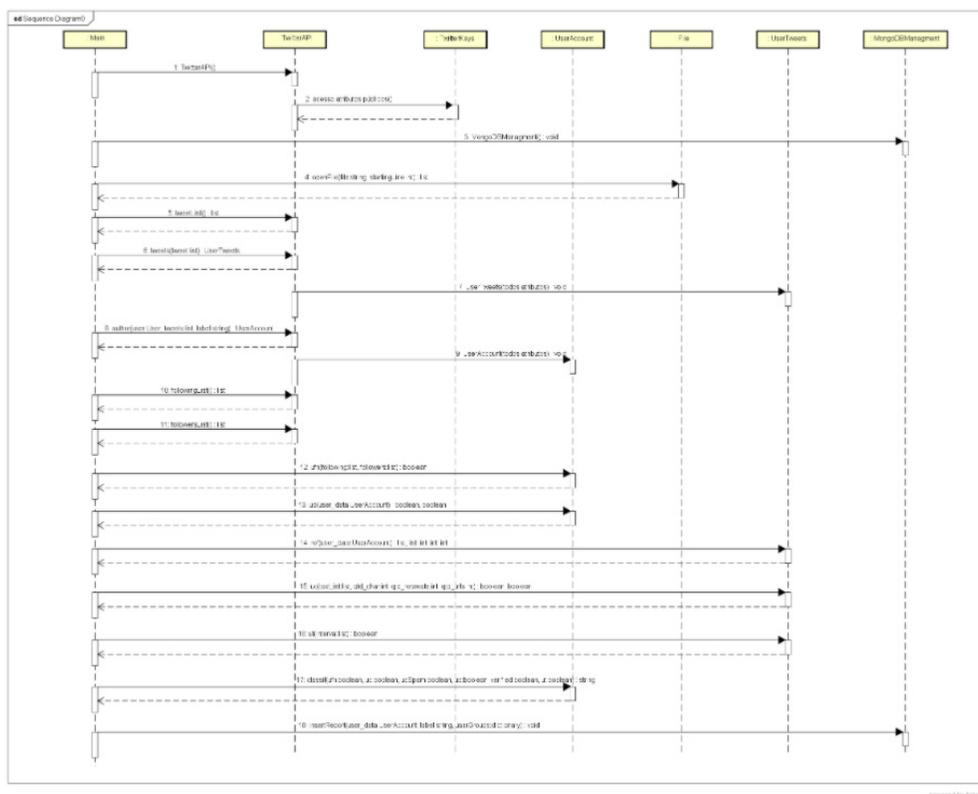


Figura 6 - Diagrama de sequência para fornecer uma visão de interação entre as classes da proposta

Já as Figuras 7, 8 e 9 ilustram de forma expandida e detalhada os processos da Figura 6. Destaca-se que o processo começa com a autenticação da API do Twitter, para isso é feito o acesso as chaves e *tokens*, em seguida é especificado a conexão com o MongoDB. É retornado uma lista de contas pela leitura do arquivo, com isso é requisitado a lista de tuítes de cada usuário e criado um objeto *UserTweets*.

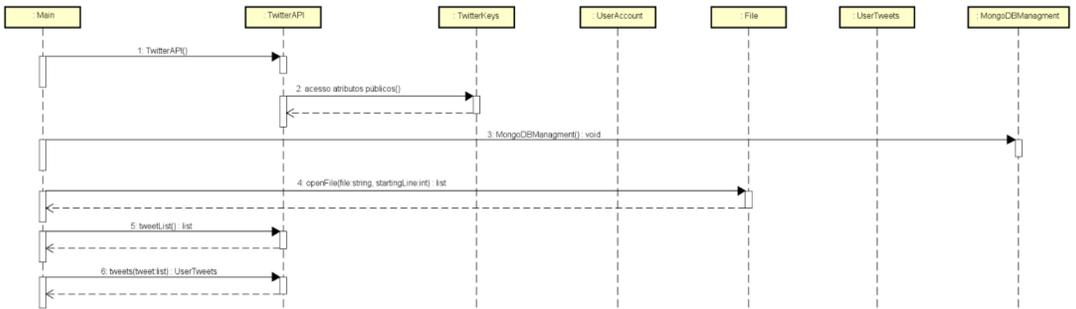


Figura 7 - Diagrama de sequência para fornecer uma visão de interação entre as classes da proposta

Em seguida, é criado um objeto *UserAccount*, é feita a requisição dos *following* e *followers* do usuário para classificar na categoria *UFN*.

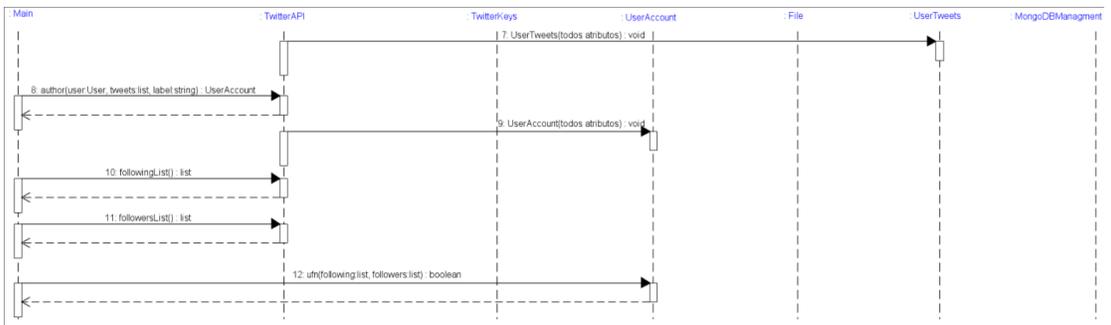


Figura 8 - Diagrama de sequência para fornecer uma visão de interação entre as classes da proposta

Também é classificado na categoria *UD*, em seguida começa o refinamento dos atributos do tuíte, com isso retorna o processo de classificar na categoria *UC* e é feito análises temporais (*UT*). Então a conta do usuário é classificada como *human* ou *bot* e informações relevantes do usuário são inseridas no banco de dados.

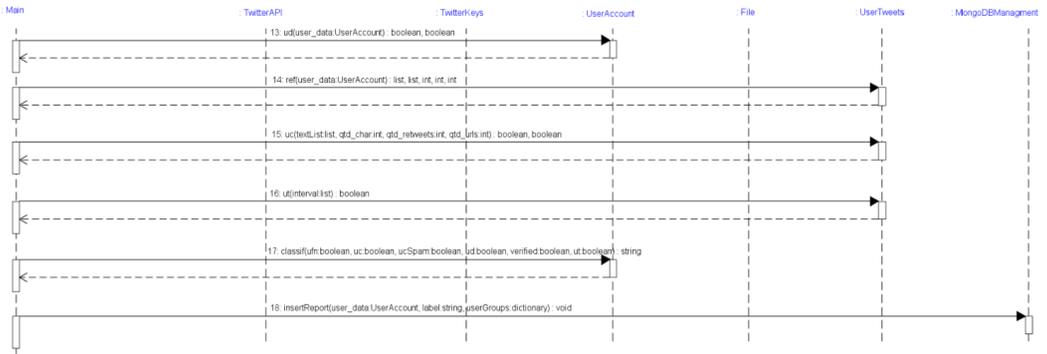


Figura 9 - Diagrama de sequência para fornecer uma visão de interação entre as classes da proposta

Na Figura 10, é apresentado o refinamento dos atributos recebidos de uma conta do Twitter. São refinados atributos do tuíte como: quantidade de retuítes e *URLs*, total de caracteres dos tuítes e intervalo de tempo entre *posts*.

```

1 def ref(self, user_data):
2     textList = []
3     qtd_retweets = 0
4     qtd_urls = 0
5     qtd_char = 0
6     interval = []
7
8     f = "%Y-%m-%d %H:%M:%S"
9     i = 0
10    for tweet in user_data.tweets:
11        self.info(tweet)
12
13        textList.append(tweet.text.lower())
14        if bool(re.search('RT ?@w+', tweet.text)):
15            qtd_retweets += 1
16
17        if 'http' in tweet.text:
18            qtd_urls += 1
19        qtd_char += len(tweet.text)
20
21        if i == 0:
22            interval.append(0)
23        else:
24            seconds = (datetime.strptime(str(tweet.created_at), f) - datetime.strptime(str(aux), f)).total_seconds()
25            interval.append(seconds / 60)
26            aux = str(tweet.created_at)
27            i += 1
28
29    return textList, interval, qtd_char, qtd_retweets, qtd_urls
  
```

Figura 10 - Refinamento dos atributos do tuíte

A Figura 11 apresenta os dados extraídos e calculados da conta relacionados a categoria *User Content (UC)*, em que são verificados os tuítes da conta. São analisadas as médias: (i) tamanho do tuíte; (ii) retuítes; (iii) *URLs* presentes no tuíte; e (iv) se há um padrão na média de caracteres por *posts*, em que caracteriza um *spambot*.

```
1 def uc(self, textList, qtd_char, qtd_retweets, qtd_urls):
2     size_text_list = len(textList)
3
4     average_size_tweet = qtd_char / size_text_list
5     average_retweet_count = (100 * qtd_retweets) / size_text_list
6     average_urls_count = (100 * qtd_urls) / size_text_list
7
8     range_size_tweet = 0
9     spambot = 0
10
11    for tweet in textList:
12        if len(tweet) == average_size_tweet:
13            spambot += 1
14
15    perc_spambot = (100 * spambot) / size_text_list
16
17    if perc_spambot > 60:
18        ucSpam = True
19    else:
20        ucSpam = False
21
22    if average_retweet_count > 60 or average_urls_count > 60:
23        uc = True
24    else:
25        uc = False
26
27    return uc, ucSpam
```

Figura 11 - Extraindo dados da categoria *User Content (UC)*

Figura 12 mostra os dados extraídos e verificados da conta relacionados a categoria *User Demographics (UD)*, em que são verificados os atributos da conta. São analisados se: (i) a conta é verificada; (ii) possui a palavra bot no nome, nome da tela ou na descrição; e (iii) se o perfil e a foto do perfil é *default* (padrão).

```

1  def ud(self, user_data):
2      ud = False
3      verified = False
4
5      self.info(user_data)
6
7      if user_data.verified:
8          verified = True
9      else:
10         if bool(re.search('\bbot\b', user_data.name.lower())):
11             ud = True
12         elif bool(re.search('\bbot\b', user_data.screen_name.lower())):
13             ud = True
14         elif bool(re.search('\bbot\b', user_data.description.lower())):
15             ud = True
16
17         if user_data.default_profile:
18             ud = True
19         elif user_data.default_profile_image:
20             ud = True
21
22     return verified, ud

```

Figura 12 - Extraindo dados da categoria *User Demographics (UD)*

A Figura 13 apresenta os dados extraídos e verificados da conta relacionados a categoria *User Friendship Network (UFN)*, em que são analisadas as porcentagens de amigos bidirecionais calculadas com os *followers* e *following*.

```

1  def ufn(self, following, followers):
2      account_following = len((set(following) & set(followers)).symmetric_difference(followers))
3      follow_account = len((set(following) & set(followers)).symmetric_difference(following))
4
5      perc_following = (100 * account_following) / len(followers)
6      perc_follow = (100 * follow_account) / len(following)
7
8      if perc_following > 60 and perc_follow > 50:
9          ufn = True
10     elif perc_following > 60:
11         ufn = True
12     else:
13         ufn = False
14
15     return ufn

```

Figura 13 - Extraindo dados da categoria *User Friendship Network (UFN)*

A Figura 14 mostra os dados temporais extraídos e calculados da conta, em que é verificado a quantidade de tuítes postados ao mesmo tempo.

```

1  def ut(self, interval):
2      same_moment = -1
3
4      for timeInterval in interval:
5          if timeInterval == 0:
6              same_moment += 1
7
8      perc_same_moment = (100 * same_moment) / len(interval)
9
10     if perc_same_moment > 20:
11         ut = True
12     else:
13         ut = False
14
15     return ut

```

Figura 14 - Extraindo dados temporais do tuite

O valor de comparação das porcentagens é resultado do valor encontrado através do método de *manual labeling*, em que é realizada múltiplas execuções em busca de um padrão ou referência. Os critérios utilizados para classificar a conta como bot ou humano são através das categorias *UD*, *UFN* e *UC*, levando em consideração o atributo temporal da conta (*UT*). A Figura 15 apresenta como foram utilizadas as categorias para classificação.

```

1  def classif(self, ufn, uc, ucSpam, ud, verified, ut):
2      if verified:
3          label = "human"
4      elif ufn and uc:
5          label = "bot"
6      elif ufn and ucSpam:
7          label = "bot"
8      elif ufn and ud:
9          label = "bot"
10     elif ucSpam and uc:
11         label = "bot"
12     elif ucSpam and ut:
13         label = "bot"
14     elif uc and ut:
15         label = "bot"
16     elif uc and ucSpam:
17         label = "bot"
18     elif uc:
19         label = "bot"
20     elif ucSpam:
21         label = "bot"
22     else:
23         label = "human"
24
25     return label

```

Figura 15 - Critérios Classificador

Na Figuras 16 representa alguns dados extraídos relevantes para classificação, além de como estão inseridos no MongoDB.

```
id: 6301
name: "Jac Bowie"
screen_name: "msjacbowie"
author_created_at: 2006-09-18 03:07:50.000
followers_count: 24678
friends_count: 21502
listed_count: 400
favourites_count: 3042
statuses_count: 19459
verified: false
default_profile: false
default_profile_image: false
description: "Digital marketing specialist & trainer. Owner of Soar Collective, Darl..."
✓ tweets: Array
  ✓ 0: Object
    id: 1045516080381399040
    user_screen_name: "msjacbowie"
    user_name: "Jac Bowie"
    created_at: 2018-09-28 00:30:32.000
    retweet_count: 0
    source: "Bloglovin"
    text: "SEO 101: Understanding searcher intent https://t.co/kGh0DOSCBW on @blo..."
  > 1: Object
  > 2: Object
  > 3: Object
dataset_label: "bot"
userGroups: Object
label: "Bot"
```

Figura 16 - Dado inserido no MongoDB

5 | RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados que foram obtidos durante o desenvolvimento do trabalho. As Figuras 17 e 18 apresentam os resultados obtidos por meio das informações extraídas e calculadas da conta. Em que são expressos nas subpartes das figuras: (A) cálculo e percentuais de amigos bidirecionais; (B) informações relevantes da conta; (C) informações relevantes dos tuítes; (D) cálculos e percentuais dos atributos do tuíte; e (E) como foi classificado pelo algoritmo.

```

> Bidirecionais < A
Não me seguem e eu sigo: 21943
Me seguem e eu não sigo: 18767
Percentual não me seguem e eu sigo: 88.91725423454089
Percentual me seguem e eu não sigo: 87.2802529972096

id: 6301
name: Jac Bowie
screen_name: msjacbowie
created_at: 2006-09-18 06:07:50
followers_count: 24678
friends_count: 21502
default_profile: False
default_profile_image: False
statuses_count: 19458
verified: False
favourites_count: 3042
listed_count: 400
dataset_label: bot
description: Digital marketing specialist & trainer. Owner of Soar Collective, Darling Don't Panic and Founder of Business in Heels. Digital Account Manger at NewsCorp B

id: 1045516079420911616
user_screen_name: msjacbowie
user_name: Jac Bowie
created_at: 2018-09-28 03:30:32
retweet_count: 0
source: Bloglovin
text: 7 Ways to Incorporate Wellness into Your Daily Life https://t.co/ly8Ddh99R on @bloglovin C

id: 1045516080381399040
user_screen_name: msjacbowie
user_name: Jac Bowie
created_at: 2018-09-28 03:30:32
retweet_count: 0
source: Bloglovin
text: SEO 101: Understanding searcher intent https://t.co/kGh0D0SCBW on @bloglovin

```

Figura 17 - Informações Relevantes da conta e do tuíte

```

id: 1045516082512113664
user_screen_name: msjacbowie
user_name: Jac Bowie
created_at: 2018-09-28 03:30:33
retweet_count: 0
source: Bloglovin
text: 6 Tips to Start a Successful Restaurant Business https://t.co/hKJ316gNks on @bloglovin C

id: 1045516083782983680
user_screen_name: msjacbowie
user_name: Jac Bowie
created_at: 2018-09-28 03:30:33
retweet_count: 0
source: Bloglovin
text: Techniques to Achieve Greater Brand Performance with Fewer Resources https://t.co/FQ0rev3Mfx on @bloglovin

> Percentuais e médias < D
Average_size_tweet: 89.25
Percentual de ser spambot: 0.0
Percentual média tweet: 100.0

Average_retweet_count: 0.0
Average_urls_count: 100.0

> Tweets postados no mesmo momento: 2

> Classificado: Bot E

```

Figura 18 - Informações Relevantes da conta e do tuíte

Este trabalho analisou 100 contas do *dataset* caverlee-2011 (LEE et al., 2011), em que, 13 não foram analisadas devido ao *status* da conta (suspensa ou deletada). Dessas 87 contas são apresentados 41 bots e 46 humanos.

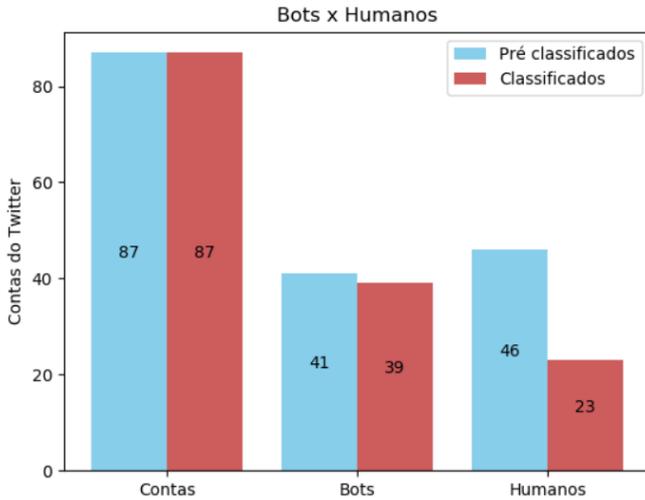


Figura 19 - Resultado Gráfico do Classificador

O classificador analisou corretamente 62 de 87 contas, especificamente 39 bots e 23 humanos (Figura 19), ou seja, o percentual de corretamente analisadas é 71,26%. Com isso, é validado os resultados dos dados analisados pelo classificador, em que as métricas utilizadas são apresentadas na Seção 4, e os percentuais encontrados estão presentes na Tabela 1.

Precisão	<i>Recall</i>	Medida F_1	<i>Fall-Out</i>
50%	92,68%	64,96%	60,94%

Tabela 1 - Validação dos Resultados

6 | DISCUSSÕES

Nesta investigação, buscou-se construir um classificador com auxílio de tecnologias livres, *API Tweepy*, e a teoria de desenvolvimento orientada a objetos. E nesse ponto, nos trabalhos relacionados não é claro o uso dessa abordagem, sendo assim, um diferencial deste trabalho. Também, como ilustrado nas figuras dos diagramas de classes e sequências, procurou-se modelar e implementar o entorno do classificador com essa abordagem orientada a objetos, com foco no reuso, modularização, qualidade de serviços, entre outros.

Outra discussão bastante pertinente, é a escolha das heurísticas apresentadas na Seção 4 e o processo de validação F_1 , em que registra-se o sucesso na escolha das heurísticas relevantes na detecção de bots.

Em relação aos trabalhos correlatos apresentados, é possível destacar que esta pesquisa apenas utilizando as heurísticas relevantes, comparada com os outros trabalhos em que foi utilizado algoritmos de aprendizado de máquina, aumento de precisão e redução de variância, revelou resultados interessantes e satisfatórios.

Finalmente, também é importante registrar o desempenho da *API* Tweepy, uma vez que é necessário seu uso para cada execução do algoritmo deste trabalho, em que para classificar a conta como humano, a limitação de requisições aos tuítes do usuário via *API* tornou-se um problema, já que o número de tuítes que podiam ser analisados eram pequenos. Dessa forma, o resultado do classificador poderia ser induzido a um resultado equivocado.

Portanto, agregou resultado, mas foi limitante na questão do número de contas e o número de tuítes que conseguia se analisar, ou seja, requisições a *API* para conseguir os dados da conta incluso os tuítes.

7 | CONCLUSÕES

O trabalho apresentou um embasamento teórico, pois se fez necessário para introduzir conceitos e métodos utilizados por autores correlatos, assim percebendo-se suas estratégias para a detecção de bots, bem como o motivo de suas escolhas. Realizou-se uma pesquisa da amplitude do problema a ser resolvido, o porquê do uso malicioso de bots em redes sociais ser um problema, definição de bots e seus comportamentos, técnicas de detecção de bots, maneiras de classificar um bot e como validar os resultados obtidos da classificação.

Percebeu-se na pesquisa do referencial teórico uma variedade nos resultados obtidos com base nos diferentes métodos utilizados para a classificação, como métodos manuais, ou seja, apenas com a própria retirada de informações, do que com métodos automatizados como o *Random Forest* com base na precisão, *recall* e na Medida F_1 .

Os resultados apresentados foram satisfatórios, pois somente utilizando heurísticas comuns na detecção de bots apresentou resultados semelhantes a pesquisas iniciais dos trabalhos correlatos, em que inicialmente não utilizou-se aprendizado de máquina e algoritmos de *boost*.

Percebeu-se limitações no número de contas que poderiam ser analisadas durante um intervalo de tempo via requisições a *API* Tweepy. Essas restrições são provenientes da versão padrão de requisições de acesso ao Twitter, em que, para cada tipo de comunicação (*GET followers/ids*, *GET friends/ids* e *GET statuses/user_timeline*) entre *API* e algoritmo há um janela de tempo limite por requisição.

Para os trabalhos futuros é possível implementar um classificador utilizando métodos de aprendizado de máquina e algoritmos de *boost*, bem como utilizar heurísticas mais complexas na detecção. Além disso, há a possibilidade de implementar e validar o

classificador em diferentes *datasets*, em que as contas de usuários dos mesmos estejam dispersos ao redor do globo, como o ASONAM 2015 (MORSTATTER et al., 2016), que contém informações de usuários líbios (Norte da África). Com isso os idiomas desses países são irrelevantes para o processo de implementar um detector.

REFERÊNCIAS

BOSHMAF, Yazan et al. **Design and analysis of a social botnet**. Computer Networks, v. 57, n. 2, p. 556-578, 2013.

CHU, Zi et al. **Who is tweeting on Twitter: human, bot, or cyborg?**. In: Proceedings of the 26th annual computer security applications conference, Austin, p. 21-30, dez. 2010.

GILANI, Zafar; FARAHBAKHS, Reza; CROWCROFT, Jon. **Do bots impact Twitter activity?**. In: Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web Companion, Perth, p. 781-782, abr. 2017.

HAUGEN, Geir Marius Sætenes. **Manipulation and deception with social bots: Strategies and indicators for minimizing impact**. 2017. Dissertação de Mestrado. NTNU.

ITAGIBA, G. **Fake news e internet: esquemas, bots e a disputa pela atenção**. Disponível em: <https://itsrio.org/wp-content/uploads/2017/04/v2_fake-news-e-internet-bots.pdf>. Acesso em: mar. 2018.

LEE, Kyumin; CAVERLEE, James; WEBB, Steve. **Uncovering social spammers: social honeypots+ machine learning**. In: Proceedings of the 33rd international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, Geneva, p. 435-442, jul. 2010.

LEE, Kyumin et al. **Seven months with the devils: A long-term study of content polluters on twitter**. In: Proceedings of the Fifth International Conference on Weblogs and Social Media, Catalonia, p. 185-192, jul. 2011.

MARTIM, J. **What are bots?** Disponível em: <<https://www.techadvisor.co.uk/feature/software/what-are-bots-3638979/>>. Acesso em: mar. 2018.

MORSTATTER, Fred et al. **A new approach to bot detection: striking the balance between precision and recall**. In: 2016 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), IEEE, San Francisco, p. 533-540, ago. 2016.

PEARL, Judea. **Heuristics: intelligent search strategies for computer problem solving**. Addison-Wesley, 1984.

POWERS, David Martin. **Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation**. 2011.

WITTEN, I. et al. **Data Mining: Practical machine learning tools and techniques**. Morgan Kaufmann, nov. 2016.

WOOLLEY, Samuel C.; GUILBEAULT, Douglas. **Computational propaganda in the United States of America: Manufacturing consensus online**. Oxford, UK: p. 22, 2017.

XIE, Yinglian et al. **Innocent by association: early recognition of legitimate users**. In: Proceedings of the 2012 ACM conference on Computer and communications security, Raleigh, p. 353-364, out. 2012.

CAPÍTULO 12

LA MICROFÍSICA DEL PODER Y LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA: ELEMENTOS FUNDAMENTALES EN LA EMERGENCIA DEL SABER ESCOLAR MATEMÁTICO

Data de aceite: 04/01/2021

Ana Mercedes Pérez Martínez

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede

Sogamoso, departamento de Boyacá

http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000541397

RESUMEN: El presente es un artículo de reflexión que emerge en el marco del desarrollo de la tesis doctoral “Aproximación histórica al saber escolar matemático en Colombia, Segunda mitad del siglo XX” y pretende mostrar de manera somera, las complejas relaciones que se establecen en el proceso de introducción de las matemáticas en la escuela. Este proceso transcurre en medio de una serie transformaciones de un conocimiento científico matemático mediante la llamada transposición didáctica. Dicha transposición no es acto neutro, sino que está entretreído por relaciones de poder, pero no un poder de dominación sino de producción: la producción de un saber: **el saber escolar matemático** que emerge como una multiplicidad. Esta multiplicidad puede ser explicada usando algunos elementos conceptuales de Michel Foucault como poder y *saber*. El artículo concluye afirmando que el saber escolar matemático es un saber plural que no ningún horizonte previo puede encerrar ni, ningún concepto científico matemático puede definir.

PALABRAS CLAVE: Transposición Didáctica, Saber, Poder.

THE MICROPHYSICS OF POWER AND DIDACTIC TRANSPOSITION: FUNDAMENTAL ELEMENTS IN THE EMERGENCY OF MATHEMATICAL SCHOOL KNOWLEDGE

ABSTRACT: This is a reflection article that emerges within the framework of the development of the doctoral thesis “Historical approach to mathematical school knowledge in Colombia, Second half of the 20th century” and aims to show in a brief way, the complex relationships that are established in the process of introduction to mathematics in school. This process takes place in the middle of a series of transformations of a mathematical scientific knowledge through the so-called didactic transposition. This transposition is not a neutral act, but is interwoven by power relations, but not a power of domination but of production: the production of a knowledge: **mathematical school knowledge** that emerges as a multiplicity. This multiplicity can be explained using some conceptual elements of Michel Foucault such as power and knowledge. The article concludes by stating that mathematical school knowledge is a plural knowledge

KEYWORDS: Didactic Transposition, Knowing, Power.

INTRODUCCIÓN

La Transposición Didáctica se constituye en uno de los ejes centrales de la Didáctica de las Matemáticas y por lo mismo, ha sido un objeto analizado desde diferentes enfoques que van desde la crítica por considerar dicha

transposición como una vulgarización de los objetos matemáticos, hasta su necesaria aplicación para lograr éxito en la enseñanza y el aprendizaje de este saber. En este caso, se trata de una relectura desde la noción foucaultiana, “la microfísica del poder”, de las maneras como a través de la transposición didáctica emerge el saber escolar matemático en el seno de una multirred de poderes y otros saberes. Michel Foucault ofrece esta herramienta extraordinaria para realizar una reflexión crítica acerca de las relaciones de poder que circulan en el proceso de transformación del conocimiento científico de las matemáticas en un saber para ser enseñado, aprendido y evaluado.

1 | POSTURA TEÓRICA - METODOLÓGICA

El esquema de análisis que se pretende, se hace posible desde una aproximación a la genealogía, lo que permite analizar las relaciones de saber-poder que se han establecido entre políticas, instituciones, conocimiento científico matemático y contexto de la escuela en el marco de la Trasposición Didáctica. Por tanto, se hace necesario el uso de algunos de los elementos conceptuales centrales de Michel Foucault como: la microfísica del poder y, el saber. El uso de estos conceptos no se toman estrictamente como “marco teórico” esto es, no se pretende superponer su teoría sobre las prácticas y saberes propios de la enseñanza de las matemáticas para mostrar su validez, sino como un horizonte conceptual (NOGUERA, 2005), en el sentido de que se sirve de ellos para entender la diversidad de relaciones y luchas que le han permitido a este saber instalarse y naturalizarse institucionalmente en la escuela.

1.1 El poder y el saber según Michel Foucault

Existen muchos conceptos que intentan definir el poder; por lo general se entiende como una designación que alguien posee, está con frecuencia relacionado con lo gubernativo, o lo que posee una clase privilegiada. Estas acepciones conducen de alguna manera a un sentido de opresión, como un poder negativo. Pero, Foucault no se pregunta qué es el poder sino el cómo del poder o cómo se ejerce y qué efectos produce en los sujetos.

El poder, en este contexto, no es, sino que se ejerce, no se estructura de manera vertical y estable. En la microfísica del poder Foucault explica que el poder no es un fenómeno de dominación masiva y homogénea de un individuo sobre los otros o, de un grupo sobre otros, de una clase sobre otra. No está localizado aquí o allá sino que funciona en cadena, nadie lo posee, es algo múltiple y supone no una lucha antagónica sino, agónica en el sentido de una provocación permanente entre sujetos libres que establecen relaciones múltiples entretejidas por el poder, lo que trasciende el concepto de dominados y dominantes (FOUCAULT, 1987).

Y así, el poder en Foucault tiene efectos productivos. La potencia de este elemento radica en la posibilidad de salirse de la hipótesis represiva del poder para actuar en

el terreno de la libertad. Es un poder microscópico, capilar, que actúa en la familia, la escuela, en la relación sentimental que no actúa como derivado del poder soberano, sino que son condicionantes que facilitan el funcionamiento de estas instituciones y funciona a través de una organización reticular donde los individuos involucrados siempre están en condiciones de sufrir o ejercitar ese poder, no son siempre un blanco inerte, sino que transita transversalmente, que se ejerce de manera fluctuante. El poder produce sentido y tiene una relación esencial con la verdad y por tanto con el saber. El poder define qué es lo correcto y lo incorrecto, en otras palabras, normaliza los saberes entendiendo el saber como todo aquello que un grupo de personas de determinada sociedad decide que es que se debe hacer o decir, lo falso y lo verdadero en un momento histórico dado y en una cultura dada (FOUCAULT, 2007). Este autor muestra que el saber está caracterizado por una serie de racionalidades que se ponen en funcionamiento por unas reglas y relaciones de poder de donde surgen unos objetos y conceptos no tan rigurosos como el conocimiento científico ni tampoco están obligados a serlo, pero, el conocimiento científico sí requiere de estos saberes para constituirse como tal. Lo anterior conduce a afirmar que el conocimiento científico existe en el suelo del saber.

1.2 La Transposición Didáctica

El objeto Transposición Didáctica tuvo sus primeros planos de emergencia con el desarrollo de la tesis doctoral “Los tiempos de los estudiantes”, del sociólogo francés Michel Verret en 1975. En esta investigación define la Didáctica como “la transmisión de aquellos que saben a aquellos que no lo saben. De aquellos que han aprendido a aquellos que aprenden” (VERRET, 1975).

Dicho autor afirma que algunos conceptos no son enseñables desde su estatus científico y se hace necesario transformarlos con el propósito de convertirlos en objetos de enseñanza. Insiste que en la transformación de los objetos para ser enseñado debe estar basada en el logro, la continuidad y la síntesis esto es, a los estudiantes no se muestran los avatares en la constitución de los conocimientos científicos; los conocimientos se presentan linealmente sin tener en cuenta los vacíos históricos en su construcción y por último, no se presenta la profundidad de la construcción del objeto científico en su verdadera dimensión.

El proceso de preparación didáctica conduce necesariamente a una textualización del conocimiento, lo que conlleva a una desincretización, entendida como la delimitación de los saberes en función de las condiciones del medio, grado de escolaridad y de la intencionalidad; dichos saberes parciales se expresan como un cuerpo autónomo; el conocimiento se despersonaliza del individuo o institución científica que lo ha producido y, toma sentido y se re personaliza nuevamente en el interior de la clase; se programa colocando el saber a enseñar en unidades y secuencias en el orden a ser enseñados con una aparente continuidad y, se somete a la socialización y control por parte de la comunidad.

1.2.1 *La transposición didáctica en la enseñanza de las matemáticas*

En la época moderna, enmarcada en el paradigma eminentemente racional, las matemáticas se consideran fundamento esencial para la educación y formación de los jóvenes, y desde allí se imponen como obligatorias en todos los currículos de educación formal y no formal, como herederas del pensamiento clásico con propósitos fundamentales de orden cognitivo y formador. Desde lo cognitivo: desarrollo de capacidades lógicas, de abstracción, generalidad, particularidad, propositivas, interpretativas y argumentativas. Como propósitos formadores: pensamiento crítico, disciplina mental, fortaleza, iniciativa personal y fuerza de voluntad. “La matemática incide así decisivamente sobre el binomio entendimiento – voluntad matriz del espíritu humano de la modernidad, de ahí la implicación trascendental que como en los tiempos de Platón tiene hoy y siempre la matemática en la educación” (GONZÁLEZ, 2004, p. 15).

A pesar de la importancia de esta ciencia, los procesos de enseñanza y el aprendizaje institucional muestran otra realidad. Estos procesos están revestidos de tensiones y situaciones que generan porosidades a través de las cuales se entabla una relación indestructible que va de la acción a la reflexión y de esta a la acción lo que supone entonces el proceso de construcción de significados, de sentidos y saberes inmersos en las propias realidades de los maestros y estudiantes.

Todas estas tensiones han sido problematizadas y analizadas a través de diferentes investigaciones que abarcan desde cuestiones fundamentales propias de la ciencia matemática hasta, situaciones de su enseñanza a través de análisis del corpus de las didácticas. Entre los didactas más importantes en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas se encuentra el matemático francés Yves Chevallard quien retoma las ideas y planteamientos de Verret y desarrolla la teoría de la Transposición Didáctica en el campo de la didáctica de las matemáticas. El desarrollo de este concepto gira en torno a la manera como un objeto científico matemático, que este autor denomina “saber sabio”, que debe ser enseñado sufre una transformación necesaria y define la transposición didáctica “como el trabajo que transforma de un objeto de saber a enseñar en un objeto de enseñanza” (CHEVALLARD, 1991, p. 45). Esta transformación implica no solamente un trabajo de separación sino de selección y organización en los que interviene un proceso didáctico que empieza a emerger en el seno de las tendencias políticas e instituciones gubernamentales y termina en el salón de clase en dónde el saber escolar matemático adquiere su estatus como tal.

2 | DESARROLLO

En el proceso de introducción de las matemáticas en la escuela, se evidencian las fuertes relaciones de poder que lo atraviesan y continúan hasta entretejer el saber escolar matemático en el seno de la escuela. En este proceso se presentan necesariamente varios

momentos que van más allá de transposición didáctica explicado por Chevallard: del saber científico al saber a enseñar, del saber a enseñar al saber enseñado, del saber enseñado al saber aprendido y por último el saber evaluado (POGGI, 1990).

2.1 Del conocimiento científico al saber a enseñar

El conocimiento matemático establece criterios de aceptabilidad que se legitiman en el discurso de la comunidad científica mediante el debate de iguales, por lo tanto, el científico requiere de un destinatario que pueda ser a su vez un destinador o sea un compañero (LYOTARD, 1987), lo que conduce a la divulgación de este conocimiento con el objeto por un lado, de mantener su vigencia mediante la creación de tales iguales que permitan la deliberación y conduzcan a dicha legitimación y por el otro, permitir el desarrollo, generalización y modelación de las demás ciencias como forma de mostrar el avance del desarrollo científico de la modernidad. En dicha época, la ciencia coloca a las matemáticas como modelo a través del cual se expresan las verdades absolutas, estas verdades establecen su opuesto, lo falso, esta dualidad permite clasificar, enumerar y controlar procedimientos que se hacen indispensables en este momento histórico, para lo cual, se hace necesaria la formación de mentes disciplinadas con capacidad analítica y argumentativa mediante un lenguaje específico que trascienda culturas y tiempos sin ambigüedades ni sobreentendidos, que garantice una mayor claridad y rendimiento en el seno de una sociedad con diversos propósitos políticos y económicos (PÉREZ, 2018).

La mejor forma de lograr tales objetivos es a través de la escuela mediante los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por esta razón, los matemáticos enfocan su atención hacia qué matemáticas se enseñan y se aprenden en la escuela y cómo se llevan a cabo estos procesos; también se han interesado en el qué y en el cómo de las matemáticas que deberían enseñarse y aprenderse en la escuela (Kilpatric, 1998). A partir de allí, en medio de diferentes enfoque, metodologías y contenidos, se anuda una docencia de alto nivel matemático (CURBERA, 2007).

Sin embargo, los matemáticos no actúan solamente con un interés netamente matemático sino ante relaciones de fuerza de orden político como ocurrió con la puesta en órbita del satélite Sputnik, el cuatro de octubre de 1957 por parte de la Unión Soviética. Este hecho sorprende al mundo occidental y en particular a Estados Unidos, por la supuesta superioridad científica de los soviéticos. Ante esto, los americanos suponen que el desfase de su avance técnico - científico se debe a aspectos educativos. Por tanto, se trazaron e implementaron políticas educativas tendientes al desarrollo de individuos con capacidades lógicas y creativas, y, como era de esperarse, centraron su atención en las matemáticas como baluarte fundamental en dicho desarrollo.

Es así, como la sociedad norteamericana de matemáticas en 1958, con un fuerte respaldo económico, inicia la conformación de grupos de investigación en aspectos curriculares que involucran a investigadores del área de psicología, a docentes universitarios

y por su puesto a matemáticos con una gran producción de textos y materiales didácticos. A partir de entonces, en el marco de dichas políticas, los ministerios de educación trazan los lineamientos para cada asignatura entre ellos los de matemáticas, lo que conduce a la construcción de los planes de estudio teniendo en cuenta las tendencias metodológicas del momento histórico, deciden lo que se debe enseñar. Así, se revelan claramente las relaciones de poder que tejen el primer aspecto de la transposición didáctica: el saber a enseñar. Una vez establecidos los propósitos generales y los temas a enseñar en el área de matemáticas, se inicia todo un juego didáctico de transformación del objeto a enseñar en objeto de enseñanza.

2.2 Del saber a enseñar al saber enseñado y aprendido

En el seno de la escuela se viven fracturas y situaciones entrelazadas por relaciones de poder asincrónicas entre lo enseñado y lo aprendido esto es, entre el maestro y los estudiantes. En un primer momento el maestro se constituye en el poseedor único de un saber en el escenario de la enseñanza; es el que sabe antes que sus estudiantes; el que tiene la capacidad de sorprender desde su lugar de autoridad con nuevos objetos de saber, él tiene el saber nuevo. Sin embargo, este poder no es un poder que hace callar, sino que hace hablar, modela comportamientos y produce reacciones en sus estudiantes. En este espacio de tiempo el estudiante reacciona conscientemente o no, esto es, se puede o no sorprender, preguntar, reflexionar, cuestionar dudar, iniciar o no un proceso de desequilibrio cognitivo en el sentido de que ese saber nuevo busca asimilación o acomodación en el mundo de sus saberes ya poseídos en la búsqueda de su aprendizaje. Y así, en el momento de la enseñanza, el poder del maestro no es un poder de dominación sino productivo, si se quiere, un poder creativo.

Otra de las formas con que se ejerce poder en el proceso de enseñanza es con el lenguaje, pues parte del objetivo del aprendizaje de las matemáticas consiste en aprender a hablar como los matemáticos, esto es, manejar con propiedad el registro especializado de las matemáticas (PIMM, 1990). La forma de adquirir el lenguaje especializado se inicia en la escuela; allí, dicho lenguaje ha mutado pasando de la semejanza con un lenguaje de lo cotidiano que se evidencia en textos de aritmética usados durante la segunda mitad del siglo XIX, hacia un lenguaje riguroso y preciso, una terminología diferenciada con significados claros y alejados muchas veces de los significados de las mismas expresiones de la lengua materna de los estudiantes. Su simbología y expresiones han constituido un registro especializado que ha actuado como su principal vehículo de individualización a través de un lenguaje técnico exclusivo que dificulta su relación con otras áreas del saber escolar.

Dichos símbolos y la terminologías usados en el lenguaje con un valor eminentemente denotativo consensuado, con un significado directo, a través del cual se intenta enseñar este saber en la segunda mitad del siglo XX, se han quedado la mayoría de las veces flotando

fantasmagóricamente sobre las cabezas de muchos estudiantes sin lograr su comprensión y por tanto, integrarlos al conjunto de sus saberes posiblemente por el uso de registros diferentes entre los estudiantes, los maestros y el registro científico de las matemáticas. Esta situación trae diferentes problemas en los procesos de evaluación de este saber pues, cuando se busca una significación precisa no pueden jugarse simultáneamente a juegos lingüísticos o registros diferentes ya que las palabras usadas por los estudiantes pueden ser las mismas pero los significados y usos en uno y otro registro, pueden no coincidir ni siquiera parcialmente (MOCKUS, HERNÁNDEZ, GRANÉS, & CASTRO, 1996).

Se le ha dado tanta importancia a dicho registro en los procesos de enseñanza que, el lenguaje cotidiano de los estudiantes se percibe como algo negativo para su aprendizaje. Esta situación se da debido a que los saberes matemáticos que traen los estudiantes cuando ingresan a la educación se expresan mediante imágenes mentales y modelos intuitivos, expresados con enunciados que no representan los conceptos científicos y que son adquiridos por influencias culturales, experiencias concretas y aprendizajes anteriores (D'AMORE, FANDIÑO, & IORI, 2013).

Y así, el saber matemático del estudiante se organiza de manera diferente respondiendo a un aprendizaje personal que se da mediante representaciones idiosincrásicas, expresado con un lenguaje coloquial, que lo aleja del lenguaje riguroso y por tanto, muchas veces no es aceptado por la academia; dicha situación crea a su alrededor un mundo de creencias, actitudes y emociones casi nunca positivas, que merman su autoestima y determinan su actitud hacia este saber. De esta manera, el lenguaje ha desempeñado una función invisible al formar parte del tejido de poderes que se internalizan en la conciencia de los estudiantes y constituye aquello que le permite hacerse como sujeto (PÉREZ, 2018).

2.3 El saber escolar matemático y el saber evaluado

Esta actividad ritualizada en la escuela bajo diferentes modalidades se ha convertido en un dispositivo que recorre todo el proceso de enseñanza. Es la expresión máxima de la intrincada ceremonia saber- poder. Allí el poder circula en forma capilar a través de curvas cerradas de entes usados como instrumentos: el Estado, los maestros y los estudiantes quienes deben dar cuenta de su saber matemático como una expresión de poder, a su maestro y este, de vuelta al Estado y a la sociedad en general (PÉREZ, 2018), como respuesta a la imposición de una norma, de un filtro de saber que se oculta bajo el aspecto desinteresado universal y objetivo del conocimiento (FOUCAULT, 1979).

En el examen la superposición de estas fuerzas de saber y poder adquieren toda su notoriedad pues mediante este dispositivo se individualiza es decir, establece una relación directamente proporcional: a más saber, más poder dejando tras de sí una masa documental, como una unidad descriptible y analizable testimonio que, como un registro, evidencia la relación gradual de saber de un estudiante para mantenerse y avanzar por el

camino temporal de su estadía en el seno del sistema escolar (PÉREZ, 2018). El examen se instala así, como una manera sempiterna de vigilancia, comparación, saber y sanción como constituyentes de un lugar de establecimiento de la verdad. El examen no se limita a gestionar el aprendizaje, sino que se convierte en un ritual de poder constantemente prorrogado a través del cual, la escuela cuantifica y califica, señala las anormalidades, pone en una relación jerárquica las cualidades y aptitudes con el objeto de castigar y recompensar (FOUCAULT 2002).

2.4 El algoritmo como punto de mediación

A lo largo de la transposición didáctica se evidencian tres saberes diferentes de un mismo objeto matemático: el saber a enseñar, el saber del maestro y el saber del estudiante. Estos registros no son estáticos, sino que están inmersos en relaciones de poder también variables dependiendo de los paradigmas imperantes, las políticas educativas y las metodologías de moda. Sin embargo, estos tres tipos de saberes confluyen en un punto: el algoritmo. Un algoritmo matemático es un simple procedimiento mostrado como etapa final de un proceso cognitivo lejano en el tiempo de muchos matemáticos, pero de gran uso y actualidad.

Y así, hoy más que nunca, el algoritmo responde a “una necesidad de control sobre nuestra experiencia, un mecanismo de supervivencia una adquisición invaluable de la espaciosa que irán heredando las generaciones” (MONTESINOS, 2000, p. 186). El algoritmo se mantiene como el plano último y pulido de la construcción de un conocimiento matemático estructurado en grandes teorías que luego de largos procesos desde cosas concretas y situacionales, de tropiezos, refutaciones y demostraciones se muestra tan solo las huellas de un triunfo logrado sin muestra de error (PÉREZ, 2018). Este último plano es el precipitado de una actividad poética desecada, el residuo acartonado de metáforas que estuvieron en su origen y luego cayeron en el olvido para dejar a la vista tan solo su esqueleto desencarnado” (LIZCANO, 1993, p. 46).

Dicho triunfo logrado sin muestra de error, es el punto de coincidencia del conocimiento científico, el saber del maestro y el del estudiante y se constituye como un punto de reconciliación y condensación de un saber, que de manera explícita, muestra la mayoría de las veces, resultado final aprendizaje de las matemáticas, ya que la mayoría de estudiantes consideran que lo más importante es aprenderlos y aplicarlos sin entender el porqué de tales algoritmos. Sin embargo, estos se constituyen una adquisición invaluable que continuará como soporte de un desarrollo tecnológico que traerá consigo imprevisibles y complejos impactos en una sociedad globalizada cuyos desarrollos exceden en complejidad e incertidumbre que cualquier lógica pueda captar (SKOVSMOSE, 2012).

3 | CONCLUSIONES

Del análisis anterior se puede concluir que el saber escolar matemático está entretejido con hilos de poder que emergen desde diferentes paradigmas metodologías y por tanto, este saber escolar no obedece a ninguna naturalidad sino que ha surgido como producto “del cruce de líneas de fuerza que coexisten, se traslapan y enfrentan” (MARTÍNEZ_BOOM, 2015, p. 20); dichas líneas de poder y saber entre maestros, conocimiento científico, contextos, normativas nacionales e internacionales y cotidianidades de estudiantes constituyen un complejo objeto que no se ha desarrollado en forma progresiva sino que, irrumpe con ritmos y circunstancias propias que demarcan planos que no evidencian ninguna evolución lineal. Este saber es el producto de diferentes factores y ante ellos, cada estudiante actúa y reacciona de múltiples maneras; dicho saber transcurre entre diferentes familiaridades y maneras a través de la historia colombiana, que van desde la instrucción para la utilidad pasando por la formación de un sujeto que contribuyera a la constitución de un Estado Nación hasta, la preparación de un individuo racional universal capaz de enfrentarse a un mundo globalizado con conocimientos numéricos, capacidad de cálculo mental y reconocimiento de patrones que confluyan en la elaboración de modelos matemáticos que permitan modelar el mundo real que lo circunda (PÉREZ, 2018).

De esta manera, en el medio de la rigurosidad del conocimiento matemático que pretende imponerse en la escuela, emerge un acontecimiento: el acontecimiento del **Saber Escolar Matemático** como un saber plural con unas características capaces de burlar los aparatos de dominio, de mantener los objetos matemáticos científicos a distancia protegiéndose de estos como maneras inconscientes de esquivar a una formación bajo unas verdades absolutas. Dicho saber es un saber libre de una sujeción trascendental, localizado en una dispersión que ningún horizonte previo puede cerrar, no hay en él una ley oculta ni se puede reducir a un sistema único que responda a unos ejes absolutos de referencia (FOUCAULT, 2007).

De lo anterior, no se puede por tanto decir qué es el saber escolar matemático pues lo contrario sería agregar a unas verdades universalmente establecidas otra, ya que el objeto “saber escolar matemático” no se preexiste así mismo sino que ha existido en las condiciones positivas de un haz complejo de relaciones (FOUCAULT, 2007). Y así, saber escolar matemático y escuela constituidos como un nudo hecho de cosas y de palabras, productor de positivities y enunciados, de lo decible y lo visible; dúo interrogado y sometido a diferentes relaciones de poder que lejos de hacerlo desaparecer, lo han conducido a diversos espacios de reconfiguración y contribuido a darle dirección y sentido. “Maneras de las que ha intentado desprenderse sin romper del todo con los parentescos que aún lo mantienen en el seno de la escuela moviéndose entre la disciplina y la indisciplina, entre el *inteligente* y el *bruto*, entre el buen y mal maestro, entre la repetición y la comprensión como caras de una misma moneda: la razón y la sinrazón” (PÉREZ, 2018, p. 157).

REFERENCIAS

Curbera, G. Una mirada histórica a los International Congress of Mathematicians. **ARBOR Ciencia, pensamiento y cultura**, 183(725), 363 - 371. 2007

Chevallard, Y. **La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique. 1991

D'Amore, B., Fandiño, M., & Iori, M. La Semiótica en la Didáctica de la matemática **Bogotá Magisterio**. 2013

Foucault, M. Más allá del bien y del mal. In J. Varela & F. Álvarez (Eds.), **Michel Foucault. Microfísica del poder**. Madrid: Edissa. 1979

Foucault, M. El Poder y la Norma. In R. Máiz (Ed.), **Lecturas sobre Michel Foucault** (pp. 210- 215). Santiago de Compostela Universidad Santiago de Compostela. 1987

Foucault, M. **La Arqueología del saber**. Madrid: siglo XXI. 2007

González, U. **Historia de las matemáticas como recurso didáctico e instrumento para enriquecer culturalmente su enseñanza**. (45), 17 - 27. 2004 <https://revistasuma.es/revistas/45-febrero-2004/la-historia-de-las-matematicas.html> Retrieved from <https://revistasuma.es/revistas/45-febrero-2004/la-historia-de-las-matematicas.html>

Kilpatric, J. **Primer Simposio Internacional de Educación Matemática**. Paper presented at the La educación en Educación Matemática, su historia y algunos temas de actualidad Universidad de los Andes. 1998 http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/rce26_06ensa.pdf

Lizcano, E. **Imaginario Creativo y creación matemática**. Barcelona: Gedisa.S.A. 1993

Liotard, J. **La condición posmoderna. informe sobre el saber**. Madrid: Cátedra. 1987

Martínez-Boom, A. **Verdades y mentiras sobre la escuela**. (segunda ed.). Bogotá: Aula de Humanidades. 2015

Mockus, A., Hernández, C., Granés, J., & Castro, C. **Las fronteras de la Escuela. Articulaciones entre conocimiento escolar y conocimiento extraescolar**. Bogotá Magisterio. 1996

Montesinos, J. **Historia de las matemáticas en la enseñanza secundaria** Madrid: Síntesis. 2000

Noguera, C. Prólogo. In U. P. Nacional (Ed.), Foucault, la Pedagogía y la Educación. **Pensar de otro modo**. Bogotá Universidad Pedagógica Nacional. (Reprinted from: MAGISTERIO). 2005

Pérez, M. **Aproximación histórica al saber escolar matemático en Colombia**. Segunda mitad del siglo XX. Sto. Tomás, Bogotá. 2018

Pimm, D. **El lenguaje matemático en el aula**. Madrid: Morata. 1990

Poggi, M. **Notas sobre la teoría curricular y la transposición didáctica** (Vol. documento 7). provincia de educación de Rio Negro Ministerio de asuntos sociales. 1990

Skovsmose, O. Alfabetismo matemático y globalización. In U. d. I. Andes (Ed.), **Educación Matemática Crítica** (pp. 65 - 82). Bogotá: Universidad de los Andes.2012

Verret, M. **Le temps des `etudes**. Paris: Honoré Champion. 1975

AVANÇOS METODOLÓGICOS NA DATAÇÃO POR TRAÇOS DE FISSÃO E U-Pb EM ZIRCÃO

Data de aceite: 04/01/2021

Data da submissão: 08/12/2020

Carlos Alberto Tello Sáenz

Unesp – Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Departamento de Física
Presidente Prudente – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/5982597921345094>

Luiz Augusto Stuani Pereira

Unesp – Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Departamento de Física
Presidente Prudente – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/6956952519697702>

Murilo Candido de Azevedo

Unesp – Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Departamento de Física
Presidente Prudente – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/2614016564506804>

Rosana Silveira Resende

Unesp – Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Departamento de Física
Presidente Prudente – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/5128461557747266>

RESUMO: Estudos com Métodos de Traços de Fissão em Zircão, MTFZ, mostraram que há uma grande variação no ataque químico entre os grãos de zircão de uma mesma amostra, mesmo para rochas hospedeiras ígneas. Há uma grande variação na densidade superficial de traços de fissão em diferentes microáreas de um mesmo grão, resultando em algumas micro áreas com

densidade de traços uniforme, e outras onde a estrutura cristalina foi totalmente (ou parcialmente) danificada após o processo de ataque químico. Grãos de zircão separados de rochas ígneas, sedimentares e metassedimentares, incluindo a Fish Canyon Tuff, foram caracterizados através de microscopia óptica e LA-ICPMS. Essa consiste na caracterização isotópica dos grãos através de espectrometria de massa por ablação a laser (LA-ICPMS). Essas análises foram realizadas antes e após o processo de ataque químico para compreender a estrutura cristalográfica do grão e sua provável relação com as idades via U-Pb e traços de fissão obtidas no mesmo grão. As idades de U-Pb foram obtidas em diferentes microáreas do grão, e, em alguns casos específicos, nas mesmas regiões nas quais a densidade de traços de fissão foram determinadas para determinar a idade via o MTFZ. Os resultados indicam que em alguns grãos de zircão as idades via U-Pb não foram similares, o que pode estar relacionado aos danos ocasionados na estrutura cristalina. Entretanto, em áreas onde a densidade de traços de fissão é uniforme, o sistema isotópico permanece fechado, o que implica nas idades obtidas pelos dois métodos de datação serem geologicamente compatíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Mineral zircão, densidade de traços de fissão, ataque químico, método de traços de fissão, datação isotópica via U-Pb.

METHODOLOGICAL ADVANCES IN ZIRCON FISSION-TRACK AND U-Pb DATING

ABSTRACT: Studies using Zircon Fission-Track Method, ZFTM, showed that there is a strong etching variation from grain to grain of a same sample, even for igneous host rocks. There is significant fission-track density variation on different micro-areas of the same zircon grain surface, resulting in some small areas where the fission-track density is uniform, and others where the crystalline structure was totally (or partially) damaged after the chemical etching process. Zircon grains belonging to igneous, sedimentary and metasedimentary samples, including the Fish Canyon Tuff, were characterized through optical microscopy and LA-ICPMS. The latter consists of the isotopic characterization of the grains by laser ablation. These analyses were made before and after the chemical etching process to study the crystallographic structure and its likely relation with U-Pb and fission-track age obtained in the same grain. The U-Pb ages were obtained in different micro-areas of the same grain and in some cases specifically at the same regions where the fission-track age was determined. The results show that in some zircon grains the U-Pb ages are not similar which could be related to damage in its crystalline structure. However, in areas where the fission-track density is uniform the isotopic system remains closed, which means that, in these cases, the ages are geologically compatibles.

KEYWORDS: Zircon mineral, fission-track density, chemical etching, fission-track method, U-Pb isotopic dating.

1 | INTRODUCTION

Zircon is a common accessory mineral in igneous, sedimentary and metamorphic rocks. This mineral has a tetragonal structure that consists of edge-sharing SiO_4 tetrahedrons and ZrO_8 dodecahedrons, (Robinson et al., 1971; Nasdala et al., 2001), whose main chemical composition is 67,22% of ZrO_2 and 32,78% of SiO_2 (Utsunomiya et al., 2004). Zircon is capable of incorporating trace elements as U and Th in concentrations in parts per million (ppm). The most abundant isotope of natural uranium is ^{238}U , which is susceptible to spontaneous fission.

The uranium fission produces latent tracks, which are disarranged and devoid of crystalline structure because of the large amounts of charge, mass and energy released after the fission process. In a natural sample, the density of fission tracks that cross the surface depends on the concentration of ^{238}U in the mineral and the elapsed time since the tracks started to accumulate. Thus, if the track density can be measured, the time can be estimated. This conception led to the development of the fission track method (FTM) as a thermochronological dating tool (Galbraith, 2005) for crystalline and amorphous minerals.

The FTM is based on the counting of individual fission tracks. These latent tracks have a diameter of about 1 \AA that can be seen under an ordinary optical microscope after a convenient chemical etching process. The fission tracks are naturally accumulated throughout the mineral's geological history. Thus, knowing the half-life of the natural decay

by spontaneous fission of the ^{238}U , the number of decays and the uranium content in the sample, it is possible to obtain the retention age of the fission tracks in the mineral. The fission-track ages are determined using a mathematical equation given by Lues et al. (2002, 2005). The zircon fission-track method (ZFTM) is used routinely in laboratories all over the world. The ZFTM combined with U-Pb (uranium-lead) and U-Th/He (uranium-thorium/helium) dating methods becomes a powerful tool for conducting tectonic studies.

One of the great difficulties in ZFTM is related to the chemical etching process (Garver, 2003). Generally, grains belonging to the same sample show different fission-track densities when observed under an optical microscope. According to the characterization studies performed on the zircon surface as a function of the etching time, this behavior may occur in different micro-areas of a grain (Dias et al., 2009; Tello et al., 2012). After etching, depending on the fission track distribution on the zircon prismatic surface (parallel to the c-axis), the grains, previously sanded and polished, can be optically classified into: homogeneous, heterogeneous, hybrid and anomalous (Dias et al., 2009; Tello et al., 2012; Resende et al., 2014). Homogeneous grains have a uniform surface-track distribution over the surface, while heterogeneous grains present some irregularities in the track distribution throughout the surface, i.e., some micro-areas of the grain have a higher fission-track density than others. This is characteristic of an anisotropic etching on the mineral surface. On the other hand, hybrid grains present some surface micro-areas with uniform track density and regions where the crystalline structure has been drastically damaged by etching. Finally, anomalous grains do not present any fission-track revelation on their surface as the crystalline structure is significantly destroyed after the etching process.

According to Resende et al. (2014), a total of 514 zircon grains collected from the Bauru Group, located north of the Paraná Basin, Brazil, were analyzed to determine the percentage of each type of grain. They were classified as being 10% heterogeneous, 20% hybrid and 60% anomalous. These proportions have also been observed in igneous rocks collected in different regions of Brazil. The Cretaceous rocks of the Paraná Basin are composed mainly of sandstones with different grain sizes (coarse, medium, fine and very fine granulation), colors (pale brown to reddish) and characteristics (conglomeratic, clay, mudstone) (Tello et al., 2012).

The present work aims to show the methodological advances acquired in the dating process of different type of zircon grains via ZMTF and U-Pb in order to infer that grains classified as heterogeneous or hybrids can be used for thermo-chronological studies. Furthermore, obtaining U-Pb ages in different micro-areas of a grain allows it to be isotopically characterized to better understand its crystalline structure.

2 | SAMPLE PREPARATION

For the dating method the rock samples, after being collected, undergo a series of experimental procedures that aim to granulometrically prepare and concentrate the minerals of interest without changing their chemical constitutions. The separation process of heavy minerals (zircon and apatite) consists of sequentially performing the following steps: i) crushing to reduce the samples to granulometric fractions; ii) sieving to separate the sprayed material in coarse ($> 200 \mu\text{m}$) and fine ($80\text{-}200 \mu\text{m}$) aliquots; iii) grinding of the coarse portion to reduce the granulometry to dimensions of approximately $80\text{-}200 \mu\text{m}$ (where the zircon concentration is more numerous); iv) magnetic and dense liquid separation. Once this is done, the next step consists of carefully selecting zircon grains by analyzing their following features: optics (colour, brightness, transparency and clarity) structure (size and shape). For more details on the mineral separation procedure see Tagami et al., 1988.

The fission-track ages were determined using the external detector method (EDM). In this procedure, the zircon grains are individually dated, which allows the observation of significant fluctuations in their ages and possible variation in the uranium content (Tagami e O'Sullivan, 2005). In the EDM the fossil tracks (^{238}U spontaneous fission) are counted in the mineral, while the induced tracks (^{235}U induced fission) are registered and counted in an external detector (muscovite mica). The induced tracks are obtained through the irradiation of the zircon grains (mounted and arranged in a $10\text{X}10$ matrix in Teflon PFA ($1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$), sanded, polished and coupled to a thin layer of muscovite mica) with thermal neutrons in a nuclear reactor to induce the fission of the ^{235}U isotope, whose fragments penetrate the external detector.

For the spontaneous track revelation in the mineral, so they can be visible under an optical microscope, the zircon samples are chemically etched with an eutectic mixture of $\text{NaOH}:\text{KOH}$ (1:1), $225 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tagami et al., 1996) at variable times. The ideal etching time is when surface fission tracks have a size of approximately $2 \mu\text{m}$ (Yamada et al., 1995). The induced tracks are observed under the microscope after the mica is chemically etched with a solution of 48% HF at $15 \text{ }^\circ\text{C}$ for 90 minutes. The chemical treatment corrodes the material surface with a higher corrosion rate in the region damaged by the passage of radiation (fission tracks).

3 | FISSION-TRACK DATING

Any mineral that has sufficient amount of uranium isotope as a natural impurity can be dated through FTM. These minerals naturally accumulate spontaneous fission tracks throughout their geological history. Moreover, the tracks are stable below a given temperature. Thus, moving from a situation of complete track loss to a total track retention, through a temperature range called partial annealing zone or closing temperature. This temperature is defined as the maximum temperature (isotherm) supported by the grain

before being completely erased. Thus, the fission-track ages provide an apparent age related to the cooling path through the isotherms that define the effective retention temperature of the fission tracks in the mineral. This temperature is approximately (240 ± 50) °C for zircon (Dias et al., 2009).

The fission-track age can be used to date different geological process, e.g., rock formation, cooling, uplift, erosion, overlapping of thermal events. Furthermore, it allows to study the thermal history of the region where the samples were collected through the annealing phenomenon (track shortening due to temperature effects in geologic time scale).

The Raman spectroscopic and microscopic characterizations of zircon grains collected in the Barreiras Formation (located near the city of Matacara, Paraíba state, northeastern Brazil), before and after the chemical etching process of 6, 12 and 18 hours, indicate the crystalline structure of the homogeneous grain is significantly preserved even after a chemical treatment of 18 hours (Tello et al., 2012). For this reason, this type of grain is widely used in FTM by the Scientific Community of Fission Tracks. However, since the amount of homogeneous grain found in rock samples is frequently low, it is necessary to investigate other grain types of the same aliquot to be possibly dated via FTM.

The morphological (via optical microscopy), structural (via Raman spectroscopy) and chemical (via scanning electron microscopy coupled to an energy dispersive spectrometer) investigation of 500 grains from the Bauru Group revealed the following proportion in the grain classification: 60% anomalous, 20% hybrid, 10% heterogeneous and 10% homogeneous. Since the anomalous grain surface is significantly damaged after etching, these grains are not used in the FTM. Cretaceous rocks belonging to the Paraná Basin, where the Bauru Group is located, have an average uranium content of 150 ppm and an average Th/U of 0.7. The zircon grains from the Bauru Group have a uranium content of approximately 150 ppm, while the content for the grains from the Barreiras Formation is about 130 ppm.

Optical microscopy analysis of zircon grains belonging to the Bauru Group shows that the anisotropic feature of the chemical etching on the grain surface (regions with and without fission tracks) is an intrinsic characteristic of many zircons. However, since these grains with anisotropic feature have the same properties as those whose etching is isotropic (grains widely dated via FTM), they can also be used in the FTM through the external detector method (Dias et al., 2009). Therefore, the ages of heterogeneous and hybrids grains (together with homogeneous grains) can be determined via ZFTM.

The fission-track age distributions for the three grain types described above are shown in Figure 1 (Resende et al., 2014). The age distribution for homogeneous grains has a mean value of (271 ± 22) Ma, while for heterogeneous and hybrid grains it is about (270 ± 18) Ma and (251 ± 13) Ma, respectively. The insets in this figure show the statistical fluctuation of the ages around the mean value for each grain type, together with their standard deviations calculated by using the Poisson distribution. Regarding the random fluctuation of the ages and their respective experimental errors, there is an internal consistency in obtaining the

ages, i.e., there are no structures that could possibly indicate systematic errors. Therefore, the three age distributions are similar. Note that the three types of grains are from the same aliquot. Moreover, the reduced chi-square value for the distributions is 0.519, which results in a probability of 0.6 for the chi-square distribution (Dawson et al., 1971; Bevington e Robinson, 1992). The ages are statistically compatible as the probability belongs to the selection range (0.5; 0.95). Moreover, the three obtained fission-track ages are also geologically compatible (Dias et al., 2011).

The inclusion of heterogeneous and hybrid grains in the dating process significantly increases the statistics of the pool of ages obtained for each zircon sample. Therefore, the results in Figure 1 indicate a major advance in the dating method via fission tracks, especially in the case of detrital rocks, where the concentration of homogeneous grains is usually low. Thus, excluding the heterogeneous and hybrid grains from the FTM analysis make the dating of many samples unfeasible (Resende et al., 2014).

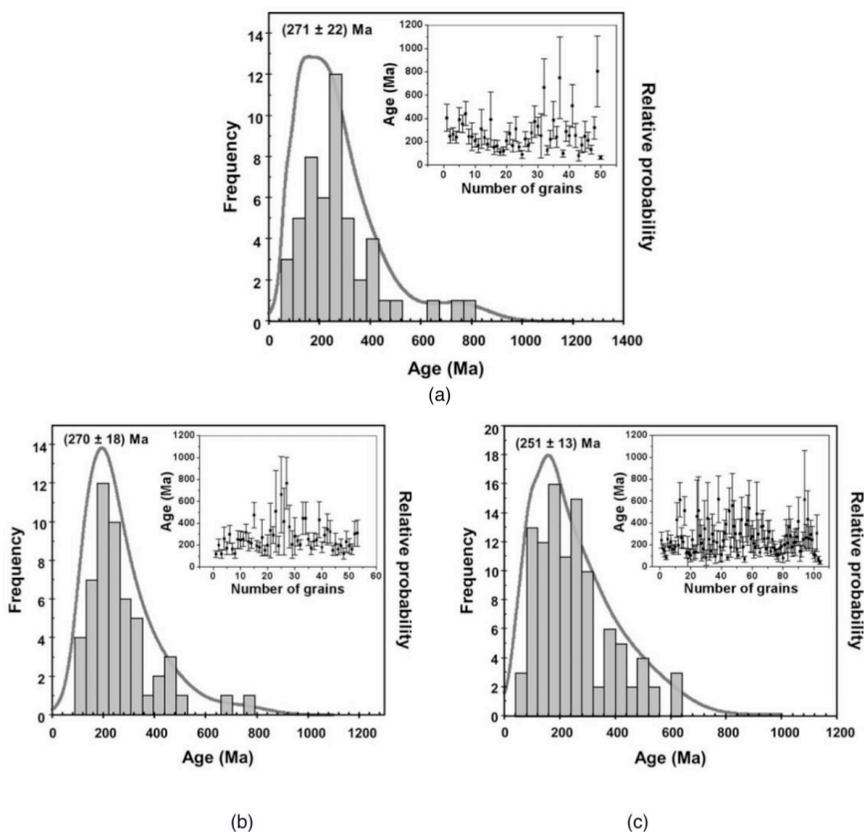


Figure 1 – Fission-track age distribution for homogeneous (a), heterogeneous (b) and hybrid (c) grains. The solid lines represent the relative probability and the inset shows the fluctuation of ages around the mean value (Resende et al., 2014).

4 | U-Pb DATING METHOD

The U-Pb dating method is based on the decay chains of the uranium isotopes: ^{238}U and ^{235}U . Both isotopes decay until they reach the stable elements ($^{238}\text{U} \rightarrow \dots \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ and ($^{235}\text{U} \rightarrow \dots \rightarrow ^{207}\text{Pb}$). However, the reasons for the decay of the two chains are different. The $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ decay series has a half-life of 4.47×10^9 years, while the half-life of the $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ chain is 0.704×10^9 years. When a mineral grain is formed and cools below the closing temperature of the U-Pb system (approximately $900\text{ }^\circ\text{C}$ in geologic time scale), the U decays towards Pb begin to be recorded in the mineral, i.e., the lead isotopes (^{206}Pb e ^{207}Pb) created by the decay series (^{238}U e ^{235}U) are trapped in the mineral and their concentration increases over time. If the grain does not undergo any process that releases the radiogenic lead, the starting age for lead retention is independently and accordingly given by the ratio between daughter- and mother-elements: $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$. If there has been any loss of lead from the grain, as inherited from both isotopic ratios ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ and $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$) they will be discordant. Even when the ages are discordant, the nature of the U-Pb isotopic system (i.e., the fact of being formed by two decay series) allows estimating the age for starting the radiogenic lead retention. Additional details of this methodology can be found in Torquato e Kawashita (1996) and Williams (1998).

The behaviour of a closed system can be analyzed using a Concordia diagram, which provides additional information about the geological history of minerals when quantifying the behaviour of an open system (Schoene, 2014). In a Concordia diagram the ages $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ and $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ are all mathematically and statistically concordant. These ages indicate that there was no loss or gain of any U, Th, Pb isotopes or intermediate daughter-elements. Since the closing temperatures are higher for the U-Pb system, it provides older ages than the FTM.

U-Pb radiometric dating was performed on zircon grains belonging to the Fish Canyon Tuff (FCT) sample after the etching process in micro-areas with and without fission tracks (Resende et al., 2019). According to Curvo et al. (2013) the chemical etching used in FTM dating process helps to better position the laser on the grain surface to avoid reaching regions with mineralogical mixtures, thus improving the closeness of agreement between the U-Pb ages. The FCT sample comes from a pyroclastic rock formed from an intense volcanic extrusion during the Tertiary ($\sim 30\text{ Ma}$) in the volcanic mountains in San Juan during the collapse of La Garita Boiler, United States, and since then, it has not suffered any reactivation (Resende et al., 2019). Heavy minerals, zircon and apatite, from the FCT sample are used as natural standards for FTM dating.

The isotopic characterization was carried out in two different micro-areas in three FCT zircon grains. Figure 2 shows the optical images of grains 2, 12 and 22 before and after the chemical etching. Circles A and B represent the surface regions where the laser was positioned to obtain the U-Pb ages (Resende, 2015).

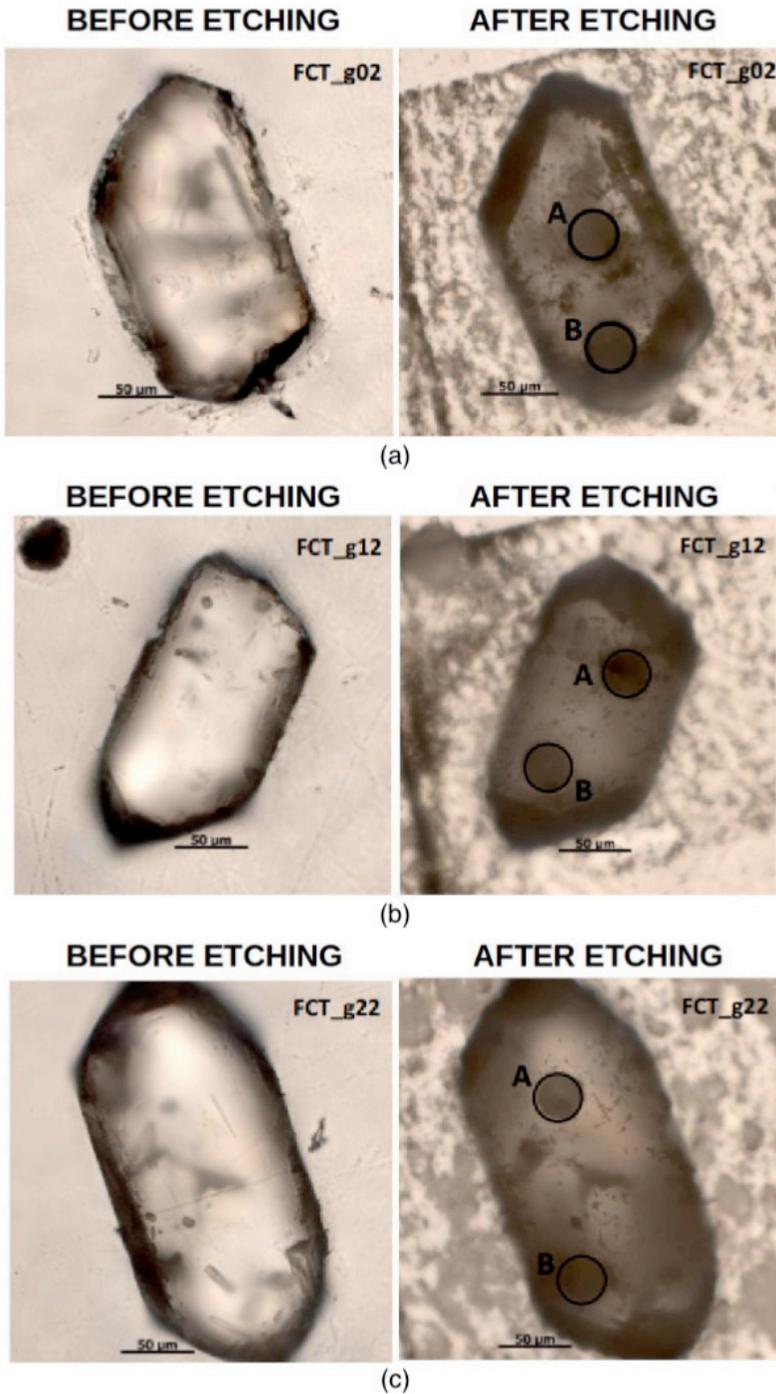


Figure 2 – Photomicrographs of grains 2 (a), 12 (b) and 22 (c) of the FCT sample (nominal magnification of 400X) (Resende, 2015).

According to the spectroscopic and microscopic characterizations of the grains above, they are classified as: grain 2 heterogeneous, 12 homogeneous and 22 heterogeneous. Regarding the isotopic characterization, the ages $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ are discordant in A and concordant in B. This discrepancy may be attributed to: i) a mineral inclusion in the ablated region; ii) mineral phases and inclusions in the grain structure that can cause the opening of the U-Pb system and iii) the leaching and metamictization phenomena that create a drastically damaged crystallographic area in the mineral, which opens the U-Pb system (Resende et al., 2019). Therefore, the FCT sample can not be used as standard for the U-Pb dating method.

Figure 3 shows the Concordia diagram with the U-Pb ages. The ages are denoted by ellipses whose major axis represents the standard deviation ($\pm 2\sigma$) of the mean age value of each grain. In addition, the age distributions are relatively situated far away from the Concordia curve, which indicates this sample does not behave as standard for the U-Pb isotopic system.

The difficulty in obtaining precise ages by the U-Pb isotopic method is related to several geological factors, e.g. loss of radiogenic Pb, imbalance among the intermediate daughter-elements in the U and Th decay chains, etc., and experimental factors inherent to the methodology.

The mean value of the U-Pb age of (28.33 ± 0.68) Ma for the FCT sample is compatible with the value of fission-track ages of about (26.6 ± 1.1) Ma (Figure 4) determined for the same sample. This result indicates the chemical etching used in FTM dating process does not significantly influence the age determination via the U-Pb isotopic system. This is because the chemical etching corrodes a surface layer of the grain of a few microns, whereas the laser ablation reaches depths from 1 to 30 μm (Resende, 2015).

The right panel of Figure 4 shows the radial diagram of the ages of each grain. The y-axis corresponds to the standard deviation, which varies about $\pm 2\sigma$ in relation to the central age of the sample. The age is given by the projection of a dotted line from the origin to the circular axis that intercepts the age point of each grain. The distribution of individual ages in relation to the horizontal age represents its dispersion.

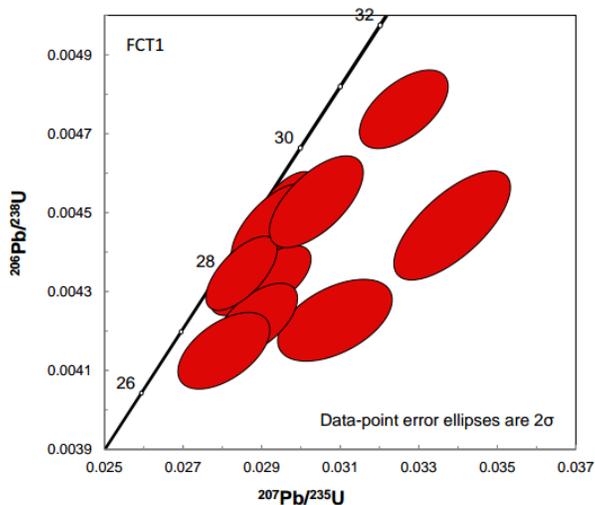


Figure 3 – Zircon U-Pb Concordia diagram for the igneous standard sample FCT (Resende, 2015).

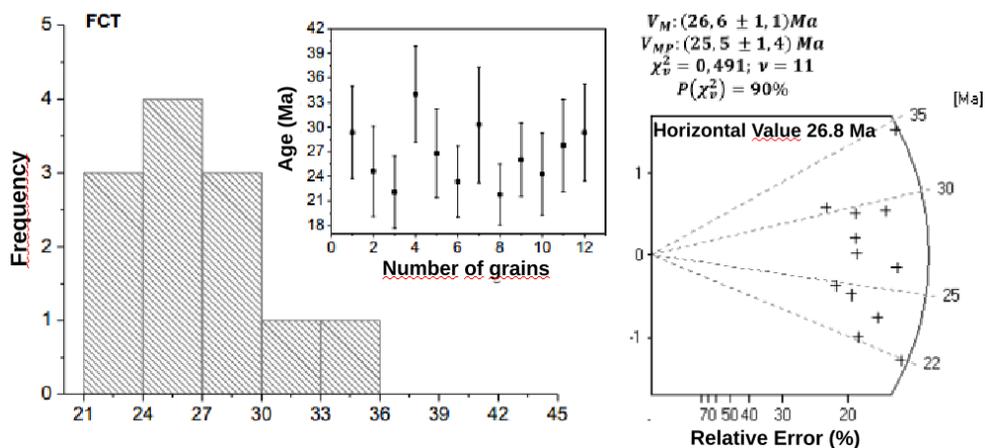


Figure 4 – Age distribution with individual age fluctuation and radial age diagram for the FCT sample. In the age fluctuation diagram VM is the age mean value (Resende, 2015).

5 | FINAL REMARKS

The presented analysis aimed to show the methodological advances in zircon fission-track and U-Pb dating methods, which suggest the possibility of both techniques being simultaneously used in geological region studies. The ages via the two dating methods were statistically concordant. This high level of agreement obtained by combining both methods is related to the direction of the laser ablation at areas with uniform fission-track density. That intrinsically accords with the use of the chemical etching to reveal morphological

nuances of the mineral crystalline structure that are imperceptible via optical microscopy and other imaging techniques, e.g. cathodoluminescence and secondary electrons, and indistinguishable by Raman spectroscopy, scanning electron microscopy and electron microprobe.

In cases the U-Pb ages are discordant in the same grain, they can be misinterpreted as distinct ages of metamorphic (re)crystallization (Resende et al., 2019). In fact, this may be related to lack of preserved crystalline structure of the mineral, which leads to the opening of the U-Pb isotopic system. If the sample goes through a cooling stage at temperatures sufficient to rebuild the crystalline structure, the isotopic system closes again, causing the age to be related to the cooling phenomenon instead of the recrystallization.

REFERENCES

Bevington, P.R.; Robinson, D.K. **Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences**. New York: McGraw-Hill, 1992. 2nd ed.

Curvo, E.A.C.; Tello S., C.A.; Carter, A.; Dias, A.N.C.; Soares, C.J.; Nakasuga, W.M.; Resende, R.S.; Gomes, M.R.; Alencar, I.; Hadler, J.C. **Zircon fission track and U-Pb dating methods applied to São Paulo and Taubaté Basins located in the southeast Brazil**. *Radiation Measurements*, v. 50, p. 172-180, 2013.

Dawson, P.; Hargreave, M.M.; Wilkinson, G.R. **Vibrational Spectrum of Zircon (ZrSiO₄)**. *Journal of Physics C: Solid State Physics*, v. 4, n. 2, p. 240-256, 1971.

Dias, A.N.C.; Tello, C.A.; Constantino, C.J.L.; Soares, C.J.; Novaes, F.P.; Araya, A.M.O. **Micro-Raman Spectroscopy and SEM/EDX Applied to Improve the Zircon Fission Trac Method Used for Dating Geological Formations**. *Journal of Raman Spectroscopy*, v. 40, p. 101-106, 2009.

Dias, A.N.C.; Tello, C.A.; Chemalle Jr., F.; Godoy, M.C.T.F.; Guadagnin, Iunes, P.J.; Soares, C.J.; Araya, A.M.O.; Bruckmann, M.P. **Fission Track and U-Pb In Situ Dating Applied to Detrital Zircon from the Vale do Rio do Peixe Formation, Bauru Group, Brazil**. *Journal of America Earth Sciences*, v. 31, n. 2-3, p. 298-305, 2011.

Galbraith, R.F. **Statistics for fission track analysis**. Boca Raton, USA: Chapman and Hall/CRC, 2005. 240 p.

Garver, J.I. **Etching zircon age standards for fission-track analysis**. *Radiation Measurements*, v. 37, p. 47-53, 2003.

Iunes, P.J.; Hadler, N.C.; Bigazzi, G.; Tello S., C.A.; Guedes, O.S.; Paulo, S.R. **Durango apatite fission-track dating using length-based age corrections and neutron fluence measurements by natural thorium thin films and natural U-doped glasses calibrated through natural uranium thin films**. *Chemical Geology*, v. 187, n. 3-4, p. 201-211, 2002.

Iunes, P.J.; Bigazzi, N.C.; Hadler, N.J.C.; Laurenzi, M.A.; Balestrieri, M.L.; Norelli, P.; Osório A., A.M.; Guedes, S.; Tello S., C.A.; Paulo, S.R.; Moreira, P.A.F.P.; Palissari, R.; Curvo, E.A.C. **U and Th thin film neutron dosimetry for fission-track dating: application to the age standard Moldavite**. *Radiation Measurements*, v. 39, p. 665-66, 2005.

Nasdala, L.; Wenzel, M.; Vavra, G.; Irmer, G.; Wenzel, T.; Koer, B. **Metamictisation of natural zircon: accumulation versus thermal annealing of radioactivity-induced damage**. Contribution to Mineralogy and Petrology, v. 141, n. 2, p. 125-144, 2001.

Resende, R.S.; Tello S., C.A.; Curvo, E.A.C.; Constantino, C.J.L.; Aroca, R.F.; Nakasuga, W.M. **Raman spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM) characterizations of fission track method datable zircon grains**. Applied Spectroscopy, v. 68, p. 549-556, 2014.

Resende, R.S. **Aprimoramento da sistemática U-Pb através do método de traços de fissão e técnicas de caracterização: termocronologia da faixa Brasília e sua correlação com a bacia do Paraná**. 2015. *PhD Thesis in Material Science and Technology. UNESP – Faculty of Science and Technology, 2015.*

Resende, R.S.; Tello S., C.A.; Pereira, L.A.S.; Dantas, E.L. **The effect of chemical and physical imperfections in zircon grains in influencing the U-Pb age analyses: Insights from zircon fission track etching**. Lithos, v. 346-347, 2019.

Robinson, K.; Gibbs, G.V.; Ribbe, P.H. **The structure of zircon: A comparison with garnet**. American Mineralogist, v. 56, p. 782-790, 1971.

Schoene, B. **U-Th-Pb geochronology**. Treatise on Geochemistry: 2nd ed. 4. p. 341-378, 2013

Tagami, T.; Lal, N.; Sorkhabi, R.B.; Ito, H.; Nishimura, S. **Fission Track Dating Using the External Detector Method: A Laboratory Procedure**. Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Department of Geology and Mineralogy, v. 53, n. 1-2. p. 1-30, 1988.

Tagami, T.; Carter, A.; Hurford, A.J. **Natural long-term annealing of the zircon fission-track system in Vienna Basin deep Borehole samples: constrains upon the partial annealing zone and closure temperatures**. Chemical Geology, v. 130, p. 147-157, 1996.

Tagami, T.; O'Sullivan, P.B. **Fundamentals of fission-track thermochronology**. In: Reiners, P. W.; Ehlers, T.A. (Eds.). Reviews in Mineralogy & Geochemistry, v. 5, p. 19-47, 2005.

Tello S., C.A.; Curvo, E.A.C.; Dias, A.N.C.; Soares, C.J.; Constantino, C.J.L.; Alencar, I.; Guedes, S.; Palissari, R.; Hadler, N.J.C. **Effects of etching on zircon grains and implications to the fission-track method**. Applied Spectroscopy, v. 66, n. 5, p. 545-551, 2012.

Torquato, J.R.; Kawashita, K. VII - **Metodologias de datação dos sistemas U,Th-Pb**. In: Celso Dal Ré Carneiro. (Org.). Geocronologia Nuclear. São Paulo: Ed. UNICAMP, 9, p. 153-189, 1996.

Utsunomiya, S.; Palenik, C.S.; Valley, J.W.; Cavosie, A.J.; Wilde, S.A.; Swing, R.C. **Nanoscale occurrence of Pb in an Archean zircon**. Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 68, n. 22, p. 4679-4686, 2004.

Williams, I.S. **U-Th-Pb geochronology by ion microprobe**. In: McKibben, M. A., Shanks III, W.C., Rydley, W.I. (Eds.), Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes. Reviews in Economic Geology, 7, p. 1–35, 1998.

Yamada, R.; Tagami, T.; Nishimura, S. **Confined fission-track length measurement of zircon: assesment of factors affecting the paleotemperature estimate**. Chemical Geology, v. 122, p. 249-258, 1995.

O USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS EM AUXÍLIO À EDUCAÇÃO EM TEMPO DE DISTANCIAMENTO SOCIAL

Data de aceite: 04/01/2021

Gabriel Kenji Furtado Mitome

Faculdade Estácio do Pará – FAP

Alexandre M. Melo Silva Pessoa

Universidade Estácio de Sá, PPGE – Rio de Janeiro

<https://orcid.org/0000-0002-5194-7654>

RESUMO: No presente artigo apresentaremos algumas considerações acerca da utilização de ferramentas digitais que auxiliam o ensino em tempos de pandemia do COVID-19. Foram realizadas algumas avaliações na perspectiva dos alunos de como estão se adaptando ao atual modo de aprender em virtude do distanciamento social ocasionado pela pandemia, ou seja, o uso de ferramentas tecnológicas, dando continuidade ao ensino nas escolas e faculdades tanto do setor público quanto privado, com principal foco na adaptação no modo de ensinar dos docentes e discentes que estavam trabalhando com a educação presencial.

PALAVRAS-CHAVE: Education, Digital tools, Social distance, ICT in Education.

ABSTRACT: This paper, we will present some considerations about the use of digital tools that help teaching in times of COVID-19 pandemic. Some evaluations were made in the students' perception of how they are adapting to the current way of learning due to the social distance caused by the pandemic, that is, the use of technological

tools, continuing teaching in schools and colleges in both the public and private sectors, with the main focus on adapting the teaching methods of teachers and students who were working with face-to-face education.

KEYWORDS: Education, Digital tools, COVID-19, Technological adaptation.

1 | INTRODUÇÃO

O Tempo de isolamento social ocasionado pelo Corona vírus (COVID-19), trouxe consigo uma nova estruturação para o ensino, nunca antes imaginada, afastando fisicamente docentes e discentes, a crise sanitária também trouxe uma revolução pedagógica para os que estão se adaptando a atual forma de ensino no cenário mundial, utilizando de tecnologias e ambientes virtuais para auxílio das modalidades educacionais.

A estratégia educacional abordada possibilitou a continuidade do ensino, que antes era presencial, e mostrou que a atual forma de educar, terá que adequar cada vez mais a educação moderna do século XXI, tendo a tecnologia como aliada contínua, levando o estudante a ter uma aprendizagem significativa com ajuda de ferramentas digitais.

Apesar da modalidade de ensino a distância já ser uma realidade na educação, ainda está sendo direcionado quase que na sua totalidade para o Ensino Superior, já na Educação Básica (Educação Infantil, Ensino

Fundamental e Médio), as regras gerais das escolas quanto ensino remoto emergencial, tende seu uso para a forma de educação complementar, sendo autorizada para casos específicos do Ensino Médio, especialmente voltadas para cursos profissionalizantes.

A educação vem se reestruturando para uma melhor adaptação dos docentes e discente, acerca da utilização de ferramentas digitais no aprendizado remoto, como o uso de programas, aplicativos e ambientes virtuais que passaram a ser essenciais. A seguir, na Tabela 1, apresentamos algumas dessas ferramentas que estão auxiliando a educação emergencial presencial, esses programas e aplicativos que contribuem para a tecnologia usual (computador, slides, projetor) são apenas exemplos e possuem excelentes benefícios. Existem muitas outras ferramentas, mas apenas os apresentados neste artigo foram averiguados e testados pelos autores.

Nome	Principal utilização	Algumas funcionalidades
Google Classroom	Organização da disciplina e de cursos e aulas online	É um serviço grátis para professores e alunos. A turma, depois de conectada, passa a organizar as tarefas online. O programa permite a criação de cursos “Online”, páginas de disciplinas, grupos de trabalho e comunidade de aprendizagem.
Google Drive	Armazenamento de arquivos em nuvem	Além de economizar o espaço do equipamento tecnológico, o Google Drive permite o compartilhamento de arquivos pela internet para os alunos. Por exemplo, após carregar o arquivo para a “nuvem” da internet, o docente pode criar um link compartilhável.
YouTube	Transmissão de aulas e repositório de vídeos	Plataforma de compartilhamento de vídeos e de transmissão de conteúdo (ao vivo – “Lives” ou gravados). O docente pode criar o “seu canal” e ser acompanhado pelos discentes, já acostumados com a plataforma.
Sistema Moodle	Organização da disciplina e de Cursos e aulas Online	O programa permite a criação de cursos “on-line”, páginas de disciplinas, grupos de trabalho e comunidades de aprendizagem, estando disponível em 75 línguas diferentes. A plataforma é gratuita e riquíssima, aceitando vídeos, arquivos diversos.
Microsoft Teams	Organização da disciplina e de Cursos e aulas Online	Programa que permite que professores e alunos se conectem via chamada de vídeo. O docente pode criar o “seu canal” e ser acompanhado pelos discentes, onde ele pode assistir os vídeos chamadas gravadas pela própria ferramenta.

Tabela 1. Ferramentas Tecnológicas

Fonte: Autor, 2020.

É frequente o crescimento da quantidade de ferramentas tecnológicas que estão sendo desenvolvidas atualmente, cada uma para atender melhor cada setor da melhor forma possível, das tecnologias citadas acima, daremos foco na ferramenta chamada Microsoft Teams (Teams), sendo umas das principais tecnologias utilizadas no atual modo de ensino, tal ferramenta possibilitou a continuidade das aulas, dando seguimento ao ano letivo que estava no momento parado na maioria das instituições de ensino (Educação Básica ao Ensino Superior).

Sendo assim, a finalidade proposta por essa pesquisa tem como seu principal objetivo explicar a opinião dos alunos sobre a utilização da ferramenta tecnológica Teams, que atualmente está sendo utilizada no processo de ensino e aprendizagem a distância nas instituições educacionais. Os resultados do questionário proposto aos alunos serão demonstrados com a finalidade de discutir se de fato a ferramenta em questão está ou não auxiliando os alunos na eficácia da aprendizagem do ponto de vista de satisfação do usuário.

Este artigo apresenta o referencial teórico e trabalhos correlatos, no qual a pesquisa foi baseado, seguido da metodologia proposta para esse artigo, explicando qual técnica de pesquisa foi utilizada para alcançar os objetivos e aos resultados, que serão demonstrados ao longo desta pesquisa.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Nos últimos anos, o que vem se discutindo acerca da utilização de tecnologias em sala de aula, tem sido uma das principais pautas dos núcleos escolares. O maior desafio consiste na inserção dos recursos tecnológicos dentro das salas de aula, segundo [1] O ensino a distância apresentou um significativo crescimento nos últimos anos, alcançando um total de mais de dois milhões de matrículas em 2018, as instituições de ensino superior foram as que mais se destacaram no uso de tecnologias, consequência do distanciamento social causado pelo novo Coronavírus.

De acordo com [2], o ensino a distância tornou-se uma alternativa para que alunos prossigam seus estudos, apresentando turnos e horários de estudo flexíveis e, dessa maneira, se credenciar a conquistar um emprego melhor ou ter ascensão dentro de uma empresa. O que levou à evolução dessa modalidade de ensino, onde [3] afirma que o uso de tecnologias fornece diferentes tipos de métodos de ensino, o que tem tornado a situação de crise em um campo de possibilidades pedagógicas.

Devido ao atual cenário foi definido uma estratégia educacional via ensino remoto que de acordo com [4] possibilitou a continuidade do ano letivo e mostrou que o mundo acadêmico, cada vez mais, terá que adequar o ensino do século XXI a um novo projeto pedagógico, tendo a tecnologia como aliada contínua, selecionando, sobretudo, qual ferramenta digital levará o estudante a ter uma aprendizagem significativa. Para tanto,

deve alterar as metas de competências e as habilidades das matrizes curriculares de cada um dos seus atuais cursos.

Porém apenas o uso dessas ferramentas tecnológicas não sana todas as dificuldades que os alunos professores estão passando, muitos alunos alegam dificuldade na interação com o professor, conforme [5], sendo que é indispensável a participação ativa do estudante, além do aperfeiçoamento da autoaprendizagem e também é preciso que o docente desenvolva formas de interatividade a fim de manter o interesse e motivação dos estudantes, como salienta [6] “a tecnologia não tem a capacidade de resolver todos os problemas da educação, porém, quando aliada à prática social e à interação humana, consegue contribuir eficientemente na (re)construção do conhecimento”.

Em virtude da pressão exercida aos docentes em busca de novas alternativas para a prática das aulas *on-line*, se tornará mais frequente o uso de ambientes virtuais, mesmo em períodos de normalidade de ensino, favorecendo ainda mais o processo de ensino e aprendizagem do sistema educacional brasileiro, para [7] é imprescindível que o professor instigue o seu estudante a compactuar com as tecnologias atuais e estabelecer um elo para dar continuidade à aquisição de conhecimento, desenvolvendo estratégias para ministrar aulas remotas, com as devidas adequações didáticas e pedagógica.

3 | TRABALHOS CORRELATOS

O estado da arte realizado para esta pesquisa correlaciona algumas publicações com o trabalho proposto nesse artigo.

Em [8] explana a história da modalidade de ensino a distância sendo implementada no Brasil nas instituições de ensino Superior, e o seu crescimento explosivo desse mercado, porém os recursos humanos para atuar nesse novo mercado não se desenvolveu com a mesma agilidade, ainda existe a superação por parte dos docentes e discentes no início da implementação do ensino a distância no Brasil.

O trabalho de [9] exalta que a educação não será a mesma após essa pandemia, e que o ensino remoto veio a fim de que educação não sofresse risco de descontinuidade no primeiro semestre de 2020, levantando em questão a desigualdade social que impede discentes de terem acesso a equipamentos e provedores de internet adequados, o que dificulta que alguns estudantes acompanhem as aulas remotas.

Quanto ao cenário que vivemos e escopo deste trabalho, em [10] são apresentadas algumas considerações acerca da educação híbrida em tempos de pandemia do COVID-19, focando na adaptação e superação dos docentes e discentes em relação as novas formas de ensinar, tanto na educação básica quanto no ensino superior, no momentos atual, tornou-se necessário repensarmos a educação presencial e todos os seus processos. Ressaltando o uso de ferramentas que estão auxiliando a educação e que o após pandemia possivelmente haverá um maior hibridismo da educação presencial com a educação a distância, pois

cada vez mais os professores estarão preparados, tendo a possibilidade factível de novas doenças coletivas futuras. Essa probabilidade nunca mais será descartada.

Neste contexto, [11] conclui que os alunos que antes acostumado a modalidade de ensino presencial, possuem dificuldade de adaptação para o atual modo de ensino a distância, o que pode refletir numa formação inadequada para as disciplinas ofertadas. Nesse sentido, o estudo mostrou-se eficiente para um melhor conhecimento acerca da adequação das atividades pedagógicas por parte de professores e alunos durante o período de isolamento social e, assim, possibilitar a reflexão acerca dos processos educacionais e a busca de aperfeiçoamento para a uma melhor prática futuramente.

4 | METODOLÓGIA

A pesquisa realizada para este trabalho tem um caráter descritivo, possibilitando assim maiores esclarecimentos acerca do tema abordado. As informações foram baseadas em publicações científicas sobre o referido tema, ou que a ele se assemelhem, disponíveis através de meios eletrônicos no site IEEE, dentre outros, bem como em livros e publicações científicas de referência sobre os assuntos centrais a serem abordados.

O trabalho também possui abordagem quali-quantitativa, pois, usa métodos qualitativos para a análise quanto a opinião do usuário e quantitativos para realização da análise das informações abordadas em questão e com base de elaboração no livro [12].

Para esse estudo foi aplicado um questionário, como instrumento de pesquisa, tendo como referência de construção [13], composto de 5 perguntas, as perguntas abrangem questões relativas ao auxílio do Teams na educação remota. Onde foram obtidas respostas de 162 alunos do curso superior que utilizam o Teams para assistir as aulas *on-line*, sendo descartadas algumas respostas, seguindo análise das respostas com foco nas principais perguntas e nas metas da pesquisa. Os dados foram tratados para compreender a relação de acesso e uso da ferramenta em auxílio as aulas a distância.

5 | RESULTADOS

Com síntese dos resultados adquiridos por meio desta pesquisa, pode ser afirmar que, a busca a excelência do ensino remoto, ainda há muito o que ser discutindo e avaliada para que essa modalidade se torne viável para todos. O Gráfico 1 abaixo demonstra a qualidade de acesso dos estudantes a ferramenta tecnológica Microsoft Teams.

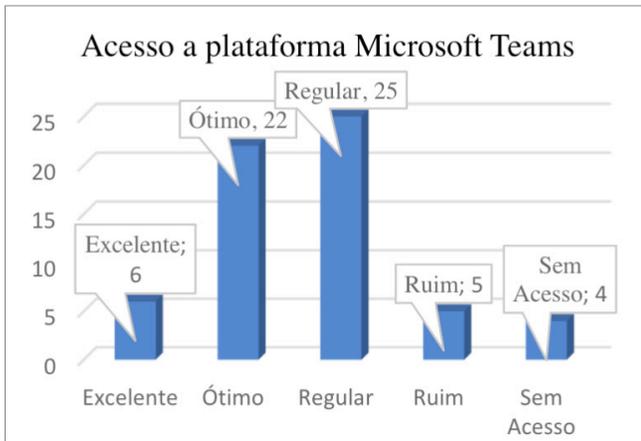


Gráfico 1 - Acesso a plataforma;

Fonte: Autor, 2020

Entre os 162 alunos que participaram do estudo 94% consegue ter acesso a plataforma Microsoft Teams, seguido de 6% que não tem acesso a plataforma, mesmo com desigualdade nas condições de acesso à rede mundial de computadores, observa-se uma considerável porcentagem de alunos que estão tendo acesso as suas aulas de ensino a distância, onde 8% classifica seu acesso como Excelente, 39% classifica como Ótimo, 43% classifica como Regular e 10% classifica como Ruim o acesso a plataforma, já o Gráfico 2 demonstra a opinião dos alunos referente ao seu desempenho através do uso da plataforma.

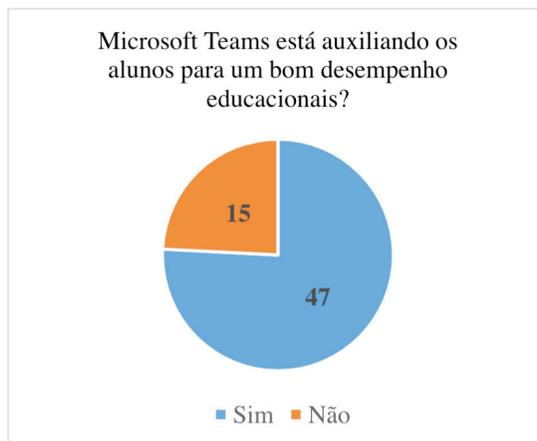


Gráfico 2 – Desempenho dos alunos;

Fonte: Autor, 2020

Com base nos dados acima 76% dos alunos afirmam que a ferramenta Teams está auxiliando os alunos a terem bons resultados, contra 24% que afirma que com o uso da ferramenta não está trazendo bons resultados, considerando essa realidade pode-se concluir que boa parte dos alunos que responderam o questionário, estão tendo desempenho positivo com o seu uso. O Gráfico 3 a seguir demonstra a opinião dos alunos referente a eficácia das ferramentas disponíveis do Teams, a saber as aulas gravadas, envio de material de estudo pelos professores, envio de trabalhos e videoconferência.

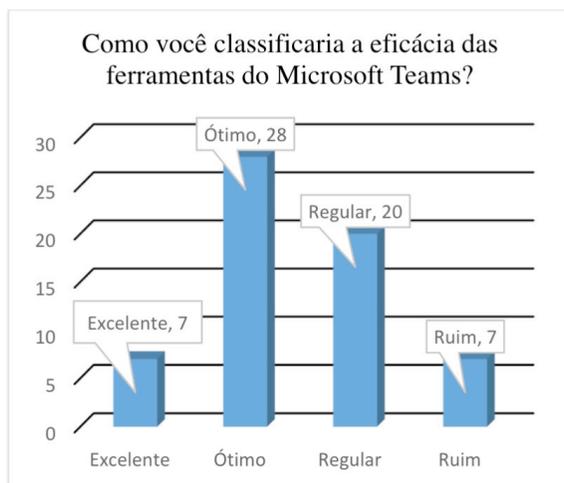


Gráfico 3 – eficácia das ferramentas;

Fonte: Autor, 2020

De acordo com os alunos que responderam o questionário, 89% tem como positivo a eficácia das ferramentas do Microsoft Teams, onde 11% afirma ser Excelente, 46% afirma ser Ótimo, 32% afirma ser regular, contra 11% que tem como negativo ou ruim a eficácia das ferramentas, pode ser constar que a maioria dos alunos, afirmam positivamente quanto a eficácia das ferramentas em auxílio das aulas remotas, isso demonstra o nível de adaptação por parte dos alunos quanto ao uso contínuo da ferramenta.

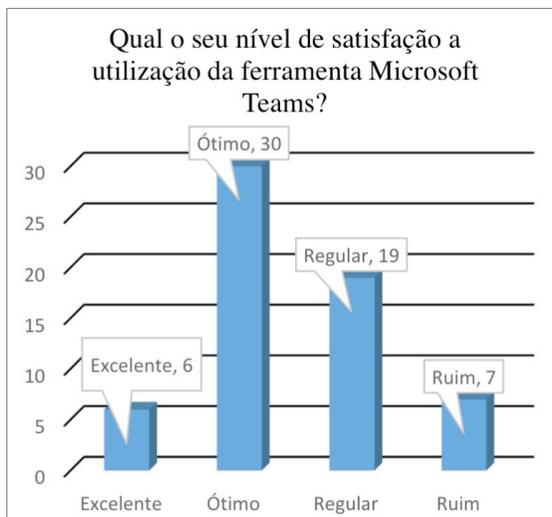


Gráfico 4 – Nível de satisfação;

Fonte: Autor, 2020

Mais uma vez podemos constatar o alto índice de alunos que tem como positivo o seu nível de satisfação, referente a ferramenta Teams são 89% entre onde estão classificados como 10% sendo excelente, 48% como ótimo, 31% como regular, contra 11% que afirmam seu nível de satisfação negativa sobre o uso da ferramenta.

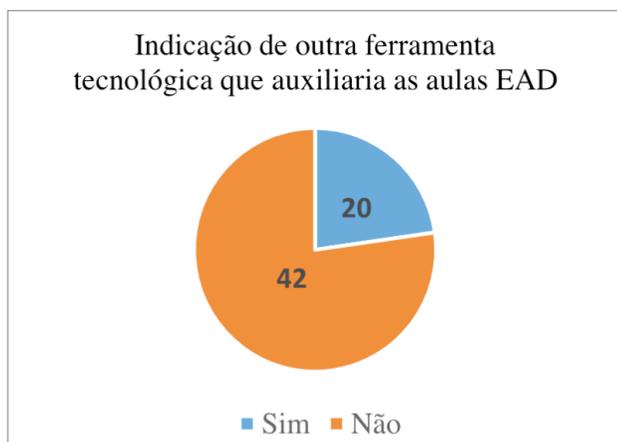


Gráfico 5 – Indicação de Ferramenta;

Fonte: Autor, 2020

Os estudantes foram questionados se indicariam outra(s) ferramentas tecnológicas ou outros ambientes virtuais para participar das aulas remotas, sendo assim, 68% dos alunos afirmaram que não indicaria outra(s) ferramenta(s) para o ensino on-line, e que o Teams está sendo suficiente para suprir as necessidades dos alunos, dado continuidade ao aprendizado. Os outros 32% deram sua resposta como positiva, e sim, que teria outra(s) ferramenta(s) que auxiliaria na educação on-line, entre eles 64% indicaram a ferramenta tecnologia ZOOM, 18% indicaram Google Meets, 10% indicaram o Moodle, 7% indicaram o *Blackboard*, *Canvas Learning*, *Google Classroom*, *Google Hangouts* ficaram respectivamente com 1% cada, vale ressaltar que estas indicações, são de nível acadêmico e não possui nenhuma relação com marketing e não foi levado em consideração o desconhecimento das ferramentas pelos alunos pesquisados.

Através desta pesquisa foi possível alcançar os resultados para explanarmos um pouco mais sobre a ferramenta Teams e seus recursos tecnológicos, onde também foi identificado outras ferramentas que estão auxiliando a enfrentamento do atual cenário da educação, causado pelo distanciamento social, a ferramenta Teams foi escolhida como tema foco do questionário e que através dos resultados adquiridos constatou-se uma ótima ferramenta para o auxílio das aulas remotas e que cada vez mais os alunos estão se adaptando ao uso de tais ferramentas.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Pode-se constatar através da pesquisa, a eficiência do uso de ferramentas em auxílio ao ensino remoto emergencial, frequentemente os alunos estão se adaptando ao uso de ambientes virtuais para continuarem participando de suas aulas, mas ao mesmo tempo, uma parcela de alunos não tem condições de acesso a tais plataformas, o que dificulta seu aprendizado, muita há o que ser debatido e gerido sobre o ensino a distância, buscando sobre uma melhor estruturação da educação tanto para professores como para alunos, este trabalho teve foco em uma ferramenta de grande volume de acesso no Brasil e reconhecida mundialmente.

A maioria dos alunos e professores que antes acostumados ao modelo de ensino presencial e que foram forçados a passar para modalidade de ensino remoto emergencial por conta da pandemia, descrevem que a qualidade do ensino online não é inferior ao presencial, mas não foi eficaz no contexto que foi empregado, o que pode refletir na formação acadêmica inadequada para algumas disciplinas ofertadas. Nesse sentido, a pesquisa demonstrou-se eficiente para um melhor conhecimento acerca da adaptação tecnológica, e o uso de ferramentas nas atividades educacionais por parte de professores e alunos durante o período de isolamento social, possibilitando assim uma reflexão nos processos pedagógicos em busca do aperfeiçoamento para a uma melhor prática futura.

Observa-se, que alguns estudantes não apresentam condições de acessos aos ambientes virtuais, isso se dá devido à falta de equipamentos, como o computador pessoal, notebook e celular ou acesso à internet, surgindo a necessidade do fornecimento de recursos tecnológicos para os estudantes que não disponham do acesso, isso retrata a falta de políticas públicas que democratizem o acesso a meios tecnológicos, um dos principais problemas que os discentes e docentes enfrentam. Em trabalhos futuros pretende-se realizar a avaliação quanto a experiência do usuário em outras plataformas de comunicação e colaboração e em instituições educacionais de nível superior e médio.

É visionário que após a pandemia a educação a distância será melhor aceita e reconhecida como auxílio ao processo de ensino aprendizagem, não mais com o cenário de caráter emergencial, isso se dará visto a qualificação dos docentes, no intuito de melhorar suas habilidades no manuseio das tecnologias utilizadas nos processos educacionais, para que haja uma melhor qualidade e aproveitamento das aulas. Em meio os problemas gerados pela pandemia, a educação deverá ser uma potencializadora capaz de continuar auxiliando a população de modo geral e ultrapassando, com as ferramentas tecnológicas, as barreiras nas distâncias geográficas e físicas.

REFERÊNCIAS

1. INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. CENSO DA EDUCAÇÃO SUPERIOR 2018. BRASÍLIA: MEC/INEP, 2019.
2. LEAL, PAULO CÉLIO DE SOUZA. A EDUCAÇÃO DIANTE DE UM NOVO PARADIGMA: ENSINO A DISTÂNCIA (EAD) VEIO PARA FICAR! GOIÂNIA, JUN. 2020. DISPONÍVEL EM: <HTTP://FACULDADEDELTA.EDU.BR/REVISTAS3/INDEX.PHP/GT/ARTICLE/VIEW/44/4>. ACESSO 10 09 SET.2020.
3. RODRIGUES, K. G., & DE LEMOS, G. A. (2019). METODOLOGIAS ATIVAS EM EDUCAÇÃO DIGITAL: POSSIBILIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS NA MODALIDADE EAD. ENSAIOS PEDAGÓGICOS, 3(3), 29-36. SANTOS JUNIOR, V. B., & MONTEIRO, J. C.S. (2020). EDUCAÇÃO E COVID-19: AS TECNOLOGIAS DIGITAIS MEDIANDO A APRENDIZAGEM EM TEMPOS DE PANDEMIA. REVISTA ENCANTAR-EDUCAÇÃO, CULTURA E SOCIEDADE, 2, 01-15.
4. LEAL, PAULO CÉLIO DE SOUZA. A EDUCAÇÃO DIANTE DE UM NOVO PARADIGMA: ENSINO A DISTÂNCIA (EAD) VEIO PARA FICAR! GOIÂNIA, JUN. 2020. DISPONÍVEL EM: <HTTP://FACULDADEDELTA.EDU.BR/REVISTAS3/INDEX.PHP/GT/ARTICLE/VIEW/44/40>. ACESSO 10 09 SET.2020.
5. VIDAL, E. M., & MAIA, J. E. B. (2010). INTRODUÇÃO À EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. FORTALEZA: EDITORA RDS.43P.
6. HABOWSKI, A. C., CONTE, E., & TREVISAN, A. L. (2019). POR UMA CULTURA RECONSTRUTIVA DOS SENTIDOS DAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO. EDUCAÇÃO & SOCIEDADE, 40.

7. SCHIMIGUEL, J., FERNANDES, E. M., & OKANO, M. T. (2020). INVESTIGANDO AULAS REMOTAS E AO VIVO ATRAVÉS DE FERRAMENTAS COLABORATIVAS EM PERÍODO DE QUARENTENA E COVID-19: RELATO DE EXPERIÊNCIA. RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT, 9(9).
8. MAIA, C.; MATTAR, J. ABC DA EAD: A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA HOJE. SÃO PAULO: PEARSON, 2007.
9. LEAL, PAULO CÉLIO DE SOUZA. A EDUCAÇÃO DIANTE DE UM NOVO PARADIGMA: ENSINO A DISTÂNCIA (EAD) VEIO PARA FICAR! GOIÂNIA, JUN. 2020. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://FACULDADEDELTA.EDU.BR/REVISTAS3/INDEX.PHP/GT/ARTICLE/VIEW/44/40](http://FACULDADEDELTA.EDU.BR/REVISTAS3/INDEX.PHP/GT/ARTICLE/VIEW/44/40)>. ACESSO 10 09 SET.2020
10. PASINI, CARLOS GIOVANI DELEVATI; DE CARVALHO, ÉLVIO; ALMEIDA, LUCY HELLEN COUTINHO. A EDUCAÇÃO HÍBRIDA EM TEMPOS DE PANDEMIA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES, RIO GRANDE DO SUL, JUN. 2020. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.UFSM.BR/APP/UPLOADS/SITES/820/2020/06/TEXTOS-PARA-DISCUSSAO-09-EDUCACAO-HIBRIDA-EM-TEMPOS-DE-PANDEMIA.PDF](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/820/2020/06/textos-para-discussao-09-educacao-hibrida-em-tempos-de-pandemia.pdf)>. ACESSO 10 09 SET.2020
11. LIMEIRA, GEORGE NUNES; BATISTA, MARIA EDENILCE PEIXOTO; BEZERRA, JANETE DE SOUZA. DESAFIOS DA UTILIZAÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO SUPERIOR FRENTE À PANDEMIA DA COVID-19, CEARÁ, SET. 2020. DISPONÍVEL EM:<[HTTPS://RSDJOURNAL.ORG/INDEX.PHP/RSD/ARTICLE/VIEW/8415/7544](https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8415/7544)>. ACESSO EM 25 10 OUT.2020
12. GIL, A. C. COMO ELABORAR PROJETOS DE PESQUISA. 5. ED. SÃO PAULO: ATLAS, 2010.
13. VIEIRA, S. COMO ELABORAR QUESTIONÁRIOS. 1. ED. SÃO PAULO: EDITORA ATLAS, 200

OXIDAÇÃO CATALÍTICA DE AZO-CORANTES SOBRE ÓXIDO DE FERRO SUPOSTADO EM CARVÃO OBTIDO DA *Pachira aquatica Aubl*

Data de aceite: 04/01/2021

Data da submissão: 06/11/2020

Juraci Santos do Nascimento

Universidade do Estado da Bahia, Campus I, Programa de Pós-graduação em Química, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Salvador-BA, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/0267590200584644>

Erlan Aragão Pacheco

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Química, Itapetinga-BA, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/5126555557633598>

Márcio Souza Santos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Química, Itapetinga-BA, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/0715692648363651>

Tereza Simonne Mascarenhas Santos

Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Departamento de Tecnologia, Feira de Santana-BA, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/6525984408366189>

Alexilda Oliveira de Souza

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Química, Departamento de Ciências. Exatas e Naturais, Itapetinga-BA, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/1082687379842847>

Cesário Francisco das Virgens

Universidade do Estado da Bahia, Campus I, Programa de Pós-graduação em Química, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Salvador-Ba, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/6089875159011042>

RESUMO: Os azo-corantes são amplamente utilizados em uma variedade de indústrias, como têxteis, cosméticos, impressão, alimentos e plásticos. Muitos desses corantes são cancerígenos e reduzem a penetração da luz em sistemas aquosos, dificultando a fotossíntese e prejudicando a saúde humana. Com o objetivo de obter novos catalisadores para a oxidação de corantes orgânicos em meio aquoso, estudou-se neste trabalho, o desempenho de catalisadores à base de óxido de ferro ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) suportado em carvão produzido com cascas da *Pachira aquática Aubl*, com vistas à aplicação na oxidação do corante azul de metileno. Os materiais foram caracterizados por Difração de Raios X (DRX), Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e propriedades texturais (área específica, volume e tamanho de poro). De acordo com os resultados de DRX, verificaram-se em todos os sólidos, dois picos largos que são característicos de planos gráficos desordenados dos carvões. Todos os catalisadores foram ativos na degradação do corante azul de metileno com capacidade para remover em torno de 60% do poluente, indicando que eles podem vir a se constituir em alternativa viável e eficiente para o tratamento de efluentes contaminados por corantes.

PALAVRAS-CHAVE: Reação de Fenton Heterogêneo, recursos hídricos, poluentes orgânicos, resíduos.

CATALYTIC OXIDATION OF AZO-DYES ON IRON OXIDE SUPPORTED ON COAL OBTAINED FROM *Pachira aquatica Aubl*

ABSTRACT: Azo dyes are widely used in a variety of industries, such as textiles, cosmetics, printing, food and plastics. Many of these dyes are carcinogenic and reduce the penetration of light into aqueous systems, making photosynthesis difficult and harming human health. In order to obtain new catalysts for oxidation of organic dyes in aqueous media, the performance of catalysts based on iron oxide ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) supported on coal produced from *Pachira aquatica Aubl* husks was studied in this work, with a view to the oxidation application of methylene blue dye. The materials were characterized by X-ray diffraction (DRX), Infrared spectra with Fourier transform (FTIR) and textural properties (specific area, pore volume and size). According to the XRD results, two broad peaks were found in all solids, which are characteristic of disordered graphical planes of the coal. All catalysts were active in the degradation of the methylene blue dye with capacity of removing around 60% of the pollutant, indicating that they may become a viable and efficient alternative for the treatment of effluents contaminated by dyes.

KEYWORDS: Heterogeneous Fenton Reaction, water resources, organics pollutants, wastes.

1 | INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis utilizam ampla variedade, bem como elevadas quantidades de corantes em seus processos, como consequência geram efluentes com elevada carga desses compostos. Os corantes são bastante solúveis em água, constituindo um sério problema ambiental quando são descartados sem tratamento prévio, pois essas espécies apresentam toxicidade e têm propriedades carcinogênicas. A presença de corantes em efluentes dificulta a entrada de luz no meio, impedindo o processo de fotossíntese, levando assim, ao desequilíbrio de todo um sistema ecológico (DUARTE *et al.*, 2013; JAIN *et al.*, 2018).

Os Processos Oxidativos Avançados (POA's) são bastante eficientes no tratamento de efluentes coloridos, degradando ou mineralizando os contaminantes orgânicos, transformando-os em dióxido de carbono, água e ânions inorgânicos (BABUPONNUSAMI *et al.*, 2014; BOKARE *et al.*, 2014; PACHECO *et al.*, 2019). O principal mecanismo do processo é a geração de radicais hidroxilas, extremamente reativos, não seletivos e capazes de reagir rapidamente com quase todos os compostos orgânicos.

Um processo oxidativo de destaque é a reação de Fenton, que utiliza Fe^{2+} e H_2O_2 para a geração de radicais hidroxilas. Trata-se de um sistema simples com elevadas taxas de degradação de poluentes orgânicos, porém, o processo Fenton homogêneo leva à geração de lodo pela precipitação de Fe^{3+} como hidróxido, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (BOKARE *et al.*, 2014; PACHECO *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2016). Por outro lado, a reação de Fenton Heterogêneo utiliza a fonte de ferro na forma sólida, ou seja, suportado ou como um

composto mássico. Nesta condição, não existe a formação de lodo, tornando o processo mais eficiente e ambientalmente amigável.

Diante disso, a proposta deste trabalho foi desenvolver materiais alternativos, de baixo custo, constituído por óxido de ferro suportado em carvão produzido com cascas do fruto da *Pachira aquática aubl* coletados em áreas urbanas da cidade de Salvador-Bahia, Brasil, com vistas à aplicação desses materiais como catalisadores na degradação do azul de metileno, presente em meio aquoso, por um mecanismo do tipo Fenton Heterogêneo.

2 | PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Síntese dos catalisadores

A biomassa para a produção do carvão ativado foi obtida das cascas dos frutos da *Pachira aquática aubl*, uma espécie de árvore urbana. Os frutos maduros foram colhidos diretamente das árvores, secos à temperatura ambiente por 24 horas e, finalmente, foram separadas as cascas das polpas e sementes. As cascas obtidas foram secas em estufa com circulação de ar a 105 °C por 24 horas, e o material resultante foi pulverizado num moinho de facas e peneirado. O carvão foi produzido através da metodologia da pirólise lenta. O processo consistiu no aquecimento da matéria prima (biomassa) num reator de quartzo, sob atmosfera inerte de nitrogênio.

As condições ótimas para a produção do carvão foram determinadas através de planejamento experimental multivariado, que indicou a temperatura de reação de 406 °C, taxa de aquecimento de 2 °C min⁻¹, e tempo de residência de 60 minutos.

A deposição do metal sobre o suporte foi realizada através da técnica de impregnação por via úmida em excesso de solução. Nesse processo, a solução foi preparada a partir do precursor do metal (FeOH₃·8H₂O), nas concentrações de 5, 10 e 15% do metal em relação à massa do suporte (carvão). Posteriormente uma massa definida do suporte foi adicionada à solução contendo o metal, e em seguida o sistema foi levado à agitação em mesa agitadora a 150 rpm, por 24 horas. Na sequência, o sistema foi filtrado, seco em estufa a 120 °C por 4 horas, e por fim, resfriado em dessecador. As amostras obtidas a partir dessa metodologia foram denominadas como FCM5, FCM10 e FCM15 em que os números 5, 10 e 15 representam os percentuais de ferro em relação à massa de carvão.

2.2 Caracterização dos catalisadores

Os catalisadores foram caracterizados por Difração de Raios X (DRX), cujos difratogramas foram analisados no software HighScore Plus produzido pela Panalytical e identificados os padrões cristalográficos e o diâmetro médio de cristalitos (Dp), calculado a partir da reflexão mais intensa do óxido de ferro, empregando a equação de Debye-Scherrer. Os materiais também foram analisados por Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e as propriedades texturais foram obtidas de um analisador

de área superficial e porosidade por adsorção de nitrogênio em ambiente criogênico para obtenção dos dados da área específica, volume e tamanho de poros.

2.3 Desempenho catalítico na reação de Fenton

Os experimentos de avaliação catalítica foram realizados utilizando 10 mL da solução do corante orgânico azul de metileno na concentração de 8 mg L^{-1} , 0,3 mL de H_2O_2 P.A e 20 mg do catalisador. Ao fim de cada intervalo de tempo previsto, adicionou-se $300 \mu\text{L}$ de uma solução aquosa saturada de Na_2SO_3 a cada sistema, com o objetivo de finalizar a reação no tempo estabelecido. Em seguida, o material particulado foi separado por centrifugação durante 10 min, a 2000 rpm, e o sobrenadante, submetido à medida espectrofotométrica no comprimento de onda de 665 nm.

Foram realizados experimentos na ausência do peróxido de hidrogênio, nas mesmas condições descritas, com vistas a confirmar se a remoção do corante foi um processo catalítico ou adsorptivo. Ensaio na ausência dos catalisadores foram realizados para confirmar o processo catalítico nas reações de oxidação com H_2O_2 .

A comparação entre os desempenhos dos catalisadores foi realizada através da análise das taxas de reação determinadas pelos modelos de cinética de primeira e segunda ordem. As equações 1 e 2 descrevem os modelos cinéticos aplicados (Youssef et al., 2016):

$$\text{Reação cinética de primeira ordem: } C_t = C_o e^{-k_1 t} \quad \text{Equação (1)}$$

$$\text{Reação cinética de segunda ordem: } \frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_o} + k_2 t \quad \text{Equação (2)}$$

Em que C_o e C_t são as concentrações de corante no tempo de reação zero e no tempo t , respectivamente. k_1 e k_2 são as constantes das taxas de primeira e segunda ordem, respectivamente.

Os ajustes dos modelos matemáticos para estudos cinéticos foram avaliados estatisticamente pelo coeficiente de correlação (R^2).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão ilustrados os difratogramas de Raios X dos materiais produzidos.

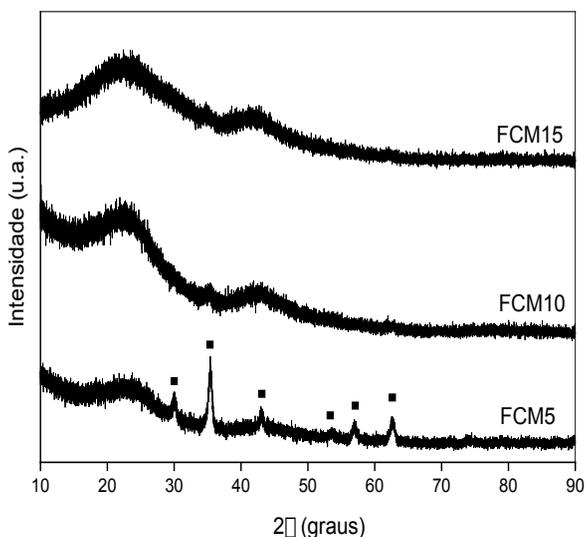


Figura 1. Difratogramas de Raios X das amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

A presença de dois picos largos foi identificada em todas as amostras, sendo um mais intenso e outro de menor intensidade, centrados em 2θ próximos a 24° e 44° , respectivamente. Essa característica revela uma estrutura amorfa, com planos gráfiticos desordenados, típicos de carvões (TAKAGI *et al.*, 2004; MANOJ *et al.*, 2012). O pico em $2\theta = 24^\circ$ pode ser atribuído aos planos de difração 002 da estrutura gráfitica, que ocorre quando o processo de carbonização acontece em elevada temperatura, resultando em estruturas carbonáceas com algum grau de ordem gráfitica (MA *et al.*, 2015).

O material obtido com menor teor de ferro (FCM5) exibiu reflexões características da fase maghemita cúbica, conforme ficha cristalográfica PDF2 00-039-1346, com os principais ângulos 2θ centrados em 30° , 35° , 43° , 54° , 57° e 63° (SCHULZ *et al.*, 1987). Por outro lado, as amostras com maiores teores de ferro (FCM10 e FCM15) não apresentaram as linhas de difração correspondentes à fase cristalina. Esse comportamento cristalográfico sugere que o aumento da concentração do precursor de ferro tenha promovido a formação de partículas de óxidos de ferro com baixa cristalinidade, ou cristalitos muito pequenos dispersos na superfície do carvão.

Na Figura 2 são apresentados os espectros de infravermelho dos catalisadores FCM5, FCM10 e FCM15.

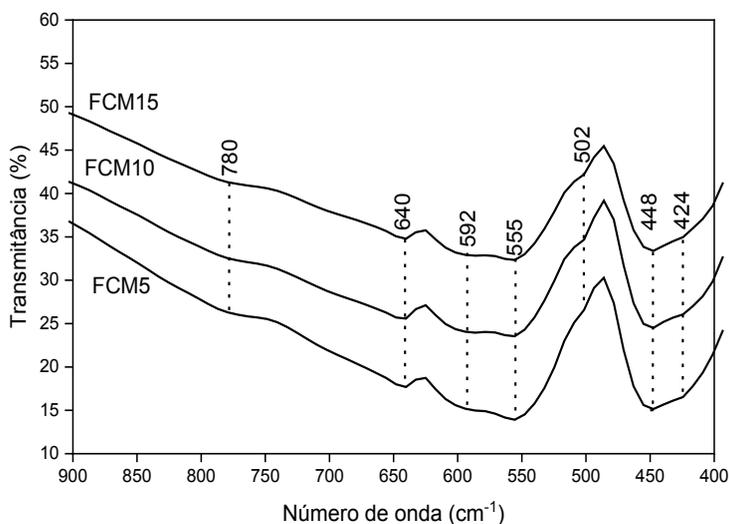


Figura 2. Espectros no infravermelho das amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

Nesses espectros foram identificadas bandas largas e intensas na região de 3000 - 3900 cm^{-1} , que podem ser atribuídas aos modos de estiramento (O–H). Além disso, identifica-se uma banda estreita, centrada em torno de 1600 cm^{-1} , associada à deformação (H–O–H) das moléculas de água adsorvidas nos sólidos. A largura das bandas, dos modos de estiramento da água (O–H), é uma característica peculiar de sistemas contendo ligações de hidrogênio, nos quais as moléculas de água se encontram perturbadas pelas interações intermoleculares ($\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}$). Nas amostras dos catalisadores foi identificada uma banda em torno de 1350 cm^{-1} , que pode ser atribuída à vibração axial de estiramento da ligação C–O e à vibração angular de estiramento da ligação O–H, típicas de grupos fenólicos. As bandas na região de 600-400 cm^{-1} correspondem às vibrações de ligações metal-oxigênio (Fe–O), corroborando com os difratogramas de raios X que evidenciaram linhas de difração da maghemita na amostra FCM5 (CORNELL & SCHWERTMANN, 2003).

As propriedades texturais identificadas por adsorção de nitrogênio e o diâmetro médio de cristalito calculado pela equação de Debye-Scherrer estão apresentados na Tabela 1. Notou-se que os valores de área específica são muito próximos entre si. O tamanho médio dos cristalitos de óxido de ferro foi de 25 nm para a amostra FCM5. As amostras FCM10 e FCM15 não apresentaram reflexões do óxido de ferro de modo que não foi possível estimar o diâmetro médio dos cristalitos para esses sólidos.

Amostra	S_{BET} ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)	T_p (nm)	V_p ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$)	D_p (nm)
FCM5	110	8,35	0.0318	25
FCM10	123	8,90	0.0323	----
FCM15	128	8,97	0.0312	----

Tabela 1. Resultados de área específica (S_{BET}), volume de poro (V_p) e diâmetro médio de cristalitos (D_p) das amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

As Figuras 3 e 4 apresentam os resultados dos ensaios de adsorção e degradação catalítica do azul de metileno, respectivamente, utilizando os materiais FCM5, FCM10 e FCM15. Os sólidos apresentaram baixas taxas de adsorção, variando na faixa de 19% a 23% de remoção do corante. Por outro lado, todos os materiais produzidos foram eficientes como catalisadores na oxidação do corante, sendo possível notar uma descoloração próxima a 90%.

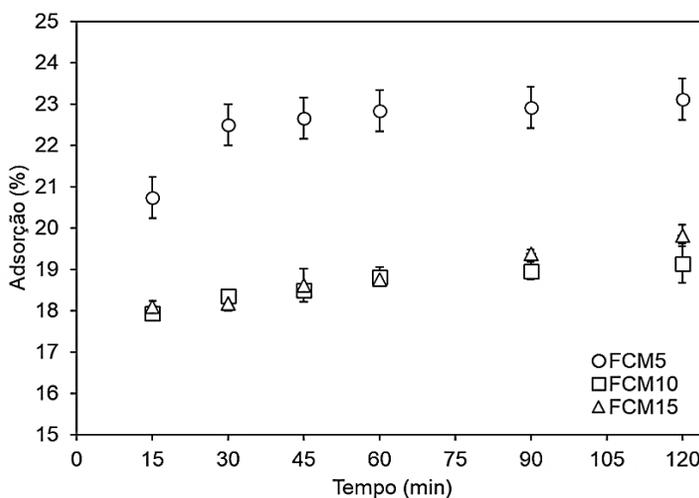


Figura 3. Resultados dos experimentos de adsorção do azul de metileno utilizando as amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

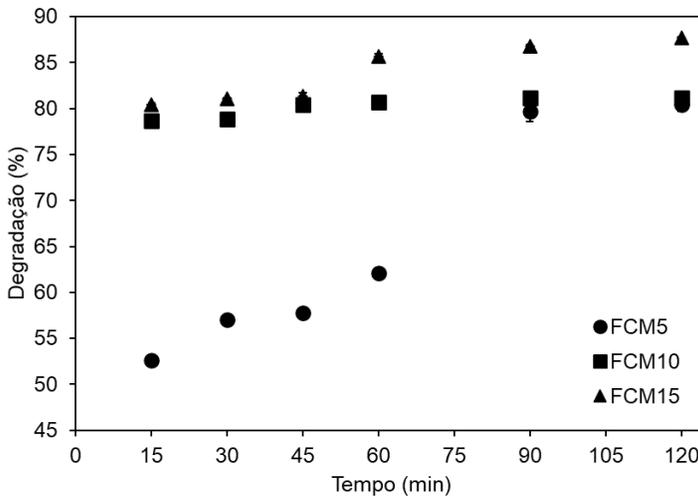


Figura 4. Resultados dos experimentos de oxidação do azul de metileno utilizando as amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

O desempenho catalítico das amostras FCM5, FCM10 e FCM15, após subtrair a taxa de adsorção, foi de 56%, 62% e 67%, respectivamente. Estes resultados indicam que a adsorção do corante no catalisador não impede a degradação dos mesmos pelos radicais hidroxilas ($\cdot\text{OH}$) gerados no processo Fenton, por isso, sugere-se que a eficiência de descoloração ao fim do processo, corresponde, em sua maior parte, à degradação do corante.

Tendo em vista os resultados de difração de raios X, cuja análise indicou a presença da maghemita ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) como única fase de óxido de ferro presente na amostra FCM5, sugere-se que a formação inicial dos radicais hidroxilas ($\cdot\text{OH}$) ocorre de acordo com as Equações 3 e 4 (CASTRO *et al.*, 2009). Os radicais hidroperóxidos ($\cdot\text{OOH}$) podem degradar os compostos orgânicos presentes, mas essa oxidação pode ser lenta ou dependendo da estabilidade, o composto pode não sofrer oxidação em virtude do baixo potencial do referido radical (1,25 V).



É importante ressaltar que na ausência dos materiais suportados, o peróxido de hidrogênio não foi capaz de decompor o corante no tempo de reação estudado, indicando que eles atuaram como catalisadores para o processo de degradação do azul de metileno.

Foi possível verificar, numa tendência geral, que a degradação do corante foi rápida nos primeiros 15 minutos de reação e o sistema entrou em equilíbrio em 60 minutos para as amostras com 10% e 15% de ferro, enquanto a amostra com 5% de ferro alcançou o equilíbrio com 90 minutos de reação. Esse comportamento é esperado para esses sistemas porque os íons ferrosos (Fe^{3+}) reagem muito rapidamente com o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), produzindo elevada quantidade de radicais hidroxilas ($\text{OH}\cdot$), promovendo assim, a degradação do corante azul de metileno (DEMARCHIS *et al.*, 2015; KWAN & VOELKER, 2003). Dessa forma, nos primeiros minutos, as moléculas do corante são decompostas rapidamente e, na sequência da reação, os íons férricos, produzidos na primeira fase, reagem com o peróxido de hidrogênio para produzir hidroperóxido (radicais $\text{HOOD}\cdot$), produzindo íons ferrosos que reagem com peróxido de hidrogênio para produzir os radicais hidroxilas.

O desempenho dos catalisadores foi ajustado a dois modelos cinéticos: primeira ordem e segunda ordem. Os resultados estão destacados na Tabela 2 e Figuras 5 e 6.

Amostra	Modelo cinético de primeira ordem		Modelo cinético de segunda ordem	
	k_1 (min^{-1})	R^2	k_2 ($\text{L mg}^{-1} \text{min}^{-1}$)	R^2
FCM5	$1,09 \times 10^{-3}$	0,8749	$2,68 \times 10^{-4}$	0,8820
FCM10	$3,91 \times 10^{-4}$	0,4193	$1,68 \times 10^{-4}$	0,6024
FCM15	$1,45 \times 10^{-3}$	0,7751	$5,56 \times 10^{-4}$	0,8237

Tabela 2. Parâmetros dos modelos cinéticos avaliados e coeficiente de correlação (R^2) para a cinética de degradação do azul de metileno através do mecanismo do tipo Fenton Heterogêneo.

Os valores encontrados para os coeficientes de correlação (R^2) estão abaixo de 0,90, no entanto a análise destes resultados indica que os dados cinéticos estão mais bem ajustados ao modelo cinético de segunda ordem. Como os coeficientes de correlação para as amostras FCM5 e FCM15 são maiores do que 0,80, os valores das suas constantes de taxa de reação (K_2) podem ser comparados e os resultados corroboram com o melhor desempenho do FCM15, o catalisador com maior teor de ferro.

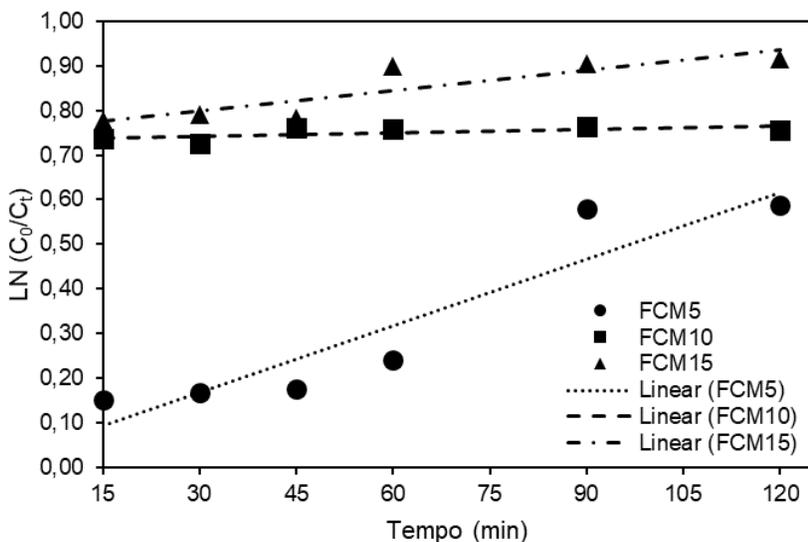


Figura 5. Cinética de primeira ordem para as amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

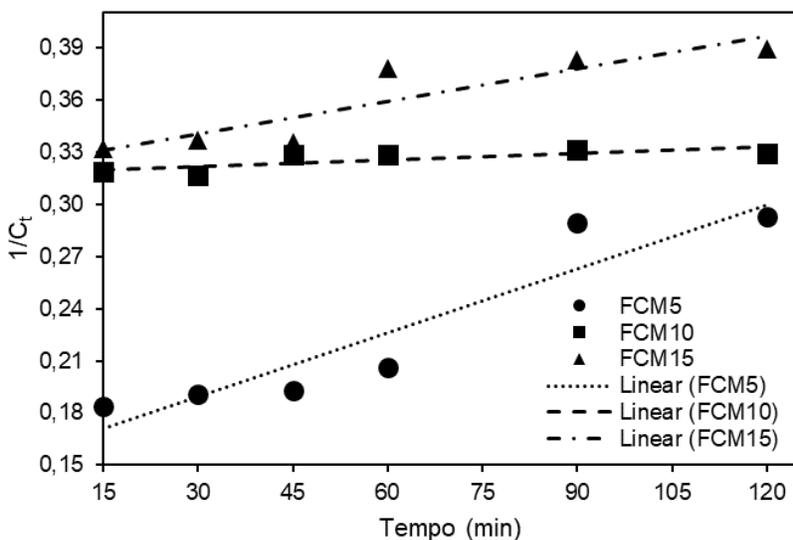


Figura 6. Cinética de segunda ordem para as amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

Estes resultados preliminares sugerem que há um intervalo de concentração ótimo para dispersão das partículas de óxido de ferro sobre o carvão obtido das cascas dos frutos da *Pachira aquática Aubl*. Teores abaixo de 10% contribuem para formação da maghemita, fase ativa na reação Fenton, e acima de 10%, o sólido apresentou baixa cristalinidade. Todos os catalisadores foram ativos na reação, mas os resultados cinéticos apontaram

para perfis diferentes em relação ao tempo de equilíbrio. Os catalisadores FCM10 e FCM15 apresentaram elevadas taxas de degradação nos primeiros 15 minutos da reação, diferente da amostra FCM5. No entanto, após 90 minutos os desempenhos dos catalisadores se aproximaram dentro de um intervalo de 80 a 90%. O comportamento singular do catalisador FCM5 é confirmado pelos ajustes aos modelos cinéticos avaliados que indica o $R^2 > 0,80$ para os dois modelos. Para confirmar a predominância do mecanismo de segunda ordem para estes catalisadores são necessários experimentos com variação da massa dos catalisadores em tempos menores de 15 minutos e a realização da análise de carbono orgânico total (COT), mas tais métodos não fizeram parte do escopo deste trabalho. Os resultados evidenciaram o potencial dos catalisadores estudados, produzidos utilizando o carvão obtido das cascas dos frutos da *Pachira aquática Aubl*, como suporte para dispersão da fase ativa de óxido de ferro, para a reação do tipo Fenton Heterogêneo.

4 | CONCLUSÃO

O procedimento experimental simples e de baixo custo, utilizado no presente estudo, levou à produção de materiais com potencial para aplicação como catalisadores na degradação de corantes orgânicos em meio aquoso. Além da eficiência para purificação de recursos hídricos contaminados com corantes, a produção dos catalisadores também contribuiu para remoção de resíduos orgânicos do meio ambiente, pois o carvão utilizado como suporte foi obtido a partir da pirólise das cascas de frutos da *Pachira aquática Aubl* que é uma árvore de arborização urbana e a queda natural dos frutos promove o acúmulo de lixo orgânico nas proximidades onde as árvores estão localizadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e FAPESB, pelo suporte financeiro e bolsas concedidas aos discentes.

REFERÊNCIAS

BABUPONNUSAMI, A.; MUTHUKUMAR, K. A review on Fenton and improvements to the Fenton process for wastewater treatment. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 2, n. 1, p. 557-572, 2014.

BOKARE, A. D.; CHOI, W. Review of iron-free Fenton-like systems for activating H_2O_2 in advanced oxidation processes. **Journal of hazardous materials**, v. 275, p. 121-135, 2014.

CASTRO, C.S; GUERREIRO, M.C; OLIVEIRA, L.C.A; GONÇALVES, M. Remoção de compostos orgânicos em água empregando carvão ativado impregnado com óxido de ferro: ação combinada de adsorção e oxidação em presença de H_2O_2 . **Química Nova**, v. 32, n. 6, p.1561-1565, 2009

CORNELL, R. M.; SCHWERTMANN, U. **The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses**. John Wiley & Sons, 2003.

DEMARCHIS, L.; MINELLA, M.; NISTICÒ, R.; MAURINO, V.; MINERO, C.; VIONE, D. Photo-Fenton reaction in the presence of morphologically controlled hematite as iron source. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 307, p. 99-107, 2015.

DUARTE, F.; MORAIS, V.; MALDONADO-HÓDAR, F. J.; MADEIRA, L. M. Treatment of textile effluents by the heterogeneous Fenton process in a continuous packed-bed reactor using Fe/activated carbon as catalyst. **Chemical Engineering Journal**, v. 232, p. 34-41, 2013.

HO, Y.-S. Review of second-order models for adsorption systems. **Journal of hazardous materials**, v. 136, n. 3, p. 681-689, 2006.

JAIN, B.; SINGH, A. K.; KIM, H.; LICHTFOUSE, E.; SHARMA, V. K. Treatment of organic pollutants by homogeneous and heterogeneous Fenton reaction processes. **Environmental Chemistry Letters**, v. 16, n. 3, p. 947-967, 2018.

KWAN, Wai P.; VOELKER, Bettina M. Rates of hydroxyl radical generation and organic compound oxidation in mineral-catalyzed Fenton-like systems. **Environmental science & technology**, v. 37, n. 6, p. 1150-1158, 2003.

MA, J.; ZHOU, L.; DAN, W.; ZHANG, H.; SHAO, Y.; BAO, C.; JING, L. Novel magnetic porous carbon spheres derived from chelating resin as a heterogeneous Fenton catalyst for the removal of methylene blue from aqueous solution. **Journal of colloid and interface science**, v. 446, p. 298-306, 2015.

MANOJ, B.; KUNJOMANA, A. G. Study of stacking structure of amorphous carbon by X-ray diffraction technique. **Int. J. Electrochem. Sci**, v. 7, n. 4, p. 3127-3134, 2012.

PACHECO, E. A.; HINOJOSA, A. R. C.; OLIVEIRA, C. M.; SANTOS, H. R. M.; SANTOS, L. O.; GONZALES, L. N.; DE SOUZA, A. **Produção de catalisadores para a reação de Fenton heterogêneo**. In: Atividades de ensino e de pesquisa em química [*recurso eletrônico*] / Org. Juliano Carlo Rufino de Freitas, Ladjane Pereira da Silva Rufino de Freitas. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

SCHULZ, D.; MCCARTHY, G.; GRANT-IN AID, I. C. D. D. North Dakota State University. **Fargo, North Dakota, USA, ICDD Grant-in-Aid**, 1987.

TAKAGI, H.; MARUYAMA, K.; YOSHIZAWA, N.; YAMADA, Y.; SATO, Y. XRD analysis of carbon stacking structure in coal during heat treatment. **Fuel**, v. 83, n. 17-18, p. 2427-2433, 2004.

WANG, N.; ZHENG, T.; ZHANG, G.; WANG, P. A review on Fenton-like processes for organic wastewater treatment. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 4, n. 1, p. 762-787, 2016.

YOUSSEF, N. A., SHABAN, S. A., IBRAHIM, F. A., MAHMOUD, A. S. Degradation of methyl orange using Fenton catalytic reaction. **Egypt. J. Pet.** 25, 3, 317-321, 2016.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF LIGHT ELEMENTS USING COMPACT XRF SPECTROMETERS

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 06/10/2020

Cibele Bugno Zamboni

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares,
IPEN – CNEN/SP
São Paulo, São Paulo, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5738608742598468>

Dalton Giovanni Nogueira da Silva

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares,
IPEN – CNEN/SP
São Paulo, São Paulo, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2170664810094479>

Orion Giovane Tasso

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares,
IPEN – CNEN/SP
São Paulo, São Paulo, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/783874694213765>

Jose Agostinho Gonçalves de Medeiros

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares,
IPEN – CNEN/SP
São Paulo, São Paulo, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8018377387644680>

Maria Regina Andrade de Azevedo

Universidade de Santo Amaro – UNISA
São Paulo, São Paulo, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2649336686677661>

ABSTRACT: The performance of two compact X-Ray Fluorescence (FRX) spectrometers consisting of Ag and Au X-ray mini-tubes associated with a Si Drift detector was checked

for clinical finality. Using the Energy Dispersive X-Ray Fluorescence technique (FRXDE) specific light elements of clinical relevance (Ca, Cl, K and Fe) were determined in human whole blood samples without chemical digestion using direct and non-destructive analysis, in air atmosphere. A comparative study between Ag and Au targets data was carried out and the results are in good agreement.

KEYWORDS: EDXRF, whole blood, ions dosage, clinical test.

ANÁLISE QUANTITATIVA DE ELEMENTOS LEVES USANDO ESPECTRÔMETROS COMPACTOS DE XRF

RESUMO: O desempenho de dois espectrômetros compactos de fluorescência de Raios-X (FRX) consistindo de minitubos de raios-X Ag e Au associados a um detector de Si Drift foram verificados para fins clínicos. Utilizando a técnica de Fluorescência de Raios-X por Dispersão de Energia (FRXDE), elementos leves de relevância clínica (Ca, Cl, K e Fe) foram determinados em amostras de sangue total de humanos sem digestão química por meio de análise direta e não destrutiva, em atmosfera de ar. Um estudo comparativo entre os dados de alvos Ag e Au foi realizado e os resultados estão em boa concordância.

PALAVRAS-CHAVE: FRXDE, sangue total, dosagem de íons, teste clínico

1 | INTRODUCTION

In preventive medicine, diagnosis and/or treatment and monitoring of several dysfunctions are usually used in some biochemical tests, such as: Calcemia, Kalemia, Chloremia, among others, performed in serum and plasma (GAW et al., 2013; MARSHALL et al., 2014). These conventional analyses (see **Table 1**) usually require: processing the biological sample (serum-plasma separation by centrifugation), quantities of biological material at least 0.5 mL of serum / plasma (by ion examination / analysis), addition of reagents and sample refrigeration (WILSON; WALKER, 2010; BISHOP; FODY; SCHOEFF, 2013). Therefore, the search for biochemical analysis processes that can minimize the pre-analytical interferences (centrifugation, transport and storage) and allows a faster diagnosis at a lower cost, is of fundamental importance in clinical practice. This motivated the study of the performance of two XRF spectrometers consisting of Ag and Au X-ray mini-tubes associated with a Si Drift detector, for clinical finality. In this work, Ca, Cl, K and Fe whole blood concentrations were determined by EDXRF technique using these compact XRF spectrometers.

Conventional clinical tests [range]	Biological material/ quantities	Conventional Techniques	^(a) Diagnosics.
Calcemia (Ca)	serum/ 0.5 mL	Colorimetry, Ion-elective electrodes.	Metabolism Ca disorders, such as bone and kidney diseases.
Chloremia (Cl)	serum/ 0.5 mL	Ion-selective electrodes, Potentiometric	Osmotic pressure, electrolytic and basic acid balance evaluation.
Kalemia (K)	serum/ 1.0 mL	Ion-selective electrodes, Potentiometric	Assessment of water, electrolyte and basic acid balance and nephropathies (renal failure).
Serum Iron (Fe)	serum/ 1.0 mL	Colorimetry	Iron deficiency anemia; Hemochromatosis
^b Alternative tests			
Ca, Cl, K and Fe	^c whole blood/ < 0.1 mL	EDXRF	applied to diagnostics ^(a)

^a applied for clinics diagnostics

^b present investigation

^c refers to solid (cells) and liquid (plasma) components in blood

Source (WILSON; WALKER, 2010; GAW et al., 2013; MARSHALL et al., 2014)

Table 1 Exams used in conventional clinical practice

The performance of each compact XRF spectrometer was checked by evaluating the linearity, reproducibility, sensitivity and detection limit parameters usually considered for validation procedures on analytical methods (EURACHEM/CITAC, 2012; ISO/IEC, 2017). S. L. R. Williams, A. (Eds. A comparative study between Ag and Au targets for whole blood concentration's data was also carried out. The advantages and potential applications for clinical usage were discussed.

2 | EXPERIMENTAL

2.1 Sample Preparation

The biological samples (~1 mL) came from Paulista Bank Blood at São Paulo city, Brasil. A simplified sample preparation procedure was proposed, i.e., aliquots of 50 ($\pm 0.5\%$) mL (in triplicate) of whole blood were transferred to the Whatman (n°41) filter paper. This sample preparation procedure was adopted because it reduces, significantly the quantity of whole blood to be collected. All the samples were collected according to the rules approved by Human Research Ethics Committee in Brasil. The certified standard solutions were prepared following the same blood samples procedure.

2.2 EDXRF

The EDXRF analysis was performed using two compact X-ray spectrometers (mini-XRF) from Amptek, model X-123 SDD with Au/Ag X-ray mini-tubes. The characteristic X-ray fluorescent intensity of K_{α} lines were measured with a Si Drift detector ($25 \text{ mm}^2 \times 500 \text{ }\mu\text{m}$) with Be window ($12.5 \text{ }\mu\text{m}$). For the spectrometers calibration, standard solutions containing varying concentrations of Ca, Cl, K and Fe were prepared in the range of 100 - 600 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for Ca and Fe, and 500 - 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for Cl and K. For each standard, three repetitions were made using 30 kV and 5 μA and 200 s of excitation time.

Whole Blood samples and certified standards were irradiated using the same excitation conditions. Both standard and whole blood samples were carried out in triplicate and the mean value was adopted. The spectra analysis was performed using WinQxas software (IAEA, version 1.3) (WINQXAS, 2002). The sensitivity and detection limit were obtained as described in reference (ALMEIDA et al., 2002).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

The performance of each mini-XRF spectrometer was checked using certified standard solutions. The calibration curves were performed using the fluorescence intensity of K_{α} lines. These curves were presented in **Figure 1**. The mean values determined ($MV_{\text{det}} \pm 1SD_{\text{det}}$) for the certified solutions ($MV_s \pm 1SD_s$) as well as the relative standard deviation (RSD, %), the sensitivity (S) and detection limit (DL) are presented in **Table 2**. According to these data the precision of the method is considered satisfactory (RSD < 5%).

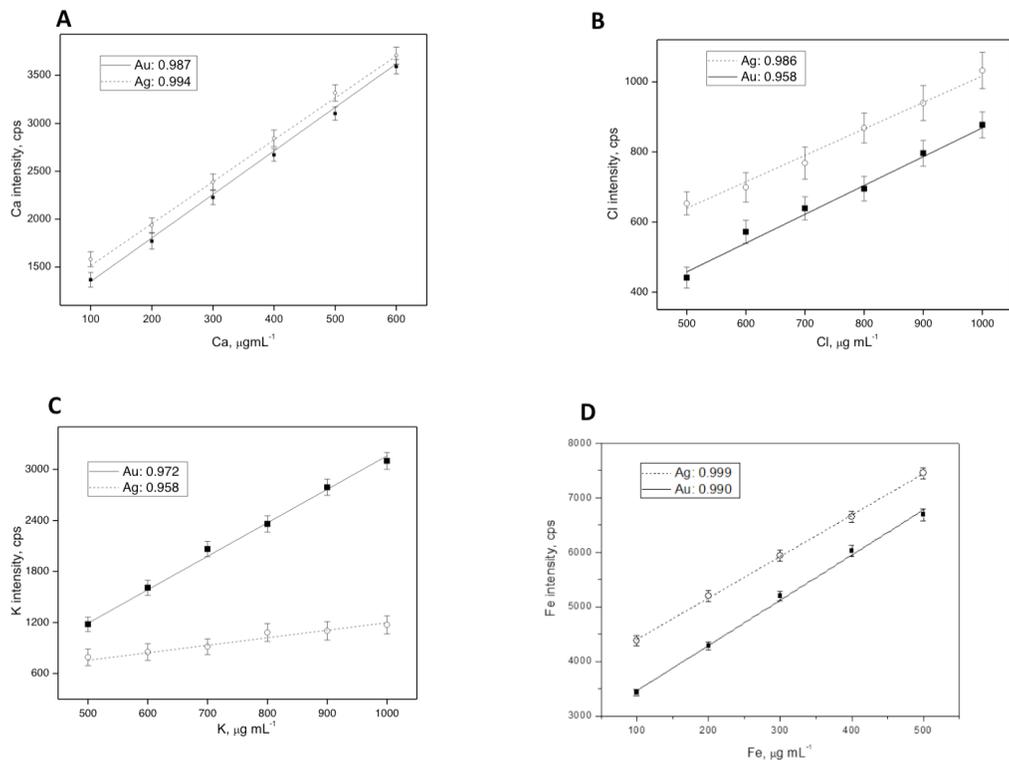


Fig. 1. The calibration curves using the two compact XRF spectrometers with Ag and Au X-ray mini-tubes, for: **A** - Ca 100 - 600 $\mu\text{g mL}^{-1}$, **B** - Cl 500 - 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$, **C** - K 500 - 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ and **D** - Fe 100 - 600 $\mu\text{g mL}^{-1}$

Element, K_{α} (keV) Targets	$MV_s \pm 1SD_s$ $\mu\text{g mL}^{-1}$	$MV_{det} \pm 1SD_{det}$ $\mu\text{g mL}^{-1}$	RSD %	S $\text{cps mg}^{-1}\text{L}$	DL mg L^{-1}
Ca (3.69) Ag Au	1000 \pm 10	986 \pm 20 1026 \pm 51	2.1 1.7	54.77 29.93	0.23 0.40
Cl (2.62) Ag Au	1006 \pm 5	1003 \pm 21 1045 \pm 53	4.0 2.5	53.66 5.19	0.24 0.16
K (3.31) Ag Au	1000 \pm 10	980 \pm 25 1020 \pm 51	2.6 1.7	31.03 14.50	0.47 0.61
Fe (6.40) Ag Au	10032 \pm 54	10050 \pm 310 10025 \pm 64	3.1 0.7	61.16 92.44	0.28 0.27

$MV_s \pm 1SD_s$: certified values

$MV_{det} \pm 1SD_{det}$: determined values

Table 2. Standard solutions data using Ag and Au targets

3.1 Whole Blood analyses

The viability to perform whole blood analysis using these compact spectrometers was evaluated by the detection limit (DL) estimative. The DL was evaluated in function of the excitation time, considering a range of 50 to 600 seconds. These measurements were performed with the objective of establishing an optimized measurement condition, i.e., simultaneous determination of Ca, Cl, K and Fe in whole blood. All the results are presented in details in **Figure 2** for Ca, Cl, K and Fe. According to this figure, the optimized excitation time condition was established by 300s using $5\mu\text{A}$ and 30kV, for both spectrometers. **Figure 3** illustrate the whole blood spectra using the mini-XRF spectrometers, in the optimized condition, for Ag and Au targets, respectively.

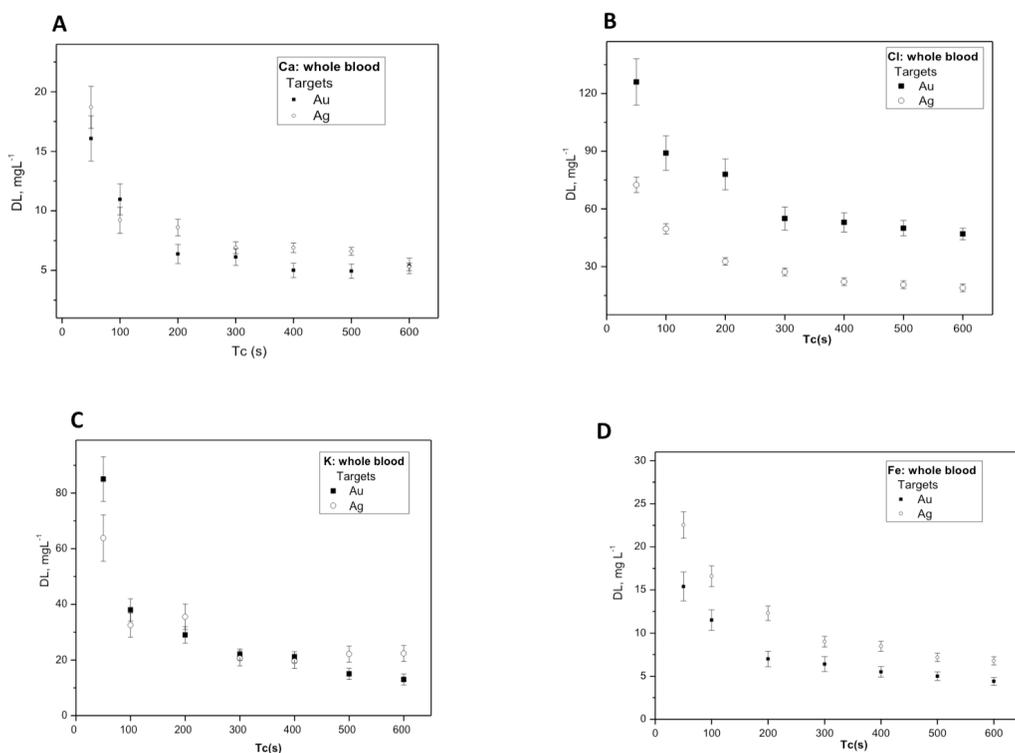


Fig. 2. Whole blood detection limit (DL) for Ca (A), Cl (B), K (C) and Fe (D) in function of excitation / detection time

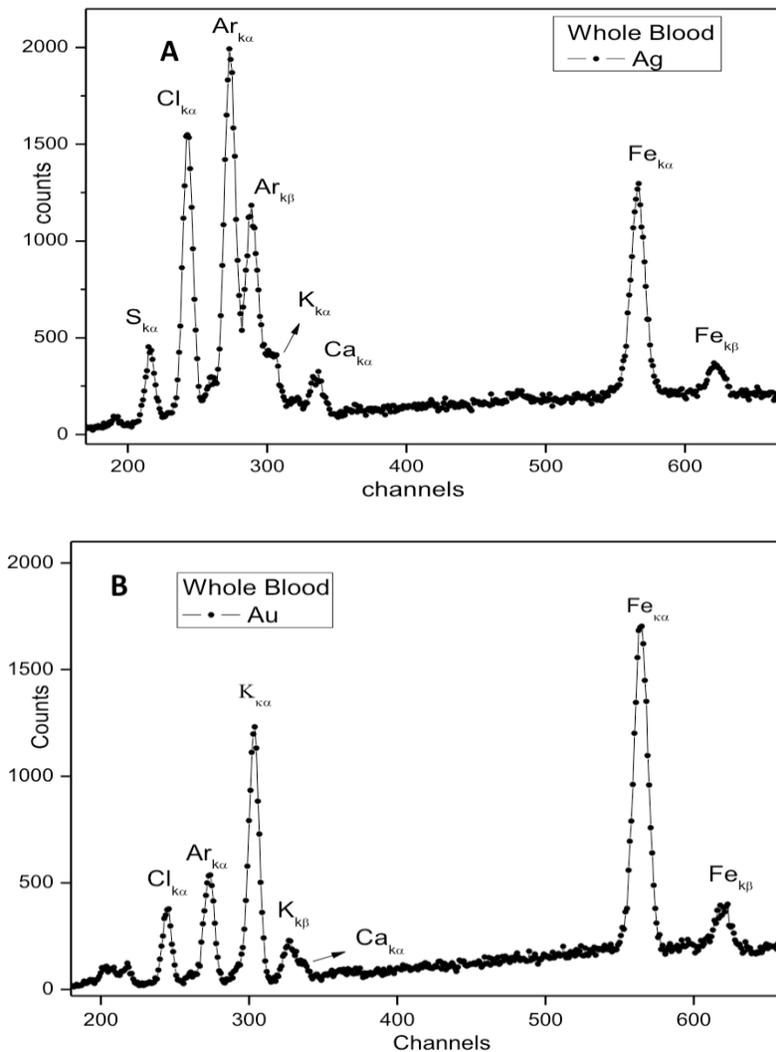


Fig. 3. Whole blood spectrum using the mini XRF spectrometer; **A** - in the optimized condition for Ag target; **B** - in the optimized condition for Au target. The Ar peak was due to its presence in air.

In **Table 3** the whole blood element concentrations by EDXRF analyses, using Ag and Au targets, are presented as the mean value (MV) and standard deviation (\pm SD) from duplicate analyses. The confidence interval of 95% (range usually adopted for clinical practice) was included for comparison. The *Student's t-test* was applied for comparison results.

Elements (K _α , keV) <i>n</i>	MV ± 1SD [range]	
	XRF (Ag Target) <i>DL</i>	XRF (Au Target) <i>DL</i>
mgL ⁻¹		
Ca (3.69) 30	291 ± 80 [131 – 451] 6.2	266 ± 67 [132 – 400] 6.9
Cl (2.62) 32	2549 ± 401 [1747 – 3351] 27.2	2638 ± 312 [1975– 3262] 54.6
K (3.31) 32	1209 ± 188 [833 – 1585] 20.6	1265 ± 163 [939 – 1591] 22.3
Fe (6.40) 40	332 ± 41 [250 – 414] 9.1	324 ± 39 [246 – 402] 6.4

n: number of samples

DL: detection limit

Table 3. Whole blood concentrations by EDXRF technique using Ag and Au targets

3.2 Whole Blood Analyses: Ag & Au targets

According to **Table 3**, the XRF alternative procedure for whole blood analyses was proved to give reliable results with detection limits at levels of ~6 mgL⁻¹ (minimum) to ~55 mgL⁻¹ (maximum). Considering that the ranges for Ca, Cl, K and Fe (in whole blood) are in the order of hundreds of mgL⁻¹, both mini-spectrometers are very promising for these ions dosage requiring a small amount of sample collection (~100 times less comparatively to the conventional tests), simultaneous analysis, short time of analysis (minutes) and simple sample preparation. Besides that, this procedure offers a non-destructive alternative for use in these clinical exams. In relation to the concentration results, the comparison between the two targets (Au and Ag) are in good agreement ($p > 0.05$).

An innovative aspect to highlight is related to the use of this procedure in research laboratories that carry out pre- clinical tests, *in vivo*, in small animal's model (mice and rats, which requires their sacrifice in the case of conventional methods) for investigations related to the formulation of new drugs, vaccines and medical and pharmacological inputs. A recent study, using the mini-XRF spectrometer with Ag target, proved to be efficient for Cl and Fe mice whole blood analysis and consistent with the analyzes performed by the NAA technique (METAIRON et al., 2016).

4 | CONCLUSION

The two compact XRF spectrometers performance, consisting of Ag and Au X-ray mini-tubes, showed to be appropriate for clinical usage. This analytical alternative procedure is very promising for specific light elements (Ca, Cl, K and Fe) dosage in whole blood requiring a small amount of sample; simultaneous analysis; short time analysis (minutes) and simple sample preparation. In addition, this procedure offers a non-destructive alternative for clinical usage with low cost: it is not necessary to use specific reactants and different apparatus (important in work routine) and the samples can be storage without refrigeration.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the clinical staff at Blood Banks for technical assistance given during the blood collection and the support of the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

FUNDING SOURCES

This work was supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) [2015/01750-9] and by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [470974/2013-3].

REFERENCES

- ALMEIDA, E. et al. **Concentrations of Fe, Cu and Zn in rum by EDXRF using APDC preconcentration.** *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 252, n. 3, p. 541-544, 2002.
- BISHOP, M. L.; FODY, E. P.; SCHOEFF, L. E. **Clinical chemistry: principles, techniques, and correlations.** Lippincott Williams & Wilkins, 2013.
- EURACHEM/CITAC. In: ELLISON, S. L. R. e WILLIAMS, A. E. (Ed.). **guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement.** Third edition, 2012.
- GAW, A. et al. **Clinical Biochemistry E-Book: An Illustrated Colour Text.** Elsevier Health Sciences, 2013.
- ISO/IEC. **ISO/IEC 17025: 2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.** *International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission*, 2017.
- MARSHALL, W. J. et al. **Clinical Biochemistry E-Book: Metabolic and Clinical Aspects.** Elsevier Health Sciences, 2014.

METAIRON, S. et al. **Inorganic elements in blood of mice immunized with snake venom using NAA and XRF techniques.** *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 309, n. 1, p. 59-64, July 01 2016.

WILSON, K.; WALKER, J. E. **Principles and Techniques of Biochemistry and Molecular Biology.** 7. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

WINQXAS. **Quantitative X-ray Analysis System for MS operating system, version 1.40.** *International Atomic Energy Agency*, 2002.

CAPÍTULO 17

REVISÃO QUANTO A UTILIZAÇÃO DO FÍLER CALCÁRIO COMO MATERIAL CIMENTÍCIO SUPLEMENTAR

Data de aceite: 04/01/2021

Jayne Carlos Piovesan

Centro Universitário São Lucas
Porto Velho – Rondônia

<http://lattes.cnpq.br/9698895015301332>

Raduan Krause Lopes

Centro Universitário São Lucas
Porto Velho – Rondônia

<http://lattes.cnpq.br/4240928242745906>

RESUMO: O aumento na produção de cimento vem crescendo de uma grande preocupação ambiental, visto o seu principal impacto estar relacionado a emissão de CO₂, portanto o principal desafio está relacionado à mitigação das emissões antrópicas de CO₂. A substituição parcial do clínquer por material cimentício suplementar em cimento ou concreto, sem dúvida é a estratégia mais viável e realista para reduzir os impactos ambientais. O fíler calcário vem sendo estudado a algum tempo, propondo a sua utilização em misturas cimentícias como cargas/material de enchimento. Este capítulo aborda uma referência bibliográfica sobre os estudos já realizados com o fíler calcário, bem como suas características químicas, físicas e sua reatividade. Também é discutido as propriedades mecânica de concretos e argamassas utilizando o fíler calcário, apresentando algumas reações químicas, de nucleação e hidratação que acontecem com a mistura. É possível perceber que ainda há muito o que se estudar sobre a

utilização do fíler calcário para entender todas as reações que acontecem e posterior aplicação definitiva no mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Fíler Calcário, Hidratação, Dolomita, Carbonato.

REVIEW AS TO THE USE OF LIME FILER AS SUPPLEMENTARY CEMENT MATERIAL

ABSTRACT: The increase in cement production comes with a major environmental concern, since its main impact is related to CO₂ emissions, so the main challenge is related to the mitigation of anthropogenic CO₂ emissions. The partial replacement of clinker by supplementary cementitious material in cement or concrete is undoubtedly the most viable and realistic strategy to reduce environmental impacts. The limestone filler has been studied for some time, proposing its use in cement mixtures as fillers / filling material. This chapter addresses a bibliographic reference on the studies already carried out with the limestone filler, as well as its chemical, physical characteristics and its reactivity. The mechanical properties of concretes and mortars are also discussed using the limestone filler, presenting some chemical, nucleation and hydration reactions that happen with the mixture. It is possible to realize that there is still a lot to study about the use of limestone filler to understand all the reactions that happen and subsequent definitive application in the market.

KEYWORDS: Limestone filer, Hydration, Dolomite, Carbonate.

1 | INTRODUÇÃO

Os filers se destacam, pois, são materiais de baixo custo e de grande quantidade existente, embora tenha uma baixa reatividade ou sejam inertes (CECEL, 2019). De acordo com Barsi et al (2020), o calcário é utilizado como matéria prima para produção de cimento e como material cimentício suplementar também conhecido como material de enchimento. Por muito tempo o cimento Portland-calcário (PCL) foi produzido utilizando o calcário triturado, clínquer e gesso.

De acordo com Scrivener (2014), a adição de calcário contribui que a indústria de cimento seja mais sustentável, reduzindo o consumo de energia e o uso de recursos naturais, levando assim, a uma contribuição na diminuição da produção de carbono.

1.1 Origem, geração, histórico e estatísticas

Wang et al (2018) relatam que o pó de calcário é triturado e moído a partir do calcário natural. Em seus estudos, Kranjc (2006) distinguiu primeiro o calcário da dolomita como rocha sedimentar, sendo que, ele apresenta que o calcário é composto principalmente de fragmentos esqueléticos de organismos. A composição mineral do calcário tem as seguintes formas disponíveis: calcita, aragonita, vaterita e carbonato de cálcio amorfo.

Quanto a formação do calcário, Roeser et al (2016) e Panesar e Zhang (2020), relatam que o mesmo pode ser formado a partir de organismos marinhos, ambientes deposicionais lacustres e por evaporitos e que o calcário é uma rocha sedimentar de carbonato comum que contém em grande parte duas formas de carbonatos de cálcio, que são a calcita e aragonita. Somando a essa informação, Wang et al (2018) diz ainda que, o calcário também pode ser formado a partir da precipitação química da calcita ou aragonita e que com base no método de formação o calcário pode ser cristalino, clástico, granular ou maciço.

Cecel (2019), relata que a disponibilidade do filer calcário é grande e a produção é barata e de baixo impacto ambiental. Habert et al (2013), mostra que a produção do filer calcário envolve apenas a extração da matéria prima e o processo de moagem, o que gera em torno de 26 e 75kg de CO₂ por tonelada, e já no caso da produção do clínquer o cálculo é aproximadamente de 821 kg de CO₂ por toneladas (SNIC, 2013).

De acordo com Krishnan and Bishnoi (2018), a calcita (CaCO₃) e dolomita (CaMg(CO₃)₂) são dois importantes minerais carbonatos encontrados na natureza. A formação de dolomita pode ocorrer através de duas formas: a primeira é a precipitação direta da solução para formar a dolomita, e a segunda, é o processo de dolomitização em que a calcita sofre dissolução fornecendo os íons Ca₂₊ seguidos pela precipitação de dolomita de uma solução rica em íons Mg₂₊ (BANERJEE, 2016 e KRISHNAN AND BISHNOI, 2018).

O uso da dolomita como componente do cimento é raro de acordo com Zajac et al (2014). Krishnan and Bishnoi (2018) mostram que, o calcário dolomítico não pode ser

usado na produção do clínquer por conta da presença de dolomita, uma vez que, nos estágios mais avançados da hidratação do cimento, a dolomita se decompõe no forno e forma periclase (MgO) que por sua vez forma brucita (Mg(OH)₂), e a formação de brucita através da periclase é uma reação expansiva o que torna o cimento sem utilização, porém os estudos de Scrivener (2014), mostra que o calcário dolomítico é inadequado para ser usado na mistura de clínquer, mas é viável a utilização na mistura de cimento, e pode haver uma substituição de até 15% do clínquer pelo mesmo, uma vez que não irá mais ao forno.

De acordo com John et al (2018), desde a década de 1980 já se utiliza carga de calcário para substituição parcial em cimentos. De acordo com estudos de Ingram e Daugherty (1991), no início dos anos 90, a substituição de clínquer por cargas de calcário não era bem visto, porém já haviam propostas para modificação das especificações da ASTM de Cimento Portland (C150) para permitir que até 5% de calcário fosse intercalado com o clínquer ao cimento Portland. E, de acordo com Panesar e Zhang (2020), hoje a ASTM C150 exige que o calcário incorporado no cimento Portland, de 5% em massa, ocorra naturalmente e tenha em mais de 70% em massa de carbonato de cálcio.

Barsi et al (2020), traz em sua pesquisa um pequeno compêndio da evolução das normas quanto ao uso de calcário no cimento. Em 2000, a norma EN-197:2000 estabeleceu dois tipos de cimentos CEMII (A-L e B-L), que limitava a adição de calcário, respectivamente de 20% e 35% em massa de cimento, e com alguns requisitos necessários a ser cumprido. Já em 2017, a massa de calcário foi incorporada ao padrão ASTM C150:2017. Enquanto na Argentina, a norma IRAM 1592: 1994 seguia limitando a 20% a substituição da carga de calcário pelo tipo de cimento CEM II/A-L proposto pela norma EN 197:2000.

E, segundo relatos de Barbalho et al (2020), já a algum tempo, a fundação Nanocem fundada e coordenada pela pesquisadora Karen Scrivener tem realizado pesquisas sobre um novo tipo de cimento, prevendo a redução da porcentagem do clínquer, a partir da utilização de materiais disponíveis em abundância em todo o planeta, que são a argila calcinada e o fíler calcário. Este novo cimento é chamado LC3 (Limestone Calcined Clay Cement).

1.2 Características químicas

Quimicamente, Aqel e Panesar (2016), relatam que o fíler calcário possui um conteúdo de perda por ignição entre 35,8% a 43,1%, e de acordo com Panesar e Zhang (2020), isto se dá devido à alta proporção de carbonato de cálcio. Panesar e Zhang (2020) apresentam um resumo da composição química da massa calcária de acordo com diversos outros autores (AQEL E PANESAR, 2016; SUN E CHEN, 2018) conforme a Tabela 1.

Referência	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Perda de Ignição
Massa Calcária	>43,8	0,4-15,8	0,29-1,98	0,2-1,2	0,4-2,9	0,03-0,6	0,01-0,06	0,13-0,3	35,8-43,1

Tabela 1 – Composição química da massa calcária

Fonte: Panesar e Zhang (2020)

Com relação a reação química do fíler calcário, observa-se que existe inconsistência em resultados, pois o estudo de Weerdt et al (2011) mostram que o fíler calcário reagiu com C₃A (aluminato tricálcico) no cimento, e a alcalinidade dos materiais à base de cimento diminuiu. Já estudos de Bizzozero e Scrivener (2015) apresentam também que o fíler calcário reagiu com o C₃A (aluminato tricálcico) no cimento, porém que não influenciou a alcalinidade dos materiais à base de cimento. Martin et al (2015) mostraram que o fíler calcário reagiu com o sulfoaluminato de cálcio e aumentou a alcalinidade dos materiais à base de cimento.

Em seus estudos Wang et al (2018), mostra que o efeito químico do fíler de calcário na mistura é influenciado principalmente por seu tamanho de partícula, e pelo conteúdo de alumina de C₃A e C₄AF no cimento, bem como nos MCSs. O mesmo ainda complementa explicando que, com o aumento do tamanho de partícula do fíler calcário, a taxa de dissolução do mesmo aumenta, e como resultado, a concentração de carbonato de cálcio na solução porosa também aumenta, o que promove o efeito químico gerado pelo fíler calcário. Por outro lado, Wang et al (2018) também mostra que o C₃A, C₄AF e MCSs podem fornecer fontes de aluminato, o que também melhora a reação química do fíler calcário.

1.3 Características físicas

Estudos de Aqel e Panesar (2016), relatam que o fíler calcário tem formato angular, com tamanho médio de 3,0 a 13,6 mm e massa específica de 2,61 a 2,70.

Para Panesar e Zhang (2020), entre os efeitos físicos causados pela substituição do cimento pelo fíler calcário pode ser citado, a modificação da distribuição do tamanho de partículas, a diluição e a nucleação heterogênea. O mesmo afirma que, a modificação da distribuição do tamanho das partículas e a nucleação heterogênea podem melhorar as propriedades do concreto, porém que a diluição pode ter efeitos adversos e ainda não totalmente comprovados.

Panesar e Zhang (2020) apresentam um resumo das propriedades físicas da massa calcária de acordo com outros autores (AQEL e PANESAR, 2016; LI e KWAN, 2015) conforme a Tabela 2.

Referência	Massa Calcária
Forma	Angular
Tamanho Médio (μm)	3,0 – 13,6
Área de superfície (m^2/kg)	380 – 1125
Gravidade específica	2,61 – 2,70

Tabela 2 – Propriedade físicas da massa calcária

Fonte: Panesar e Zhang (2020)

Embora a incorporação de fíler de calcário fino possa preencher o vazio entre as partículas de cimento, essa mesma incorporação reduzirá a fluidez dos materiais à base de cimento se o tamanho de partícula de fíler calcário for muito pequena, pois sua área de superfície específica será muito alta (WANG ET AL, 2018).

1.4 Reatividade

Fanghui et al (2016), relatam em seus estudos que o pó de calcário auxilia na formação e estabilização de AFm-carbonato equivalentes (como as fases de hemi e/ou monocarboaluminato), embora não possua propriedades pozolânicas e possua reatividade muito fraca.

Estudos de Panesar e Zhang (2020) relatam que, embora não há dúvidas que o uso de fíler calcário para substituir parcialmente o cimento Portland tenha muitos benefícios ambientais, ainda é necessário para ser de fato sustentável, que as propriedades mecânicas equivalentes ou superiores e a durabilidade sejam alcançadas em comparação com o concreto comum de cimento Portland. A falta de propriedades cimentícias ou pozolânicas do fíler calcário em relação aos MCSs é a razão predominante que limita a substituição do cimento Portland pelo fíler calcário a 15% ainda. As Reações pozolânicas e/ou cimentícias são exibidas por MCSs em materiais à base de cimento, que são atribuídos ao conteúdo solúvel de silício, aluminossilicato ou aluminossilicato de cálcio em diferentes tipos de MCS de acordo com pesquisas de Juenger et al (2019).

Ainda para Panesar e Zhang (2020), as propriedades químicas e físicas dos MCSs influenciam o grau de quais desses materiais são reativos, pozolânicos e/ou cimentícios, o que acaba afetando as propriedades do concreto.

1.5 Propriedades mecânica de concretos e argamassas

De acordo com Cecel (2019), a utilização de fíler calcário como adição pode melhorar o sistema de empacotamento e proporcionar a redução do teor de água, melhorando as propriedades mecânicas do compósito.

Estudos de John et al (2018), apoiado em outros estudos, mostra que o calcário é muito mais fácil de moer do que clínquer ou do que a escória, portanto, a trituração resultará em partículas de calcário muito mais finas do que as partículas do cimento. O

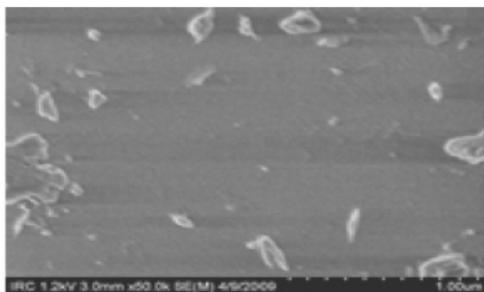
autor afirma que isso é ineficiente, pois aumentar a finura da carga de calcário afetará apenas levemente sua resistência mecânica, e completa dizendo que a substituição de partículas grosseiras de clínquer por cargas inertes é muito mais eficaz.

De acordo com Wang et al (2018) relatam que o efeito da carga de calcário tem pouca influência no processo de hidratação de materiais a base de cimento, e que os efeitos de nucleação, diluição e químicos do uso do filer calcário quem influenciam mais na hidratação dos materiais a base de cimento. Com relação ao efeito de nucleação do filer calcário no processo de hidratação de materiais à base de cimento é influenciado principalmente por seu tamanho de partícula, quantidade e estruturas de superfície. O efeito de diluição do filer calcário no processo de hidratação de materiais à base de cimento é influenciado principalmente por sua quantidade, principalmente quando são utilizados o pó de calcário com tamanho de partículas grossas. E por último, o efeito químico do filer calcário no processo de hidratação de materiais à base de cimento é principalmente influenciado pelo tamanho de suas partículas e seu efeito sinérgico com os MCSs.

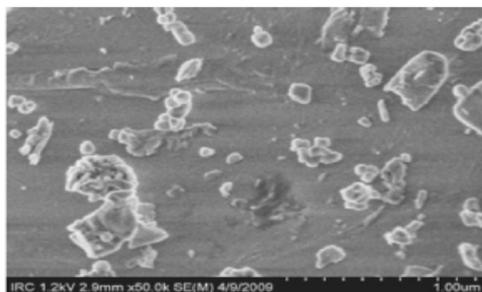
Ainda os autores Wang et al (2018) dizem que os principais produtos de hidratação de materiais à base de cimento sem filer calcário são hidratos de silicato de cálcio (CSH), etringita, monossulfato e hidróxido de cálcio, etc, e que de acordo com Menendez et al (2003) a incorporação de filer calcário no cimento Portland resultou em formação adicional de hemi e/ou monocarbonato em vez do monossulfato o que já é provado por muitos outros estudos. Além disso, um pouco mais de etringita foi formada quando o filer calcário foi incorporado em materiais cimentícios (LOTHENBACH ET AL, 2008).

Já com relação aos estudos de Krishnan et al (2018), os mesmo explicam que durante a hidratação do cimento portland comum, os íons de sulfato (adicionados para evitar o falso ajuste) reagem com o C_3A presente no cimento para formar a fase de etringita. No consumo completo de íons sulfato, a etringita formada combina com a fase C_3A para formar monossulfato. No caso da adição de calcário ou calcita são introduzidos os íons CO_3^{2-} no sistema, resultando na modificação da montagem da fase final.

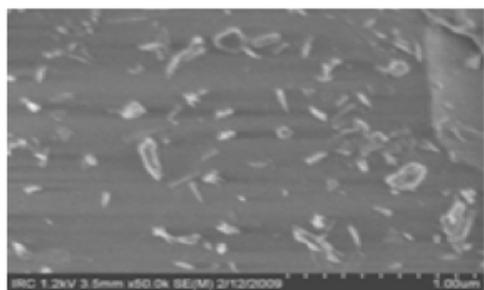
Wang et al (2018) complementam ainda dizendo que em geral, partículas de calcário podem solidificar a microestrutura de materiais à base de cimento em diferentes modas. Para o efeito de nucleação na hidratação de misturas, Wang et al (2018) utiliza imagens de MEV para algumas explicações, conforme a Figura 1.



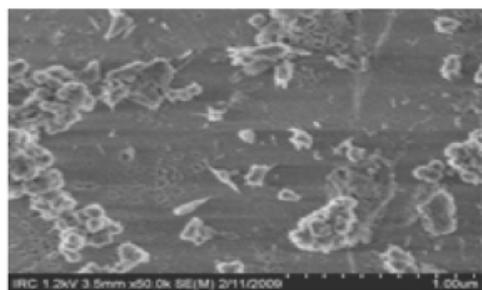
(a)



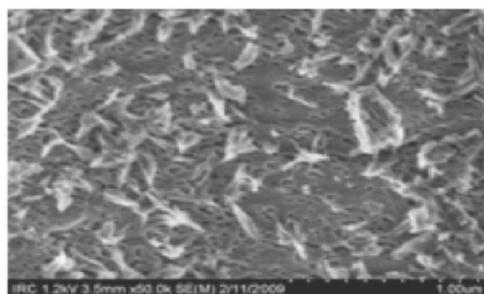
(b)



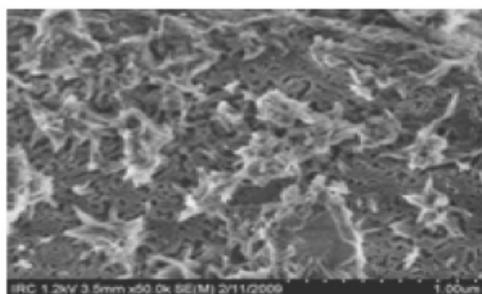
(c)



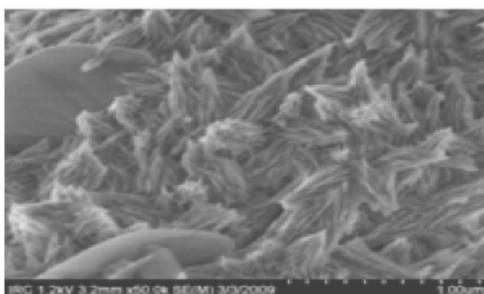
(d)



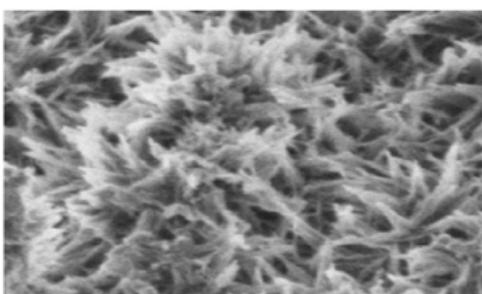
(e)



(f)



(g)



(h)

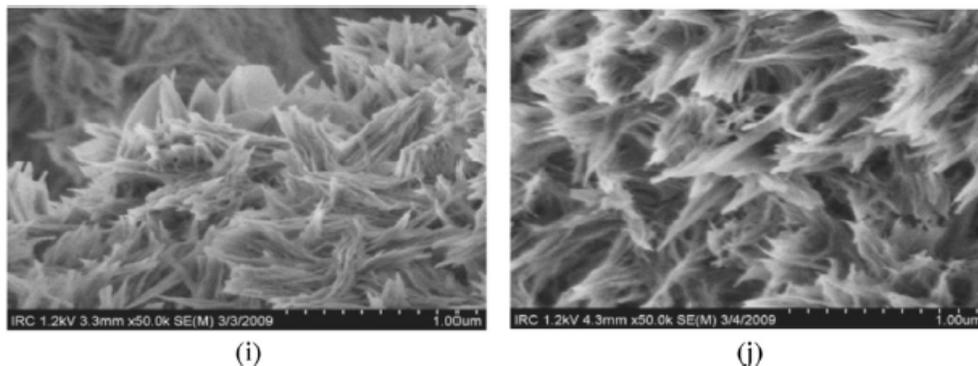


Figura 1 – Resultados MEV da mistura controle - C_3S (esquerda) e mistura com fíler calcário - $C_3S + \text{nano-CaCO}_3$ (direita), hidratados por (a, b) 0 h, (c, d) 2 h, (e, f) 4 h, (g, h) 1 dia e (i, j) 3 dias.

Fonte: Wang et al (2018)

A Figura 1 mostra o que acontece durante o processo de hidratação do cimento, os resultados de MEV de materiais à base de cimento sem e com fíler calcário foram observados. Wang et al (2020) relata que para a mistura controle, observou-se que algumas C-S-H fibrosas apareceram na superfície do C_3S às 2 h, enquanto as C-S-H fibrosas apareceram na superfície do CaCO_3 . Posteriormente, C-S-H foi precipitado nos poços de ataque durante o processo de hidratação do cimento.

Panesar e Zhang (2020), apresentam em seus estudos a Figura 2, que mostra no eixo vertical as razões de propriedade (%) de pastas, argamassas e concretos contendo um tipo de material de substituição de cimento sobre as propriedades de misturas de controle (sem substituição de qualquer outro material), portanto, a linha tracejada na proporção de propriedade de 100%, representa a mistura de cimento Portland 100% referida como a “linha de controle” na figura. Os dados que ficam acima da linha de controle de 100% indicam que a incorporação de calcário ou outro MCS utilizado, resulta em um valor de propriedade maior em comparação a mistura de controle e os dados abaixo da linha de controle indicam um valor de propriedade menor em comparação a mistura de controle.

Ainda sobre a Figura 2, Panesar e Zhang (2020), dizem que para algumas propriedades, por exemplo, a resistência à compressão, seria desejável observar que os dados estão acima da linha de controle, o que indicaria maior resistência à compressão com a incorporação de calcário ou os outros MCSs. Em contraste com as propriedades do ataque de sulfato ou a expansão de reação álcali-sílica, é benéfico observar que os dados do calcário e os outros MCSs estão abaixo da linha de controle, que indica expansões mais baixas comparada com a mistura controle.

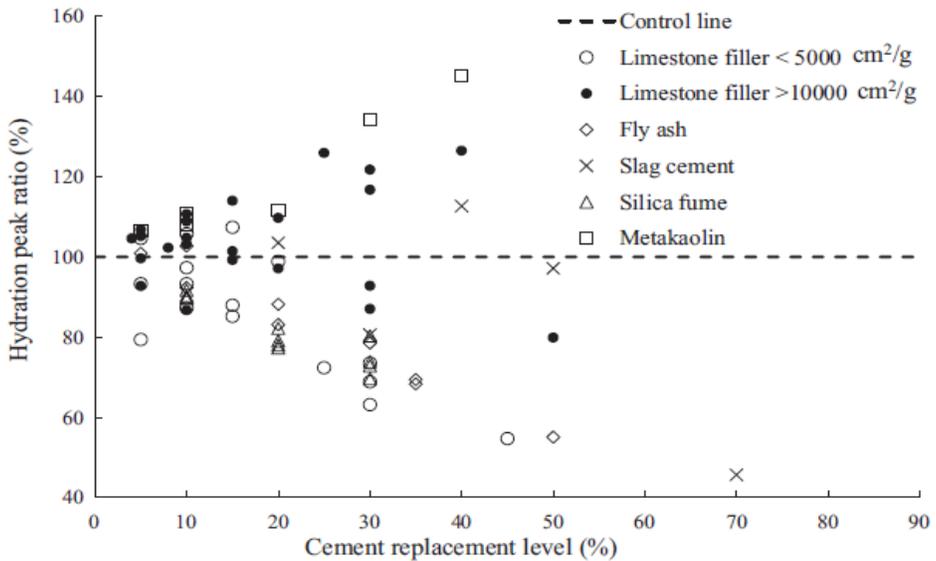


Figura 2 – Relação do pico de hidratação do concreto com diferentes materiais de substituição do cimento

Fonte: Panesar e Zhang (2020)

Panesar e Zhang (2020), mostram em suas pesquisas que o pico de hidratação é um indicador da taxa de hidratação precoce de materiais à base de cimento. Sobre a Figura 2, Panesar e Zhang (2020) dizem que diferentes impactos no pico de hidratação são observados, dependendo do tipo de material de substituição de cimento, com relação ao calcário fino (finura > 10.000 cm²/g), aumentar a porcentagem de substituição para 40% leva a um aumento na taxa de pico de hidratação em relação à mistura de controle, essa explicação segundo Berodier e Scrivener (2014) é porque o tamanho de partícula fina do calcário fornece mais locais de nucleação e os produtos de hidratação tendem a precipitar maior na superfície do calcário do que os grãos de cimento.

Quando o nível de substituição exceder 10%, a incorporação de cinzas volantes, fumo de sílica ou filler calcário grosso (finura <5000 cm²/g) diminui o pico de hidratação do concreto fresco, devido à diluição de teor absoluto de cimento no sistema (PANESAR E ZHANG, 2020).

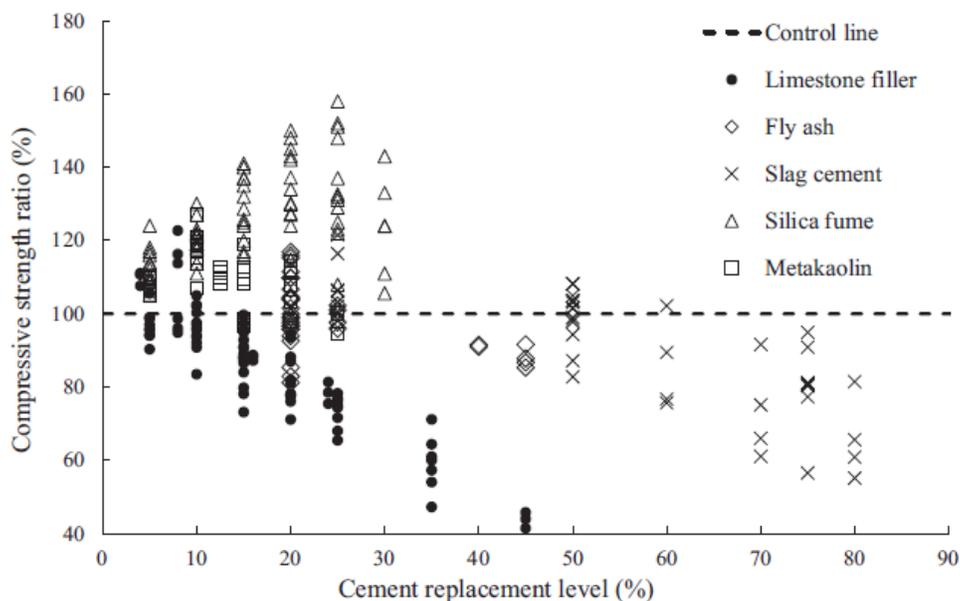


Figura 3 – Proporção de resistência a compressão (incluindo resultados de 28 e 90 dias) de concreto com diferentes materiais de substituição de cimento

Fonte: Panesar e Zhang (2020)

Os estudos de Panesar e Zhang (2020), trazem a Figura 3, um resumo de resultados de estudos de alguns autores (AQEL E PANESAR, 2016; DEMIRHAN ET AL, 2019), que apresentam a influência de diferentes materiais de substituição de cimento em razão da resistência a compressão de argamassa e concreto para 28 e 90 dias de hidratação. O desenvolvimento da resistência à compressão é principalmente determinado pela formação de hidratos de silicato de cálcio (CSH) derivados de alita (C_3S) e belita (C_2S) e secundária CSH derivado de MCSs (LOTHENBACH ET AL, 2011). Com base nisto, o concreto com incorporação de filler calcário apenas como substituto do cimento fornece resistência à compressão equivalente ou superior na faixa de substituição de 5% a 10%, como é possível observar na Figura 3.

1.6 Durabilidade de concretos e argamassas

De acordo com Panesar e Zhang (2020), a durabilidade é influenciada pelas propriedades físicas e químicas dos materiais endurecidos à base de cimento. Fisicamente, a estrutura dos poros, incluindo o volume dos poros, a distribuição do tamanho dos poros, a tortuosidade e a conectividade, determina a facilidade de gases, líquidos e íons externos penetrarem nos materiais endurecidos à base de cimento. Mecanismos de deterioração devido à entrada de matéria externa incluem carbonatação, dano por congelamento/degelo, entrada de íons sulfato. Já as propriedades mecânicas do sistema determinam a facilidade

dos materiais à base de cimento serem danificados por ações físicas e químicas internas e externas. Quimicamente, a composição de pasta e agregado determina a ocorrência de deteriorações químicas, como carbonatação, ataque de sulfato e a reação álcali-sílica.

Na maioria dos casos, a incorporação de fíler calcário como substituição de cimento tem um efeito prejudicial sobre a resistência ao sulfato da argamassa ou concreto, mas com algumas exceções de acordo com relatos de Panesar e Zhang (2020). Panesar e Zhang (2020) ainda relatam que embora a substituição do cimento por fíler calcário reduza o teor de aluminato dos materiais à base de cimento, o fíler calcário mal afeta o teor de hidróxido de cálcio na solução de poros e inevitavelmente aumenta a permeabilidade dos materiais à base de cimento, e concluí que a substituição do cimento por fíler calcário agrava a expansão relacionada ao ataque de sulfato de materiais à base de cimento.

O uso de fíler calcário como substituição de cimento geralmente resulta em porosidade e permeabilidade relativamente mais altas em comparação com a mistura de controle, particularmente em níveis de substituição superiores a 15%, razão pela qual o declínio da resistência à carbonatação dos materiais à base de cimento (PANESAR E ZHANG, 2020).

REFERÊNCIAS

AQEL, M.; PANESAR, D. K. **Hydration kinetics and compressive strength of steamcured cement pastes and mortars containing limestone filler**. Construction and Building Materials. Vol. 113, pag. 359–368. 2016.

BARBALHO, E. A.; SILVA, E. F.; RÉGO, J. H. DA S. **Estudo da proporção de argila calcinada e fíler calcário no cimento LC3 para diferentes teores de substituição**. Revista Matéria. Vol. 25, nº 01. 2020.

BARSI, A. D. S.; TREZZA, M. A.; IRASSAR, E. F. **Comparison of dolostone and limestone as filler in blended cements**. Bulletin of Engineering Geology and the Environment – Springer, vol. 79, pag. 243–253. 2020.

BANERJEE, A. **Estimation of dolomite formation: dolomite precipitation and dolomitization**. Journal Geological Society of India. V. 87, pag. 561-572, 2016.

BERODIER, E.; SCRIVENER, K. **Understanding the filler effect on the nucleation and growth of C-S-H**. J. Am. Ceram. Soc. Vol. 97, pag. 3764–3773. 2014.

BIZZOZERO, J; SCRIVENER, K. L. **Limestone reaction in calcium aluminate cement–calcium sulfate systems**. Cement and Concrete Research. Vol. 76, pag. 159–169. 2015.

CECEL, RAFAEL TESTONI. **Influência do uso de fíler calcário como material cimentício suplementar nas propriedades de fratura de pastas de cimento**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 154 pag. São Paulo, 2019.

DEMIRHAN, S. TURK, K. ULUGERGER, K. **Fresh and hardened properties of self consolidating Portland limestone cement mortars: effect of high volume limestone powder replaced by cement.** Construction and Building Materials. Vol. 196, pag. 115–125. 2019.

FANGHUI, H.; QIANG, W.; MUTIAN, L.; YINGJUN, M. **Early hydration properties of composite binder containing limestone powder with different finenesses.** Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. Vol. 123, pag. 1141–1151. 2016.

INGRAM, K. D.; DAUGHERTY, K. E. **A Review of Limestone Additions to Portland Cement and Concrete.** Cement & Concrete Composites, Vol. 13, pag. 165-170, 1991.

HABERT, G.; DENARIÉ, E.; SAJNA, A.; ROSSI, P. **Lowering the global warming impact of bridge rehabilitations by using Ultra High Performance Fibre Reinforced Concretes.** Cement and Concrete Composites. Vol. 38, pag. 1-11. 2013.

JOHN, V. M.; DAMINELI, B. L.; QUATTRONE, M.; PILEGGI, R. G. **Fillers in cementitious materials – Experience, recent advances and future potencial.** Cement and Concrete Research. V. 114, pg. 65-78, 2018.

JUENGER, M. C.; SNELLINGS, R.; BERNAL, S. A. **Supplementary cementitious materials: new sources, characterization, and performance insights.** Cement and Concrete Research. Vol.122, pag. 257–273. 2019.

KRANJC, A. **Baltazar Hacquet (1739/40-1815), the Pioneer of Karst Geomorphologists.** Acta Carsologica, vol. 35, pag. 163–168. 2006.

KRISHNAN, S.; BISHNOI, S. **Understanding the Hydration of Dolomite in Cementitious Systems with Reactive Aluminosilicates Such as Calcined Clay.** Cement and Concrete Research. V. 108, pag. 116 – 128, 2018.

KRISHNAN, S. KANAUIA, S. K. MITHIA, S. BISHNOI, S. **Hydration kinetics and mechanisms of carbonates from stone wastes in ternary blends with calcined clay.** Construction and Building Materials. Vol. 164, pag. 265–274, 2018.

LI, L. G. KWAN, A. K. **Adding limestone fines as cementitious paste replacement to improve tensile strength, stiffness and durability of concrete.** Cement & Concrete Composites. Vol. 60, pag. 17–24. 2015.

LOTHENBACH, B.; LE, S. G.; GALLUCCI, E.; SCRIVENER, K. L. **Influence of limestone on the hydration of Portland cements.** Cement and Concrete Research. Vol. 38, pag. 848–860. 2008.

LOTHENBACH, B. SCRIVENER, K. HOOTON, R. D. **Supplementary cementitious materials.** Cement and Concrete Research. Vol.41, pag. 1244–1256. 2011.

MARTIN, L. H. J.; Winnefeld, F.; Müller, C. J.; Lothenbach, B. **Contribution of limestone to the hydration of calcium sulfoaluminate cement.** Cement & Concrete Composites. Vol. 62, pag. 204–211. 2015.

MENENDEZ, G.; BONAVENTTI, V.; IRASSAR, E. F. **Strength development of ternary blended cement with limestone filler and blast-furnace slag.** Cement & Concrete Composites. Vol. 25, pag. 61–67. 2003.

PANESAR, D. K.; ZHANG, R. **Performance comparison of cement replacing materials in concrete: Limestone fillers and supplementary cementing materials – A review.** Construction and Building Materials, vol. 251. 2020.

ROESER, P.; FRANZ, S. O.; LITT, T. **Aragonite and calcite preservation in sediments from Lake Iznik related to bottom lake oxygenation and water column depth.** Sedimentology, vol. 63, pag. 2253–2277. 2016.

SNIC, Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Relatório Anual: 2013.** Disponível em: <http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2013.pdf>. Acesso em: 30 de junho de 2020.

SUN, J. CHEN, Z. **Influences of limestone powder on the resistance of concretes to the chloride ion penetration and sulfate attack.** Powder Technol, vol. 338, pag. 725–733. 2018.

WANG, D.; SHI, C.; FARZADNIA, N.; SHI, Z.; JIA, H.; OU, Z. **A review on use of limestone powder in cement-based materials: Mechanism, hydration and microstructures.** Construction and Building Materials, vol. 181, pag. 659–672. 2018.

WEERDT, K. De; HABA, M. BEN; SAOUT, G. Le; KJELSEN, O. K; JUSTNES, H.; LOTHENBACH, B. **Hydration mechanisms of ternary Portland cements containing limestone powder and fly ash.** Cement and Concrete Research. Vol. 41, pag. 279–291. 2011.

SINCRONIZAÇÃO DO TEMPO DE SÍMBOLO EM SISTEMAS OFDM

Data de aceite: 04/01/2021

Rubem Vasconcelos Pacelli

Universidade de Fortaleza (UNIFOR) –
Engenharia Eletrônica (IC)

Antônio Macilio Pereira de Lucena

Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e Instituto
Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Daniel Costa Araújo

Universidade Federal do Ceará (UFC) – Grupo
de Pesquisa em Telecomunicação Sem
Fio (GTEL)

Jonas Almeida Mourão

Universidade de Fortaleza (UNIFOR) –
Engenharia Eletrônica (IC)

RESUMO: OFDM é um tipo de modulação multiportadora adotada por muitos padrões de comunicação sem fio. Essa técnica oferece robustez contra multipercurso, algo comum em sistemas de comunicação sem fio. No entanto, esse benefício pode ser perdido se erros de sincronismos não forem tratados no receptor. Este trabalho foca especificamente no erro de sincronismo do tipo STO (do inglês, *symbol time offset*), além disso é proposta uma solução para o mesmo problema. O método é avaliado em termos da BER (do inglês, *Bit Error Rate*) considerando um canal AWGN. O desempenho obtido através da curva de BER mostra que o método corrige o erro de sincronismo proporcionando ao sistema um desempenho similar ao caso com o sincronismo perfeito.

PALAVRAS-CHAVE: OFDM, sincronismo, STO.

ABSTRACT: OFDM is a multicarrier modulation adopted in several wireless communication standards. This technique offers robustness against multipath, which is common in wireless communication systems. However, OFDM the synchronism imparity can degrade the system performance considerably. This work focuses on the consequences of the symbol time offset (STO) error, in addition to proposing a solution considering an AWGN (Additive White Gaussian Noise) channel. The performance results are obtained through the BER (Bit Error Rate) curve and it is possible to notice that the proposed synchronism technique is able to correct the STO impairment, and the BER achieves similar performance to the system without synchronism error.

KEYWORDS: OFDM, synchronism, STO.

1 | INTRODUÇÃO

Orthogonal frequency division multiplexing, ou OFDM, é uma técnica de transmissão que surgiu em 1968, desenvolvida por Chang e Gibby, e posteriormente foi patenteada no Estados Unidos [1]. Diferente da FDM (do inglês, *Frequency Division Multiplexing*), o sistema OFDM emprega multiportadoras onde as mesmas se sobrepõem no domínio da frequência, possibilitando assim uma alta eficiência espectral. Nessa técnica de transmissão, um canal altamente seletivo na

frequência é dividido em sub-canais não seletivos na frequência.

Inicialmente, era necessário um banco de osciladores para realizar a modulação e a demodulação do sistema, o que tornava o mesmo demasiadamente caro e complexo. Com o avanço da microeletrônica e do processamento digital de sinais, foi possível o uso de algoritmos que tratam a modulação e a demodulação a partir de sinais discretizados. A substituição dos osciladores pelo emprego da DFT (do inglês, *Discrete Fourier Transform*) foi proposto pelo Weintein e Ebert em 1971. Posteriormente, o uso da FFT (do inglês, *Fast Fourier Transform*) passou a ser utilizado devido a sua eficiência computacional [2,3]. Nessa técnica, utiliza-se um CP (do inglês, *Cyclic Prefix*), com o intuito de evitar a degradação do sistema causada pelo ICI (do inglês, *Inter Carrier Interference*) e pelo ISI (do inglês, *Inter Symbol Interference*).

O sincronismo em OFDM é uma etapa crucial para que seu desempenho seja satisfatório, pois o mesmo possui uma grande sensibilidade à falta de sincronismo. Um tipo de efeito que a falta de sincronismo causa no sistema é o STO (do inglês, *Symbol Time Offset*), em que o receptor não consegue identificar o início do símbolo transmitido, fazendo com que haja um deslocamento temporal dos símbolos usados na demodulação [4,5].

2 I METODOLOGIA

Considere a Figura 1, o diagrama de blocos do transmissor OFDM. O sinal de entrada $X[n,l]$ representa uma sequência de símbolos complexos com modulação QPSK (do inglês, *Quadrature Phase Shift Key*), onde o índice n marca o tempo discreto em que a fonte gera os dados, e o índice l indica l -ésimo símbolo OFDM que está sendo transmitido. Estes passam por uma conversão de serial para paralelo, no qual em sua saída os símbolos são representados por $X[i,l]$, onde i indica i -ésima portadora da conversão. O conjunto de dados em paralelo formam os N pontos da IFFT. Graças à ortogonalidade, a IFFT consegue amostrar o espectro do sinal transmitido sem a interferência entre as portadoras, mesmo com a superposição das mesmas. Após isso, adiciona-se o prefixo cíclico ao conjunto de dados, o tamanho do prefixo cíclico utilizado foi quatro.

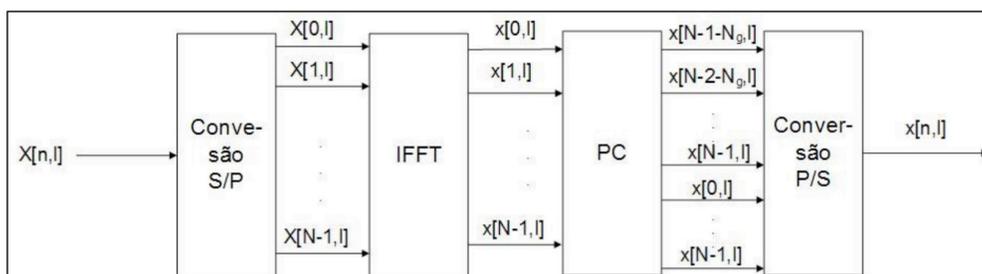


Figura 1: Diagrama de blocos do transmissor OFDM.

Após a conversão para serial, o símbolo enviado $x[n, l]$ é representado algebricamente na Equação 1:

$$x[n, l] = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} e^{j\frac{2\pi ni}{N}} X[i, l], \forall n \in \mathbb{N}, 0 \leq n \leq N - 1$$

Equação 1

O ruído AWGN é definido como uma variável de natureza aleatória, cuja sua média é zero e sua densidade espectral de energia é uniforme. Dessa forma, sua função de auto-correlação é um impulso localizado na origem. Isso significa que um dado instante t_1 tem correlação nula com um dado instante t_2 . Por este motivo, o ruído AWGN é comumente utilizado em simulações de comunicação.

O efeito que o atraso temporal causa depende da distância entre o início estimado do sinal e o seu início lídimo. A Figura 2 mostra todos os casos que podem ocorrer ao estimar o início do sinal (considerando um canal ideal).

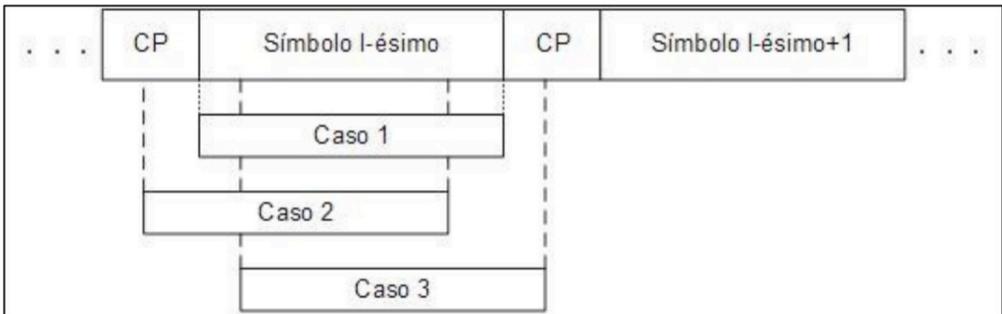


Figura 2: Os três casos do erro de amostragem temporal.

No caso 1 não há erro na estimação, pois o início do trem de símbolo coincide com o início estimado. No caso 2, os símbolos são deslocados de δ , graças ao prefixo cíclico a ortogonalidade não é quebrada. Mostra-se a seguir o resultado aritmético desse fenômeno, desconsidera-se o do ruído para uma melhor compreensão.

$$\begin{aligned}
Y_l[k] &= \sum_{n=0}^{N-1} y_l[n + \delta] e^{-j \frac{2\pi nk}{N}} \\
Y_l[k] &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} X_l[i] e^{j \frac{2\pi(n+\delta)i}{N}} \right\} e^{-j \frac{2\pi nk}{N}} \\
Y_l[k] &= \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X_l[i] e^{j \frac{2\pi i \delta}{N}} \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j \frac{2\pi n(k-i)}{N}} \\
Y_l[k] &= X_l[k] e^{j \frac{2\pi k \delta}{N}} \quad \forall k \neq i
\end{aligned}$$

Equação 2

$Y_l[k]$ representa o sinal recebido pelo receptor OFDM, onde k indica a k -ésima portadora da recepção. Note que, de acordo com a equação 2, o efeito do atraso temporal é uma rotação da constelação do sinal recebido por $e^{j \frac{2\pi k \delta}{N}}$.

No caso 3, o início do símbolo estimado ocorre após o seu início. É possível ver pela Eq. 3 que o sinal transmitido sofre dois tipos de interferência, ICI e ISI. Nessa situação, os pontos da FFT do receptor são formados parte do l -ésimo símbolo e parte do símbolo l -ésimo+1. É mostrado a seguir o resultado aritmético desse fenômeno, desconsidera-se o efeito do canal e do ruído para uma melhor compreensão.

$$\begin{aligned}
y_l[n] &= \begin{cases} x_l[n + \delta] & \text{para } 0 \leq n \leq N - \delta - 1 \\ x_{l+1}[n + 2\delta - N_g] & \text{para } N - \delta \leq n \leq N - 1 \end{cases} \\
Y_l[k] &= \sum_{n=0}^{N-\delta-1} y_l[n + \delta] e^{-j \frac{2\pi kn}{N}} + \sum_{n=N-\delta}^{N-1} y_l[n + 2\delta - N_g] e^{-j \frac{2\pi kn}{N}} \\
Y_l[k] &= \frac{N - \delta}{N} X[k] e^{j \frac{2\pi k \delta}{N}} + \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_l[i] e^{j \frac{2\pi i \delta}{N}} \sum_{n=0}^{N-1-\delta} e^{j \frac{2\pi n(i-k)}{N}} + \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_{l+1}[i] e^{j \frac{2\pi i(2\delta - N_g)}{N}} \sum_{n=N-\delta}^{N-1} e^{j \frac{2\pi n(i-k)}{N}}
\end{aligned}$$

Equação 3

O primeiro termo refere-se exclusivamente quando $k=i$, logo se trata do símbolo em questão, pode-se observar que o símbolo foi amplificado de $\frac{N-\delta}{N}$ e rotacionado de $e^{j \frac{2\pi k \delta}{N}}$. O segundo termo é a contribuição causada pela a ICI, pois se refere para todos $i \neq k$. O terceiro se trata claramente da ISI, pois refere-se interferência causada pelo o símbolo posterior.

A figura 3 mostra uma representação do funcionamento do algoritmo feito nesse trabalho para combater os efeitos da STO.

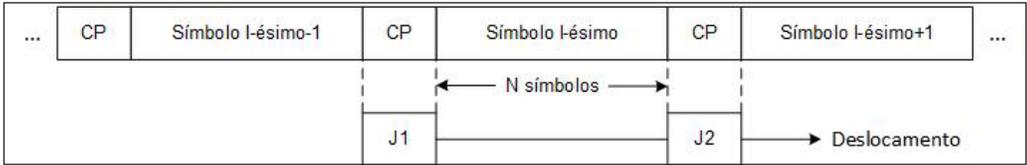


Figura 3: Esboço do funcionamento do algoritmo em questão.

$J1$ e $J2$ tratam-se de duas janelas deslizantes, cujo o objetivo comparar os dados entre esses dois blocos, que estão espaçados sempre de N símbolos. Explorando a presença do prefixo cíclico, procura-se qual é a posição dessas duas janelas deslizantes em que a diferença entre esses dois blocos seja mínima. É mostrado na equação 4 a representação aritmética dessa operação.

$$\hat{\delta} = \min_{\delta} \left\{ \sum_{i=\delta}^{N_G-1-\delta} |y_l[n+i] - y_l[n+N+i]| \right\}$$

Equação 4

O menor argumento de δ encontrado será admitido como o atraso estimado. Espera-se um resultado melhor quanto menor for a intensidade do ruído.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 mostra o receptor e o transmissor do modelo sincronizado implementado no Matlab.

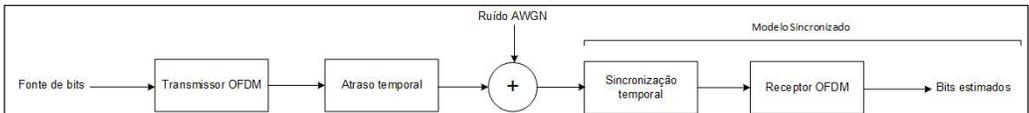


Figura 4: Diagrama de blocos do modelo sincronizado.

Uma mesma fonte de dados geram os bits que serão usados tanto no modelo sincronizado como no não sincronizado. Após o transmissor OFDM, os símbolos enviados passam pelo o atraso temporal, no qual é embutido um atraso pré-definido no programa. Após a adição ruído AWGN, os mesmo símbolos são utilizados nos dois modelos. Uma mesma fonte de dados geram os bits que serão usados tanto no modelo sincronizado como no não sincronizado. Após o transmissor OFDM, os símbolos enviados passam

pele o atraso temporal, no qual é embutido um atraso pré-definido no programa. Após a adição ruído AWGN, os mesmo símbolos são utilizados nos dois modelos. No modelo não sincronizado, os símbolos passam apenas pelo o receptor OFDM, que tem como função, após a paralelização e a retirada do prefixo cíclico, realizar a FFT para recuperar os dados transmitidos [5]. No modelo sincronizado, antes de passar pelo receptor OFDM, os símbolos complexos passam pelo bloco denominado de “Sincronização temporal”, onde é implementado o algoritmo que foi apresentado nesse trabalho, com a função de recuperar a sincronia temporal. Por fim, compara-se a taxa de erro de bits dos dois modelos e se tira conclusões sobre o algoritmo. Nessa simulação, o quantidade de portadoras utilizada foi de $N = 16$, o tamanho do prefixo cíclico foi igual à 4. Durante a simulação, foram enviados 2^{20} bits.

A Tabela 1 mostra do resultado obtido do algoritmo na detecção de erro quando o atraso for igual a três(caso 2). A Figura 5 mostra a BER obtida, tanto do modelo não sincronizado quanto o modelo sincronizado.

Atraso = 3	
SNRdB	Atraso Estimado
0	0
1	0
2-20	3

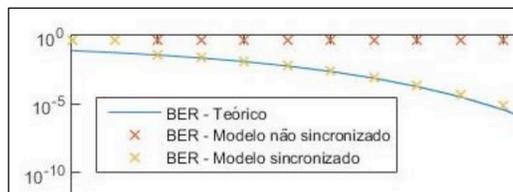


Tabela 1: Resultados dos atrasos obtidos

Figura 5: BER obtida dos sistemas

A Tabela 2 mostra do resultado obtido do algoritmo na detecção de erro quando o atraso for igual a sete(caso 3). A Figura 6 mostra a BER obtida, tanto do modelo não sincronizado quanto o modelo sincronizado.

Atraso = 7	
SNRdB	Atraso Estimado
0	8
1	1
2	7
3	14
4	4
5-20	7

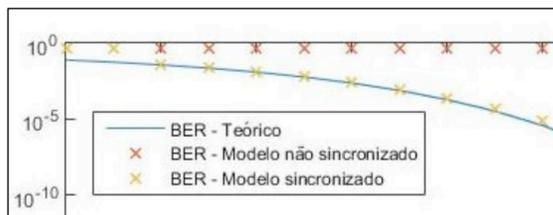


Figura 2: Resultados dos atrasos obtidos

Figura 6: BER obtida dos sistemas

Como pode ser observado, o modelo sincronizado obteve resultados superiores ao modelo não sincronizado. Observa-se também melhores resultados quando ocorre o aumento da SNR, como foi mencionado na metodologia. É possível observar que o atraso temporal degradou bastante o modelo não sincronizado, tornando o sistema praticamente ineficiente. Verifica-se também que, quando o algoritmo erra a estimação do STO, o desempenho do modelo sincronizado assemelha-se ao modelo não sincronizado, não havendo qualquer tipo de melhoria na tentativa fracassada da correção.

Por fim, a Figura 7 apresenta o *scatter plot* das constelações dos dados do modelos não sincronizado e sincronizado à uma SNR de 20dB no caso 3, confirmando o efeito do algoritmo no sistema.

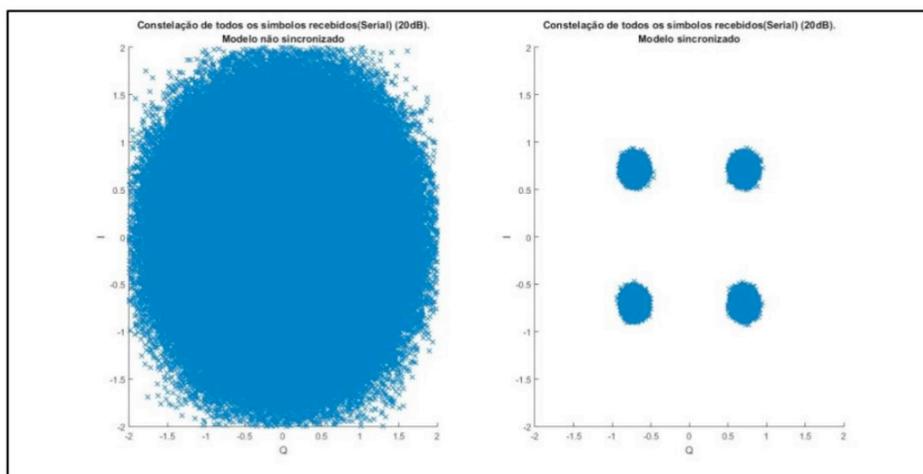


Figura 7: Constelação dos dados transmitidos

Verifica-se que no modelo não sincronizado, o STO provocou uma total distorção na constelação dos símbolos transmitidos. Já no modelos sincronizado, os símbolos foram devidamente alocados em suas respectivas quadraturas.

4 | CONCLUSÃO

A falha no sincronismo temporal é capaz de tornar a técnica OFDM ineficiente, pois ela é capaz de causar interferência intersimbólica e interferência entre portadoras. O algoritmo que trata o STO apresentado nesse artigo mostrou-se eficiente em resgatar o sincronismo e preservar o desempenho do sistema.

A existência e o tamanho o prefixo cíclico é uma fator crucial para a precisão do algoritmo, uma vez que ele utiliza o PC para estimar o início do símbolo OFDM. Sinal com

um prefixo cíclico curto, além de tornar o sinal mais propício a interferências[7], torna o algoritmo impreciso, pois serão menos símbolos para serem comparados.

Em ambientes onde a relação sinal-ruído é baixa, o algoritmo mostrou-se impreciso. Além disso, há uma certa aleatoriedade no êxito da estimação da STO em SNR baixas. Um possível avanço, a partir deste trabalho, seria uma análise matemática probabilística acerca do comportamento do algoritmo em ambiente onde a relação sinal-ruído é pequena, com intuito de calcular a chance de acerto do algoritmo a uma dada SNR.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade de Fortaleza, por viabilizar e apoiar o projeto de pesquisa, a CNPq por aceitar e financiar de pesquisa proposto.

REFERÊNCIAS

1. DIAS, J. T. **Desempenho de algoritmos para estimação de parâmetros de sincronização em sistemas OFDM**. Instituto Militar de Engenharia. Abril 2006
2. L. Hanzo, M. Munster, B. J. Choi e T. Keller. **OFDM and MC-CDMA for broadband multi-user communications, WLANs, and broadcasting**. 1ª edição, ed. John Wiley and Sons Ltd, 2003.
3. BAHAI, A. R. B.; et. all. **Multi-carrier digital communications theory and applications of OFDM**. 2ª edição, Springer Science + Business Media, Inc, 2004.
4. SLISKOVIC, M. **Carrier and Sampling Frequency Offset Estimation and Correction in Multicarrier Systems**. IEEE, 2001.
5. PROAKIS, J. G. et all. **Contemporary Communication Systems Using MATLAB**. 3ª edição, CENGAGE Learning, 2011.
6. CHO, Y. S. et all. **MIMO OFDM wireless communication with MATLAB**. 1ª edição, John Wiley & Sons, 2010.
7. SILVA, I. L. L. B. , A. M. P. Lucena. **O efeito do comprimento do prefixo cíclico no sistema OFDM**. UNIFOR, Outubro 2011.

SOLUÇÃO COMPUTACIONAL PARA COMUNICADO DE ACIDENTE DE TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Data de aceite: 04/01/2021

Gustavo Batista Castagna

Ciência da Computação – Universidade Franciscana (UFN)
Santa Maria – RS – Brazil

Ana Paula Canal

Ciência da Computação – Universidade Franciscana (UFN)
Santa Maria – RS – Brazil

RESUMO: Este trabalho descreve como é implementado uma ferramenta de comunicado de acidente de trabalho para a construção civil. São tratados os conceitos da Segurança do Trabalho e o Técnico em Segurança do Trabalho, distinção entre acidente e incidente, acidentes de trabalho e de percurso, a importância do Comunicado de Acidente de trabalho junto ao Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. A metodologia escolhida para o desenvolvimento é o Feature Driven Development. São usados a linguagem PHP e o banco de dados MySQL para desenvolver o software.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia, segurança, construção, acidentes, sistema, software.

COMPUTATIONAL SOLUTION FOR WORK ACCIDENT REPORTING IN CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT: This paper describes how a work accident communication tool is implemented for civil construction. The concepts of Occupational

Safety and Work Safety, distinction between accident and incident, work and travel accidents, the importance of the Occupational Accident Statement together with the Occupational Health Medical Control Program are discussed. The methodology chosen for development is Feature Driven Development. The PHP language and MySQL database are used to develop the software.

ABSTRACT: Technology, security, construction, accidents, system, software.

1 | INTRODUÇÃO

A Construção Civil possui riscos à saúde e bem estar do colaborador, conseqüentemente podem acarretar acidentes que causam desde leves ferimentos até o óbito. Ao ocorrer tal acidente, é necessário realizar a comunicação do acidente junto ao Técnico em Segurança do Trabalho. Porém esta comunicação é feita em meio a papéis e estes são preenchidos de forma incompleta, podendo causar falhas de registros ao Instituto Nacional do Seguro Social (INSS).

O objetivo deste trabalho é possibilitar a informatização da Segurança do Trabalho na Construção Civil e Residencial à comunicação dos acidentes de trabalho no canteiro de obras.

Por mais que a fiscalização esteja mais exigente, há dificuldades para verificar a quantidade de acidentes e afastamentos por questões físicas ou psicológicas e/ou óbitos. É necessário uma interação mais aprimorada entre empregador e colaborador, que possibilite

reduzir o tempo de encaminhamento (45 dias) dos dados ao INSS para a devida autorização médica no qual o Técnico em Segurança do Trabalho (TST) consiga comunicar o empregador a questão de redução dos custos de operação.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são apresentados os conceitos sobre Técnico em Segurança do Trabalho, as diferenças entre Acidente e Incidente, distinção de Acidentes de Percurso com Acidentes de Trabalho, o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) e o Comunicado de Acidente de Trabalho (CAT). Por fim, são apresentados as ferramentas computacionais para desenvolver o sistema WEB.

2.1 Segurança no Trabalho

O Técnico em segurança do trabalho é o profissional cuja função é garantir a segurança do trabalho por meio de adoções de medidas que minimizem ou anulem os acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, bem como proteger a integridade física e psíquica dos trabalhadores durante a atividade laboral dentro da Construção Civil [GEN 2016].

No Brasil, no período de 2012 até 2016, 700 mil pessoas sofreram acidentes na construção civil por ano. Isto causou afastamentos médicos de custo de R\$22 bilhões aos cofres públicos. As vítimas frequentes são operários e caminhoneiros em canteiros de obras [Souza 2017].

A Indústria da Construção Civil envolve estruturas sociais, culturais e políticas. Nacionalmente está entre os de maior 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. Porém estes números de acidentes são sem precisão, os registros de acidentes com óbitos não constam registros de datas ou são incompletos e podem ultrapassar R\$40 bilhões no período citado anteriormente.

O fator mais ocorrente é a negligência de empregadores que oferecem condições de trabalho inseguras como também do colaborador que promove atos inseguros, longe da visão do “patrão”. Porém a situação é complexa por envolver condições ambientais em que os funcionários são expostos, influenciando aspectos fisiológicos e psicológicos destes [Araújo 1998].

O crescimento da Construção Civil influenciou o alto índice de acidentes. A quantidade de operários no canteiro de obras propicia a ocorrência de colisões físicas que provocam quedas eminentes, tropeços, acidentes com os carrinhos de cimentos, que ocorrem em locais de locomoção limitada em canteiros de obras que exigem circulação constante [Araújo 1998].

“Os custos relativos aos agravos a saúde relacionados ao trabalho são difíceis de estimar pela falta de dados, tanto de pesquisas como de fontes administrativas, e portanto,

estimativas são parciais e assim mesmo, muito raras” [Silva e Barbosa 2013, p. 20]. Por mais que a fiscalização esteja exigente, não há como verificar a quantidade de acidentes e afastamentos por questões físicas ou psicológicas e/ou óbitos.

2.1.1 Distinção entre acidente e incidente

Pela legislação, o acidente de trabalho é aquilo que ocorre no exercício de trabalho, quando é provocada a lesão corporal, perturbação funcional ou doença, com risco de óbito, perda ou redução, permanente ou temporária, de capacidade laboral. Ao prevencionista é quando há uma ocorrência não programada, inesperada ou não, que interfere ou interrompe o progresso de uma atividade, torna-se consequência isolada ou simultaneamente perda de tempo, danos materiais ou lesões humanas [Santos, 2009].

O Incidente é um evento não planejado que possa provocar um acidente, o que originou o acidente ou potencial influenciador do acidente [Santos, 2009]. Para entender melhor esta diferença, seguem os exemplos:

- a) Um trabalhador realiza o transporte de telhas a um determinado local. Em um momento, o funcionário desliza na terra úmida. O carrinho que ele maneja não ocorre danos materiais na decorrência do escorregamento, nem o trabalhador foi lesionado. Portanto ocorreu um incidente, ou seja, um quase acidente.
- b) Porém, em segunda situação, as telhas desabam com a inclinação do carrinho de transporte e o trabalhador não foi lesionado. Mesmo não ter ocorrido a lesão, houve uma perda material, sendo dessa forma considerado um acidente.
- c) E, em terceira situação, as telhas ficam intactas, sem perder o controle do carrinho de transporte, porém o funcionário adquiriu lesão muscular, também se caracteriza como acidente.

Mesmo que ocorra a perda material, é essencial colocar em primeiro lugar a integridade do trabalhador. Para o segundo e o terceiro casos, solicita-se um CAT (Comprovante de Acidente de Trabalho). Pois o colaborador foi exposto ao risco que poderia causar danos à integridade física e gera transtornos na atividade laboral, como é visto no diagrama de atividades na Figura 1. Um ambiente devidamente monitorado gera menos custo tanto para o colaborador como também à empresa.

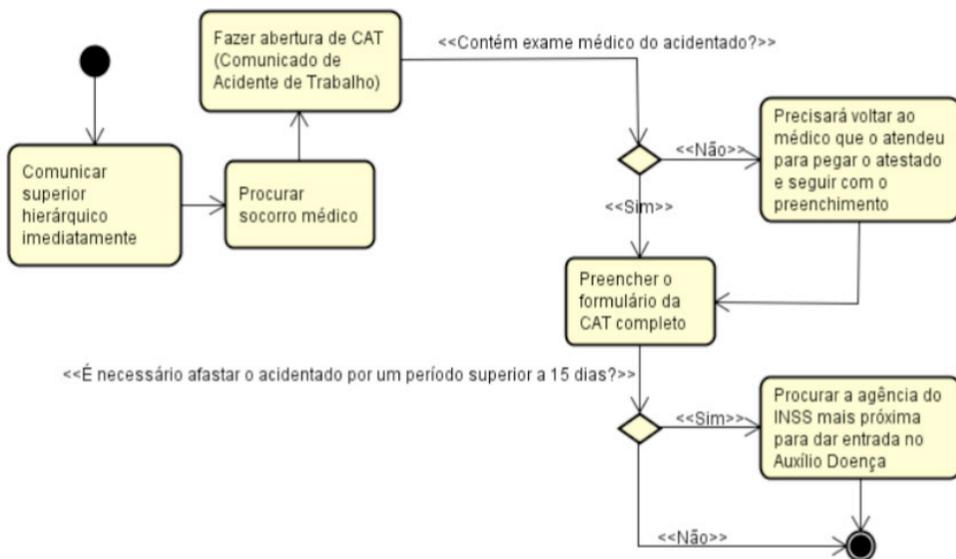


Figura 1 - Como agir quando ocorrer um acidente de trabalho

2.1.2 Acidente de trabalho versus acidente de percurso

Para uma melhor compreensão entre acidente de percurso e acidente de trabalho, é determinar em que se baseiam os seguintes conceitos conforme Pessoa (2014):

Para ser considerado acidente de trajeto o trabalhador deverá estar no trajeto normal, isto é, o caminho percorrido para ir ao trabalho habitualmente, não precisa ser o mais curto, mas sim o habitual. Caso o funcionário em um determinado dia resolva passar por outro caminho, mudando seu trajeto, seja lá por qual motivo for, e se acontecer um acidente, há possível descaracterização.

Se equipara ao acidente de trabalho no percurso da residência para o local de trabalho ou deste para aquela, qualquer que seja o meio de locomoção, inclusive veículo de propriedade do segurado.

O acidente de trajeto não depende do veículo. Não importando se acontecer no veículo (meio de transporte) da empresa ou mesmo do empregado. Isso não descaracteriza o acidente. As condições que caracterizam o acidente de trajeto são: (1) estar no trajeto de ida ou volta para a empresa e (2) sofrer acidente que gere algum tipo de lesão (sem lesão não há perda humana e logo, não há acidente).

Acidente de Trabalho é quando ocorre no exercício de atividade a serviço da empresa ao causar lesão corporal ou perturbação funcional, até condicionar risco de morte, a perda ou a redução permanente ou temporária da capacidade para o trabalho.

Também é considerado como acidente do trabalho: (1) a doença profissional ou do trabalho, produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho peculiar a determinada

atividade; (2) acidente típico, que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa; (3) o prejuízo material decorrente do acidente de trabalho se caracteriza pela diminuição das possibilidades em obter os mesmos rendimentos por meio da força de trabalho de que dispunha o empregado antes do fato ocorrido. Essa redução diz respeito à profissão ou ofício, então desenvolvidos em que se comprova a diminuição da capacidade de trabalho por parte do empregado.

Na Figura 2 está o diagrama de atividades neste tipo de caso:

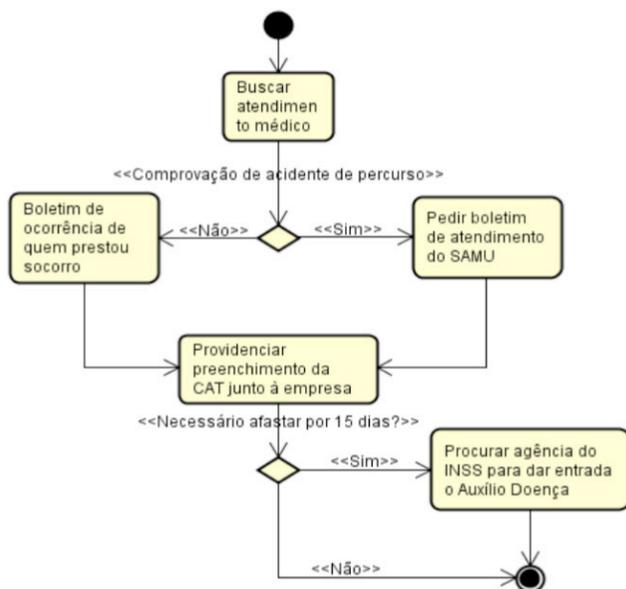


Figura 2 – Como agir ao ocorrer em um acidente de trajeto

O dever de indenizar é conforme o descrito a seguir. Se o empregador criou o risco por meio de sua atividade econômica (empresa), a ele caberá responder pelos danos causados, independente de dolo ou culpa, atribui-se teoria da responsabilidade objetiva.

Assim, é citada a obrigatoriedade de reparar o dano, independentemente de culpa, no que a lei especificou, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo empregador implicar insalubridade interfira na integridade do colaborador [Resende 2014].

Se o empresário criar uma empresa que tenha condições de riscos na execução das atividades, se contrata pessoas para executar estas atividades se beneficiando dos lucros gerados, cria risco de negócios ao empregador, no que ocorrer acidente, também deverão ser por ele suportados.

Porém, há entendimento que se aplicaria, nestes casos, a teoria da responsabilidade subjetiva, ou seja, somente após comprovar que houve dolo ou culpa do empregador, é que lhe o responsabilize pelo acidente e o dever de indenizar.

O Inciso XXVIII do Artigo 7 da Constituição Federal de 1988 dispõe o direito dos trabalhadores o seguro contra acidentes do trabalho, providenciado pelo empregador, não inibe a indenização obrigatória, quando acarretar em dolo ou culpa.

O dolo é a intenção de agir contra o que a lei aponta ou contrariar as obrigações assumidas, agir de má-fé, é enganar mesmo com pleno conhecimento do caráter ilícito do próprio comportamento.

A culpa é a negligência, a falta de cuidado necessário ao observar a norma de conduta, ou seja, não prever o que poderia ser previsível, mas sem intenção de agir ilegalmente e sem conhecimento da má ação [Resende 2014].

2.1.3 Comunicado de Acidente de Trabalho (CAT)

O CAT é um documento obrigatório a ser emitido pela empresa para registrar quando ocorrer um acidente de trabalho ou doença ocupacional. A emissão da CAT é obrigatória para que empresa e governo assumam suas responsabilidades e para garantir os direitos do trabalhador. É por meio do CAT que se registra todo e qualquer acidente, mesmo que não haja danos físicos ao colaborador.

Muitas empresas se negam a registrar a CAT do trabalhador, ao tentar evitar o que caracteriza doença ocupacional ou o acidente de trabalho. Isso acontece, pois a empresa poderá ser penalizada com o aumento da contribuição do RAT (Risco de Acidente de Trabalho). Assim, o INSS custeia os benefícios pagos aos trabalhadores, quando há acidentes ou lesões relacionadas ao trabalho [GEN 2016].

Após aberta uma CAT, a empresa fica sujeita a multa se o trabalhador continuar exposto a situações de risco ou a operações que podem agravar as lesões. As empresas também recebem multas por não emitir a CAT. Por isso, se a empresa se recusar a emitir a CAT, o trabalhador deve procurar os outros meios existentes para conseguir o documento. Como este caso, procure o Departamento de Saúde do Trabalhador do Sindicato [GEN 2016].

Nos quadros 1, 2 e 3, são apresentados os dados do CAT:

DADOS DA EMPRESA	
R.SOCIAL	noononononononon
IDENT.	1
MATR.	85858585
CNAE	52525252
ENDEREÇO	nonononon
COMP. ENDEREÇO	
BAIRRO	DIST. INDUSTRIAL
CEP	23232-000
MUNICÍPIO	jundiai
UF	SP
TELEFONE	121212121

Quadro 1 - Dados da empresa

Através dos dados do Quadro 1, é criada uma entidade anexada à CAT, no qual seu registro é inalterável.

DADOS DO ACIDENTADO	
NOME	NONONONONO
MÃE	NONONONNN
DATA	14/11/1979
SEXO	MAS
E. CIV.	So
CTPS	
SÉRIE	
EMISSÃO	
UF	
REM	
RG	
EMISSÃO	
EXP	
UF	
PIS	
END	Rua 42 casa 15210
COMP	
BAIRRO	
CEP	
COMP	
MUNIC.	
UF	
TELEFONE	
OCUP.	
CBO	97150
FILIAÇÃO	Empregado
APOSENTADO	N
AREA	1

Quadro 2 - Dados do colaborador acidentado

O Quadro 2 possui um registro do colaborador ao qual se aplica a descrição detalhada do mesmo, de acordo com a ficha da empresa contratante.

DADOS DO ACIDENTE	
DATA	05/10/2001
HORA	07:30h
HS TRABALHADAS	1h
TIPO	típico
HOUE AFASTAMENTO	N
ULTIMO DIA TRABALHADO	05/10/2001
LOCAL DO ACIDENTE	Posto de Trabalho
ESPECIF. LOCAL ACIDENTE	Máquina V3 - II (LB- II)
CGC/CNPJ	07224090/0001-43
UF	Ce
MUNICÍPIO DO LOCAL ACIDENTE	Maracanaú
PARTE DO CORPO ATINGIDA	Mão Esquerda
AGENTE CAUSADOR	Os pinos da esteira rolante

DESCRIÇÃO DO ACIDENTE	Quando eu retirava os biscoitos que estavam enganchados (presos) na saída da tampa de proteção, coloquei a mão esquerda por debaixo da tampa de proteção para retirar o restante dos biscoitos, a máquina foi acionada levando a minha mão junto com os grampos da esteira rolante e de imediato foi desligada, provocando uma grande dor na minha mão.
HOUVE REGISTRO POLICIAL?	N
HOUVE MORTE?	N
NOME 1ª TESTEMUNHA	João Pereira de Sousa
ENDEREÇO	Rua Porto Feliz, 179
BAIRRO	Pq. Itamaraty
CEP	60.000-000
MUNICÍPIO	Maracanaú
UF	CE
TELEFONE	472-8317
NOME 2ª TESTEMUNHA	
ENDEREÇO	
BAIRRO	
CEP	
MUNICÍPIO	
UF	
TELEFONE	
LOCAL / EMISSÃO	Maracanaú(CE)
DATA / EMISSÃO	05/10/2001
UNID ATENDIMENTO	Ambulatório da Empresa
DATA ATENDIMENTO	05/10/2001
HORA ATENDIMENTO	08:00
HOUVE INTERNAÇÃO S/N	N
DESCRIÇÃO DA LESÃO	Tralma articular entorce
DIAGNOSTICO PROVAVEL	Contusão de outras partes não especificadas do ante-braço/ punho da mão esquerda.
DUR TRATAMENTO	03
AFAST S/N	S
CID - 10	S 60.2
OBSERVAÇÕES	CAT com identificação de dois CIDs, sendo o CID principal S 60.2 e o CID secundário S 50.1
LOCAL	
DATA	

Quadro 3 - Dados do acidente

O Quadro 3 traz os dados essenciais ao CAT, através dela que é levantado um histórico de acidentes de trabalho, como prever ou anular um acidente que possa ser recorrente em um local específico ou se o colaborador tem um histórico negativo na empresa contratante. Através do CAT, são cruzados os dados de saúde em que o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional analisa sobre o histórico médico do colaborador.

2.1.4 Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) – Norma Regulamentadora número 7 (NR-7)

O PCMSO estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação para promover e preservar a saúde do conjunto de seus trabalhadores, estabelecer parâmetros e diretrizes gerais a serem observados ao executar o PCMSO, podendo ser ampliados mediante negociação coletiva do trabalho [GEN 2016].

A empresa contratante deverá informar a empresa contratada sobre os riscos existentes e auxiliar na elaboração do PCMSO nos locais de trabalho onde os serviços estão sendo prestados.

As diretrizes para o PCMSO são: (1) considerar questões de incidentes; (2) caráter de prevenção, rastreamento, e diagnóstico precoce de agravos à saúde relacionados ao trabalho; (3) empresas com mais de 10 empregados ou até 20, enquadradas em grau 3 ou 4, segundo a Norma Regulamentadora número 4, são desobrigadas a ter um médico do trabalho mediante negociação coletiva com o mesmo.

Para o desenvolvimento do PCMSO, há um conjunto de exames incluídos que são: Admissional, Periódico, De retorno ao trabalho, De mudança de função e Demissional.

Estes exames compreendem: (1) avaliação clínica, com anamnese ocupacional, exame físico e mental; (2) exames complementares de acordo com NRs especificadas através de anexos de atividades específicas [GEN 2016].

2.2 Tecnologias utilizadas

Para implementar o projeto é utilizada a linguagem PHP (*Hypertext Preprocessor*). O banco de dados é o MySQL. A modelagem da interface do sistema fica bem especificada e permite busca de dados relevantes do colaborador, tanto para o Técnico em Segurança do Trabalho e o empregador.

2.3 Trabalho Relacionado

O Instituto Nacional do Seguro Social registra o CAT de duas formas: via formulário impresso que deve ser entregue ao INSS ou por ferramenta de geração de um CAT via internet, instalável somente em sistema operacional Windows (XP ou mais recente), disponível no link <http://cat.inss.gov.br/servicos/cat/cat.shtm>. Porém não foi possível testar a ferramenta por estar em manutenção desde o seu lançamento, em 2017.

O Siscat, produto da empresa Caterpillar foi inacessível por ser de empresa privada e protegido contra cópias não autorizadas e inviabiliza testes por exigir usuário e senha colaboradores da empresa.

3 | METODOLOGIA

O *Feature Driven Development* (FDD) é uma metodologia ágil que desenvolve os requisitos funcionais e resultados. Desenvolvido por Peter Coad e Jeff De Luca, sua

primeira publicação foi em 1999 no livro “*Java Modeling in Color with UML*”. É prático para o trabalho com projetos iniciais ou projetos com codificações existentes [HOLL 2011].

FDD possui cinco processos básicos: (1) Desenvolver o modelo abrangente (Análise orientada por objetos); (2) Construir listas de funcionalidades (Decomposição funcional); (3) Planejar por funcionalidade (Planejamento incremental); (4) Detalhar por funcionalidades (Desenho orientado a objetos); (5) Construir por funcionalidade (Programação e teste orientado a objetos), itens descritos por Holl (2011) exibidos na Figura 5 a seguir.

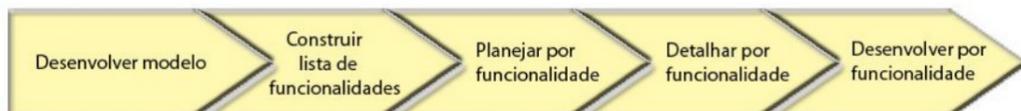


Figura 5 - Diagrama FDD

O FDD cria um modelo abrangente baseado no todo que será desenvolvido, inicia por detalhamento de domínio do negócio com divisão de áreas que serão modeladas. O Modelo só está pronto quando todos da equipe estiverem em acordo com a lista de funcionalidades.

4 | DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Ao estudar como funciona o processo de emissão do Comunicado de Acidente de Trabalho, pode-se levantar os requisitos do sistema.

O CAT é bem específico no quesito informações a serem postadas em um banco de dados, como o Técnico em Segurança do Trabalho deve seguir o cronograma, o colaborador e o empregador precisam estar cientes quanto à veracidade e consistência das informações a serem coletadas. Ou seja, o CAT não deverá ter lacunas em branco e não pode ter ambiguidade entre o colaborador vítima e o colaborador testemunha, o que acarreta no software não conseguir enviar o formulário ao Instituto Nacional do Seguro Social.

É importante que o Técnico em Segurança do Trabalho siga uma ordem de solicitação de informações pelo software, para evitar perda de detalhes essenciais ao recorrer à análise de histórico de um colaborador em específico. Permite também à empresa contratante analisar o histórico.

O sistema verifica se o colaborador ficou “encostado” por um período de tempo muito longo e quantas vezes este indivíduo foi afastado do canteiro de obras, se a quantidade de vezes que o colaborador se “encostou” extrapolar 5 (cinco) vezes e troca de função muito frequente, gera demissão automática pelo sistema da empresa.

Os requisitos funcionais a serem considerados são:

- R.F.1. Cadastrar empresa;
 - R.F.2. Cadastrar o colaborador;
 - R.F.3. Cadastrar o elemento causador;
 - R.F.4. Visualizar dados do acidente de trabalho;
 - R.F.5. Visualizar histórico de acidentes de trabalho;
 - R.F.6. Permitir salvar o CAT em formato PDF;
- Os requisitos não funcionais para considerar:
- R.N.F.1. O sistema precisa ser Web;
 - R.N.F.2. O banco de dados é centralizado no Servidor;
 - R.N.F.3. O sistema precisa estar disponível 24 horas por dia;
 - R.N.F.4. O CAT é restrito a uma empresa;

4.1 Diagrama de Casos de Uso

O diagrama de casos de uso apresenta as funcionalidades do sistema.

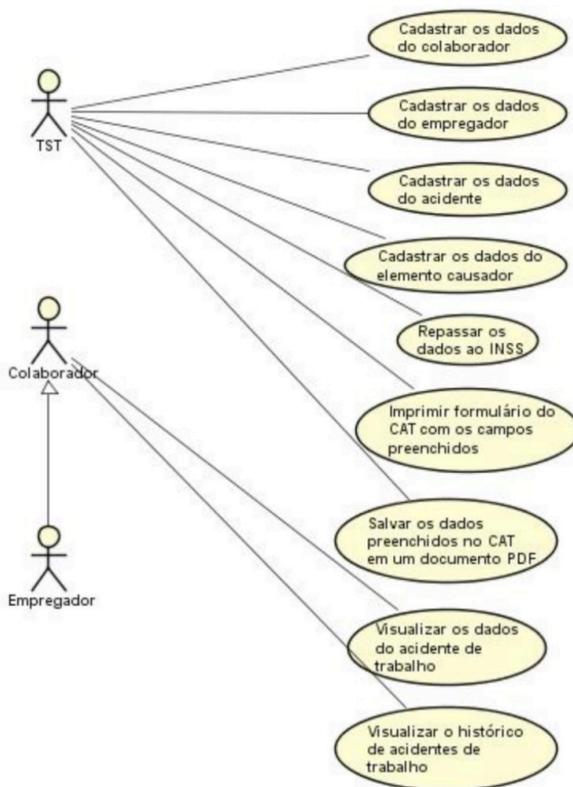
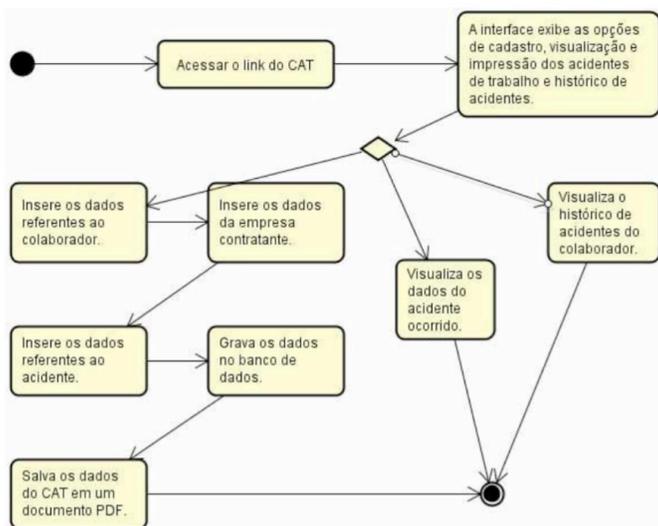


Figura 6 - Diagrama de Casos de Uso

Na Figura 6, o usuário considerado é o Técnico em Segurança do Trabalho e o cliente contratante dados da empresa contratante e do colaborador para preencher o CAT, segue o preenchimento sobre a ocorrência do acidente com seu elemento causador. Posteriormente estes dados e históricos podem ser visualizados pelo empregador e pelo TST para conferir sua consistência e, por fim, repassar os dados ao INSS.

4.2 Diagrama de atividades

O diagrama de atividades, na Figura 7, pode ser visualizado os eventos para comunicar um acidente de trabalho ao INSS.



Para o Técnico em Segurança do Trabalho, o sistema permite a visualização e o cadastro do CAT. Já para empregador e colaborador, estes estão restritos à visualização de acidente de trabalho e histórico de acidentes do colaborador.

4.3 Diagrama de classes

No diagrama de classes da Figura 8, as entidades do CAT na coleta de dados do acidente e suas associações. Foi verificado que o PCMSO influenciará no registro da CAT, indiretamente, este permitirá a verificação da saúde e da qualidade laboral do colaborador.

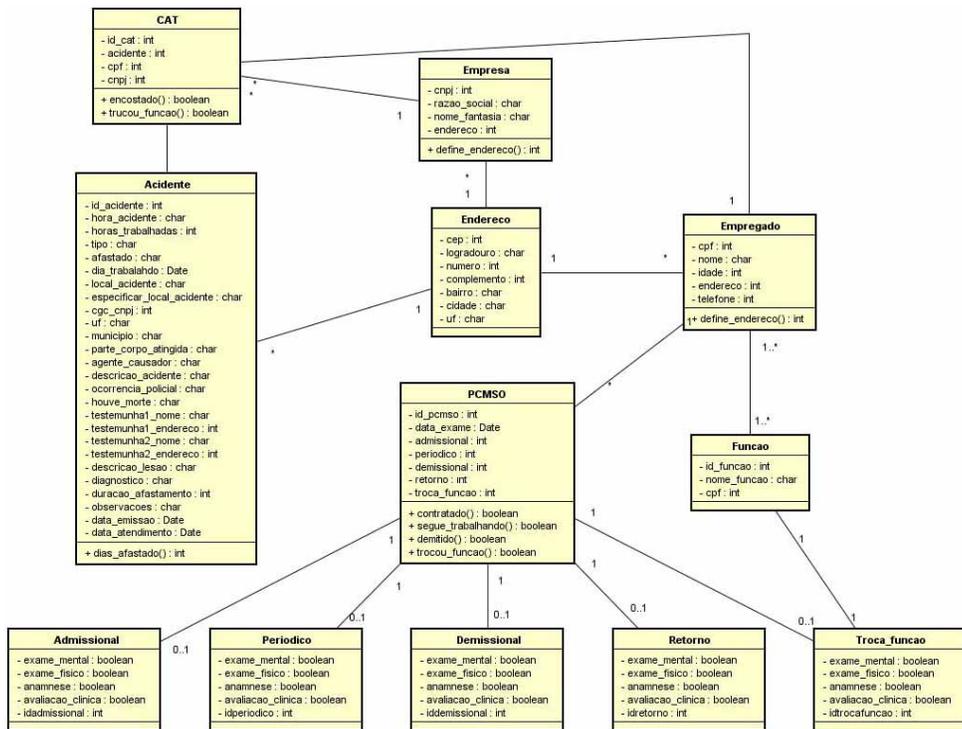


Figura 8 - Diagrama de Classes

A classe endereço é projetada de forma a não conter repetições de mesmo dado de localidades em uma cidade e determinado país. Este não influencia no acidente de trabalho, porém pode causar inconsistência no fator preenchimento de dados pessoais das classes Acidente, Colaborador e Empresa.

4.4 Diagrama Entidade Relacionamento

Na Figura 9 está o diagrama Entidade Relacionamento. Nele são visualizadas as entidades e a organização lógica do banco de dados.

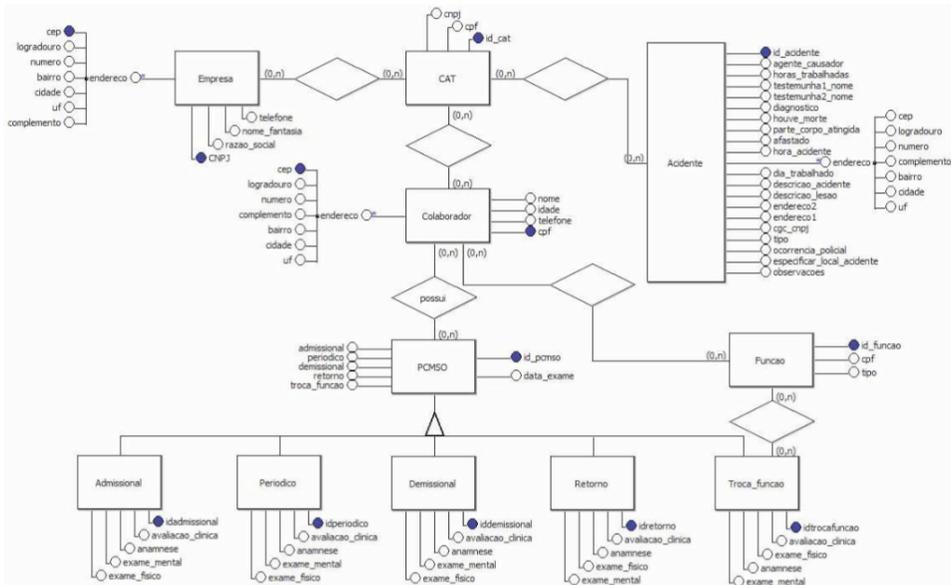


Figura 9 - Diagrama Entidade Racionamento

4.5 A interface do Sistema

As entidades envolvidas para interação são: a empresa, o colaborador e o acidente, estes compõem o CAT diretamente.

O menu principal exibe as funções de inserção e visualização dos dados de acidentes, colaboradores e empresas.



Figura 10 - Menu Principal

A Empresa apresenta os seguintes dados para inserção e visualização: CNPJ, Razão social, Nome fantasia e endereço.

CAT (Comunicado de Ar x localhost / 127.0.0.1 / tst_cc +

localhost/tfg_cc/empresas/add.php

Nova Empresa

CNPJ

Razão Social

Nome Fantasia

Endereço

[Salvar](#) [Cancelar](#)

©2019 - Gustavo Batista Castagna

Figura 11 - Inserção de Empresa

O Colaborador apresenta os seguintes dados para inserir e visualizar: CPF, Nome, Endereço e telefone.

CAT (Comunicado de Ar x localhost / 127.0.0.1 / tst_cc +

localhost/tfg_cc/colaboradores/add.php

Novo Colaborador

CPF

Nome

Endereço

Telefone

[Salvar](#) [Cancelar](#)

©2019 - Gustavo Batista Castagna

Figura 12 - Inserção de Colaborador

O Acidente apresenta os seguintes dados: Hora do acidente, Horas trabalhadas, Tipo de acidente, “Foi afastado?”, Dias trabalhados, Hora do acidente, Local do acidente, Local específico do acidente, CGC/CNPJ, Nome da 1ª testemunha, Endereço da 1ª testemunha, Nome da 2ª testemunha, Endereço da 2ª testemunha, Descrição da lesão, Diagnóstico da lesão, Duração do afastamento (dias), Observações do diagnóstico, Data de emissão e Data do atendimento.

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost/127.0.0.1/tst_cc' and the page URL 'localhost/tfg_cc/acidentes/add.php'. The page title is 'Novo Acidente'. The form contains the following fields:

- Horário do acidente
- Horas trabalhadas
- Tipo
- Foi afastado?
- Dia trabalhado
- Local onde ocorreu o acidente
- Local exato onde ocorreu o acidente
- CGC/CNPJ
- UF
- Município
- Parte do corpo atingida
- Agente causador
- Descrição do acidente
- Houve ocorrência policial?
- Houve morte?
- Nome da 1ª testemunha
- Endereço da 1ª testemunha
- Nome da 2ª testemunha
- Endereço da 2ª testemunha
- Descrição da lesão
- Observações:
- Data de emissão
- Data em que foi atendido

At the bottom of the form, there are two buttons: 'Salvar' (highlighted in blue) and 'Cancelar'. Below the form, the footer text reads '©2019 - Gustavo Batista Castagna'.

Figura 13 - Inserção de Acidente

5 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com o desenvolvimento do software permite, além da agilidade na comunicação do acidente de trabalho ao INSS, mais organização em um banco de dados detalhado, ao utilizar o MySQL como Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados padrão, flexibiliza o software e centraliza todos os requisitos no servidor e os sistemas clientes um acesso mais direto. Com um banco de dados devidamente centralizado, reduz consideravelmente a ambiguidade no cadastro e acesso simplificado.

O CAT se trata em comunicar e registrar os acidentes de trabalho e o sistema torna mais prático e direto para ser registrado, reduz o processo que seria ir ao INSS registrar auxílio doença e organiza o histórico de acidentes que ocorrem em um canteiro de obras, por mais que seja detalhado, coloca como desnecessário a adição de um aplicativo auxiliar para registrar acidentes de trabalho.

A metodologia FDD facilitou a modelagem na hora de desenvolver o modelo, melhor organizou as funcionalidades através de diagramas de casos de uso e possibilitou melhor visualização de como o software deve se comportar.

Para trabalhos futuros há viabilidade em investir em sistemas direcionados a Segurança e Saúde do Trabalho em conformidade com as NR's (Normas Regulamentadoras) em vigência na Segurança do Trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Nelma Miriam Chagas de. Custos de implantação do PCMAT (Programa de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção) em obras de edificações verticais – um estudo de caso. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

GRUPO EDITORIAL NACIONAL. (2016). *Segurança e Medicina do Trabalho*. Aparecida-SP: Atlas.

HOLL, R. (26 de junho de 2011). Metodologia ágil de desenvolvimento de software FDD. Acesso em 27 de maio de 2018, disponível em H Two J Systems: <https://htwojssystem.wordpress.com/2011/06/26/metodologia-agil-de-desenvolvimento-de-software-fdd/>

INSS - Comunicação de Acidente de Trabalho - CAT. (8 de janeiro de 2018). Acesso em 18 de maio de 2018, disponível em Instituto Nacional do Seguro Social I INSS: <https://www.inss.gov.br/servicos-do-inss/comunicacao-de-acidente-de-trabalho-cat/>

PESSOA, L. L. (2014). *Riscos de acidente de trabalho na construção civil*. Fonte: Jus.com.br: <<https://jus.com.br/artigos/26605/riscos-de-acidente-de-trabalho-na-construcao-civil>> Acessado em 20 de Junho/2017.

RESENDE, R. (2012). *Direito do Trabalho Esquematizado*. Aparecida - SP: Gen / Editora Método.

SANTOS, A. (22 de setembro de 2009). Construção civil versus acidentes de trabalho. Fonte: Massa Cinzenta: <<http://www.cimentoitambe.com.br/construcao-civil-versus-acidentes-de-trabalho/>> Acessado em 8 de Julho/2017.

SOUZA, R. (5 de junho de 2017). *No Brasil, 700 mil pessoas sofrem acidente de trabalho a cada ano*. Fonte: Correio Braziliense: <http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2017/06/05/internas_economia,600125/acidente-de-trabalho-no-brasil.shtml> Acessado em 8 de Julho/2017.

APÊNDICE

Acidente

+ Novo Acidente + Ver Acidente Atualizar

Horário do acidente	Horas trabalhadas	Tipo	Afastado	Dias trabalhados	Local onde ocorreu o acidente	Local exato onde ocorreu o acidente	CGC/CNPJ	U.F.	Município	Parte do corpo atingida	Agente causador	Descrição do acidente	Houve ocorrência policial?	Houve morte?
Nome da 1ª testemunha	Endereço da 1ª testemunha	Nome da 2ª testemunha	Endereço da 2ª testemunha	Descrição da lesão	Observações	Data de emissão	Data em que foi atendido							
Nenhum registro encontrado.														

©2019 - Gustavo Batista Castagna

Figura 14 - Lista de Acidentes

Colaboradores

+ Novo Colaborador + Ver Colaborador Atualizar

CPF	Nome	Endereço	Telefone
Nenhum registro encontrado.			

©2019 - Gustavo Batista Castagna

Figura 15 - Lista de Colaboradores

Empresa

+ Nova Empresa + Ver Empresa Atualizar

CNPJ	Razão Social	Nome Fantasia	Telefone
Nenhum registro encontrado.			

©2019 - Gustavo Batista Castagna

Figura 16 - Lista de Empresas

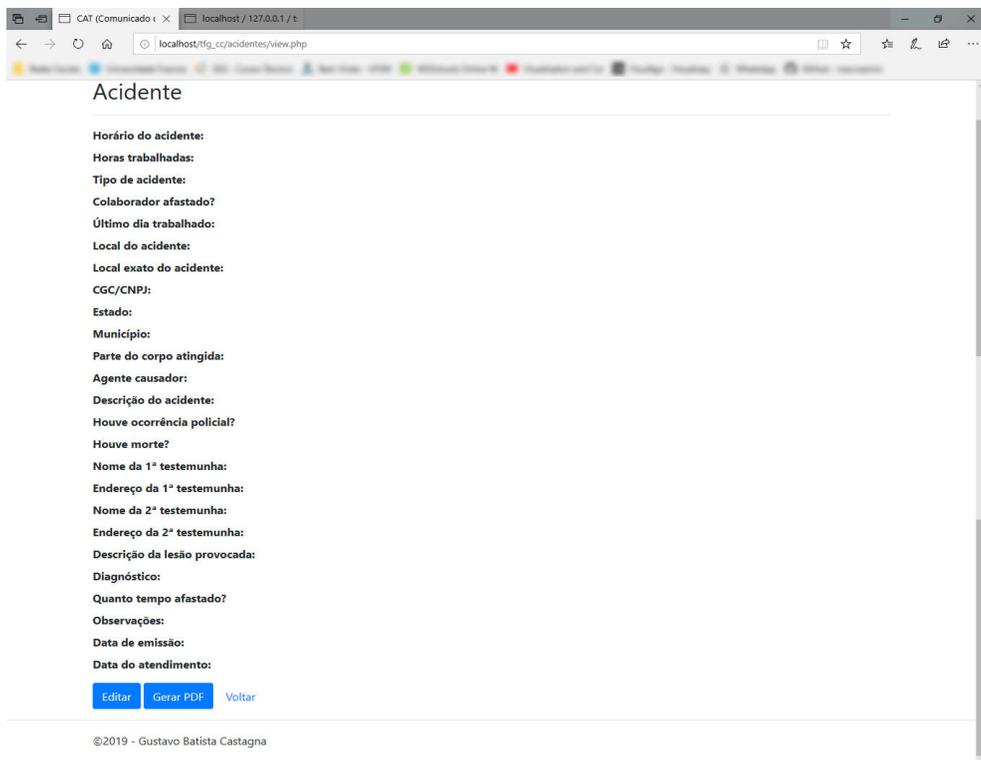


Figura 17 - View do Acidente

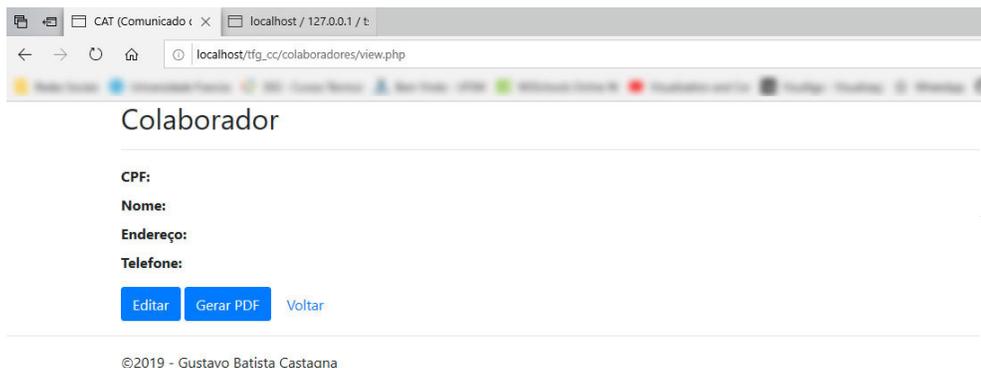


Figura 18 - View do Colaborador

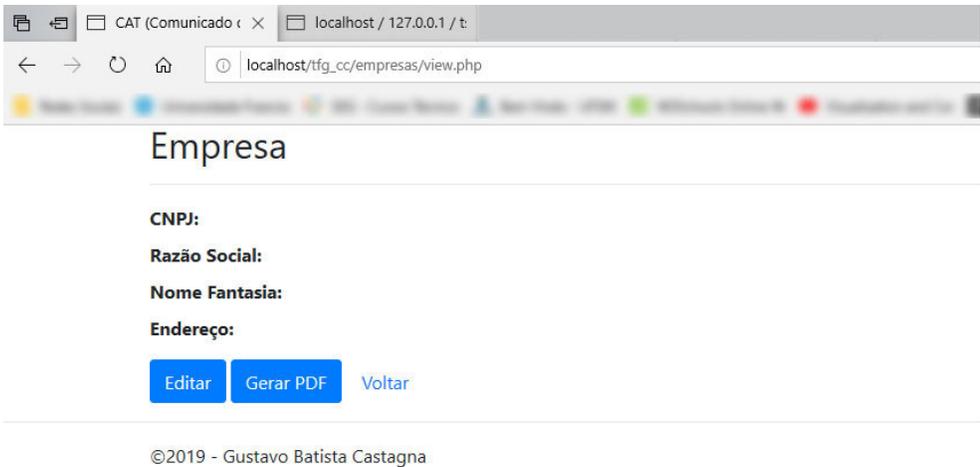


Figura 19 - View da Empresa

“*WEEPING ANGEL*”: BIBLIOTECA CROSS PLATAFORM DE BAIXO CUSTO PARA DETECÇÃO DE ATENÇÃO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

Data de aceite: 04/01/2021

Alano Martins Pinto

Universidade Estadual do Ceará
Instituição: Instituto Atlântico
Ceará, Brasil

Yuri Lenon Barbosa Nogueira

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza - CE

RESUMO: Esta pesquisa proporciona e demonstra um sistema que utiliza imagens de câmera de um dispositivo móvel capaz de identificar e analisar a atenção do usuário sem a necessidade de análise do conteúdo. Este método utiliza algoritmos consolidados de visão computacional para reconhecer padrões geométricos, detecção facial e filtros de imagem para extrair dados dos movimentos das pálpebras e íris. Os dados de execução do algoritmo demonstram ser capaz de rodar em quase todos os dispositivos móveis de hoje, no entanto, uma execução em tempo real (30 frames por segundos) só foi possível em desktop ou dispositivos móveis comparáveis. O algoritmo proposto visa inferir dados para aplicativos de terceiros, podendo ser usado como uma ajuda à tomada de decisão, encapsulando uma análise complexa em uma interface simples e intuitiva.

PALAVRAS-CHAVE: OpenCV, Visão Computacional. Processamento de Imagens. Fadiga. Rastreamento de olhar.

ABSTRACT: This research provides and demonstrates a system that uses camera images from a mobile device capable of identifying and analyzing the user's attention without the need for content analysis. This method uses consolidated computer vision algorithms to recognize geometric patterns, facial detection and image filters to extract data from the movements of the eyelids and irises. The execution data of the demonstration algorithm is able to run on almost all mobile devices today, however, a real-time execution (30 frames per second) was only possible on desktop or comparable mobile devices. The proposed algorithm aims to infer data for third party applications, which can be used as an aid to decision making, encapsulating a complex analysis in a simple and intuitive interface.

KEYWORDS: OpenCV, Computer vision, Image processing, Fatigue, Eye tracking.

1 | INTRODUÇÃO

Em 2015, a ABS – Associação Brasileira do Sono, indicou o cansaço e a sonolência como segunda maior causa de acidentes no trânsito, sendo o motivo de 30% de acidentes de trânsito fatais. Já nos Estados Unidos, os acidentes automobilísticos são considerados a terceira principal causa de morte e feridos, tendo entre 40 e 50 mil vítimas (ROSEN, 2005). Assim como o álcool, a sonolência e a fadiga agem em funções básicas do corpo, como redução de atenção, coordenação motora, auditiva e visual (ROSEN, 2005). Segundo Rosen (2005), dirigir

sob privação de sono deveria ser considerado crime; a autora fundamenta sua pesquisa a partir de respostas cognitivas dadas nessas condições relacionadas a acidentes de trânsito nos EUA.

A Polícia Rodoviária Federal brasileira realiza campanhas de saúde direcionadas para motoristas profissionais, já que estes são considerados os principais envolvidos em acidentes causados por dormir ao volante. Para Antunes et al. (2008), a privação de sono está diretamente ligada à diminuição do desempenho físico. Criando um mecanismo de mascaramento dos efeitos dessa privação, o organismo aumenta a percepção subjetiva (ANTUNES et al., 2008), causando mudança da concentração e riscos durante o exercício de atividades que requerem foco constante.

Em muitas situações, o estado de sonolência pode ser identificado através da simples observação de outro indivíduo. A partir disso, nosso projeto visa a criação de um algoritmo que analisa imagens da câmera de um dispositivo móvel de uso popular para inferir o nível de sonolência e atenção em tempo real, servindo como um meio de observação individual constante e consequente preservação da vida de muitos motoristas. Com a disseminação do uso de dispositivos móveis, não há necessidade de adquirir qualquer equipamento especializado para monitorar um motorista profissional no atributo de sonolência além de um celular de uso pessoal. Isso facilita a adesão a uma possível monitoria.

O processo de mensurar a atenção do usuário que utiliza passos de análise do conteúdo exibido é visto como uma intrusão à privacidade e, atualmente, proibido para publicação de acesso público. Muitos dispositivos móveis possuem programas que detectam faces para controlar a rotação da tela, mas eles não definem o grau de atenção. Apesar de muitas pesquisas serem realizadas nessa área, não existe uma aplicação de referência ou largamente utilizada para isso.

Estudos sobre fenômenos neurológicos dos olhos (LEE; ZEIGH, 1991) mostram a sua ligação com a variação de alerta do indivíduo, dessa forma é proposta a implementação desses estudos através de algoritmos de visão computacional e processamento de imagens. Assim, nossa pesquisa objetivou implementar uma biblioteca de reconhecimento de atenção de usuários para dispositivos como celulares, *tablets* e *notebooks*, de forma não intrusiva e sem interação com o usuário. Utilizando-se de câmeras providas por esses dispositivos, o projeto visou analisar imagens com a finalidade de coletar e inferir informações através de comportamentos dos olhos sem interferir na usabilidade e privacidade.

2 | METODOLOGIA

A implementação dessa pesquisa resulta em uma criação de uma biblioteca genérica para diversas plataformas. Essa biblioteca utiliza algoritmos de visão computacional e processamento de imagens e deve ser executada em dispositivos móveis. Para contornar as limitações de hardware desses dispositivos, foi escolhida a diminuição na taxa de acerto a fim de não consumir memória, bateria e processamento.

A análise da imagem inicia com uma conversão do quadro original para outro com apenas um canal de cor (tonalidade de cinza) com o intuito de utilizar o algoritmo de Viola e Jones (2003) para detecção de face em tempo real, reduzindo a área de busca da região da pupila. Para detecção da íris foi utilizado o algoritmo de Timm (2012). Usando cálculo de gradiente, o autor descreve um algoritmo que determina o centro da pupila e realiza um rastreamento com uma performance superior a outros trabalhos, demonstrado na sua publicação.

Após a detecção e rastreamento da íris, o evento de piscada pôde ser identificado através da implementação de um algoritmo de *flood* vertical para contagem de pixels. Assim, foi entendido como uma piscada quando a íris não pôde ser identificada e uma detecção das duas pálpebras fechadas formaram uma linha ou semelhante. Através da identificação de piscada foi possível determinar o tempo e frequência entre o evento de abertura e fechamento das pálpebras, resultando nos indicadores PERCLES e AECS. Após as análises desses indicadores, a biblioteca foi capaz de inferir o nível de atenção.

Todos os algoritmos descritos anteriormente estão implementados na biblioteca do OpenCV, com exceção da proposição de Timm (2012). Dessa maneira, a versão em C++ do OpenCV foi utilizada para a implementação, com o objetivo de ser facilmente portátil para qualquer ambiente móvel.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em nosso trabalho, focamos nos seguintes indicadores relativos ao movimento das pálpebras: Average Eye Closure/Open Speed (AECS) e Percentage of Eye Closure (PERCLOS) (FABIAN; YANG, 2010). Experimentos realizados por JI e YANG (2001) demonstram uma média desses indicadores, onde valores de PERCLOS abaixo de 30% é considerado estado de atenção máxima e acima de 40% um alto grau de sonolência ou fadiga (JI; YANG, 2002). Já AECS no intervalo entre 150.000 ms e 200.000 ms demonstra o crescimento da fadiga, sendo no valor superior e acima dado como sonolência e abaixo como atenção máxima (JI; YANG, 2002). Nosso projeto visou relacionar esses dois indicadores através da captura e mensuração de piscadas.

Durante a execução de tarefas no experimento com efeito Stroop (interferência no tempo de reação para uma dada tarefa) por Oh et al. (2012) houve uma média de piscadas de 30,7 ps/min (piscadas por minuto) com uma faixa de erro de 13,0 ps/min para mais ou menos e, no estado de repouso, 20,7 ps/min, com uma faixa de erro de 11,2 ps/min. Foi admitido que o estado de olhar fixo é manter-se em um ponto fixo por 2 minutos; nesse estado, o indivíduo, apesar de direcionado para a tela, não possui nenhuma atenção de fato.

A frequência de piscada (ERB) no pior caso é em torno de 7,6 ps/min. Porém, para um ganho de performance e otimização de recursos, o projeto adotará a frequência sugerida por Han et al. (2012) de 13,5 ps/min. Com esse resultado, pode-se inferir uma

piscada a cada 4,44 s. Considerando uma margem de erro referente a uma piscada, o intervalo passa para 8,88 s, utilizando-se, portanto, de uma aproximação de 10s para um intervalo onde deve haver uma piscada. Para captura do AECS em um máximo de 50.000 ms, precisamos de 8 fps, daremos uma margem de 50% para garantir uma frequência mínima de quadros em 12 fps.

A implementação padrão e instrumentação foram realizadas em um Macbook Air, com processador Intel i5, 4GB de memória RAM, utilizando a câmera integrada Facetime 480p, para obtenção das imagens analisadas. A instrumentação da biblioteca foi feita usando o modulo *Instrumentation* do Xcode.

A linguagem de programação de implementação é o C++, com as bibliotecas do OpenCV 2.4.9; para realizar a pré-compilação a ferramenta CMake foi escolhida, esta permite através de um script personalizado, gerar projetos que são compilados para os formatos .dylib, .so, .dll e assim consumidos nas seguintes plataformas: MACOS, Android e Windows. Para o ambiente Android foi usado a tecnologia JNI (Java Native Interface) para conectar os arquivos fontes em C++ a aplicação que os consomem. Durante a instrumentação foram gravados vídeos a fim de manter a coesão entre todos os testes, porém a biblioteca também possui uma implementação em tempo real para dispositivos de maior poder de processamento, mas em dispositivos móveis medianos (dual core e 1 gb de RAM) esse comportamento sofre atraso de processamento. Isso diminui a taxa de quadros por segundos para abaixo do limite de 12 fps, definido anteriormente. Nessa situação não se deve usar tempo real, mas um conjunto de quadros previamente armazenados, o que garante que todos sejam avaliados.

Para uma avaliação coesa, o projeto foi instrumentado com os seguintes objetivos: uso de memória e processamento. Esses são dados generalistas que podem ser expandidos independente de plataforma ou hardware utilizado, já que a memória é calculada através da quantidade utilizada e o processamento por quantidade de acessos ao processador, assim a frequência de acesso ao *clock* e quantidades de núcleos influenciam na performance.

Uma especificação essencial do projeto é a necessidade de execução em um dispositivo móvel com configurações moderadas. Logo, o desempenho pode ser um gargalo para viabilidade, pois a manutenção de uma taxa relativamente alta de quadros é necessária segundo estudos já descritos. Visando isso, os algoritmos foram escolhidos levando em consideração o custo de processamento e memória em detrimento à taxa de acerto. Baseando-se nisso, o classificador usado no algoritmo de Viola-Jones foi o "lpcascade_frontalface.xml", que possui cerca de 20% menos de acerto que o "haarcascade_frotalface.xml". Porém, como o dispositivo fica próximo ao rosto e é utilizado por apenas um usuário por vez, a taxa de erro é desprezível e esses quadros são ignorados pelo algoritmo.

3.1 Uso de memória

Segundo a análise de alocação de memória agrupado por hierarquia de execução, pudemos observar dois trechos de maior uso de recursos de memória, cerca de 75% do

uso total da aplicação. Esses trechos são internos da biblioteca do OpenCV, utilizados nos algoritmos de conversão de canais de cores da imagem (*cvtColor*) e na identificação de faces (*CascadeClassifier::detectMultiScale*). A aplicação mantém uso constante de memória, não identificando vazamento de alocação. É observado um aumento de recursos para a consolidação de dados coletados durante a execução. Ao término do vídeo, o total de memória consumida foi de 62,95 MB, dentre os quais 47,61 MB são referentes ao consumo citado acima, 8,17 MB (12,9%) para armazenagem temporária do vídeo e 7,07MB (11,1%) para leitura do vídeo utilizado pela aplicação de referência, resultando em cerca de 100 KB para os outros algoritmos usados dentro da biblioteca.

3.2 Uso da CPU

O uso de CPU foi calculado por um contador de ciclos do processador, sendo esses divididos entre cada núcleo nas seguintes proporções, 35%, 26,9%, 24,1%, 13,8%. Durante a execução, pode haver diminuição de processamento, pois existem rotinas na biblioteca que evitam cálculos desnecessários. Por exemplo, ao detectar que os olhos estão fechados, não existe necessidade de realizar o rastreamento das pupilas. Com isso, observa-se eventuais quedas no uso do processador. É observado um consumo mais intenso no início da execução para inicializar estruturas básicas para os algoritmos.

3.3 Taxa de acerto

O processo mais crítico para a taxa de acerto da biblioteca foi referente à identificação de piscada, pois esse evento define os parâmetros AECS e PERCLOS, usados para o cálculo do resultado da atenção. Com isso, para demonstrar a taxa de acerto da biblioteca, foram criados testes unitários que receberam como entrada a quantidade de piscadas previamente observadas no vídeo analisado. Após a análise de todos os quadros do vídeo, o teste unitário comparou a quantidade de piscadas com o parâmetro recebido. Mesmo com as quantidades de piscadas calculadas, ainda foi necessária uma avaliação manual de cada vídeo durante a detecção, mostrando o exato momento do vídeo em que houve uma detecção de piscada, pois deve ser avaliado a ocorrência de falsos positivos (detecção falsa) durante o teste. A partir daí, foram gravados 5 vídeos para realizar tais testes; cada um teve os seguintes resultados:

	Piscadas reais	Piscadas detectadas	Falso positivos
Vídeo 1	6	4	0
Vídeo 2	8	7	2
Vídeo 3	7	5	1
Vídeo 4	3	3	0
Vídeo 5	10	7	3

De acordo com os testes realizados, é calculado uma média de 78,8% de acerto e 22,95% de falsos positivos.

4 | CONCLUSÃO

Utilizando tal solução em dispositivos móveis, é possível analisar o estado de sonolência em motoristas que dirigem por longos percursos, cabendo à aplicação que a utiliza gerar uma ação que previna acidentes a partir dessa informação, sendo possível notificar o motorista ou responsável. Toda a solução não necessita de componentes específicos, como câmera estéril, infravermelho ou de alta performance – que aumentariam o custo –, mas apenas um celular comum fixado em direção ao motorista durante seu trajeto. Portanto, o impacto social desse estudo seria tornar a referida tecnologia acessível para muitos motoristas que ainda não possuem esse tipo de detector.

Assim, este trabalho apresentou uma técnica eficiente para a detecção de atenção de usuários a partir da captura de imagens por uma câmera. O projeto possui baixas exigências de hardware, permitindo sua aplicação em dispositivos móveis que possuem poder computacional relativamente baixo. Futuros testes devem envolver dispositivos móveis reais para garantir as funcionalidades demonstradas e realizar novos testes relativos à taxa de acerto, usando vídeos gravados por esses dispositivos. Além disso, a quantidade de testes deverá ser aumentada para garantir uma maior precisão sobre a taxa de acerto.

Estudos futuros podem testar algoritmos para outros fatores relevantes na identificação de atenção. Entre eles, pode-se citar o reconhecimento de expressões faciais, como o *Active Appearance Model* (AMM), para inferir nível de fadiga ou movimentos da cabeça para considerar momentos de distração ou fuga do foco. A pesquisa pode ser ainda estendida para análise do ambiente inserido, visando observar e aprender ocasiões externas onde a atenção foi diminuída, como sons e imagens invasivas.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Hanna Karen M. et al . Privação de sono e exercício físico. Rev Bras Med Esporte, Niterói, v. 14, n. 1, p. 51-56, Feb. 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922008000100010&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 16 de outubro de 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922008000100010>.
- FABIAN, F.; YANG, B., Camera- based Drowsiness Reference for Driver State Classification under Real Driving Conditions, 2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Junho, 22, 2010.
- TIMM, F.; BARTH, E., Accurate eye center localization by means of gradients, Institute for Neuro- and Bioinformatics, University of Lubeck, Ratzeburger Allee 160, D-23538 L "ubeck, Germany " Pattern Recognition Company GmbH, Innovations Campus Lubeck, Maria-Goeppert-Strasse 1, D-23562 L
- Ji, Q.; YANG X.; Real Time Visual Cues Extraction for Monitoring Driver Vigilance, Department of

Electrical, Computer, and System Engineering Rensselaer Polytechnic Institute, New York, 2001.

Ji, Q.; YANG X.; Real-Time eye, gaze, and face pose tracking for monitoring driver vigilance, Elsevier Science, Department of Computer Science, University of Nevada, New York, 2002.

LEE, J.; ZEIGH, D.; The neurology of eye movements. Philadelphia: F.A. Davies, 1991.

OH, J.; HAN, M.; PETERSON, BS.; Spontaneous Eyeblinks Are Correlated with Responses during the Stroop Task, PLoS ONE 7(4): e34871. doi:10.1371/journal.pone.003487, Abril, 2012.

ROSEN, Ilene. Driving While Sleepy Should Be A Criminal Offense. Journal of Clinical Sleep Medicine, Philadelphia, v. 1, n. 4, 2005. Disponível em http://www.cadastro.abneuro.org/site/conteudo.asp?id_secao=78&id_conteudo=85&ds_secao=%C3%83%C5%A1ltimos%20Artigos&ds_grupo=Departamento%20de%20Sono Acessado em 15 de outubro de 2016.

VIOLA, P.; JONES, M.; Rapid object detection using a boosted cascade of simple features, Conference on computer vision and pattern recognition, 2001.

YAN, Z.; HU, L.; CHEN, H.; Computer vision syndrome: A widely spreading but largely unknown epidemic among computer users. Comput. Hum. Behav. 24, 2026{2042, Setembro, 2008.

APLICANDO O DESIGN THINKING NOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES

Data de aceite: 04/01/2021

Jonnathan Alves Teixeira

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Triângulo Mineiro
Ituiutaba – MG

Fellipe Henrique Alves de Paula

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Triângulo Mineiro
Ituiutaba – MG

Reane Franco Goulart

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Triângulo Mineiro
Ituiutaba – MG

RESUMO: Os sistemas de informações são indispensáveis para a tomada de decisão gerencial das organizações oportunizando o fortalecimento do plano de ação e atuação da empresa, a geração de informações rápidas, precisas e eficazes. Eles possibilitam uma gestão estratégica da organização interagindo com os diversos segmentos organizacionais e ainda auxilia no processo de tomada de decisão dos gestores bem como para o alcance de objetivos e metas da organização. Com base no Design Thinking, a aplicação dos conjuntos de processos e métodos, nas academias é bastante aplicável, pois proporciona soluções e colaborar com a abordagem de problemas relacionados a aquisições de informações futuras. A aplicação do Design Thinking é basicamente imergir os entendimentos sobre o projeto, redefinir as ideias

e soluções e prototipar o sistema. No caso, do sistema da academia é essencial para rever os processos necessários que a academia fornece para assim convergir para solução mais viável e que mais atende a necessidade do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia de Software, Inovação das ideias, Design Thinking.

APPLYING DESIGN THINKING TO INFORMATION SYSTEMS

ABSTRACT: Information systems are indispensable for the management decision making of organizations, enabling the strengthening of the company's action plan and performance, the generation of fast, accurate and effective information. They enable strategic management of the organization by interacting with the various organizational segments and also assist in the decision-making process of managers as well as to achieve the organization's objectives and goals. Based on Design Thinking, the application of the sets of processes and methods in the academies is quite applicable, as it provides solutions and collaborates with the approach of problems related to the acquisition of future information. The application of Design Thinking is basically to immerse understandings about the project, redefine ideas and solutions and prototype the system. In this case, the academy's system is essential to review the necessary processes that the academy provides in order to converge to a more viable solution that best meets the system's needs.

KEYWORDS: Software Engineering, Innovation of ideas, Design Thinking.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, as empresas necessitam tomar suas decisões de forma rápida, para isso é importante que tenham um Sistema de Informação Gerencial (SIG). Ele tem a finalidade de armazenar as informações usando a tecnologia como benefício para a empresa. (JUNIOR, 2012)

Um sistema na área da computação antes de ser construído, geralmente usam-se os conceitos de engenharia de software, pois ela tem técnicas para elicitar os requisitos, ferramentas para desenvolver os protótipos e modelar o sistema para ser programado pela equipe de desenvolvimento. Assim o sistema fica mais próximo da visão da pessoa interessada, ou seja, o cliente.

Neste trabalho foi aplicando a metodologia Design Thinking. Segundo MELO; ABELHEIRA (2015), o Design Thinking é uma metodologia que aplicar ferramentas do design para solucionar problemas complexos. Propõe o equilíbrio entre o raciocínio associativo, que alavanca a inovação, e o pensamento analítico, que reduz os riscos. Posiciona as pessoas no centro do processo, do início ao fim, compreendendo a fundo suas necessidades. Requer uma liderança ímpar, com habilidade para criar soluções a partir da troca de ideias entre perfis totalmente distintos. (MELO; ABELHEIRA, 2015)

Essa metodologia propõe uma inovação nas ideias, diferente das empresas atuais que não estão habituadas a abordar novas ideias, pois acabam restringindo-as aos modelos de negócios já existentes pelo fato de que os modelos de negócios tradicionais são incrementais, previsíveis e fáceis de serem copiados, ao contrário de novas ideias que geram a incerteza. (MARTINS et al, 2015)

Foi criado um estudo de caso para implementar esta metodologia, dessa forma proporcionou ajudar uma empresa da cidade no ramo de atividades físicas. Infelizmente, muitas empresas não possuem um sistema de gerenciamento de suas atividades, inclusive as academias de ginásticas. A falta de um gerenciamento pode acarretar em alguns problemas, dentre eles: cadastro dos alunos incompletos, erros no controle de pagamento das mensalidades, falta de controlar os exercícios que o aluno deve realizar. Estes permitem que os clientes ou alunos ficam em partes insatisfeitos, e passam a procurar por academias mais modernas com ambiente em que se sinta mais satisfeito e com a infraestrutura melhor. (MOURA, 2012)

Este artigo está dividido em seções para exibir o tema proposto: na seção 02 trata-se do Objetivo; na seção 03 a Metodologia, utilizada para expor como aplica o Design Thinking e o desenvolvimento do sistema; na seção 04 os Resultados obtidos, enquanto que na seção 05 a Conclusão e por fim as Referências.

2 | OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi unificar os conceitos de engenharia de software, a metodologia Design Thinking para desenvolver um sistema que atenda às necessidades do cliente.

Aplicar a metodologia do Design Thinking tem a finalidade de inovar de forma desenfreada, perante uma concorrência cada vez mais acirrada. Essa metodologia pode ser aplicada em qualquer área de negócio. Com a era da informação e o surgimento das mídias sociais, o poder migrou das mãos das empresas para as mãos do consumidor. Nada melhor do que conhecer suas necessidades e atendê-la da melhor forma possível.

3 | METODOLOGIA

Nas aulas engenharia de software aprende-se que o sistema deve ser construído conforme os requisitos, ou seja, as necessidades do cliente. Para compreender estes requisitos geralmente, são aplicadas algumas técnicas de levantamento de requisitos. Vejam algumas delas: entrevistas, questionários, análise etnográficas, workshop, prototipagem, brainstorming, dentre outras.

De posse dos requisitos do cliente, modelam o sistema juntamente com a linguagem de programação. A metodologia Design Thinking veio para agregar no contexto da engenharia de software, pois propõe novas formas de modelar ideias. Ela possui três pilares de sustentação: empatia, colaboração e experimentação. Segundo MELO e ABELHEIRA, estes pilares tem o seguinte conceito.

A empatia é a capacidade de se colocar no lugar de outra pessoa, quando se produz uma resposta afetiva apropriada à situação de outra pessoa, e não à própria situação.

A colaboração é um forte pilar do Design Thinking e vem do conceito de inteligência coletiva, ou seja, “duas cabeças pensam melhor do que uma”. As interações podem ser entre mais pessoas, quanto mais profissionais multidisciplinares na aplicação do Design Thinking, a perspectiva enriquece e aprofunda a criação e discussão. Na colaboração se equilibra o falar e o ouvir, pois é uma construção. O olhar de um é somado ao de outro para criar uma terceira alternativa.

Já a experimentação tem como objetivo reduzir riscos, ou seja, experimentar para verificar se o público adere ou não a um determinado produto ou serviço é imprescindível.

Após a compreensão da ideia do que seria o sistema, foram utilizadas as ferramentas PHP, HTML, MySQL e Workbench para o desenvolvimento.

4 | RESULTADOS

Grandes empresas estão aplicando a metodologia Design Thinking, como por exemplo, IBM, pois deseja sempre gerar novas ideias e atender melhor às necessidades

das pessoas. Existem vários benefícios para usá-la no desenvolvimento de sistemas são eles: Definir o problema do cliente pensando junto com ele algumas soluções ou estimular situações existentes para propor alguma solução; Empatia é observar o cliente e seus funcionários que irão utilizar o sistema, não é momento de palpitar, deve anotar as informações que lhe é passada, apenas pergunta e analisa as reações; Visualizar as ideias de cada pessoa e depois reuni-las para selecionar o que será melhor para o sistema ou empresa; Prototipar o sistema para mostrar as funcionalidades que ele executará; para finalizar Testes e Melhorias da ideia proposta.

Com a aplicação da metodologia através de entrevistas com os proprietários e funcionários, obteve algumas funcionalidades importantes para eles, registros de cadastros, pagamentos das mensalidades, venda de produtos e treino dos atletas. Essas são as necessidades que eles desejam no sistema e dessa forma os proprietários terão acesso aos dados que gera o empreendimento.

O sistema desenvolvido tem uma aparência simples e prática. Os proprietários desde o início solicitaram que fosse simples para os funcionários usarem e também funcionasse através da web.

Para a criação usou as ferramentas PHP, HTML, MySQL e Workbench. Foi dividido em 5 etapas: levantamento de requisitos, protótipos das telas, desenvolvimento em programação e testes. De início foi levantado os requisitos do sistema, com base em algumas academias da cidade, sendo assim, as dificuldades e pontos negativos da empresa.

Os protótipos do sistema, favorecendo a condições do ambiente de trabalho e personalidades. Algumas telas do sistema podem ser vistas nas figuras a seguir, como acesso inicial no sistema, cadastro de aluno ou funcionário e controle das finanças da empresa.



Figura 1: Acesso do inicial do sistema



Sistema de Gerenciamento de Academia

Acesso

Cadastros

Alunos

Financeiro

Ficha de Treino

CADASTRO

Selecione o tipo de cadastro: Aluno Funcionario

Nome:

CPF:

Data de Nascimento:

Sexo: Masculino Feminino

Endereço:

Altura:

Peso:

Piano:

Figura 2: Cadastro de aluno ou funcionário



Sistema de Gerenciamento de Academia

Acesso

Cadastros

Alunos

Financeiro

Ficha de Treino

FINANCEIRO

Selecione a data:

Movimentação do Caixa

Situação do caixa: DATA:

Turno: Operador:

Quantidade de movimento: Saldo inicial:

--Selecione a data antes--

Saldo inicial		+116,33
Retrada de quantia		-50,00
Mensalidade do aluno: 54551 - Jonnathan Alves da Silva Teixeira		+135,00

Figura 3: Controle do financeiro da empresa

O desenvolvimento foi realizado em HTML e PHP com base nas telas, os registros, cadastros, design e a conexão da programação das páginas com o banco de dados. Por fim os testes automatizados do sistema para verificar a autenticidade do sistema, usando a linguagem Selenium-IDE.

O sistema de informação na empresa tem como propósito, auxiliar no registro das informações e seus controles. Construir um sistema computacional para uma empresa e que atenda seus interesses é importante que aplique os conceitos da engenharia de

software e como forma de melhorar essa compreensão usou a metodologia do Design Thinking para compreender o que precisa ter no sistema para agradar o cliente e sua empresa.

5 | CONCLUSÃO

Infelizmente, existem pequenas empresas que não são automatizadas. A área de informática pode ajudar essas microempresas através da implantação de sistema que organiza suas atividades diárias. Muitas vezes elas realizam, seu controle financeiro através da ferramenta do Excel, os cadastros e os treinos são feitos em fichas.

Em se tratando de academia de ginástica, no dia do treino o aluno pega a ficha para saber quais os exercícios farão naquele dia. O trabalho em questão teve a finalidade de auxiliar uma academia de ginástica e musculação da cidade. O sistema ajudará o proprietário no controle financeiro, nas entradas e saída dos atletas, além do cadastro da empresa, dos funcionários, dos atletas ou alunos e das modalidades que a academia oferece e para complementar a ficha de treino de cada atleta. Aplicar o que aprendeu no curso superior e ajudar as empresas é sempre uma maneira de colaborar, com o conhecimento obtido.

REFERÊNCIAS

JUNIOR, A (2012). **A importância do sistema de informação gerencial para as empresas.**

Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/marketing/a-importancia-do-sistema-de-informacao-gerencial-para-as-empresas/66425/>>. Acesso em 13 maio 2018.

JULIANI, J. P.; CAVAGLIERI M.; MACHADO, R. B (2015). **Design thinking como ferramenta para geração de inovação: um estudo de caso da Biblioteca Universitária da UDESC.** Disponível em:

<<https://www.revistas.usp.br/incid/article/download/100887/103945>>. Acesso em 12 maio 2018.

MARTINS, A. R. Q.; SIGNORI, G. G.; CAPELLARI, M.R. S.; SOTILLE, S. S.; KALIL, F (2015). **Uso de Design Thinking como Experiência de Prototipação de Ideias no Ensino Superior.** Disponível em:

<<https://www.revistafuture.org/FSRJ/article/download/227/342>>. Acesso em 12 maio 2018.

MELO, A.; ABELHEIRA, R (2015) **Design Thinking & Thinking Design: Metodologia, ferramentas e reflexões sobre o tema.** Editora Novatec, São Paulo.

MOURA, J (2012). **Por que você não deve utilizar um software gratuito para academia?** Disponível em: <<http://pactosolucoes.com.br/blog/vantagens-sistema-de-gestao-fitness-para-academia/>>. Acesso em 20 maio 2018.

SOBRE O ORGANIZADOR

FRANCISCO ODÉCIO SALES - Bacharel em Matemática pela Universidade Federal do Ceará (2008) onde foi monitor de Cálculo Diferencial e Integral (2005) e bolsista de Iniciação Científica (PIBIC) financiado pelo CNPq (2005-2008) desenvolvendo pesquisa na área de Geometria Diferencial, com ênfase em Superfícies Mínimas e Equações Diferenciais Aplicadas. Licenciado Pleno em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2009). Especialista em Ensino de Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2015). Mestre em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2019). Especialista em Docência na Educação Profissional, Científica e tecnológica pelo Instituto Federal do Ceará (2020). Foi professor da rede pública estadual do Ceará entre 2009 e 2019, atuando no magistério do ensino fundamental e médio. Atuou entre 2013 e 2016 como Assessor Pedagógico na Secretaria de Educação do Ceará (SEDUC/CE) onde coordenou projetos relacionados a educação Financeira, Educação Fiscal, Educação Científica e Formação de Professores. Representou o Ceará nas reuniões iniciais para implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) na área de Matemática. Professor tutor da Universidade Aberta do Brasil (UAB/IFCE) desde de 2010 atuando na Licenciatura Plena em Matemática. Atualmente é Professor de Educação Básica, técnica e tecnológica (EBTT) do Instituto Federal do Ceará (IFCE) atuando nas licenciaturas em Matemática e Física. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Geometria Diferencial. Coordena o Polo Olímpico de Treinamento Intensivo (POTI) de Crateús e o Projeto de Intervenção em Matemática (PIM). Atua nas seguintes frentes de pesquisa: Superfícies Mínimas, Geometria não euclidiana, Olimpíadas de Matemática e Equações Diferenciais Aplicadas. É membro do Laboratório de Ensino de Ciências Naturais, Matemática e Música (IFCE Campus Crateús), do Grupo de Pesquisa em Matemática e Educação Matemática do IFCE e Professor Coordenador do Grupo de Pesquisa e Estudos em Ensino de Matemática do Ceará - GEPEMAC (em reconhecimento pelo CNPq). Orientador de Graduação e pós graduação (Monografia e TCC). Membro do corpo editorial das editoras Atena, DINCE e InVivo e da Revista Clube dos Matemáticos. Autor de livros na área de Matemática e Educação.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidente de Trabalho 208, 209, 210, 211, 212, 213, 217, 218, 219, 220, 223, 224
AIB 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43
Artemia Salina 77, 78
Ataque Químico 143

B

Bagaço de Malte 47, 48, 49, 50, 51
Biblioteca Cross Plataform 228
Bioadssorvente 86
Biocontrole 78
Bots 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 127, 128, 129, 130

C

Cariofileno 78
Centros de Cor 52
Coulomboscópio 64, 65, 66, 68, 72
Criminalidade 26, 27, 34

D

Datação Isotópica via U-Pb 143
Densidade de Traços de Fissão 143
Dependência Espacial 26, 29, 30
Design Thinking 235, 236, 237, 240
Detecção de Atenção em Dispositivos Móveis 228
Detector de Contas Bots 111, 112
Dolomita 187, 188, 189
Dosagem de Íons 178

E

Electrospinning 52, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 62, 63
Eletrostática 64
Engenharia de Software 235, 236, 237, 239
Espectros 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 107, 170, 171
Espectroscópio Caseiro 15, 16, 20, 21

Estaquia 36, 45, 46

Estatística Espacial 26, 27

Experimento de Baixo Custo 64

F

Fíler Calcário 187, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 196, 197

FRXDE 178

Fungo Pós-Colheita 78

G

Gestão Municipal 1, 10

H

Hidratação 187, 189, 192, 194, 195, 196

I

Inovação das Ideias 235

M

Metal Pesado 86, 95

Método de Traços de Fissão 143, 154

Mineral Zircão 143

Mitigação 1, 5, 9, 187

Mogno Brasileiro 36

O

OFDM 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207

P

Perovskita 100, 101, 102, 104, 107, 109, 110

Poluentes Orgânicos 167

Propagação Vegetativa 36, 37, 45, 46

Propriedades Ópticas 52, 61, 62

R

Reação de Fenton Heterogêneo 167

Reaproveitamento 47, 49, 50, 98

Recursos Hídricos 167, 176

Redes Sociais 111, 112, 113, 129

Resíduos Agroindustriais 47, 48, 96, 98

Reuso 9, 86, 88, 96, 128

S

Sangue Total 178

Série Triboelétrica 64, 65, 70, 71, 72

Sincronismo 200, 201, 206

Sistema CIELa*b* 52

Solução Computacional 208

STO 141, 200, 201, 203, 206, 207

T

Teste Clínico 178

Transposición Didáctica 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 141, 142

W

Weeping Angel 228

Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 