CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE

FELIPE ANTONIO MACHADO FAGUNDES GONÇALVES
(ORGANIZADOR)

Atena Editora
Ano 2020

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE

FELIPE ANTONIO MACHADO FAGUNDES GONÇALVES
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2020

2020 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2020 Os autores
Copyright da Edição © 2020 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
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
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
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. 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Atena Editora
Ano 2020

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
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. Ma. Claúdia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade [recurso eletrônico] / Organizador Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-86002-63-8
DOI 10.22533/at.ed.638202403

1. Ciências agrárias. 2. Ciências exatas. 3. Tecnologia. I.Gonçalves, Felipe Antonio Machado Fagundes.

CDD 500

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2020

APRESENTAÇÃO

Atualmente, notamos grande necessidade do desenvolvimento das ciências, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade. Sabe-se também que as ciências tecnológicas, exatas e da terra cumprem um papel importantíssimo na construção de saberes ligados a humanidade. Tais saberes só se tornam possíveis por meio de autores responsáveis por desenvolver pesquisas científicas nas mais diversas áreas do conhecimento.

Permeados de tecnologia este e-book contempla estudos na área da ciência tecnológicas, exatas e da terra, mostrando a aplicabilidade destas ciências em variados temas cotidianos. Temas ligados a Medicina, saúde, agricultura e ensino, são abordados nos capítulos desta obra, entre outros temas relacionados à produção científico-metodológica nas ciências.

Para o leitor, esta obra intitulada “Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade” tem muito a contribuir com estas áreas, já que cada capítulo aponta para o desenvolvimento, e aprimoramento de pesquisas científicas envolvendo temas diversos, mostrando-se não somente uma base teórica, mas também a aplicação prática de vários estudos.

Boa leitura!

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 ..... **1**

INFLUÊNCIA DO OXALATO NA DETERMINAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA DE CHUMBO COM VERMELHO DE BROMOPIROGALOL PARA ANÁLISE DE RESÍDUOS DE ARMAS DE FOGO

Fernanda Bomfim Madeira
André Vinícius dos Santos Canuto
Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha
José Geraldo Rocha Junior

DOI 10.22533/at.ed.6382024031

CAPÍTULO 2 ..... **11**

SISTEMA EMBARCADO PARA CONTROLE DO CONSUMO DE ENERGIA USANDO UMA ABORDAGEM BASEADA NA VISÃO COMPUTACIONAL E RNA

Leonardo Nunes Gonçalves
Joiner dos Santos Sá
Carlos Augusto dos Santos Machado
Alexandre Reis Fernandes
Fabricio de Souza Farias

DOI 10.22533/at.ed.6382024032

CAPÍTULO 3 ..... **24**

MODELAGEM DA DIFERENCIAÇÃO DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO CRUZADA SEM TENDÊNCIA: UMA APLICAÇÃO NA SÉRIE TEMPORAL DE VEÍCULOS FURTADOS E VEÍCULOS ROUBADOS EM SALVADOR-BA

Aloísio Machado da Silva Filho
Gilney Figueira Zebende
Everaldo Freitas Guedes
Elvira Catiana de Oliveira Santos
Andréa de Almeida Brito
Arleys Pereira Nunes de Castro
Florêncio Mendes Oliveira Filho

DOI 10.22533/at.ed.6382024033

CAPÍTULO 4 ..... **37**

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA VARIABILIDADE: UMA EXPERIÊNCIA VIVENCIADA NA DOCÊNCIA DE MATEMÁTICA NO 3º ANO DE UM COLÉGIO PÚBLICO

Gilson De Almeida Dantas
Luiz Márcio Santos Farias
Aloísio Machado Da Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.6382024034

CAPÍTULO 5 ..... **56**

A MODELAGEM MATEMÁTICA EM UMA PERSPECTIVA CRÍTICA: REFLEXÕES SOB O OLHAR DOS PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Ana Paula Rohrbek Chiarello
Bruna Larissa Cecco
Nadia Cristina Picinini Pelinson

DOI 10.22533/at.ed.6382024035

CAPÍTULO 6 70

USO DOS RECURSOS TECNOLOGICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO DE 6º ANO DA ESCOLA PROFESSORA MARIA FIDERALINA DOS SANTOS LOPES NO MUNICIPIO DE TOMÉ-AÇU/PA

Anne Louise Fernandes de Medeiros
Eliel Viana Rodrigues
Poliana Silva Costa
Renato Araújo da Costa
Maria Bernadete Marques Silva
Rita do Carmo Marinho
André Pires Costa
Cleidiane Cardoso Assunção
Oselita Figueiredo Corrêa
José Francisco da Silva Costa

DOI 10.22533/at.ed.6382024037

CAPÍTULO 7 90

COMO ELEVAR UM NÚMERO A UMA POTÊNCIA COM CELERIDADE

Gilberto Emanoel dos Reis Vogado
Gustavo Nogueira Dias
Pedro Roberto Sousa e Silva
Eldilene da Silva Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.6382024038

CAPÍTULO 8 101

CÁLCULO DE DERIVADA DE FUNÇÕES A UMA VARÍAVEL COM UTILIZAÇÃO DOS NÚMEROS COMPLEXOS

Maurício Emanuel Ferreira Costa
Luane Gonçalves Martins, Lates
Aubedir Seixa Costa
Reginaldo Barros
Sebastião Martins Siqueira Cordeiro
Antonio Maia de Jesus Chaves Neto
Genivaldo Passos Correa
José Francisco da Silva Costa

DOI 10.22533/at.ed.6382024039

CAPÍTULO 9 120

ANÁLISE ESTATÍSTICA DO MONITORAMENTO SISMOGRÁFICO DE CAVIDADES FERRÍFERAS. MINAS DE N4 E N5, CARAJÁS, BRASIL

Adimir Fernando Rezende
Rafael Guimarães de Paula
Marcelo Roberto Barbosa
Leandro Alves Caldeira Luzzi
Iuri Viana Brandi

DOI 10.22533/at.ed.63820240310

CAPÍTULO 10 135

AVALIAÇÃO DO RESSECAMENTO DA CAMADA DE COBERTURA UTILIZANDO SOLO COM ADIÇÃO DE FIBRAS PET POR MEIO DE ANÁLISE DE IMAGENS

Conceição de Maria Cardoso Costa
Tomás Joviano Leite da Silva

Jaqueline Ribeiro dos Santos
Luís Fernando Martins Ribeiro
Claúdia Márcia Coutinho Gurjão

DOI 10.22533/at.ed.63820240311

CAPÍTULO 11 150

O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL

Gustavo Nogueira Dias
Pedro Roberto Sousa e Silva
Washington Luiz Pedrosa da Silva Junior
José Edimilson de Lima Fialho
Victor Hugo Chacon Britto

DOI 10.22533/at.ed.63820240312

CAPÍTULO 12 160

POTENCIALIDADE BACTERICIDA DO AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO 17-4 PH

Rogério Erbereli
Italo Leite de Camargo
João Fiore Parreira Lovo
Carlos Alberto Fortulan
João Manuel Domingos de Almeida Rollo

DOI 10.22533/at.ed.63820240313

CAPÍTULO 13 171

TENDÊNCIA TEMPORAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VIOLÊNCIA CONTRA CRIANÇAS E ADOLESCENTES NA ZONA URBANA DE FEIRA DE SANTANA-BA 1998-2009

Raiane de Almeida Oliveira
Edna Maria de Araújo
Roger Torlay Pires
Aloisio Machado da Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.63820240314

CAPÍTULO 14 194

EMULSÕES DE QUITOSANA/GELATINA COM ÓLEOS DE ANDIROBA E DE PRACAXI: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA SOBRE *Staphylococcus aureus*

Murilo Álison Vigilato Rodrigues
Crisiane Aparecida Marangon
Pedro Marcondes Freitas Leite
Virginia da Conceição Amaro Martins
Marcia Nitschke
Ana Maria de Guzzi Plepis

DOI 10.22533/at.ed.63820240315

CAPÍTULO 15 204

ANÁLISE DO POTENCIAL DOS ARENITOS DA FORMAÇÃO FURNAS PARA USO COMO AREIA INDUSTRIAL

Ricardo Maahs
Ericks Henrique Testa

DOI 10.22533/at.ed.63820240316

CAPÍTULO 16 ..... **213**

ESTUDO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE BARES E CASAS NOTURNAS DE FREDERICO WESTPHALEN - RS

Bianca Johann Nery
Carine Andrioli
Marcelle Martins
Eduardo Antônio de Azevedo
Willian Fernando de Borba
Bruno Acosta Flores

DOI 10.22533/at.ed.63820240317

CAPÍTULO 17 ..... **219**

CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DO AUDITÓRIO DO CEAMAZON DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Thiago Morhy Cavalcante
Yves Alexandrinho Bandeira
Thiago Henrique Gomes Lobato
Wellington José Figueirêdo de Lima

DOI 10.22533/at.ed.63820240318

CAPÍTULO 18 ..... **235**

APLICAÇÕES ANTIFÚNGICA E ANTIBACTERIANA IN VITRO DE ÓLEOS ESSENCIAS DE CITRUS SPP.: UMA BREVE REVISÃO

Mayker Lazaro Dantas Miranda
Cassia Cristina Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.63820240319

CAPÍTULO 19 ..... **242**

A ORIGEM DA ENERGIA DO SOL

Marcelo Antonio Amorim
Denes Alves de Farias
Edite Maria dos Anjos

DOI 10.22533/at.ed.63820240320

CAPÍTULO 20 ..... **251**

POLÍMEROS HIPERRAMIFICADOS COMO CARREADORES DE FÁRMACOS: UMA VISÃO SOBRE SÍNTESE, PROPOSTAS DE MECANISMOS, CARACTERIZAÇÃO E APLICABILIDADES

Diego Botelho Campelo Leite
Edmilson Miranda de Moura
Carla Verônica Rodarte de Moura

DOI 10.22533/at.ed.63820240321

CAPÍTULO 21 ..... **265**

PREY-PREDATOR MODELING OF CO2 ATMOSPHERIC CONCENTRATION

Luis Augusto Trevisan
Fabiano Meira de Moura Luz

DOI 10.22533/at.ed.63820240322

CAPÍTULO 22 ..... **276**

EXPERIMENTOS PARA A FEIRA DE CIÊNCIAS MEDIADOS PELO DIAGRAMA V

Lucas Antônio Xavier
Breno Rodrigues Segatto

DOI 10.22533/at.ed.63820240323

CAPÍTULO 23 ..... **289**

O USO DA COMPUTAÇÃO COGNITIVA NO COMBATE AO CÂNCER

Fábio Arruda Lopes

DOI 10.22533/at.ed.63820240324

CAPÍTULO 24 ..... **296**

FERMENTAÇÃO SEMI - SÓLIDA PARA PRODUÇÃO DE LIPASE POR *Geotrichum candidum* UTILIZANDO TORTA DE MILHO

Janaína dos Santos Ferreira
Elizama Aguiar-Oliveira
Sílvio Aparecido Melquides
Mariana Fronja Carosia
Eliana Setsuko Kamimura
Rafael Resende Maldonado

DOI 10.22533/at.ed.63820240325

CAPÍTULO 25 ..... **308**

ANÁLISE SOBRE AS CARACTERÍSTICAS E O DESEMPENHO DO MREC

Matheus Amaral da Silva
Kevin Levrone Rodrigues Machado Silva

DOI 10.22533/at.ed.63820240326

CAPÍTULO 26 ..... **319**

AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE MINERAIS EM AMOSTRAS DE FARINHAS SEM GLÚTEN

Júlia de Oliveira Martins
Rudinei Moraes Junior
Anagilda Bacarin Gobo
Alessandro Hermann

DOI 10.22533/at.ed.63820240327

CAPÍTULO 27 ..... **325**

LEVANTAMENTO DO PERFIL SOCIOECONÔMICO E A VLNERABILIDADE AMBIENTAL DOS ATINGIDOS POR INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE JAGUARI - RS

Thomás Lixinski Zanin

DOI 10.22533/at.ed.63820240328

CAPÍTULO 28 ..... **346**

ESTABILIZAÇÃO DE UMA EQUAÇÃO COM OPERADOR Δ^{2p} COM TERMO NÃO LINEAR

Ricardo Eleodoro Fuentes Apolaya

DOI 10.22533/at.ed.63820240329

SOBRE O ORGANIZADOR 355

ÍNDICE REMISSIVO 356

CAPÍTULO 1

INFLUÊNCIA DO OXALATO NA DETERMINAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA DE CHUMBO COM VERMELHO DE BROMOPIROGALOL PARA ANÁLISE DE RESÍDUOS DE ARMAS DE FOGO

Data de aceite: 17/03/2020

Fernanda Bomfim Madeira
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Química
Seropédica-RJ

André Vinícius dos Santos Canuto
Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro, Divisão de Homicídios
Rio de Janeiro-RJ

Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Química
Seropédica-RJ

José Geraldo Rocha Junior
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Química
Seropédica-RJ

RESUMO: O chumbo (Pb) e o antimônio (Sb) estão entre os principais elementos investigados para a identificação de resíduos de armas de fogo (GSR). A determinação destes elementos pode ser realizada por análise espectrofotométrica com o vermelho de bromopirogalol. Para tal, é necessário o mascaramento de um destes elementos empregando um agente complexante seletivo. Neste trabalho foi investigado a influência do oxalato na determinação espectrofotométrica do chumbo com o vermelho de bromopirogalol, visando a sua utilização como agente mascarante do antimônio. O efeito do oxalato foi avaliado a partir das curvas de absorvância versus concentração de Pb (II) em misturas com e sem a adição de $Na_2C_2O_4$. As medidas de absorvância foram realizadas em λ = 630 nm, que corresponde ao comprimento de onda de máxima absorção do complexo do íon Pb (II) com o vermelho de bromopirogalol. Foi observado que no pH comumente empregado na determinação do chumbo (pH = 5,0), o oxalato inviabilizou a determinação. No entanto, em pH 8,0 o oxalato não interferiu, pois a formação do complexo passa a ser favorecida, sendo esta, portanto, uma condição recomendada para o mascaramento do antimônio e determinação do chumbo com o vermelho de bromopirogalol em amostras de GSR.

PALAVRAS-CHAVE: GSR, química forense, balística, antimônio

INFLUENCE OF OXALATE ON THE SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF LEAD WITH BROMOPYROGALLOL RED FOR GUNSHOT RESIDUE ANALYSIS

ABSTRACT: Lead (Pb) and antimony (Sb) are among the main investigated elements for gunshot residue (GSR). The determination of

these elements can be performed by spectrophotometric analysis with bromopyrogallol red. This requires masking one of these elements employing a selective complexing agent. This work investigated the influence of oxalate on the spectrophotometric determination of lead with bromopyrogallol red, aiming its use as antimony masking agent. The effect of oxalate was evaluated from the absorbance versus Pb (II) concentration curves in mixtures with and without the addition of $Na_2C_2O_4$. Absorbance measurements were taken at λ = 630 nm, which corresponds to the maximum absorption wavelength of the Pb (II) complex with bromopyrogallol red. It was observed that at pH commonly used in the determination of lead (pH = 5.0), oxalate made the determination unfeasible. However, at pH 8.0 oxalate did not interfere, as the formation of the complex is favored, which is therefore a recommended condition for antimony masking and determination of lead with bromopyrogallol red in GSR samples.
KEYWORDS: GSR, forensic chemistry, ballistics, antimony

1 I INTRODUÇÃO

Segundo o Atlas da Violência (2018), no Brasil, entre 1980 e 2016, cerca de 910 mil pessoas foram mortas com o uso de armas de fogo (AF). Os dados preliminares divulgados pelo Mapa da Violência (2016), indicaram que em 2014 o número de vítimas de homicídios por AF foi cerca de 42.300, um aumento de 2,2% em relação ao ano de 2004. Os assassinatos por armas de fogo corresponderam a 72% de todos os 56 mil homicídios registrados no país em 2014.

Na tentativa de provar que uma pessoa realizou um disparo com AF, a detecção de resíduos na mão do suspeito pode ser de grande importância (REIS *et al.*, 2004). No momento da produção de um tiro, os componentes da carga propelente e iniciadora sofrem combustão ou decomposição e a força expansiva da liberação dos gases provoca a deflagração do projétil através do cano da AF. Os resíduos de arma de fogo (GSR) são projetados para fora em forma de nuvem, atingindo e se fixando nas mãos, braços, cabelos e roupas do atirador, além de se espalharem pela cena do crime. Por meio destes resíduos, é possível estabelecer um vínculo com o disparo através de análise química das partículas encontradas (TOCHETTO, 2009).

O GSR pode ser identificado pela detecção de compostos orgânicos e inorgânicos presentes no material coletado. No que diz respeito aos inorgânicos, o GSR contém Pb, Ba, Sb, Ca, Si, Cu, Fe, K, Sr, Ni, entre outros elementos. Contudo, a presença simultânea de Pb, Ba e Sb, em resíduos coletados nos locais onde os GSR são projetados, tem sido utilizada para a caracterização de um GSR (DALBY *et al.*, 2010).

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) tem sido bastante empregada para a identificação de GSR (ROMOLO *et al.*, 2019). Esta identificação é realizada por meio da combinação da análise da morfologia e composição química das partículas

individualmente, sendo atualmente o método mais confiável e sensível para detecção de GSR, especialmente para aqueles oriundos de cartuchos contendo Pb, Ba e Sb. Contudo, é uma técnica de alto custo e querer longo tempo de análise.

A espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS), ablação a laser acoplada ao ICP-MS (LA-ICPMS), espectrometria de absorção atômica (AAS) e a análise por ativação neutrônica (NAA) estão entre as técnicas alternativas empregadas para a análise de GSR (WALLACE, 2018; D HERINGER & RANVILLE, 2018). No entanto, apesar dos baixos limites de detecção, o custo de manutenção destas técnicas é relativamente alto, dificultando a aplicação em laboratórios de química forense. Portanto, é importante o desenvolvimento de metodologias que empregam técnicas de baixo custo e acessíveis à perícia policial.

A espectroscopia de absorção no UV-VIS é amplamente utilizada em laboratórios de análises físicas, químicas, bioquímicas, farmacológicas, etc. Pode ser empregada como uma técnica qualitativa e quantitativa, tem baixo custo operacional e de aquisição, é de fácil operação, produz resultados de interpretação bastante simples com alta confiabilidade (PERKAMPUS, 2013).

O íon Pb (II) em solução aquosa é incolor. Portanto, para ser determinado por espectrofotometria, é necessário que ele reaja com alguma substância capaz de formar um produto colorido ou que ele reaja com alguma substância colorida, a fim de ser determinado a partir da quantidade consumida desta substância.

O vermelho de bromopirogalol, ácido 2-(2,7-dibromo-4,5,6-trihidroxi-3-oxo-3H-xanten-9-il) benzenossulfônico (Figura 1), é um ácido fraco orgânico que tem sido empregado como reagente metalocrômico na determinação espectrofotométrica do Pb (II), devido à formação de complexo metálico com este íon (SANTOS *et al.*, 2015; DUPHAR *et al.*, 1973). Sua coloração em solução aquosa varia de vermelho a laranja, dependendo do pH do meio e de sua concentração. Duphar e colaboradores (1973) estudaram a formação do complexo do íon Pb (II) com o vermelho de bromopirogalol e observaram que este é um complexo estável de coloração azul ($\lambda_{máx}$ = 630 nm) com estequiometria de formação 1:1 e constante de formação no valor de $1{,}91 \times 10^6$ (25 °C), em pH = 5,5.

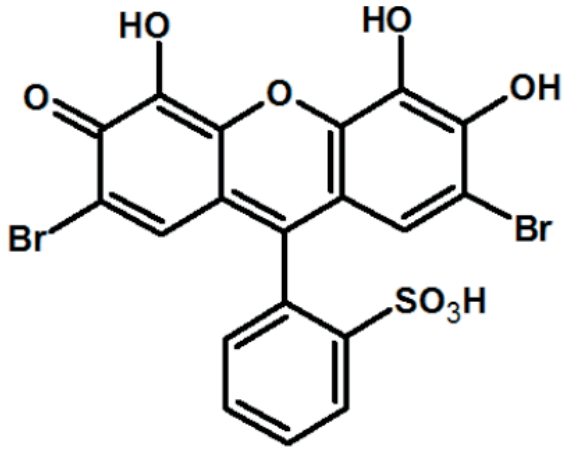


Figura 1. Estrutura molecular do vermelho de bromopirogalol.

Santos e colaboradores (2015) utilizaram o vermelho de bromopirogalol para a determinação espectrofotométrica de Pb (II) em efluentes de uma fábrica de baterias, em pH 4-5, na razão de 6:2 v/v de solução de vermelho de bromopirogalol 1×10^{-4} mol L^{-1} e solução de $Pb(NO_3)_2$ 1×10^{-4} a 5×10^{-4} mol L^{-1}. Segundo os autores, as análises apresentaram características espectrais satisfatórias. Os autores observaram que o complexo apresenta deslocamento batocrômico em relação ao vermelho de bromopirogalol ($\lambda_{máx}$ = 555 nm), isto é, a banda de absorção máxima do agente complexante puro, muda para outra banda de comprimento de onda maior ($\lambda_{máx}$ = 630 nm).

O Sb, um dos metais mais abundantes do GSR, também forma complexo de estequiometria 1:1 com o vermelho de bromopirogalol, porém em pH neutro. A absorbância máxima do complexo produzido ocorre em λ = 615 nm (RATH *et al.* 1997).

Por complexar com o Pb e o Sb, a utilização do vermelho de bromopirogalol na determinação destes elementos em GSR pouparia tempo e quantidade de amostra. Tal realização poderia ser alcançada, por exemplo, empregando análise por injeção em fluxo combinada ou não com métodos de análise multivariada. Restaria investigar as condições de análise adequadas para a determinação dos dois analitos de modo a minimizar possíveis interferências que um possa exercer sobre o outro.

O Sb precipita em meio onde a concentração de H_3O^+ é menor que 3,0 mol L^{-1}, na forma de cloreto do antimonilo (quando o cloreto está presente), ou como óxidos hidratados de antimônio (VOGEL, 1996). Isso poderia inviabilizar a sua determinação com o vermelho de bromopirogalol, que requer meio reacional de menor acidez, a menos que seja empregado um agente complexante para permitir a sua solubilização. Rath e colaboradores (1997) empregaram o tartarato para tal finalidade em fármacos. No entanto, no presente estudo, em que se busca determinar Pb, o tartarato não poderia ser utilizado, pois precipita com o Pb (II). Por esta razão, é necessário

complexante alternativo.

O oxalato é um potencial candidato para este fim, pois é capaz de dissolver o Sb (III) e não precipitar com o Pb (II). Ele forma complexos com o Pb (II) na razão estequiométrica de 1:1 e de 1:2, sendo este último o mais estável, e complexo na razão 1:3 com o Sb (III) (KING, 1981; SKOOG, 2005). Por formar complexos com o Pb (II), o oxalato, contudo, poderia impedir a reação do Pb (II) com o vermelho de bromopirogalol.

Este trabalho tem como objetivo investigar a influência do oxalato na determinação espectrofotométrica do Pb (II) com o vermelho de bromopirogalol por meio da análise das curvas de absorbância versus concentração de Pb (II), obtidas em $\lambda_{máx}$ = 630 nm, para fins de determinação do chumbo em GSR.

2 I METODOLOGIA

2.1 Reagentes e soluções

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico. O vermelho de bromopirogalol foi adquirido da Merck (São Paulo, Brasil). A solução padrão de chumbo empregada foi de $Pb(NO_3)_2$ de concentração 1000 mg L^{-1} Pb, em HNO_3 (0,5 mol L^{-1}), adquirida do Scharlau (Barcelona, Espanha). Água destilada foi utilizada para o preparo das soluções. A solução de ácido nítrico (65% m/m) foi adquirida da Quimex (Lima, Peru). O ácido bórico foi adquirido da Isofar (Rio de Janeiro, Brasil). O hidróxido de sódio foi adquirido da Impex Química (Barcelona, Espanha). O oxalato de sódio foi adquirido de VETEC Química Fina (Rio de Janeiro, Brasil), assim como a solução de ácido acético (80% m/m).

As soluções padrão de Pb de concentração $1,0 \times 10^{-4}$ à $5,0 \times 10^{-4}$ mol L^{-1} foram preparadas pela diluição da solução padrão comercial de concentração 1000 mg L^{-1} em balões volumétricos de 25,00 mL, empregando micropipeta automática de volume variável na faixa de 1000 à 5000 μL.

A solução de vermelho de bromopirogalol $5,0 \times 10^{-4}$ mol L^{-1} foi preparada pela dissolução de 28,7 mg do reagente comercial em 100 mL de solução etanol/água 50% v/v. Esta solução foi armazenada à 5 °C e utilizada 48 horas após o seu preparo. A solução de oxalato de sódio foi preparada pela dissolução de 2,50 g de $Na_2C_2O_4$ em 100,00 mL de água. Foi necessário aquecer até 55 °C por alguns minutos para auxiliar a dissolução. A solução tampão de pH 5,0 de concentração 0,15 mol L^{-1} foi preparada pela mistura de soluções de CH_3CO_2H 1,0 mol L^{-1} e NaOH 1,0 mol L^{-1}, conforme Lurie (1975). A solução tampão de pH 8,0 de concentração 0,12 mol L^{-1} foi produzida pela mistura de soluções de $Na_2B_4O_7$ 0,05 mol L^{-1} e HNO_3 0,1 mol L^{-1}, conforme Lurie (1975).

2.2 Estudo do efeito do oxalato na formação do complexo do íon Pb (II) com o vermelho de bromopirogalol

Para a investigação do efeito do oxalato na determinação espectrofotométrica foi realizada a determinação das absorvâncias de soluções do complexo do íon Pb (II) com o vermelho de bromopirogalol na presença e na ausência de oxalato, em pH 5,0 e 8,0. A modificação do pH se deve ao fato do oxalato e do vermelho de bromopirogalol sofrerem hidrólise em solução, influenciando na formação dos complexos do íon Pb (II) com estas substâncias.

Para tal, foi realizada a transferência de uma alíquota de 2,00 mL de solução padrão de chumbo de concentração $1,0 \times 10^{-5}$ à $5,0 \times 10^{-4}$ mol L^{-1} para balões volumétricos de 10,00 mL. A seguir, foi feita a adição de 2,00 mL de solução de vermelho de bromopirogalol de concentração $5,0 \times 10^{-4}$ mol L^{-1}, 2,00 mL de solução tampão de pH 5,0 e água destilada o suficiente para completar 10,00 mL. Após, a leitura da absorvância destas soluções foram realizadas em λ = 630 nm, que corresponde ao λ de máxima absorção do complexo do íon Pb (II) com o vermelho de bromopirogalol, empregando um espectrofotômetro UV/Vis (modelo SP-22, Biospectro, Brasil). Foram utilizadas cubetas de vidro óptico com o caminho de 10 mm. Estas soluções foram preparadas e analisadas em triplicata. O procedimento foi repetido com a solução tampão pH 8,0.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar que em pH 5,0 ocorreu variação da absorvância da solução com a variação da concentração de Pb (II), sendo possível utilizar este pH na determinação deste íon (Figura 2A). Duphar e colaboradores (1973) já haviam relatado que em pH 5,5 é possível fazer esta determinação. Contudo, na presença de oxalato, não foi observado variação significativa na absorvância (Figura 2B), demonstrando que o oxalato foi prejudicial nesta determinação no pH considerado. Possivelmente, o oxalato forma complexos estáveis com o íon Pb (II) neste pH, inibindo a sua complexação com o vermelho de bromopirogalol.

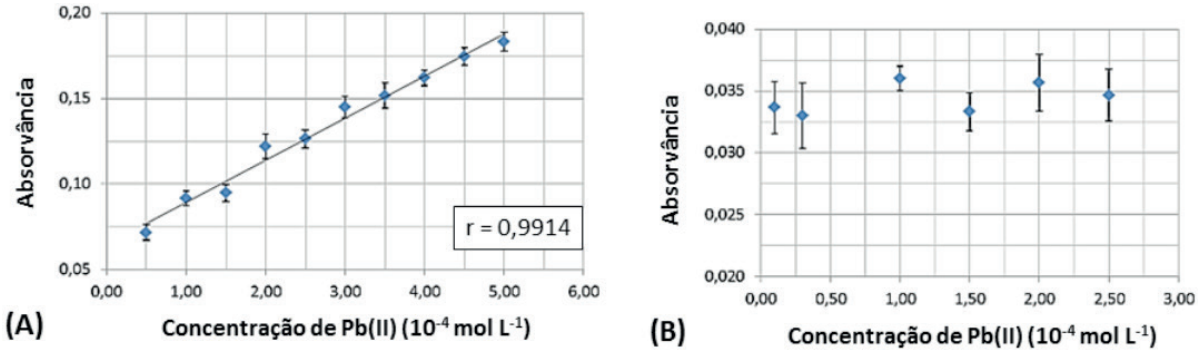


Figura 2. Curvas de absorvância versus concentração de chumbo em pH 5,0 (A) sem e (B) com oxalato.

Pela Figura 3 foi possível observar que a presença do oxalato em solução parece não interferir na determinação da concentração de chumbo devido à boa correlação linear (r = 0,9975) entre os valores de absorvância e as concentrações de Pb (II), como rege a Lei de Lambert-Beer. Isso deve ocorrer porque o aumento do pH leva ao aumento da concentração da forma desprotonada (forma ativa) do vermelho de bromopirogalol (Figura 4) e, consequentemente, a formação do complexo de Pb (II) com o vermelho de bromopirogalol pode estar sendo mais favorecida em relação aos complexos do íon Pb (II) com o oxalato.

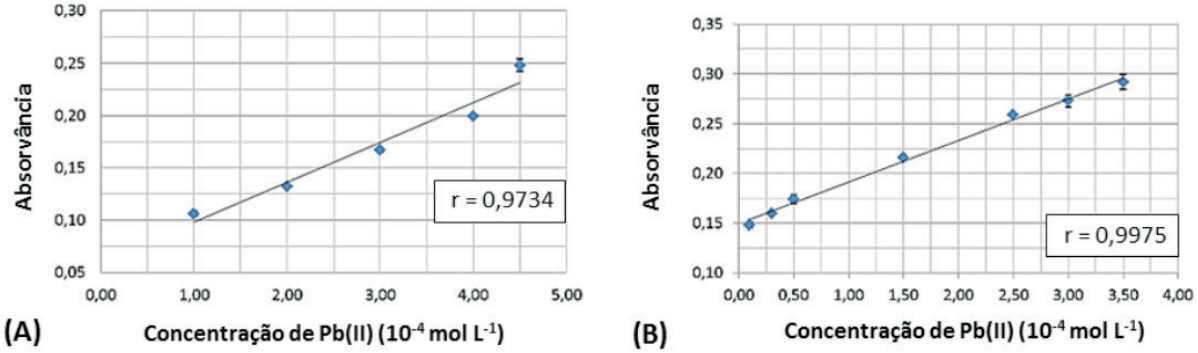


Figura 3. Curvas de absorvância versus concentração de chumbo em pH 8,0 (A) sem e (B) com oxalato.

$$HVBP + H_2O \rightleftharpoons VBP^- + H_3O^+$$

$$Pb^{2+} + VBP^- \rightleftharpoons Pb\text{-}VBP^+$$

Figura 4. Esquema da reação de hidrólise do vermelho de bromopirogalol (HVBP) formando o vermelho de bromopirogalato (VBP^-) e formação do complexo com o íon Pb (II).

A influência do oxalato na formação do complexo do íon Pb (II) com o vermelho de bromopirogalol em pH 5,0 e 8,0 pode ser melhor entendida pela curva de distribuição representada na Figura 5. Nesta figura, a curva em verde e em azul representam, respectivamente, a fração molar do oxalato ($\alpha C_2O_4^{2-}$) em relação ao oxalato total e a fração molar do vermelho de bromopirogalato (αVBP^-) em relação ao vermelho de bromopirogalol total na solução. Vale ressaltar que as formas aniônicas $C_2O_4^{2-}$ e VBP^- são as formas ativas para formar complexos com o Pb (II). Para a construção do diagrama foram empregados os valores de $Ka_1 = 5,6 \times 10^{-2}$ (25 °C) e $Ka_2 = 5,42 \times 10^{-5}$ (25 °C) para as hidrólises ácidas do $H_2C_2O_4$ (SKOOG *et al.*, 2005) e Ka = $2,4 \times 10^{-7}$ (25 °C) para a hidrólise ácida do vermelho de bromopirogalol (scifinder.cas.org, 2015).

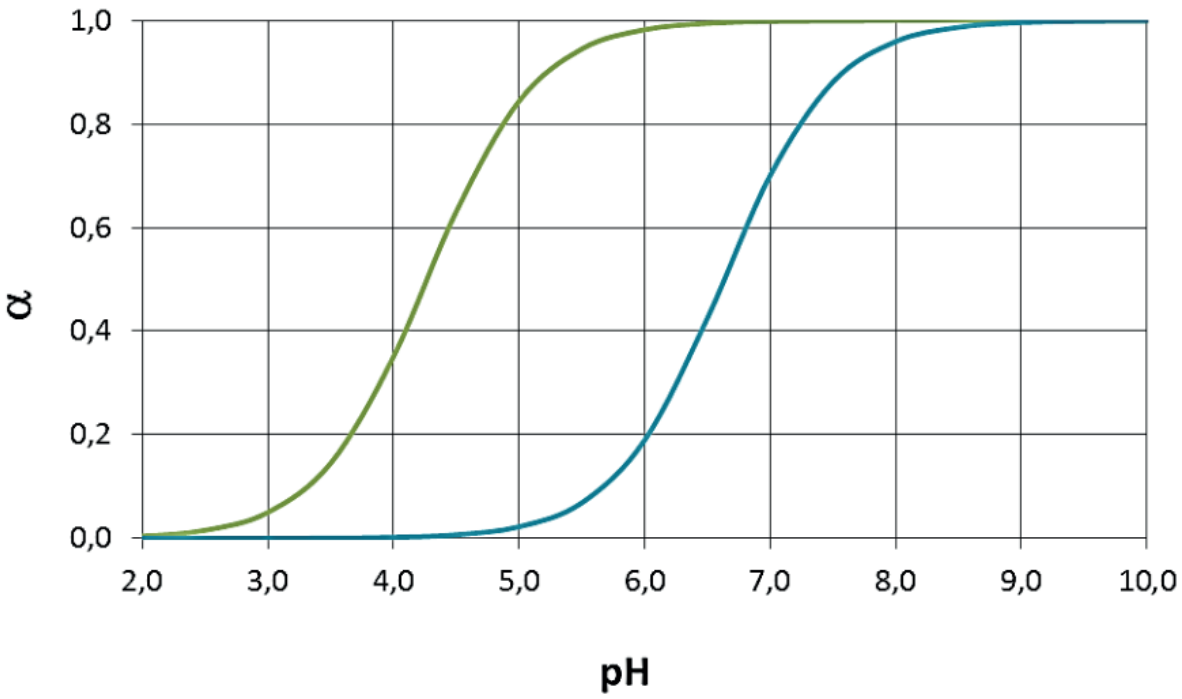


Figura 5: Curva de distribuição do $C_2O_4^{2-}$ (em verde) e do VBP^- (em azul) em função do pH.

Em pH 5,0 cerca de 85% do oxalato na solução está na forma ativa para complexar com o Pb (II), enquanto apenas uma pequena fração do vermelho de bromopirogalol está na forma VBP^-. Neste caso, irá predominar a formação dos complexos de Pb (II) com o oxalato, inibindo a formação do complexo $Pb\text{-}VBP^+$, como representado na Figura 4. Em pH 8,0, tanto as frações molares do $C_2O_4^{2-}$ e do VBP^- aumentam, porém o aumento da fração do VBP^- é maior, se aproximando da fração molar do $C_2O_4^{2-}$. Neste caso o VBP^- é capaz de competir com o oxalato para a formação de complexo com o Pb (II).

Considerando os valores de α usados na construção da Figura 5 e os valores das constantes de formação dos complexos de $Pb\text{-}VBP^+$ (em pH 5,5) e $Pb(C_2O_4)_2^{2-}$ como sendo $1{,}91 \times 10^6$ (25 °C) (SKOOG *et al.*, 2005) e $2{,}04 \times 10^6$ (25 °C) (scifinder.cas.org, 2015), respectivamente, é possível estimar, por meio de cálculos teóricos, os valores das constantes de estabilidade condicionadas ao pHs investigados para estes complexos (Tabela 1).

Ligante	pH 5,0	pH 8,0
$Pb(C_2O_4)_2^{2-}$	$1{,}72 \times 10^6$	$2{,}04 \times 10^6$
$Pb\text{-}VBP^+$	$6{,}35 \times 10^5$	$2{,}60 \times 10^7$

Tabela 1. Valores teóricos das constantes de estabilidade condicionais dos complexos em pH 5,0 e 8,0 (à 25 °C).

Nota-se, pela Tabela 1, que constante de formação do complexo $Pb(C_2O_4)_2^{2-}$

é maior do que a do Pb-VBP$^+$ em pH 5,0, indicando que o complexo $Pb(C_2O_4)_2^{2-}$ se forma preferencialmente nesta condição. Por esta razão, não foi observada variação da absorvância neste pH pelo aumento da concentração de íons Pb (II) nas soluções analisadas com o vermelho de bromopirogalol (Figura 2). Porém, em pH 8,0 o complexo Pb-VBP$^+$ é mais estável que o $Pb(C_2O_4)_2^{2-}$, permitindo um aumento detectável na absorvância das soluções vermelho de bromopirogalol com o aumento da concentração de Pb (II) (Figura 3).

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do presente estudo verificou-se que é possível usar o oxalato na determinação de chumbo em amostras de resíduos de armas de fogo através de análise espectrofotométrica com o vermelho de bromopirogalol. Verificou-se que em pH 8,0 esta determinação é viável uma vez que a formação do complexo Pb-VBP$^+$ é favorecida. Por outro lado, foi constatado que em pH 5,0 não é possível usar o oxalato para esta determinação porque a formação do complexo Pb-VBP$^+$ é inibida por predominar a formação de complexo de Pb (II) com o oxalato.

Recomenda-se o uso de microssistemas para as análises químicas de GSR para a quantificação de Pb com os reagentes utilizados neste trabalho, pois, nos casos reais, a quantidade de GSR produzida e coletada é geralmente baixa, dificultando a aplicação da técnica.

REFERÊNCIAS

ATLAS, DA VIOLÊNCIA. “Ipea e FBSP.” (2018).

DALBY, O.; BUTLER, D.; BIRKETT, J. W. **Analysis of gunshot residue and associated materials – a review**. Journal of Forensic Sciences, v. 55, n. 4, p. 924-943, 2010.

DA VIOLÊNCIA, MAPA. “Homicídio de Mulheres no Brasil. 2015.” (2016).

D HERINGER, R; RANVILLE, J. F. **Gunshot residue (GSR) analysis by single particle inductively coupled plasma mass spectrometry (spICP-MS)**. Forensic Science International, n. 288, p. 20-25, 2018.

DHUPAR, S. C.; SRIVASTAVA, K. C.; BANERJI, S. K. **Complex Formation of Lead (II) with Bromopyrogallol Red**. Journal of the Chinese Chemical Society, v. 3, n. 20, p. 145-150, 1973.

DOS SANTOS, M. B.; DE SOUZA, L. M. M.; ANTONIASSI, B. **Determinação de Chumbo Utilizando como Reagente Espectrofotométrico o Vermelho de Bromopirogalol (BPR)**. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 4, p. 1057-1071, 2015.

https://scifinder.cas.org/scifinder/ Último acesso em: 7/07/2015.

KING, E. J. **Análise Qualitativa: reações, separações e experiências**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1981.

LURIE, J. **Handbook of Analytical Chemistry.** Mir Publishers, Moscow: 1975.

PERKAMPUS, H. **UV-VIS Spectroscopy and its Applications**. Springer Science & Business Media, 2013.

RATH, S.; JARDIM, W. F.; DÓREA, J. G. **A simple spectrophotometric procedure for the determination of antimony (III) and (V) in antileishmanial drugs**. Fresenius' journal of analytical chemistry, v. 4, n. 358, p. 548-550, 1997.

REIS, E. L. T. dos; SARKIS, J. E. de S.; RODRIGUES, C. NETO; O. N.; VIEBIG, S. **Identificação de resíduos de disparos de armas de fogo por meio da técnica de espectrometria de massas de alta resolução com fonte de plasma indutivo**. Química Nova, v. 27, n. 3, p. 409-413, 2004.

ROMOLO, F. S.; BAILEY, M. J.; DE JESUS, J., MANNA, L.; DONGHI, M. **Unusual sources of Sn in GSR. An experimental study by SEM and IBA**. Science & Justice, v. 2, n. 59, p. 181-189, 2019.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos da Química Analítica**. 8ª edição. Editora Cengage Learning, 2005.

TOCHETTO, D. **Balística Forense: aspectos técnicos e jurídicos**. 5ª Edição, Editora Millennium, 2009.

VOGEL, A. I. **Qualitative Inorganic Analysis**. Editora: Longman, 7ª Edição, 1996.

WALLACE, J. S. **Chemical analysis of firearms, ammunition, and gunshot residue**. Crc Press, 2018.

CAPÍTULO 2

SISTEMA EMBARCADO PARA CONTROLE DO CONSUMO DE ENERGIA USANDO UMA ABORDAGEM BASEADA NA VISÃO COMPUTACIONAL E RNA

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 10/12/2019

Leonardo Nunes Gonçalves
Universidade Federal do Pará
Cametá – Pará
http://lattes.cnpq.br/7567835136967267

Joiner dos Santos Sá
Universidade Federal do Pará
Cametá – Pará
http://lattes.cnpq.br/7514998187196180

Carlos Augusto dos Santos Machado
Universidade Federal do Pará
Cametá – Pará
http://lattes.cnpq.br/1044023370987000

Alexandre Reis Fernandes
Universidade Federal do Pará
Cametá – Pará
http://lattes.cnpq.br/2522186083463305

Fabricio de Souza Farias
Universidade Federal do Pará
Cametá – Pará
http://lattes.cnpq.br/1521079293982268

RESUMO: O uso indevido de equipamentos elétricos causado por não ser desligado no final de uma jornada de trabalho pode resultar em altas taxas de desperdício de energia. Esse cenário cria o desafio de encontrar estratégias que possam controlar e reduzir tal consumo extra. Diante disso, algumas empresas contratam funcionários para verificar se todos os equipamentos estão desligados. No entanto, isso também representa um custo extra que não é adequado para todos os negócios, assim criando o desafio de encontrar uma solução que possa gerenciar automaticamente o uso do equipamento. Dessa forma, este trabalho apresenta os resultados do projeto denominado "Electric Control", que propõe o uso de um sistema embarcado associado à visão computacional e redes neurais artificiais, com o objetivo de controlar o consumo de eletricidade utilizada de forma desnecessária pelos aparelhos.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema embarcado, consumo de energia, visão computacional, redes neurais artificiais.

EMBEDDED SYSTEM FOR CONTROLLING ENERGY CONSUMPTION USING AN APPROACH BASED ON COMPUTER VISION AND ANN

ABSTRACT: The misuse of electrical pieces of equipment caused by not be turned off at the end of a workday can result in high energy-waste rates. This scenario creates the challenge of finding strategies that can control and reduce energy consumption. Given this, some companies hire employees to check if all pieces of equipment are off. However, this represents an extra cost that does not fit for all business, thus creating the challenge of finding a solution that can automatically manage the equipment use. In this way, this paper presents the results of the project called "Electric Control", which proposes the use of an embedded system associated with computer vision and artificial neural networks aiming to control the consumption of electricity used in an unnecessary way by appliances.
KEYWORDS: Embedded system, energy consumption, computer vision, artificial neural networks.

1 I INTRODUÇÃO

O uso de energia elétrica se tornou imprescindível para o pleno desenvolvimento da nossa sociedade, sendo evidente seu papel para o funcionamento de corporações públicas ou privadas. A necessidade de se desenvolver novas tecnologias para gerenciar o consumo eficiente de energia é evidente em (Fenerich *et al.*, 2017), onde os autores discutem sobre o aumento de projetos e pesquisas que promovem a gestão energética como solução para problemas relacionados aos desperdícios em ambientes residenciais, comerciais e acadêmicos.

Nesses ambientes, grande parte do consumo de energia é advindo de equipamentos elétricos de refrigeração e escritório. Para o setor residencial, os autores Filho *et al.* (2018) ressaltam que a utilização de sistemas de automação e Internet das Coisas compõem uma alternativa de controle eficiente para redução do consumo de energia, mas que ainda carecem de aprimoramentos técnicos para elevar seus índices de eficácia.

De acordo com o estudo realizado por Datasebrae (2019), para 12% das micro e pequenas empresas no Brasil, o consumo de energia elétrica pode representar valores acima de 20% dos custos totais da operação de determinado do negócio, sendo que parte deste consumo provém de desperdícios causados pela má gestão do acionamento, uso e desligamento de equipamentos elétricos.

Dentre os equipamentos elétricos, os aparelhos de ar condicionado são indispensáveis para regiões tropicais, no entanto para Weise e Hornburg (2007) estes equipamentos são os que mais tributam nas tarifas de energia, pois, quando ligados, necessitam de alto consumo energético. Um desperdício frequente é caracterizado pelo esquecimento desses aparelhos ligados ao fim do expediente.

Para solucionar esta problemática, algumas empresas realizam vistorias nos ambientes de trabalho logo após o expediente. No entanto, muitas dessas não

dispõem de quadro funcional habilitado com esta atribuição, deste modo possibilitando a criação de um cenário favorável ao desperdício energético e monetário que pode durar por vários minutos ou horas, isto é, até que o equipamento seja desligado. No caso de horas, em muitos casos o tempo de operação do aparelho pode se estender até o próximo dia útil, assim implicando não somente numa despesa energética elevada, como também na diminuição da vida útil do aparelho.

Com base nesta problemática, este trabalho tem como objetivo principal apresentar o desenvolvimento do projeto do sistema embarcado intitulado Electric Control, que tem como propósito principal realizar a gestão do uso de equipamentos elétricos, isto é, acionamento e desligamento, utilizando visão computacional e Redes Neurais Artificiais (RNA). Para isso, este trabalho apresenta a modelagem da arquitetura do hardware, sua implementação e o projeto do *software* do sistema embarcado produzido. Para validação do projeto, o sistema embarcado foi desenvolvido sob a forma de um Mínimo Produto Viável (MVP) que foi submetido a um caso de estudo.

O restante do trabalho está organizado nas seguintes seções: a seção 2 apresenta os trabalhos relacionados, a seção 3 descreve o projeto Electric Control, a seção 4 apresenta a metodologia de teste do projeto, a seção 5 apresenta as avaliações da RNA e dos testes realizados e, por fim, a última seção apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

2 I TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção são apresentados trabalhos que discorrem sobre o uso de energia elétrica e/ou apresentam soluções para o controle de consumo energético.

Os autores Davis e Gertler (2015) apresentaram um estudo sobre o consumo energético de centrais de ar condicionado, analisando parâmetros de temperatura, renda e uso desses aparelhos. Além disso, foram realizadas estimativas do aumento da renda populacional e temperatura global, bem como, do percentual de pessoas que farão uso destes aparelhos em suas residências. Com isso, concluíram que por volta de 90% da população possuirá aparelhos de ar condicionado até o final do século. Já os autores Mcneil e Letschert (2008) realizaram um levantamento sobre o futuro do consumo energético dos aparelhos de ar condicionado em países subdesenvolvidos. O estudo foi feito a partir de dados familiares como renda, clima e parâmetros demográficos. Como resultado, foram obtidas informações detalhadas sobre o futuro cenário do consumo energético dos aparelhos de ar condicionado. Deste modo, os autores Davis e Gertler (2015) e Mcneil e Letschert (2008) destacaram que haverá nos próximos anos um elevado crescimento no consumo energético a partir da instalação de novos aparelhos elétricos, assim faz-se necessário a busca

por novas soluções que possam minimizar o impacto causado por este crescimento.

Diante deste contexto, os autores Nazário e Teive (2016) apresentaram um estudo de caso acerca do gerenciamento de energia a partir da modelagem de um sistema implementado usando os softwares Energyplus e SketchUp. Para este estudo foram considerados dados reais de consumo mensal de energia do bloco C da FATEC SENAI/MT. Nessa modelagem foi ressaltado que o sistema de refrigeração, os computadores e o sistema de iluminação causam impactos diretos no consumo de energia. Como alternativa para balancear a utilização da rede elétrica convencional e baratear o custo operacional do edifício, propôs-se a utilização de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica convencional. Os resultados indicaram que essa estratégia pode ser eficiente para realizar o gerenciamento de energia de diversos edifícios. Dessa forma, gerando uma economia relevante na tarifa de energia, ou seja, todos os equipamentos que estiverem conectados à rede podem fazer uso da energia fornecida pelo sistema fotovoltaico, porém o custo de aquisição e instalação do sistema ainda é alto em algumas regiões do país. Além disso, a solução proposta não prevê uma estratégia para controle do consumo energético advindo dos equipamentos.

Já os pesquisadores Soares *et al.* (2017) desenvolveram um sistema embarcado intitulado Smart Place, este tem como objetivo realizar de forma automática o gerenciamento de recursos, tais como, lâmpadas e aparelhos de ar condicionado em prédios. Esse sistema é composto por uma interface *web* que recebe e registra dados de presença e temperatura coletados por um sistema embarcado desenvolvido na plataforma *Arduino.* O funcionamento da aplicação permite a regulagem de temperatura do ambiente e verificação se existe a necessidade de manter o equipamento de ar condicionado ligado. A interação entre o sistema e o aparelho é realizada através de um atuador construído sob a plataforma *Raspberry* e equipado com *leds* emissores de infravermelho. Neste trabalho, os autores não necessitaram alterar a instalação do sistema elétrico do ambiente monitorado, no entanto, os resultados indicaram falhas na tarefa de identificação quanto a classificação da presença ou ausência de pessoas no ambiente, sendo isto causado pela limitação dos sensores utilizados.

Embora existam esforços para reduzir/converter o consumo energético para energia limpa (Nazário e Teive, 2016) e a proposição de um sistema embarcado para controle dos equipamentos (Soares *et al.*, 2017). Nenhuma das soluções apresenta uma estratégia eficiente para minimização do desperdício de energia de equipamentos ligados.

3 I PROJETO ELECTRIC CONTROL

O sistema embarcado Electric Control é constituído por um circuito elétrico controlado pela plataforma *Raspberry*, que por sua vez executa o monitoramento do ambiente onde o mesmo esteja instalado. Para isso, o sistema utiliza uma câmera como sensor para realizar a coleta de imagens do ambiente em certo intervalo de tempo. Após a coleta das imagens, a plataforma processa a imagem para posteriormente executar o processo de *feed forward* de uma RNA, já treinada, a fim de obter um valor de classificação da imagem. Para a classificação é considerado o resultado igual a 1 para presença de pessoas no ambiente e o resultado 0 para ausência de pessoas. A partir do resultado obtido, um determinado fluxograma de controle é ativado visando definir se o aparelho elétrico deve permanecer ligado ou se deve ser desligado. A Figura 1 apresenta a arquitetura geral de desenvolvimento do projeto.

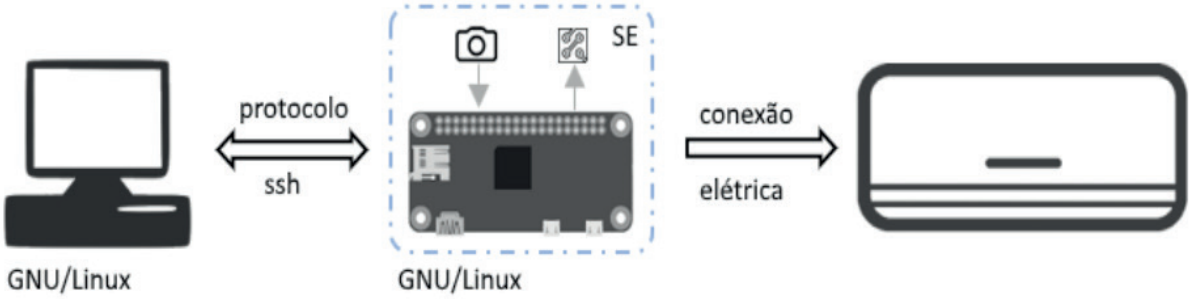


Figura 1. Arquitetura geral de desenvolvimento do projeto Electric Control.

A arquitetura apresentada na Figura 1 é constituída de uma estação de operação, um sistema embarcado e o equipamento elétrico a ser controlado. A estação de operação é encarregada de comandar a execução dos *scripts* no sistema embarcado, através do protocolo de rede *Secure Shell* (SSH). Já o equipamento é controlado por conexão direta ao módulo de acionamento do circuito desenvolvido para o sistema embarcado.

A estação de operação e o sistema embarcado executam sistemas operacionais derivados do projeto GNU-Linux, possuindo o ambiente de desenvolvimento Anaconda, interpretando a linguagem de programação *Python*, e as bibliotecas *OpenCV* e *Pybrain*.

Após a realização do processo de treinamento da RNA, esta é encapsulada no *software* de controle do sistema embarcado, em seguida a estação de operação tem sua atividade finalizada sendo desconectada do sistema embarcado.

3.1 Projeto de Hardware

Esta subseção apresenta o processo de modelagem dos componentes físicos

do projeto. A Figura 2 apresenta o esquemático do *hardware* desenvolvido, sendo composto por: (1) *Raspberry*, (2) módulo de câmera, (3) resistores, (4) *push button,* (5) módulo relé, (6) transistor NPN e (7) fonte de alimentação.

A placa (1) *Raspberry Pi Zero W* é responsável por controlar a aplicação, enquanto que a (2) câmera de 8MB é utilizada para efetuar a captura de imagens. Os componentes (3), (4) (5), (6) e (7) são utilizados para auxiliar no acionamento do equipamento, para isso o circuito elétrico proposto é conectado à placa de controle do sistema.

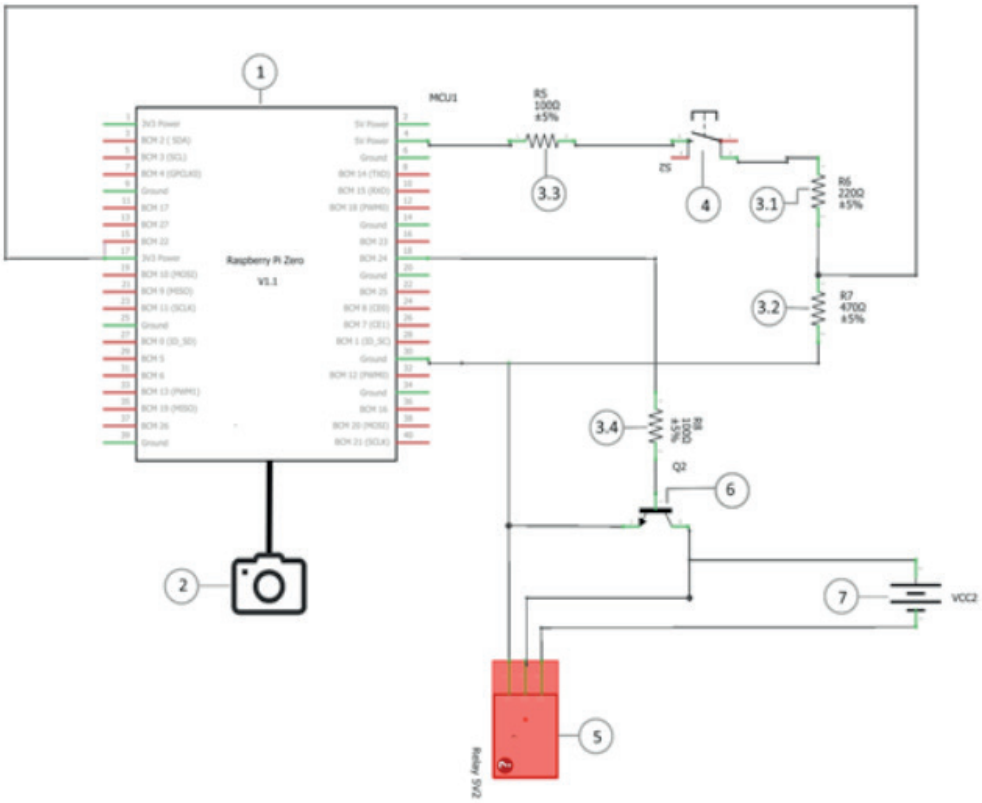


Figura 2. Esquemático do hardware do projeto Electric Control.

A (7) fonte de alimentação externa é utilizada para fornecer carga para o módulo relé, visto que a corrente elétrica fornecida pelo (1) *Raspberry* é insuficiente para o seu funcionamento. Além disso, esta é conectada ao pino *coletor* do (6) transistor para garantir que o pino 18 do (1) *Raspberry* seja acionado. A tensão da fonte também é transmitida pelo (6) transistor, assim permitindo que o (5) módulo relé seja acionado. O (4) *push button* é responsável pelo acionamento do equipamento elétrico por parte do usuário. Por fim, (3.1) e (3.2) são respectivamente, resistores de 220 e 470 ohms responsáveis em limitar a corrente no circuito.

Após a elaboração do projeto, foi realizado a etapa de montagem e soldagem dos componentes, conforme esquema apresentado na Figura 3.

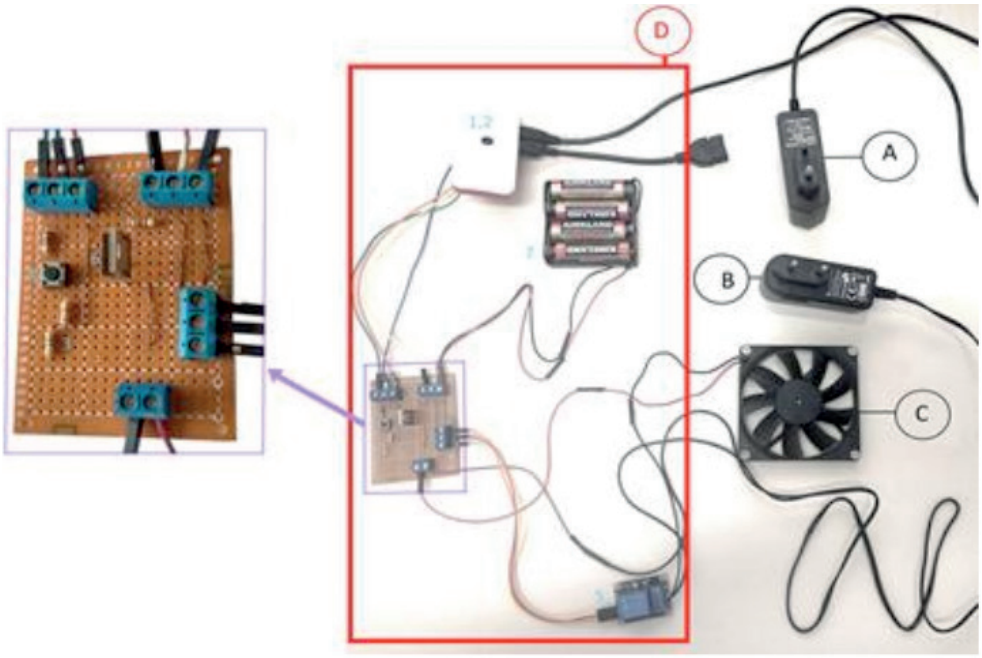


Figura 3. Esquemático final do sistema MVP do projeto Electric Control.

A Figura 3 representa a composição final do MVP, sendo (A) uma fonte de alimentação 5V, (B) fonte de alimentação 12V, (C) equipamento elétrico representado por um cooler de ventilação 12V e (D) o sistema embarcado encapsulado. Desta forma, (A) é responsável em fornecer carga para (D) e (B) é responsável em fornecer carga para (C).

3.2 Projeto de Software

Esta subseção apresenta o *software* que opera no sistema embarcado, o qual é responsável por realizar a aquisição de imagens para processamento, classificação e acionamento do circuito proposto, assim como, também é responsável em controlar o tempo de operação dos aparelhos elétricos conectados ao sistema. A Figura 4 apresenta o fluxograma que representa o funcionamento do *software*.

Após a ativação do *software*, o sistema entra em *loop* infinito. Este *loop* é responsável em monitorar o acionamento do botão de inicialização de operação do aparelho, em seguida, o sistema gera uma *flag* que aciona o relé responsável por ligar o aparelho elétrico. Em seguida, é aguardado um período de 10 minutos para então entrar em *loop* temporário, o qual é responsável pela captura de uma imagem. A imagem capturada é submetida a etapa de classificação da RNA que resulta na identificação humana positiva (com presença) ou negativa (sem presença).

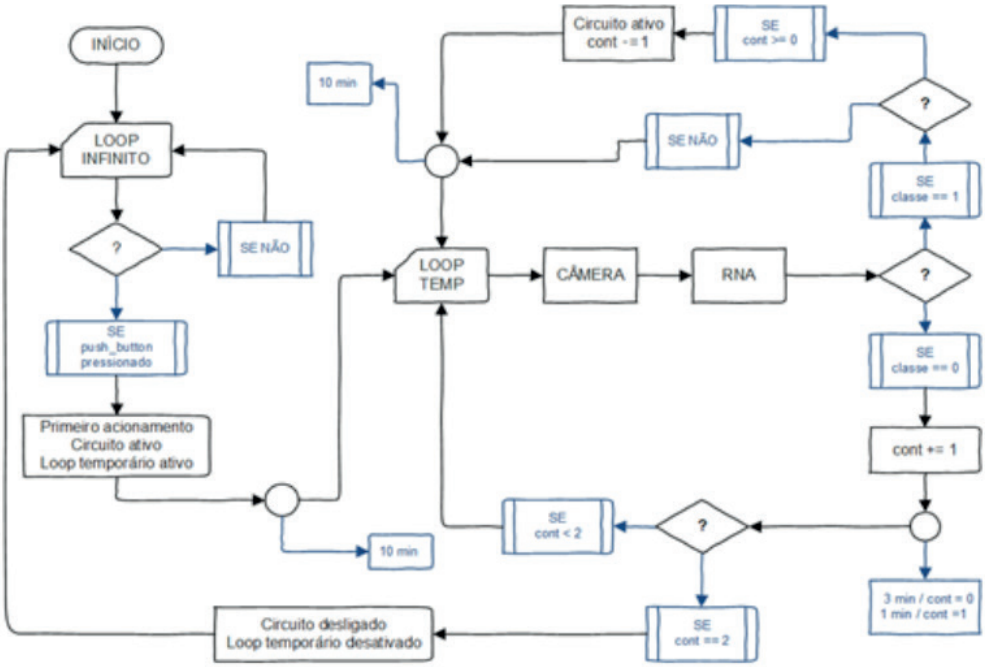


Figura 4. Fluxograma do *software* do sistema embarcado do projeto Electric Control.

Quando classificada como positiva, a *flag* de controle do relé permanece ativa durante 10 minutos, até que uma nova imagem seja coletada; caso esta imagem seja classificada como negativa, um contador (variável do sistema) é acrescido de 1 e o tempo de espera para coleta da próxima imagem é reduzido para 3 minutos; caso seja novamente classificada como negativa, o contador é mais uma vez acrescido de 1 e o tempo de captura de uma nova imagem é reduzido para 1 minuto, por fim, se esta imagem também for classificada como negativa, o contador novamente é acrescido de 1, alcançando o valor de 2, o qual é estipulado para desligamento do aparelho. Com esse resultado, a *flag* que acionava o relé é desabilitada, isto é, fazendo com que o aparelho seja desligado, deste modo provocando o encerramento do *loop* temporário. Para que o aparelho seja ligado novamente será necessário que o usuário pressione o (4) *push button* de acionamento do aparelho elétrico.

4 I METODOLOGIA DE TESTE DO PROJETO ELECTRIC CONTROL

Esta seção apresenta um estudo de caso acerca dos testes de validação do sistema embarcado proposto. Para isso, são apresentadas as etapas de desenvolvimento do projeto sendo introduzidos o cenário de instalação do sistema, as etapas de aquisição, organização e processamento da base de dados, assim como a etapa de treinamento da rede neural artificial.

4.1 Cenário de Instalação do Sistema

O sistema foi instalado em um dos 17 gabinetes de pesquisa da Universidade

Federal do Pará – Campus Tocantins/Cametá. Cada um ocupa área de 12 m² e são destinados a professores com projetos de pesquisa e extensão. A Figura 5 sintetiza a estrutura física do gabinete de pesquisa.

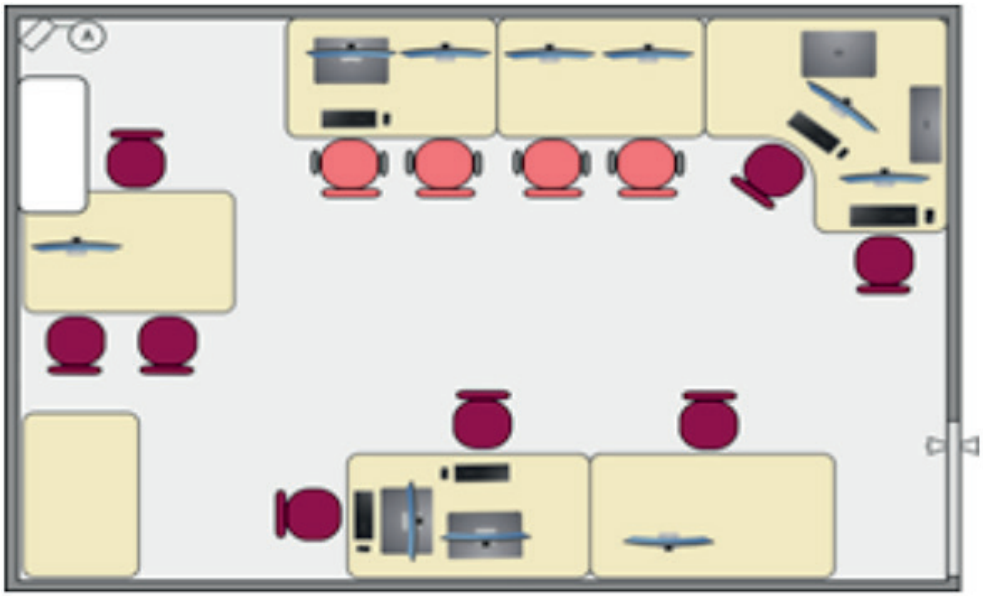


Figura 5. Planta baixa do cenário de instalação da câmera (A) para coleta de imagens.

Para garantir maior amplitude visual da câmera, o sistema embarcado (A) foi fixado numa aresta do gabinete a uma altura 2,55 metros.

4.2 Aquisição, Organização e Pré-Processamento da Base de Dados

Gama *et al.* (2015) destacam que a avaliação de características e comportamentos presentes num determinado conjunto de dados permite a descoberta de padrões e tendências. Por conta disso, a captura das imagens que compõem a base de dados deste projeto foi realizada durante um período de 7 dias corridos, abrangendo horários de expediente e intervalos. Nesse período foram coletadas 330 imagens (registros) do ambiente, sendo que para isso foi desenvolvido um *script* que realiza a coleta de uma nova imagem a cada 7 minutos, sendo todas salvas diretamente em um dispositivo de armazenamento conectado via USB ao sistema embarcado. Estas amostras foram organizadas em 2 diretórios distintos, de classe negativas (sem presença de pessoas) e positivas (com presença de pessoas), contendo respectivamente 52 e 278 amostras.

De acordo com Marengoni e Stringhini (2009), na aquisição das imagens diversos ruídos também são capturados, sendo estes oriundos a partir de diversos fatores como iluminação do ambiente, posição relativa entre o objeto de interesse e a câmera, entre outros. Por isso, a base de dados obtida foi submetida a tratamentos a partir de outro *script* que utiliza métodos da biblioteca *OpenCV*, os quais permitem reduzir ou eliminar os ruídos, assim a base de dados foi redimensionada para o

tamanho cem por cem (100x100) e teve suas cores convertidas para escala de cinza. Por fim, aplicou-se o filtro *bilateral filter*, o qual é altamente eficaz na redução de ruídos, mantém nítida as bordas da imagem e ressalta os contornos do objeto.

4.3 Treinamento da RNA

Para utilização do *backpropagation,* foi gerado um arquivo de texto no formato *.txt,* onde cada linha deste arquivo representa uma amostra de imagem que foi convertida da forma matricial para uma estrutura vetorizada, tendo como último elemento da linha a representação da classe desejada, isto é, positiva ou negativa.

Além disso, esse arquivo foi reduzido/comprimido, já que inicialmente a base de dados possuía um padrão matricial de 100x100, isto é, representando um vetor com um número de dez mil (10.000) atributos, ocasionando maior custo computacional durante etapa de treinamento e também maior tempo de execução do *software* embarcado para classificação. Para contornar essa situação foi considerado a redução do tamanho dos vetores da base de dados a partir da execução de um terceiro *script* que recebe como parâmetro um número de posições em que se deve percorrer a amostra vetorizada, e com isso os valores de *pixel* dessas posições foram somados e acumulados em um novo vetor, isto é, um vetor com um número menor de atributos. Este procedimento foi realizado de forma iterativa em todas as imagens da base de dados. A partir desse procedimento, foram criadas duas novas bases de dados contendo, respectivamente, quinhentos (500) e um mil (1000) atributos.

As três bases de dados foram submetidas à etapa de treinamento da RNA. A execução do treinamento da RNA utilizou a biblioteca *Pybrain* e foi realizada na estação de operação considerando a seguinte divisão das amostras: 80% da base de dados para treinamento e 20% para testes. A arquitetura da RNA adotada no experimento é composta por três camadas, sendo a primeira de entrada que recebe as amostras de imagem do arquivo *.txt*, a segunda a camada escondida que teve seu número de neurônios variados para avaliação de desempenho, e a última de saída que apresenta o resultado de classificação da rede.

5 I AVALIAÇÃO DA RNA, TESTES E RESULTADOS

Para garantir coerência na escolha da RNA de melhor acurácia, a estrutura da rede neural foi variada por meio dos conjuntos: A = {(x I x é o número de atributos da base de dados} = {500, 1000, 10000}, B = {y I y é o número de épocas para treinamento da RNA} = {500, 1000, 1500} e C = {z I z é número de neurônios da camada oculta} = {20, 25, 30, 35, 40}. Durante os testes foram realizadas 450 simulações, sendo cada grupo de configuração repetido 10 vezes. Os resultados obtidos foram armazenados para comparação e escolha do melhor resultado.

A Tabela 1 apresenta os melhores resultados obtidos por cada uma das arquiteturas de RNA e suas respectivas configurações.

Tamanho base de dados (entrada)	Número de neurônios na camada oculta	Taxa de erro aritmético
500 épocas		
500	35	0,03766
1000	40	0,03979
10000	35	0,02903
1000 épocas		
500	40	0,03952
1000	25	0,03309
10000	40	0,02896
1500 épocas		
500	25	0,03864
1000	40	0,03527

Tabela 1. Melhores Índices de Treinamento por Arquitetura.

A partir da Tabela 1 foram selecionadas as arquiteturas com menor erro para cada tamanho da base de dados, sendo estas para 500, 1000 e 10000 dados de entrada, respectivamente, a arquitetura com 500 épocas e 35 neurônios na camada oculta, 1000 épocas e 25 neurônios na camada oculta, e 1000 épocas e 40 neurônios na camada oculta. Em seguida, a base de dados de teste foi apresentada ao passo *feed forward* do algoritmo com o intuito de validar a capacidade de generalização. Nesta etapa, foi calculado o percentual de erro para os três diferentes tamanhos da base de dados, conforme a Tabela 2.

Tamanho da base de dados (entrada)	Percentual de acerto (%)
500	85,1
1000	**92,5**
10000	83,6

Tabela 2. Percentual de Acerto das RNA por Base de Dados.

Além da validação apresentada na Tabela 2, também foi realizado um teste controlado utilizando o MVP apresentado na Tabela 3. Neste teste foi selecionado a RNA de melhor eficácia na etapa de teste, isto é, a arquitetura composta por uma

base de dados de entrada de 1000 registros e 25 neurônios na camada oculta. A partir disso, três imagens foram escolhidas aleatoriamente e foram apresentadas ao sistema embarcado composto pelo *hardware* e *software* proposto.

Para a realização de todos os testes, o sistema foi iniciado via o botão (4) *push button*, da Figura 2. Em seguida, as imagens foram apresentadas ao sistema seguindo os passos definidos no fluxograma apresentado na Figura 4. Deste modo, os resultados obtidos foram organizados na Tabela 3, a qual apresenta a relação dos padrões de entrada obtidos a partir das imagens e o *status* final do MVP, assim como a porcentagem de energia economizada (Eco) a partir do desligamento automático do equipamento. Nesta tabela (P) simboliza a presença de pessoas na amostra e (A) simboliza a ausência de pessoas no ambiente.

Teste	**Padrão de entrada**						**Status do MVP**	**Eco (%)**
1	A	A	A	-	-	-	Desligado	76%
2	P	A	A	A	-	-	Desligado	72%
3	P	A	A	P	A	A	Desligado	64%

Tabela 3. Relação de Entrada e *Status* do MVP.

6 I CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou o projeto Electric Control que consiste no uso de um sistema embarcado composto por visão computacional e RNA com o intuito de minimizar o consumo energético através do controle do acionamento e desligamento de aparelhos elétricos. Durante os testes, o sistema comportou-se de maneira satisfatória, isto é, sempre obedecendo o fluxograma proposto e obtendo precisão de 100%.

A partir deste trabalho também é possível concluir que o sistema proposto está apto em classificar a presença e ausência de pessoas em ambientes a partir do uso de RNA. Além disso, ressalta-se o potencial deste sistema para atuar na minimização do desperdício energético em diferentes ambientes, sendo obtido neste trabalho uma redução média superior a 70%.

Por fim, é possível concluir que uma estratégia baseada em sistemas embarcados, visão computacional e RNA pode ser utilizada para a minimização do desperdício de energia elétrica.

Para trabalhos futuros espera-se propor uma proposta de patente, assim como, realizar desenvolver uma central de controle capaz de gerenciar uma rede de equipamentos elétricos conectados à mesma.

REFERÊNCIAS

DATASEBRAE. **Energia elétrica**. 2019. Disponível em: <https://datasebrae.com.br/>.

DAVIS, L. W.; GERTLER, P. J. **Contribution of air conditioning adoption to future energy use under global warming**. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 112, n. 19, p. 5962-5967, 2015.

FILHO, G. P. R. et al. **A low-cost smart home automation to enhance decision-making based on fog computing and computational intelligence**. IEEE Latin America Transactions, v. 16, n. 1, p. 186-191, 2018.

FENERICH, F. C.; DA COSTA, S. E. G.; DE LIMA, E. P. **Energy Efficiency in Industrial Environments: Overview and Research Agenda**. IEEE Latin America Transactions, v. 15, n. 3, p. 415-422, 2017.

GAMA, J. *et al*. **Extração de conhecimento de dados: data mining**. 2015.

MARENGONI, M.; STRINGHINI, S. **Tutorial: Introdução à visão computacional usando opencv**. Revista de Informática Teórica e Aplicada, v. 16, n. 1, p. 125-160, 2009.

MCNEIL, M. A.; LETSCHERT, V. E. **Future air conditioning energy consumption in developing countries and what can be done about it: the potential of efficiency in the residential sector**. 2008.

NAZÁRIO, A. G.; TEIVE, R. C. G. **Sistema de Gestão de Energia Elétrica Utilizando o EnergyPlus: uma Aplicação Voltada aos Edifícios Inteligentes**. Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, SBSE, p. 1-6.2016, 2016.

SOARES, B. *et al*. **Um Sistema para Gerenciamento Automático e Eficiência Energética em Prédios Inteligentes**. 2017.

WEISE, A. D.; HORNBURG, R. A. **Gestão de energia em edifícios**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz de Iguaçu, Proceedings… Foz de Iguaçu: ENEGEP, 2007.

CAPÍTULO 3

MODELAGEM DA DIFERENCIAÇÃO DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO CRUZADA SEM TENDÊNCIA: UMA APLICAÇÃO NA SÉRIE TEMPORAL DE VEÍCULOS FURTADOS E VEÍCULOS ROUBADOS EM SALVADOR-BA

Data de aceite: 17/03/2020

Aloísio Machado da Silva Filho
UEFS

Gilney Figueira Zebende
UEFS

Everaldo Freitas Guedes
UFBA

Elvira Catiana de Oliveira Santos
UEFS

Andréa de Almeida Brito
IFBA

Arleys Pereira Nunes de Castro
UNIJORGE

Florêncio Mendes Oliveira Filho
Estácio FIB

RESUMO: Este artigo tem como objetivo analisar a dinâmica temporal das ocorrências de veículos furtados e de veículos roubados no município de Salvador-BA no período de 2004 a 2015. A supracitada análise será realizada, principalmente, com a diferenciação do coeficiente de correlação cruzada sem tendência, idealizado por Zebende, Fernandes e Machado (2013). Os resultados desta pesquisa indicaram correlação cruzada positiva para todas as escalas temporais entre as séries temporais de furto de veículos e roubo de veículos registrados diariamente em Salvador-BA e autocorrelação persistente de longo alcance. Acreditamos que a metodologia adotada neste artigo servirá como mais uma proposta de análise criminal e análise de séries temporais para pesquisadores, instituições públicas e/ou privadas interessados no tema.

PALAVRAS-CHAVE: Subtração de veículos, Séries temporais, autocorrelação, correlação cruzada.

ABSTRACT: This article aims to analyze the temporal dynamics of the occurrences of stolen vehicles and robbed vehicles in the city of Salvador-Bahia from 2004 to 2015. The aforementioned analysis will be carried out mainly with the differentiation of the cross-correlation coefficient detrended idealized tendency By Zebende, Fernandes e Machado (2013). The results of this research indicated a positive cross-correlation for all time scales between the time series of vehicle theft and vehicles robbery registered daily in Salvador-BA and persistent long-term autocorrelation. We believe that the methodology adopted in this article will serve as a further proposal of criminal analysis and semester analysis for researchers, public and / or private institutions interested in the subject.

KEYWORDS: Vehicle subtraction, time series, autocorrelation, cross correlation.

1 I INTRODUÇÃO

A descrição e modelagem de series temporais tem sido realizada em diversas áreas do conhecimento como: economia, física, astrofísica, engenhanhia, ciências sociais aplicadas, entre outras. Série temporal pode ser definida como um conjunto de observações ordenadas no tempo (MORETTIN; TOLOI, 2004). Com o adjvento do recurso computacional a construção e uso de novos modelos de séries temporais tem ocorrido com mais frequência pela comunidade científica.

Ao analisar uma série temporal um pesquisador pode estar interessado em investigar o mecanismo gerador da série; fazer previsão de movimentos futuros da série de curto, médio e longo prazo; descrever o comportamento da série; procurar periodicidade relevantes (MORETTIN; TOLOI, 2004).

O furto de veículo e o roubo de veículo por variados fatores de ordem social e econômica têm ocupado espaço relevante nas discussões de governantes e da comunidade científica. Neste contexto, é possível citar a pesquisa de Júnior (1996), Mccormilk, Plecas e Cohen (2007), Franco e Soares (2011), Sampaio e outros (2008), Porcino (2015), Machado (2009).

De acordo Fracco e Soares (2011), os roubos de veículos ocorridos, por exemplo, na sociedade carioca seja para venda de peças de veículos, ou para a prática de outros delitos caracterizam-se também como crimes frequentes. No município de Salvador-BA, essa realidade não difere. Atualmente, o furto de veículo e o roubo de veículo (Figura 1) fazem parte do rol dos principais delitos monitorados e registrados pela Secretaria Estadual de Segurança Pública da Bahia.

O furto de veículo e o roubo de veículo são os delitos com menores taxas de subnotificação porque o proprietário do veículo para acionar a seguradora ou recuperar o bem subtraído (furtado ou roubado) terá que registrar o evento junto a uma autoridade policial a partir de um boletim de ocorrência – BO (MACHADO, 2009). Kahn (2005) menciona em seu trabalho, alicerçado em pesquisas de vitimização realizadas no Brasil, que uma proporção de dois terços dos crimes ocorridos são registrados, os demais passam a fazer parte do fenômeno denominado sub-registro ou subnotificação. E para uma melhor compreensão sobre subnotificação e pesquisas de vitimização é possível consultar Kahn (2000) e Kahn (2002). A tabela 1 descreve o conceito dos delitos modelados nesta pesquisa.

Motivados com o que foi discutido até aqui o presente artigo tem como objetivo analisar a dinâmica das flutuações das séries temporais do número de veículos furtados e veículos roubados diariamente no município de Salvador-BA no período de 2004 a 2015, tendo como método de análise, principalmente, a diferenciação do

coeficiente de correlação cruzada sem tendência idealizado por Zebende, Fernandes e Machado (2013).

Com intuito de atender o objetivo supracitado, este artigo está estruturado em cinco seções: introdução, materiais e métodos, dados, resultados e discussão, considerações finais e referências.

Indicador	Conceito	Norma origem
Roubo de veículo	Soma de todas as ocorrências de roubo ("subtração de coisa móvel alheia, para si ou para outrem, mediante grave ameaça ou violência a pessoa, ou depois de havê-la, por qualquer meio, reduzido à impossibilidade de resistência") nas quais foram subtraído: veículo automotor terrestre sem carga transportada.	Código Penal, art. 157
Furto de veículo	Soma de todas as ocorrências de furto (subtração, para si ou para outrem, de coisa alheia móvel) nas quais foi subtraído veículo automotor terrestre.	Código Penal, art. 155

Tabela 1 – Indicadores criminais sistematizados pela Secretaria Nacional de Segurança Pública – SENASP contemplados nesta pesquisa.

Fonte: SENASP.]

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção abordaremos sobre métodos capazes de detector e mensurar autocorrelação e correlação cruzada em séries temporais não estacionárias em diferentes escalas de tempo, que são conhecidos na literatura como métodos da mecânica estatística.

2.1 *Detrended Fluctuation Analysis* – DFA

O *Detrended Fluctuation Analysis* – DFA é uma evolução da análise R/S clássica. A peculiaridade do DFA é permitir a identificação de auto-afinidade, e identificação de correlações de longo alcance em séries temporais com tendências. Auto-afinidade em matemática trata-se de fractal cujas partes são diferentes na direção x, y e z. Neste caso, para observar a auto-semelhança desse fractal, é necessário redimencioná-lo usando uma transformação anisotrópica (FEDER, 1988), (CRUZ, 2002). Já em uma série temporal existe auto-afinidade quando são mantidas as propriedades estatísticas observadas em diferentes escalas (MACHADO, 2014).

Desde a sua criação, o número de aplicações do DFA tem crescido em diversas

áreas do conhecimento. Apesar de orinalmente ter cido modelado em séries biológicas (PENG et al., 1994), é possível encontrar sua aplicação na literatura, por exemplo, no mercado financeiro (MANTEGA; STANLEY, 1995), (LIU et al., 1999), (PODOBNIK; STANLEY, 2008), (RUAN; ZHOU, 2011), (ZEBENDE; FERNANDES; MACHADO, 2013).

Passo 1 – Calcula-se o desvio padrão de cada registro em relação à incidência média da série completa, integrando o sinal u_i (série original) e obtendo-se a série integrada $y(k)$ pela seguinte expressão:

$$y(k) = \sum_{i=1}^{k} \left(u_i - \langle u \rangle\right); \qquad k = 1,2 \cdots N. \tag{1}$$

em que $\langle u \rangle$ denota o valor médio de u_i, e N, o total de pontos da série.

Passo 2 – Em seguida a série integrada $y(k)$ é dividida em intervalos de igual tamanho n não sobrepostos. E para cada intervalo de tamanho n, é preciso ajustar um polinômio de grau maior ou igual a 1 a $y(k)$, denotado por $y_n(k)$.

Passo 3 – Logo após, a série integrada $y(k)$ é subtraída de $y_n(k)$ em cada intervalo de tamanho n, com base na seguinte expressão:

$$F_{DFA}(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^{N} \left[y(k) - y_n(k)\right]^2} \tag{2}$$

e o cálculo anterior é repetido sistematicamente para diferentes amplitudes de tamanho n $\left(4 \le n \le \frac{N}{4}\right)$.

Passo 4 – Verificar se $F_{DFA}(n)$ tem comportamento do tipo $F_{DFA}(n) \approx n^{\alpha}$. Neste caso, α representa o expoente de correlação de longo alcance. Aplicando $\log$ em $F_{DFA}(n) = \alpha n^{\alpha}$, tem-se:

$$\log F_{DFA}(n) = \alpha \log a + \alpha \log n \tag{3}$$

No caso de séries temporais não correlacionadas (sem memória), espera-se $\alpha = 0{,}50$ caso comum em séries aleatórias. Se $\alpha > 0{,}50$, pode-se inferir que a série apresenta comportamento persistente de longo alcance. Caso $\alpha < 0{,}50$, espera-se um comportamento antipersistente. O expoente obtido pela modelagem do DFA permite avaliar em que medida as flutuações da série temporal passada implicam manutenção do comportamento das flutuações da série temporal futura, indicando um efeito de memória de longa duração na série (SOARES; MACHADO; QUINTELLA; ZEBENDE, 2008).

Na presente seção apresentamos brevemente os procedimentos metodológicos do DFA e na próxima seção será abordado o método capaz de identificar e mensurar

correlação cruzada, enquanto lei de potência.

2.2 *Detrended Cross-Correlation Analysis* – DCCA

Existem casos que o resultado de determinada série temporal sofre interferência não apenas dela mesma, mas também de outras séries e neste caso que a identificação e mensuração da correlação cruzada se faz necessária (MACHADO, 2014). É possível citar, como exemplo, a área financeira em que o risco é calculado tendo como indicador as matrizes de correlação para diferentes ativos (PODOBNIK et al., 2011). Se existir por parte do pesquisador interesse em identificar e mensurar correlação cruzada de longo alcance entre duas séries temporais em regime não estacionário com mesmo número de pontos N, pode-se modelar uma generalização do método DFA, denominado *Detrended Cross-Correlation Analysis* – DCCA (PODOBNIK; STANLEY, 2008).

Assim como o DFA, o DCCA tem sido aplicado em diversas áreas do conhecimento. É possível citar sua modelagem em áreas como: biologia (URSULEAN; LAZAR, 2009), finanças (PODOBNIK; STANLEY, 2008), economia (ZEBENDE; MACHADO, 2009), física (SHADKHOO; JAFARI, 2009) e climatologia (BRITO et al, 2015).

De posse de duas séries $\{y_i\}$ e $\{y'_i\}$ com o mesmo N (mesmo número de pontos), em regime não estacionário, é possível seguir os seguintes procedimentos para modelar o DCCA (PODOBNIK; STANLEY, 2008), (MACHADO, 2009), (MACHADO, 2014), (MACHADO; FERNANDES; ZEBENDE, 2014):

Passo 1: Integram-se as duas séries $\{y_i\}$ e $\{y'_i\}$ por meio das seguintes expressões,

$$\begin{aligned} R_K &= y_1 + y_2 + y_3 + \cdots + y_k \\ R'_K &= y'_1 + y'_2 + y'_3 + \cdots + y'_k \end{aligned} \tag{4}$$

em que K= 1,2,3 ... N.

Passo 2: Divide-se os sinais integrados R_K e R'_K em $(N-n)$ boxes (com superposição) de tamanho n, cada um contendo $(n+1)$ valores. Para ambas séries temporais, em cada box (que inicia em i e termina em $i+n$) definimos as "tendências locais", isto é, $\widetilde{R}_{K,i}$ e $\widetilde{R}'_{K,i}$ $(i \leq K \leq i+n)$ como sendo a ordenada do ajuste linear (processo dos mínimos quadrados) da série integrada.

Passo 3: Define-se a partir do cálculo precedente a covariância dos resíduos em cada intervalo,

$$f^2{}_{DCCA}(n,i) = \frac{1}{n+1}\sum_{i}^{i+n}\left(R_K - \tilde{R}_{K,i}\right)\left(R'_K - \tilde{R}'_{K,i}\right) \tag{5}$$

Passo 4: Determina-se a função de covariância sem tendência do método DCCA expressa como:

$$F^2_{DCCA}(n) \equiv \frac{1}{N-n}\sum_{i=1}^{N-n} f^2{}_{DCCA}(n,i) \tag{6}$$

Assim como o DFA, o procedimento anteriormente demonstrado, repetido sistematicamente para diferentes escalas temporais de tamanho n, torna possível verificar se existe lei de potência, isto é, se $F_{DCCA} \sim n^{\lambda}$ Em que λ denota o expoente de correlação cruzada de longo alcance. A modelagem do DCCA, por Podobnik e Stanley (2008), identificou a seguinte relação estatística entre os expoentes do método DFA e DCCA:

$$\lambda \cong \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \tag{7}$$

Na seção a seguir será apresentado o coeficiente de correlação cruzada sem tendência ρ_{DCCA} capaz de quantificar o nível de correlação cruzada entre duas séries temporais.

2.3 Coeficiente de correlação cruzada sem tendência *ρDCCA*

O coeficiente de correlação ρ_{DCCA} idealizado por Zebende (2011) é capaz de mensurar o nível de correlação cruzada entre duas séries temporais, em regime não estacionário. A modelagem do ρ_{DCCA} tem como base o DFA (PENG et al., 1994) e o DCCA (PODOBNIK; STANLEY, 2008). De acordo com Zebende (2011), o expoente obtido com a modelagem estatística do DCCA quantifica a correlação cruzada sem tendência como uma lei de potência, porém não mensura o nível da correlação cruzada.

O ρ_{DCCA} trata-se de um coeficiente de correlação cruzada que permite a estimação da correlação cruzada entre duas séries temporais de igual tamanho N em diferentes escalas tempo, assim como outros coeficientes, com variação limitada entre -1 a 1 inclusive $(-1 \leq \rho_{DCCA} \leq 1)$. De modo que -1 denota anticorrelação perfeita e 1 correlação perfeita. E o ρ_{DCCA} = 0 significa que não existe correlação cruzada.

A modelagem do ρ_{DCCA}, em diferentes escalas de tempo de tamanho n, é definida como a relação entre a função de covariância sem tendência do método DCCA e a função de variância sem tendência do método DFA, pode ser denotada pela seguinte expressão (ZEBENDE, 2011), (KRISTOUFEK, 2013); (GUEDES; ZEBENDE; MACHADO, 2015), (FERNANDES, et al. (2015):

$$\rho_{DCCA}(n) = \frac{F^2{}_{DCCA}(n)}{F_{DFA_1}(n)F_{DFA_2}(n)} \tag{8}$$

2.4 Diferenciação do coeficiente de correlação cruzada sem tendência *ρDCCA*

Como mencionado anteriormente, segundo Podobnik e Stanley (2008), existe a seguinte relação estatística entre o expoente α de autocorrelação do método DFA e o expoente λ de correlação cruzada do método DCCA:

$$\lambda \cong \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \tag{9}$$

O trabalho de Zhou (2008), por exemplo, encontrou resultado diferente do obtido na equação 9. Entretanto, antes do trabalho de Zebende, Fernandes e Machado (2013) não existiam na literatura trabalhos que definissem uma relação bem estabelecida entre os expoentes do método DFA e DCCA. Segundo Zebende, Fernandes e Machado (2013), é possível estabelecer uma relação estatística entre os supracitados expoentes, via diferenciação do coeficiente de correlação cruzada ρ_{DCCA}.

Sabemos que o coeficiente de correlação cruzada sem tendência é definido pela seguinte expressão:

Expressão I $$\rho_{DCCA}(n) = \frac{F^2{}_{DCCA}(n)}{F_{DFA_1}(n)F_{DFA_2}(n)} \tag{10}$$

A relação estatística entre os expoentes de autocorrelação e correlação cruzada foi definida com as seguinte expressões (ZEBENDE; FERNANDES; MACHADO, 2013):

Expressão II $$F_{DFA_1}(n)K_1 n^{\alpha_1}\ ,\ F_{DFA_2}(n)K_2 n^{\alpha_2} \tag{11}$$

Expressão III $$F^2{}_{DCCA}(n)K_3 n^{2\lambda} \tag{12}$$

em que K_1, K_2 e K_3 denotam constantes diferentes de zero. A partir da expressão I e expressão II temos:

Expressão IV $$\rho_{DCCA}(n) = Kn^{2\lambda-\alpha_1-\alpha_2} \tag{13}$$

de modo que $$K \equiv \frac{K_3}{K_1 K_2} \tag{14}$$

estabelecendo $y \equiv \log \rho_{DCCA}(n)$ e $x \equiv \log(n)$ então a partir da expressão IV temos:

$$\frac{dy}{dx} = 2\lambda - \alpha_1 - \alpha_2 \tag{15}$$

Analisando a expressão acima podemos ter três possibilidades:

$$\lambda = (\alpha_1 + \alpha_2)/2, \tag{16}$$

$$\lambda < (\alpha_1 + \alpha_2)/2 \tag{17}$$

e

$$\lambda > (\alpha_1 + \alpha_2)/2. \tag{18}$$

Para Zebende, Fernandes e Machado (2013), existe a seguinte relação estatística entre os expoentes dos métodos DFA e DCCA, via diferenciação do ρ_{DCCA}:

a) Se $\frac{dy}{dx} = 0$, então $\lambda = (\alpha_1 + \alpha_2)/2;$ (19)

b) Se $\frac{dy}{dx} = \xi (\xi \in R)$ neste caso, $\lambda = (\xi + \alpha_1 + \alpha_2)/2$ ou $\lambda \neq (\alpha_1 + \alpha_2)/2.$ (20)

A relação estatística entre os expoentes dos métodos DFA e DCCA, via diferenciação do ρ_{DCCA} pode ajudar no entendimento das correlações na presença da não estacionariedade (ZEBENDE; FERNANDES; MACHADO, 2013). E tal propriedade foi comprovada na pesquisa de Machado (2014).

Com o objetivo de contemplar o objetivo desta pesquisa na próxima seção aplicaremos o DFA, DCCA, ρ_{DCCA} e a diferenciação do ρ_{DCCA} na série de veículos roubados e veículos furtados em Salvador-BA no período de 2004 a 2015.

3 I DADOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

Elegemos como objeto de estudo os furtos de veículos e os roubos veículos registrados diariamente na capital baiana no período de 2004 a 2015 (Figura 1). Salvador , a primeira capital do Brasil, tem uma população estimada de 2.938.092 habitantes com uma densidade demográfica de 3.859,44 habitantes por KM^2 (IBGE, 2016) com uma frota de 920.454 veículos e que deste universo 68,03% é de automóvel que no ano de 2015 representou 76,09% dos veículos subtraídos (furtados+roubados).

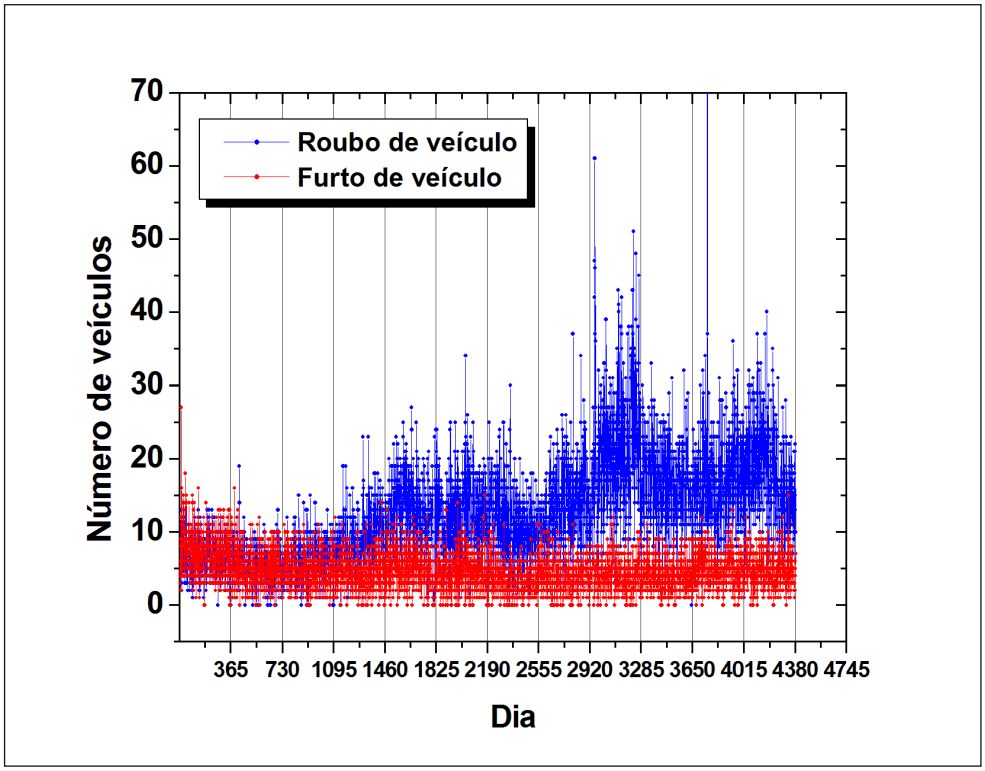


Figura 1 – Furto de veículos e roubo de veículos registrados diariamente em Salvador-BA, 2004 a 2015.

Fonte: Secretaria de Segurança Pública-SSP-BA.

Para contemplar oobjetivo desta pesquisa, foram modelados o DFA, o DCCA (Figura 2) o ρ_{DCCA} e a diferenciação do ρ_{DCCA} (Figura 3). O DFA identificou comportamento persistente nas séries objetos de estudo $(\alpha > 0{,}50)$ (Figura 2). Já o DCCA apresentou correlação cruzada positiva para todas escalas temporais, enquanto lei de potência (Figura 2).

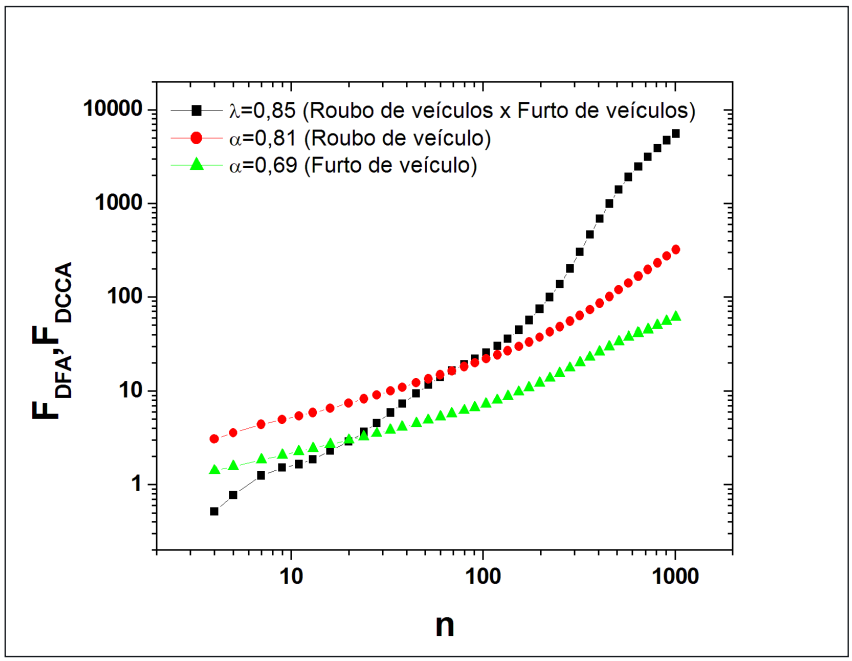


Figura 2 – Autocorrelação (DFA), correlação cruzada (DCCA) das séries furto de veículos e roubo de veículos registrados diariamente em Salvador-BA de 2004 a 2015.

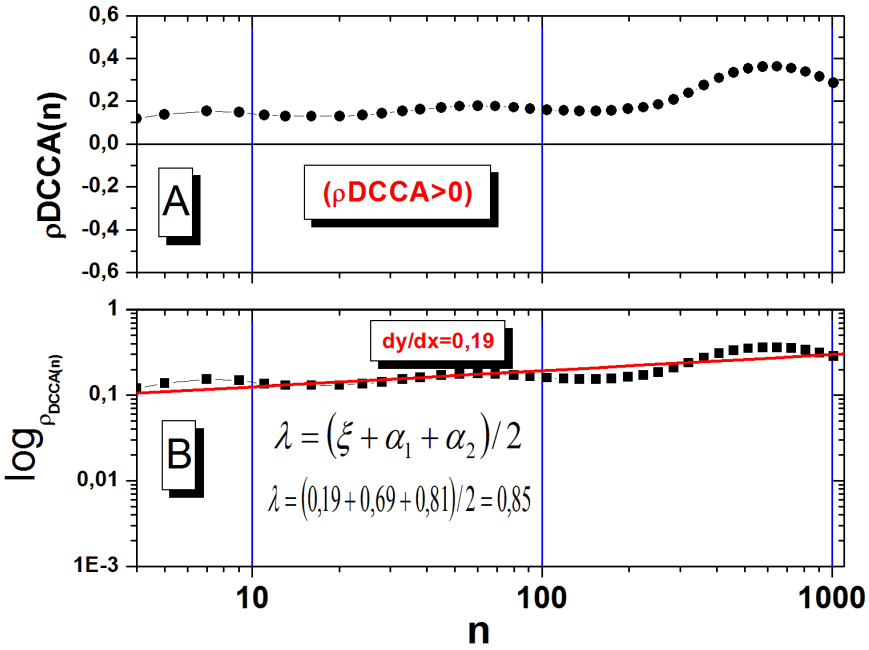


Figura 3 – "A" Correlação cruzada sem tendência entre as séries do número de veículos furtados e o número de veículos roubados diariamente em Salvador-BA, 2004 a 2015. "B" Diferenciação do coeficiente de correlação cruzada sem tendência do ρDCCA entre as séries do número de veículos furtados e o número de veículos roubados diariamente em Salvador-BA, 2004 a 2015.

Com o objetivo de mensurar o nível de correlação cruzada entre as séries de furto de veículos e roubo de veículos em Salvador de 2004 a 2015 foi utilizado o ρ_{DCCA} (Figura 3-A). Após a definição dos valores do ρ_{DCCA} para diferentes escalas de tempo, foi realizado a diferenciação do ρ_{DCCA} (Figura 3 B). O ρ_{DCCA} identificou correlação cruzada positiva para todas escalas temporais ($\rho_{DCCA} > 0$) (Figura-A). Com esses valores é possível dizer que, existindo um aumento ou redução nas flutuações do furto de veículos espera-se a longo prazo um aumento nas flutuações da série temporal do roubo de veículo e virce versa.

A diferenciação do ρ_{DCCA} (Figura 3-B) convergiu para os resultados obtidos por Zebende, Fernandes e Machado (2013). Neste caso, o expoente de correlação cruzada do métoda DCCA não se apresentou como a média dos expoentes de autocorrelação das duas séries analisadas e sim $\lambda = (\xi + \alpha_1 + \alpha_2)/2$ (Figura 3 B). Com esse resultado comprovamos a relação estatística entre os expoentes do DFA e o DCCA, de acordo com Zebende, Fernandez e Machado (2013) e de certa forma validamos os resultados obtidos na presente pesquisa (Figura 2 e Figura 3-A).

4 I CONCLUSÕES

Atualmente em algumas capitais do Brasil o furto de veículo e o roubo de veículo por diversos fatores de ordem econômica social e política têm ocorrido com

frequência e monitorados no espaço e no tempo. A presente pesquisa teve como objetivo analisar a dinâmica temporal das séries diárias dos veículos furtados e veículos roubados na capital baiana no período de 2004 a 2015 (Figura 2 e Figura 3) utilizando como método de análise, principalmente, a diferenciação do ρ_{DCCA} modelado por Zebende, Fernandes e Machado (2013).

O DFA identificou autocorrelação de longo alcance persistente para todas as escalas temporais (Figura 2). Já modelagem com o DCCA apresentou correlação cruzada positiva, emquanto lei de potência (Figura 2). Como o DCCA não mensura o nível da correlação cruzada, nesta pesquisa mensuramos correlação cruzada sem tendência com o ρ_{DCCA} nas séries dessa pesquisa apresentou correlação cruzada sem tendência positiva (Figura 3-A). Esse resultado indica que se existir um aumento ou redução nas ocorrências do furto de veículo no município de Salvador esse comportamento tende a ocorrer no roubo de veículo em longo prazo.

Os resultados da diferenciação do ρ_{DCCA} (Figura 3-B), convergiram para os resultados apresentados por Zebende, Fernandes e Machado (2013).

Por fim, como trabalho futuro, pretendemos desenvolver um estudo que tenha como propósito a identificação de fatores associados à incidência do furto de veículos e roubo de veículos na capital baiana como a marca do veículo, cor do veículo, sexo do portador e/ou dono veículo, local do furto ou roubo, e valor estimado dos veículos subtraídos e demais variáveis.

REFERÊNCIAS

BRITO, A. A. et al. Análise temporal de dados climatológicos de Feira de Santana-BA: Uma abordagem com métodos da mecânica estatística. In: Workshop PTI e I SIINTEC, 2015, Salvador. Anuário do Workshop PTI e I SIINTEC, 2015.

CRUZ, T. S. Leis de escala e dimensão fractal em filmes: microscopia de força atômica e técnicas eletroquímicas. Tese (Doutorado em Física) - Universidade estadual de campinas, Campinas-SP, 2002.

FEDER, J. Fractals. New York,: Plenum Press, New York, 1988.

FERNANDES, M. S. et al. Quantifying cross-correlation between Ibovespa and Brazilian blue-chips: The DCCA approach. Physica. A, v. 424, p. 124-129, 2015.

FRACCO, A. G; SOARES, R. S. Variação temporal e espacial dos casos de roubo de veículos nos bairros do Maracanã, Tijuca e Vila Isabel, no município do Rio de Janeiro-RJ. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE, 2011.

GUEDES, E. F.; ZEBENDE, G. F.; MACHADO, A. Análise temporal dos indicadores da indústria de transformação da Bahia: Uma abordagem com métodos da mecânica estatística. Conjuntura & Planejamento, v. 186, p. 34-43, 2015.

JÚNIOR, W. N. S. Responsabilidade civil do estado por furto de veículo. Revista de direito e Administração, Rio de Janeiro, n. 203 p.59-69, 1996.

KAHN, Túlio. Estatística de criminalidade: Manual de interpretação. Coordenadoria de Análise e Planejamento - CAP, Secretaria de Segurança Pública de São Paulo, 2005.

KAHN, Túlio. Medindo a Criminalidade: Um panorama dos principais métodos e projetos existentes. Seminário do IPEA. Rio de Janeiro, Junho 2000.

KAHN, Túlio. Pesquisa de vitimização 2002 e avaliação do PIAPS. ILANUD FIA – USP. Gabinete de Segurança Institucional, 2002.

KRISTOUFEK, L. Long-Range Cross-Correlations: Tests, estimators and applications. Tese (Doutorado) Charles University in Prague Faculty of Social Sciences Institute of Economic Studies, 2013.

LIU, Y. The statistical properties of the volatility of price fluctuations. Physical Review E, v. 60, p. 1390-1400, 1999.

MACHADO, A. Autocorrelação e correlação cruzada: teorias e aplicações. 2014. 127 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Salvador, 2014.

MACHADO, A.; FERNANDES, M. da; ZEBENDE, G. F. Autocorrelation and crosscorrelation in time series of homicide and attempted homicide. Physica A, v. 400, p. 12-19, 2014.

MANTEGNA, R.; STANLEY, H. Scaling behavior in the dynamics of an economic index. Nature, v. 367, p. 46-49, 1995.

MCCORMICK, A.V; PLECAS, D; COHEN, I.M. Motor Vehicle Theft: An Analysis of Recovered Vehicles in the Fraser Valley. School of Criminology and Criminal Justice, University College of the Fraser Valley, 2007.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. Análise de séries temporais. São Paulo: ABE - Projeto Fisher. Editora Edgard Blucher LTDA, 2004.

PODOBNIK, B.; JIANG, Z.-Q.; ZHOU, W.-X.; STANLEY, H. Statistical tests for power-law cross-correlated processes. Physical Review E, v. 84, p. 066118, 2011.

RUAN, Y. P.; ZHOU, W. X. Long-term correlations and multifractal nature in the intertrade durations of a liquid chinese stock and its warrant. Physica A, v. 390, p. 1646-1654, 2011.

SHADKHOO, S.; JAFARI, G. Multifractal detrended cross-correlation analysis of temporal and spatial seismic data. The European Physical Journal, v. 72, p. 679-683, 2009.

SOARES, J. S. J. et al. Uma análise estatística dos indicadores de criminalidade de Salvador. Conjuntura & Planejamento, Salvador, n. 161, p. 40-49, 2008.

SOARES, J. S. J.; MACHADO, A.; QUINTELLA, R. H.; ZEBENDE, G. F. Uma análise estatística dos indicadores de criminalidade de Salvador. Conjuntura & Planejamento, v. 161, p. 40-49, 2008.

URSULEAN, R.; LAZAR, A. Detrended cross-correlation analysis of biometric signals used in a new authentication method. ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING, v. 89, p. 55-58, 2009.

ZEBENDE, G. F. Dcca cross-correlation coefficient: Quantifying level of cross-correlation. Physica A, v. 390, n. 2, p. 614-618, 2011.

ZEBENDE, G. F.; FERNANDES, M. da; MACHADO, A. Dcca cross-correlation coefficient differentiation: Theoretical and practical approaches. Physica A, v. 392, p. 1756-1761, 2013.

ZEBENDE, G. F.; MACHADO, A. Cross-correlation between time series of vehicles and passengers. Physica A, v. 388, p. 4863-4866, 2009.

CAPÍTULO 4

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA VARIABILIDADE: UMA EXPERIÊNCIA VIVENCIADA NA DOCÊNCIA DE MATEMÁTICA NO 3º ANO DE UM COLÉGIO PÚBLICO

Data de aceite: 17/03/2020

Gilson De Almeida Dantas
Unijorge E Fundação Visconde De Cairu

Luiz Márcio Santos Farias
Universidade Federal Da Bahia

Aloísio Machado Da Silva Filho
Universidade Estadual De Feira De Santana

RESUMO: O objetivo deste artigo é propor uma sequência didática para o aprendizado de estatística, tendo como sujeitos da pesquisa, alunos do ensino médio de um colégio público localizado na cidade de Salvador-BA, com destaque para o estudo das medidas de variabilidade: Amplitude total, Desvio padrão e Coeficiente de variação de Pearson. Para identificar o grau dos alunos no aprendizado dessas medidas, realizamos atividades avaliativas, mediante uso de questionário impresso, durante a aplicação de uma sequência didática. Os resultados mostraram que, apesar das dificuldades encontradas, durante o desenvolvimento da pesquisa, a construção da sequência didática se mostrou uma prática com relevante contribuição pedagógica para ampliação dos conhecimentos dos sujeitos da pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Estatística, Medidas de dispersão, Matemática.

A DIDACTIC SEQUENCE FOR VARIABILITY TEACHING: AN EXPERIENCE IN MATH TEACHING IN THE 3RD YEAR OF A PUBLIC SCHOOL

ABSTRACT: The aim of this paper is to propose a didactic sequence for the learning of statistics, having as research subjects high school students from a public college located in Salvador-BA, with emphasis on the study of the measures of variability: Total amplitude, standard deviation and Pearson's coefficient of variation. In order to identify the degree of students in learning these measures, we performed evaluative activities using a printed questionnaire during the application of a didactic sequence. The results showed that, despite the difficulties found during the development of the research, the construction of the didactic sequence proved to be a relevant practice with pedagogical contribution to broaden the knowledge of the research subjects.

KEYWORDS: Statistical Education, Dispersion Measures, Mathematics.

1 I INTRODUÇÃO

Uma abordagem crescentemente quantitativa, da área de conhecimento

utilizada em todas as ciências, tem levado a Estatística a ser uma das ferramentas mais utilizadas atualmente em diversas áreas e em muitas atividades que afetam diretamente nossas vidas. Seus estudos têm avançado rapidamente e, com seus processos e técnicas, têm contribuído para a organização dos negócios e recursos do mundo moderno. Segundo Cordani (2012), o verbete Estatística foi introduzido no século XVIII, com origem na palavra status (Estado), e serviu inicialmente a objetivos ligados à organização político-social, para possibilitar cobrança de impostos e efetuar registros de nascimento e morte e também para fins bélicos. Somente no século XX seus métodos foram incorporados à pesquisa científica e empírica, pela capacidade inferencial de suas técnicas, bem como pelo auxílio na tomada de decisões em condições de incerteza (CAZORLA, 2010).

Atualmente, nossa capacidade de lidar com informações numéricas aumentou significativamente com o advento de computadores com grande capacidade de processamento e armazenamento. Esse avanço da informática ao facilitar a aquisição de uma variedade de computadores,vem possibilitando a execução de modelos estatísticos por pequenas empresas, estudantes de universidades e até mesmo em cursos secundários. Nesse sentido, Gazorla (2002), defende que é preciso a alfabetização estatística, com o objetivo de evitar o uso indiscriminado das técnicas que podem levar a conclusões erradas e que poderão resultar em um preço alto para a empresa, instituição e até mesmo para a sociedade.

A Estatística é uma ferramenta de orientação importante para a tomada de consciência dos indivíduos frente aos desafios que podem influenciar importantes tomadas de decisões. Nesse aspecto, o conhecimento estatístico deve ser iniciado na Educação Básica, com o objetivo de formar cidadãos capazes de ler, compreender, criticar e comparar dados estatísticos. Segundo Lopes (2008), todos os cidadãos deveriam dominar conhecimentos básicos de Estatística que permitisse se integrar na sociedade atual. Esta relevância tem levado as propostas curriculares de matemática a justificar a importância desses temas na formação dos estudantes, pontuando o que deve ser desenvolvido para que se adquira uma aprendizagem significativa de forma que possam realizar análises e tomar decisões em diversas situações do cotidiano.

Para Gal (2002), a necessidade de reduzir dados a fim de identificar características e tendências obriga a sociedade a uma compreensão crítica das informações e/ou resultados relatados ou alegações baseadas em dados. Nesse sentido, o autor destaca que é preciso ter um mínimo de conhecimento estatístico e competências matemáticas, que fundamentem as investigações estatísticas, e salienta o estudo da variabilidade como um dos mais relevantes para a maioria dos estatísticos. E, além disso, qualquer estudo estatístico somente é justificado na presença da variabilidade, porque não há sentido algum estudar algo que é

constante. Sobre as competências matemáticas, Gal (2002) lembra a relevância que se deve atribuir ao cálculo e interpretação da média aritmética, pois, a partir dela, é possível compreender a influência de valores extremos sobre os resultados desse cálculo.

Segundo Borin (2007), quanto mais uma disciplina de Estatística estimular o desenvolvimento do pensamento estatístico, maiores serão as chances de que as gerações futuras estejam mais capacitadas para interpretar e avaliar criticamente as informações estatísticas, em que o elemento central das definições publicadas sobre o pensamento estatístico é a variação. Conteúdo essencial para que um indivíduo desenvolva competência para argumentar ou informar seu entendimento frente a tais informações e, com isso, seja capaz de opinar e fazer considerações sobre a confirmação das conclusões fornecidas.

Borin (2007) explica que é imprescindível preparar os professores de Matemática para lidar com o conteúdo de Estatística, pois a variabilidade deveria ser enfatizada de maneira central desde as séries iniciais até o ensino médio e o início da graduação, tarefa que pode ser difícil para o professor de Matemática que, possivelmente, cursou apenas uma disciplina de Estatística em sua formação.

Com a incorporação dos conceitos básicos de Estatística à estrutura curricular da disciplina Matemática, inicialmente no Ensino Fundamental, com a finalidade de fazer com que o aluno venha a construir procedimentos para coletar, organizar, comunicar e interpretar dados, utilizando tabelas e gráficos (BRASIL, 1997), e, logo em seguida, no ensino médio (BRASIL, 2002), o estudo da Estatística passa a ser mais explorado, levando o estudante não somente a conhecer mais seus conceitos básicos como também a ser capaz de refletir criticamente sobre seus significados, a solucionar problemas, fazer inferências e tomar decisões em sua vida pessoal e profissional.

O estudo da Estatística ganha notoriedade com a implantação dos novos Parâmetros Curriculares Nacionais – **PCN's**, que dão ênfase à Estatística como um conjunto de ideias e procedimentos que possibilitam aplicar a Matemática em questões do mundo real, em especial aquelas provenientes de outras áreas.

De acordo com Lopes (2008), é necessário desenvolver uma prática pedagógica na qual sejam propostas situações em que os estudantes realizem atividades, as quais considerem seus contextos socioambientais e possam observar e construir os eventos possíveis, por meio de experimentação concreta de coleta e organização de dados.

Considerando a relevância do estudo da Estatística na formação dos estudantes no ensino médio, e tendo como alicerce os conteúdos apontados nas propostas curriculares de matemática no eixo Análise de Dados (BRASIL, 2002), que tem como um de seus objetivos capacitar o aluno para compreender e interpretar situações,

para se apropriar de linguagens específicas, argumentar, analisar, avaliar, tirar conclusões próprias, tomar decisões e generalizar (BRASIL, 2002), buscamos, a partir da aplicação de uma sequência didática, a aprendizagem de Estatística, principalmente com relação aos conceitos de medidas de variabilidade, com destaque para Amplitude, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação de Pearson.

Nesta pesquisa, a sequência didática foi estabelecida por meio de uma experimentação que objetivava analisar o comportamento do consumo de energia elétrica na comunidade onde os sujeitos da pesquisa moravam. O tema foi selecionado devido a sua relevância social e econômica e por se mostrar adequado para o estudo da variabilidade e paralelamente conscientizar os alunos sobre a necessidade do consumo consciente de energia elétrica.

A fim de atender aos objetivos desta pesquisa, este artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2, apresentamos conceitos básicos sobre situações didáticas, sequência didática e níveis de co-determinação didática, que nos serão úteis na elaboração do planejamento dos conteúdos elencados. Na seção 3, apresentamos a teoria relativa à variabilidade de um conjunto de dados, os modelos matemáticos e a metodologia aplicada no desenvolvimento do trabalho junto aos alunos. Na seção 4, são analisados os resultados com as discussões. Por fim, na seção 5, indicamos conclusões e perspectiva de trabalhos futuros.

2 I REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Situações Didáticas

Na perspectiva de Pais (2005), um dos objetivos da educação matemática é contribuir para que o aluno possa desenvolver certa autonomia intelectual para compreender e participar do mundo em que ele vive. Nesse sentido, o espaço e o tempo da aula representam apenas uma parcela dos possíveis momentos de aprendizagem. O desafio didático consiste em prever alguns elementos indicativos de uma possível progressão da aprendizagem escolar para situações em que não há o controle direto do professor. Neves e Farias (2013) descrevem que o estudo de uma situação de ensino deve abranger e considerar todos os níveis, principalmente sobre as condições de ensino e aprendizagem. Essas condições são importantes na abordagem construtivista para evidenciar a importância do papel ativo do estudante.

Machado (2002) destaca que o significado do saber matemático escolar para o aluno é fortemente influenciado pela forma didática com que o conteúdo lhe é apresentado. O envolvimento do aluno dependerá da estruturação das diferentes atividades de aprendizagem por meio de uma situação didática.

Neves e Farias (2013) destacam que uma *situação didática* é um conjunto de intenções (implícitas ou explicitas) entre um estudante ou um grupo de estudantes, em

um meio, e um professor com a possibilidade de proporcionar a esses estudantes um saber matemático construído. Estes três elementos, professor, aluno e saber podem não ser suficientes para entender por completo o conteúdo em questão: precisa-se de uma vinculação com outros recursos didáticos, para que se compreenda o tema em discussão, como por exemplo, a forma como o professor ensina, os métodos utilizados ou a disposição da matéria. É muito importante que o professor saiba apresentar a disciplina para que os alunos se interessem e vejam o conteúdo na sua realidade, caso contrário este conteúdo poderá ficar cada vez mais distante e eles não assimilarão os assuntos pretendidos.

A situação didática é formada por atividades a fim de que o aluno vivencie as experiências necessárias ao desenvolvimento de competências e habilidades fazendo com que a aprendizagem seja significativa. Valoriza a investigação, a integração, a cooperação e incentivar a ação do aluno. Estimula a cooperação entre o grupo (alunos e professor) e busca o desenvolvimento de habilidades como características básicas do processo de aprendizagem. Apesar da situação didática ser pensada como um instrumento que possibilite ao aluno construir o saber, cabe ao professor planejar os dispositivos didáticos que propiciem a evolução intelectual dos alunos (ALMEIDA, 2014).

Para Brousseau (1986), as situações devem ser concebidas de maneira a provocar o aparecimento dos conhecimentos que os alunos trazem, em respostas, espontâneas ou não, e em condições apropriadas. Elas devem ser, porém, sem nenhuma relação visível para o aluno, com uma intenção didática desejada e sem qualquer intenção complementar.

2.2 Sequências Didáticas

A sequência didática é um conjunto de atividades, estratégias e intervenções propostas relacionadas a um conteúdo, com uma ordem de desenvolvimento. O francês Guy Brousseau, um dos pioneiros em pesquisas sobre como os alunos aprendem Matemática, desenvolveu a Teoria das Situações Didáticas que se baseia no princípio de que ‘’cada conhecimento ou saber pode ser determinado por uma situação’’, entendia como uma ação entre duas ou mais pessoas. As sequências se caracterizam por uma série de situações planejadas ao longo de uma quantidade prefixada de aulas. Essas situações têm como objetivo tornar possível a aquisição de saberes sem esgotar o assunto trabalhado. Desse modo, uma sequência didática não pode, a *priori*, ter seu tempo de duração estipulado de acordo com o programado, pois o seu cumprimento leva em conta as necessidades e as dificuldades dos alunos durante o processo.

As sequências didáticas podem ser usadas em qualquer disciplina ou conteúdo,

pois auxiliam o professor a organizar o trabalho na sala de aula de forma gradual, partindo de níveis de conhecimento que os alunos já dominam para chegar aos níveis que eles precisam dominar. Para que a sequência didática atinja seus objetivos, é preciso ter conhecimento sobre o conteúdo que se quer ensinar e conhecer o grau de aprendizagem que os alunos possuem. Assim, será possível organizar de tal maneira que não fique muito fácil, o que poderá desestimular os alunos, por não apresentar desafios, nem muito difícil, impedindo-os de concluir a atividade.

É possível organizar, executar e analisar uma sequência didática em qualquer nível de ensino, respeitando as especificidades dos envolvidos e os objetivos a serem alcançados. Nesse sentido, acredita-se que haja avanço na apropriação do ensino, que as concepções dos estudantes possam ser conhecidas, permitindo as intervenções dos docentes assim que necessárias. Sendo assim, uma ação democrática aos discentes. Por meio de uma sequência didática, o docente que tenha fragilidade em algum conhecimento pode ter a oportunidade de adquiri-lo enquanto se prepara para lecionar tal tema.

2.3 Níveis de co-determinação Didática

Segundo Carvalho e Bellemain (2012), o fenômeno de co-determinação didática é definido como a relação entre as organizações matemática e didática. Desta forma, um determinado saber está situado numa escala hierárquica em que cada nível se refere a uma realidade e determina a ecologia dessas organizações. Os processos didáticos são oriundos de necessidades das sociedades, de modo que cada período da história possui demandas sociais, políticas e econômicas peculiares, e a Educação reflete essa questão, principalmente a Educação escolar.

Mendes (2014), destaca que cada nível colabora de maneira condicional e que termos de cada nível de co-determinação didática mantém relações (limitadas, legitimadas, influenciadas, restritas, condicionais e impedidas) para com esses objetos de estudos. Com base na Teoria Antropológica do Didático – TAD, a atividade de estudo não é isolada do mundo das atividades sociais, nem da dinâmica das instituições.

A teoria possui nove níves que se interrelacionam mutualmente desde os níveis genéricos: *Civilisation* (Civilização); *Société* (Sociedade); *Ecole* (Escola); *Pédagogie* (Pedagogia), para os níveis específicos no âmbito da matemática: *Discipline* (Disciplina); *Domaine* (Área); *Secteur* (Setor); *Thème* (Tema) e *Sujet* (Assunto).

A Figura 2.1 a seguir mostra, de forma esquemática, os níveis de determinação didática.

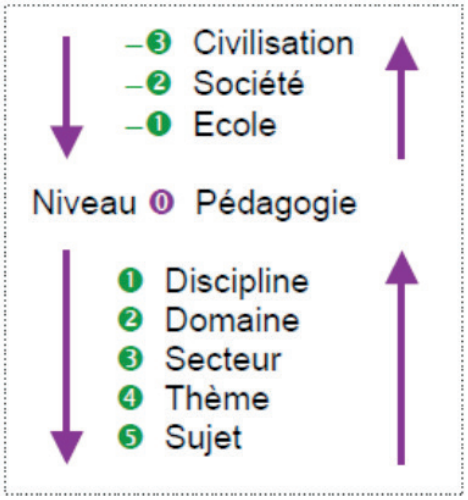


Figura 2.1 - Escala dos níveis de co-determinação didática. Fonte: (CHACÓN, 2008, p. 73).

Na figura 2.1, a seta dupla destaca que a criação, ou modificação, de uma condição em um determinado nível – por exemplo, o escolar – pode fazer a diferença em níveis mais baixos como no pedagógico, mas também em níveis mais altos como no das sociedades ou mesmo das civilizações (CHEVALLARD, 2009).

Desta forma, é indispensável que haja compreensão e que se estabelaça relações entre esses níveis de determinação didática (Figura 2.1), pois uma educação pautada na dialogicidade ocorre numa relação de humildade, encontro e solidariedade, ou seja, uma relação horizontal de muita confiança. O contexto social-políticoeconômico-cultural do educando deve ser bem considerado ao se pensar em traçar os conteúdos programáticos. Nesse sentido, numa relação horizontal, a educação terá sentido, pois prolongará o projeto de cada um, enriquecendo-os de motivação.

3 I MATERIAIS E MÉTODOS

A motivação da proposta está em promover um caráter investigativo e exploratório, proporcionando um desafio para os estudantes a partir do desenvolvimento de atividades com referência na realidade, de modo que eles próprios descobrissem padrões e atribuíssem significado ao conteúdo programático de Estatística, seja por meio de interpretação e avaliação crítica de informações estatísticas, ou a partir das considerações feitas acerca da aceitação das conclusões fornecidas.

3.1 Variabilidade

A média aritmética é muito utilizada no cotidiano, é a mais intuitiva dentre os termos estatísticos. Pode ser considerada uma medida de tendência central, pois localiza valores médios dentre os maiores e menores valores de uma série de dados.

A média de uma série de valores numéricos é calculada somando-se todos estes valores e dividindo-se o resultado pelo número de elementos somados, o resultado dessa divisão será considerado a média aritmética dos termos. É um quociente geralmente representado pelo símbolo $\bar{x}$. Se considerarmos uma série de *n* valores de uma variável *x,* a média aritmética simples será determinada pela expressão:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \ , \qquad (3.1)$$

em que denota a média e *n* o número de termos da série ou observações (FONSECA, 1999).

A média aritmética tem tanto vantagens práticas como teóricas. É simples de calcular e a soma dos desvios observados da média, revelada em termos de números positivos e negativos, deve ser igual a zero, o que fornece uma maneira simples de verificar os cálculos.

Outra medida simples e muito eficaz é a amplitude total. É a medida de variação que permite observar a variação geral de uma série. Pode ser simbolizada pela letra "A" e é definida como a diferença entre o valor maior e o valor menor de um grupo de observações, isto é:

$$A = X_{max} - X_{min}. \qquad (3.2)$$

A amplitude total é uma medida de dispersão que não possui uma medida de tendência central como ponto de referência. Ela não representa uma variação em torno de alguma medida, trata simplesmente de uma variação global, o que a torna a única medida de variação intuitiva, pois observa apenas o valor máximo e o valor mínimo de uma série. É o primeiro passo para definir a sensibilidade de uma série, pois aquela que apresentar a menor amplitude apresenta um conjunto mais concentrado, mais homogêneo apresentando menor risco. Porém, como seu cálculo utiliza apenas as variações extremas (maior e menor valor da série), não avaliando os valores intermediários, ela não é uma medida completa de variação.

A medida de variação mais usada, que pode ser considerada como uma medida de variabilidade dos dados de uma série é o desvio padrão. Ele mede a dispersão dos valores individuais em torno da média. Quanto menor for seu valor, mais homogêneas são as observações em relação à média, indicando maior densidade ou concentração dos valores da série em torno da média. Se ele alcançar seu valor mínimo 0 (zero), não existirá variabilidade na série, ou seja, todos os valores são iguais a média. Portanto, para seu cálculo deve-se obter a média aritmética da série, em seguida, determinar o quadrado dos desvios. O desvio padrão é a raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos desvios, estes tomados a partir da média aritmética, é escrito da seguinte forma:

$$s=\sqrt{\frac{(x_1-\bar{x})^2+(x_2-\bar{x})^2+(x_3-\bar{x})^2+\cdots+(x_n-\bar{x})^2}{n-1}}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}}. \quad (3.3)$$

A equação 3.3 denota a fórmula para o cálculo do desvio padrão e aplica-se à amostra, mas, substituindo $\bar{x}$. por μ e *n-1* por *N*, obtemos fórmula análoga para o desvio padrão de uma população. É comum denotar o desvio padrão populacional por σ (*sigma* minúsculo, letra grega correspondente ao *s*), quando dividimos por *N*, obtemos:

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i-\mu)^2}{N}}.. \quad (3.4)$$

O desvio padrão permite uma interpretação direta da variação de um conjunto de dados, pois é expresso na mesma unidade da variável objeto de estudo. Um valor de desvio padrão alto indica que os dados estão espalhados por uma gama de valores.

Quando se deseja comparar a variação de conjuntos de observações que diferem na média ou são medidos em grandezas de unidades diferentes o coeficiente de variação, também denominado de coeficiente de dispersão, possui aplicações para comparar a precisão de diferentes experimentos. Pode ser obtido a partir da seguinte expressão (FONSECA, 1996):

$$\mathrm{CV}=\frac{\sigma}{\mu} \quad (3.5)$$

para valores populacionais e

$$\mathrm{CV}=\frac{s}{\bar{x}} \quad (3.6)$$

para as informações de uma amostra. Para simplicidade de cálculo, pode-se multiplicar o resultado obtido por 100, obtendo-se uma percentagem de variação da medida.

O coeficiente de variação é uma medida relativa de variabilidade. É adimensional e, portanto, permite comparar experimentos cujas unidades de medida são diferentes. Desta forma, a partir do CV é possível concluir qual dos conjuntos apresenta maior variação. Para maiores detalhes em relação aos conteúdos relativos à medida de dispersão e demais medidas descritivas da estatística é possível consultar Fonseca (1996), Freund (2000) e Magalhães (2005). Na próxima seção abordaremos sobre a metodologia utilizada para contemplar os objetivos da presente pesquisa

3.2 Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi selecionada a turma do 3º ano,

vespertino, de um colégio público localizado em Salvador-BA, no período de 04/09/2014 a 19/09/2014, com 38 estudantes matriculados, sendo que apenas 22 alunos (57,9%) participaram da pesquisa, pois eram os que frequentavam as aulas nesse período. Os alunos foram reunidos em dois grupos com seis elementos, e dois com cinco componentes. Os grupos foram formados por escolhas dos próprios alunos, sem interferência do pesquisador, que, neste caso, apenas solicitou a indicação do líder de cada grupo. A separação da turma em grupos teve como objetivo observar se a experiência de ensino com estudos em equipe influenciaria no desenvolvimento conceitual e didático. O instrumento de coleta de dados na pesquisa consiste na aplicação de atividades em grupo e questionário estruturado para primeira e segunda avaliação, contendo nove questões fechadas e uma atividade realizada em sala de aula sobre a análise dos resultados obtidos com o trabalho do consumo de energia da comunidade.

A metodologia usada para análise das respostas apresentadas pelos sujeitos da pesquisa se deu da seguinte forma:

i) Questões fechadas: a análise ocorreu por meio de percentuais que foram utilizados para comparação dos resultados obtidos na primeira e segunda avaliação;

ii) Questões abertas: a análise ocorreu a partir da interpretação das respostas apresentadas pelos estudantes com os conteúdos estudados a priori.

A sequência didática executada buscava contribuir para o processo de aprendizagem dos alunos em relação a conceitos básicos no estudo de variabilidade. Segundo Brum e Schuhmacher (2014), sequência didática é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetos educaionais, que têm um princínpio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos estudantes. Para este projeto, a sequência foi organizada em etapas, de acordo com o foco principal estabelecido, que é a aprendizagem de Estatística, principalmente com relação aos conceitos de medidas de variabilidade, com destaque para Amplitude, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação de Pearson. Cada etapa é composta por atividades, em sala de aula, por vezes em grupos de 5 a 6 pessoas, outras individual, dependendo do objetivo de cada uma. A seguir são apresentadas as etapas didáticas, o objetivo de sua execução e os instrumentos de coletas de dados que serviram para as discussões dos resultados.

3.2.1 Discussão sobre variabilidade

Esta etapa tem como objetivo provocar uma discussão sobre variabilidade, mostrando sua importância na análise correta dos dados de um fenômeno analisado, transformando informações em decisões. Esta etapa foi realizada em um encontro

com duração de 50 minutos. Os instrumentos utilizados para coleta de dados foram uma atividade individual e discussões em grupo.

3.2.2 Revisão do conteúdo

Este módulo didático objetivou revisitar, em síntese, os conteúdos estudados a priori com o objetivo de enriquecer as discussões e o entendimento sobre os conceitos estatísticos. Na ocasião, discutimos desde o conceito de Estatística até as medidas de variabilidade: Amplitude, Desvio padrão e Coeficiente de Variação. Nesta etapa, o pesquisador distribuiu, para cada aluno, material impresso com os temas supracitados e cada um foi discutido com o auxílio do data show. O trabalho foi realizado em três encontros de 50 minutos cada. O tema discutido, no decorrer de sua execução, contribuiu para a aprendizagem dos conceitos estatísticos, possibilitando ao estudante um melhor entendimento dos temas estudados em sala de aula. Os instrumentos utilizados para coleta de dados foram: participação das equipes nas discussões dos temas.

3.2.3 Aplicação de questionário – primeira avaliação

Atividade avaliativa individual, compreendendo um questionário, fornecido pelo pesquisador, sobre os assuntos discutidos nas etapas anteriores e discussão sobre a próxima atividade que envolve consumo de energia elétrica na comunidade. Na oportunidade, foi solicitado que cada componente do grupo trouxesse, para o próximo encontro, uma conta de energia, sua ou de um vizinho. Para esta etapa, foi utilizado um encontro com 100 minutos de duração. Os instrumentos utilizados para coleta de dados foram: questionário com nove questões sobre os temas discutidos e comportamento dos alunos na execução da atividade.

3.2.4 Consumo de energia na comunidade

Esta etapa prevê atividades em grupo de maneira cada equipe ficou responsável em fazer o agrupamento das contas de energia referente ao trimestre que ficou responsável. Após o agrupamento dos dados, o pesquisador lançou numa planilha eletrônica, onde os valores da média, amplitude total, desvio padrão e coeficiente de variação, estavam previamente programados. A partir dos resultados na planilha, foi solicitado um estudo em grupo sobre análise dos dados do consumo de energia elétrica, seguido de discussão coletiva sobre os valores encontrados para o consumo de energia na comunidade. Nesta etapa, buscamos estimular o estudante a analisar os resultados obtidos para propor hipóteses e fazer induções. Os instrumentos utilizados para coleta de dados foram: questionário sobre análise dos resultados e participação das equipes nas discussões dos resultados.

3.2.5 Aplicação de questionário – segunda avaliação

Na quinta e última etapa, foi realizado uma atividade individual, aplicação de um questionário, distribuído pelo pesquisador, com o objetivo de avaliar a aprendizagem dos conteúdos abordados e procedimentos explorados em sala de aula. Os instrumentos utilizados para coleta de dados foram: questionário com nove questões sobre os temas discutidos e comportamento dos alunos na execução da atividade.

A sequência didática executada na pesquisa objetivou contribuir no processo de aprendizagem dos estudantes em relação aos conceitos de Estatística, bem como capacitar o aluno para compreender e interpretar situações, analisar e avaliar, tirar conclusões próprias e tomar decisões acerca de situações do cotidiano.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez apresentada a sequência didática para um aprendizado de estatística, suas etapas, objetivos e critérios adotados para a coleta dos dados, sem o qual não seria possível avaliar a evolução dos estudantes no tema proposto, mostramos nessa seção os resultados obtidos no processo e aprendizagem dos estudantes. Cada etapa ao longo de sua execução contribuiu para a aprendizagem dos conceitos estatísticos e visualização da utilidade prática da Estatística no mundo real, ambiente do qual fazem parte.

Na figura 4.1 mostramos uma comparação entre os resultados do número de acertos referente à aplicação do primeiro questionário e do segundo questionário. Podemos notar que os resultados obtidos na primeira avaliação apresentaram um desempenho melhor do que os resultados da segunda avaliação. Este comportamento pode ser explicado porque o primeiro questionário foi aplicado no encontro logo após a revisão dos conteúdos discutidos, o que sugere que as discussões ainda estavam presentes no entendimento dos alunos. Ainda assim, o índice de acertos nesta atividade foi de 41,7%, abaixo da média prevista para a atividade. Neste caso, as discussões podem não ter sido esclarecidas adequadamente ou houve pouco investimento dos alunos nos temas discutidos.

Por outro lado, apesar da atividade, em grupo, sobre o consumo de energia na comunidade, que envolvia temas trabalhados em sala de aula, ter sido aplicada e os resultados terem sido discutidos com as equipes, os índices apresentados na aplicação do segundo questionário apresentaram acertos de 37,5%, inferior ao valor obtido na aplicação do primeiro questionário. Um dos fatores que pode ter influenciado esses resultados é a falta de concentração dos alunos na execução da atividade em grupo, ou o “link” da atividade proposta com os temas abordados.

Também foi observado que no dia da aplicação do segundo questionário, o pesquisador questionou sobre quem fez uma revisão dos conteúdos abordados na semana e, apenas um aluno, respondeu que revisou o conteúdo. Esse fator também pode ter contribuído para o baixo desempenho obtido no segundo questionário.

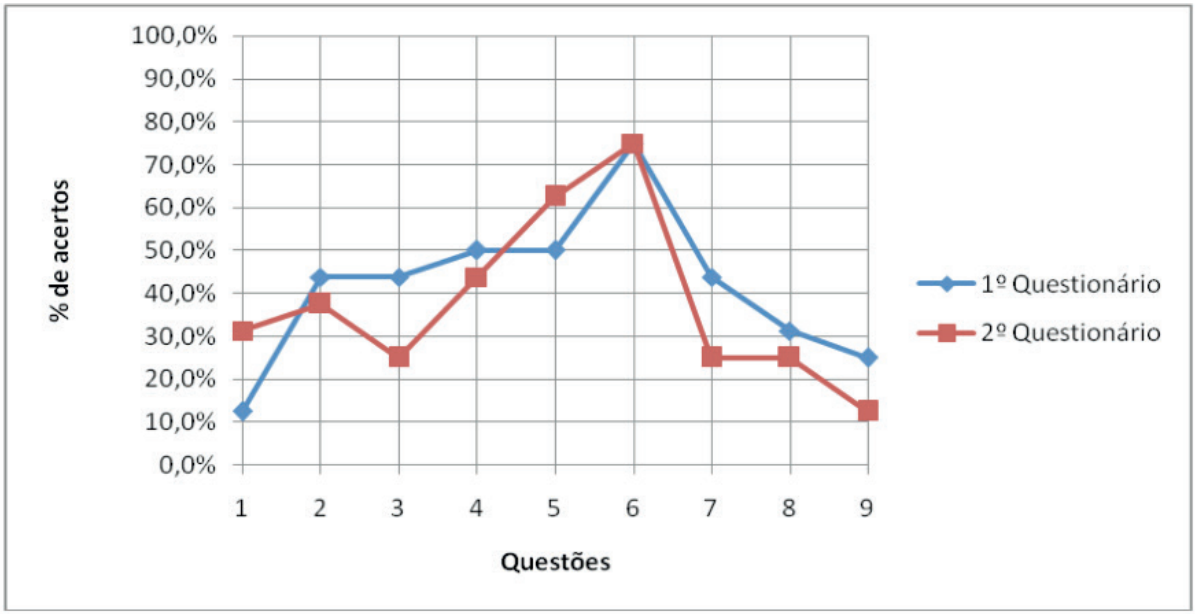


Figura 4.1 – Percentual de Acertos das Questões - comparação entre os acertos do primeiro questionário e acertos do segundo questionário.

A seguir, selecionamos as questões 3, 5, 8 aplicadas nos questionários para realizar uma análise do comportamento e desempenho, em termos percentuais, do estudante no tema proposto.

QUESTÃO-03 *O coeficiente de variação é uma medida que expressa a razão entre:*

desvio-padrão e média

b) média e desvio-padrão

c) amplitude semi-interquartélica e mediana

d) desvio-padrão e moda

QUESTÃO-05 *Realizou-se uma prova de matemática para duas turmas. Os resultados foram os seguintes:*

Turma A: $\bar{x} = 5$ *e* $\sigma = 2{,}5$

Turma B: $\bar{x} = 4$ *e* $\sigma = 2$

Com esses resultados, podemos afirmar:

a) ( ) a turma B apresentou maior dispersão;

b) ( ) a dispersão relativa é igual à dispersão absoluta;

c) ( ) tanto a dispersão absoluta quanto a dispersão relativa são maiores para a turma B;

d) ( ) a dispersão absoluta de A é maior do que a de B, mas em termos relativos as duas turmas não diferem quanto ao grau de dispersão das notas.

QUESTÃO-08 Os *coeficientes de variação (dispersão relativa) dos resultados abaixo são:*

Estatística: $\bar{x} = 80$ *e* $\sigma = 16$

História: $\bar{x} = 20$ *e* $\sigma = 5$

a) ( ) 16% e 40%; ( ) b) 20% e 25%;

c) ( ) 50% e 40%; ( ) d) 80% e 40%.

Na questão três **(QUESTÃO-03)**, o objetivo foi identificar se os estudantes assimilaram o conceito de Coeficiente de Variação discutido nas aulas de revisão e durante a execução da sequência didática. Nas questões cinco **(QUESTÃO-05)** e oito **(QUESTÃO-08)**, mostramos exemplos de aplicação do Coeficiente de Variação que podiam ser resolvidos a partir do entendimento explorado na questão três. Com base nas observações em sala de aula e nas atividades desenvolvidas, esperávamos que o percentual de acerto entre os alunos fosse em torno de 50% a 60% para essas questões.

Na figura 4.2 denota uma comparação entre os resultados da questão três e os resultados das questões cinco e oito, obtidos na aplicação do primeiro e segundo questionários. Podemos notar que o comportamento apresentado pelos alunos fica próximo do esperado nos resultados do primeiro questionário, mas se afasta do resultado aguardado quando aplicamos o segundo questionário, mostrando melhora nos resultados da questão cinco. Analisando o comportamento da curva obtido na execução do primeiro questionário, constatamos que apenas 43,8% escolheram a alternativa correta na questão três, abaixo do esperado para esta questão. A questão cinco apresenta um desempenho de 50%, na execução do primeiro questionário e de 62,5% na execução do segundo questionário, melhor do que o apresentado na questão três. Este comportamento sugere que pode ter havido mais atenção, por parte dos alunos, na execução dessa questão em relação à questão três ou a forma como ela foi elaborada possibilitou um melhor entendimento da teoria abordada na terceira questão. Podemos observar também que o percentual de acerto para a questão oito, no segundo questionário, é de 25%, inferior ao resultado obtido para a questão cinco e igual ao valor obtido para a questão três, mostrando que pode existir dificuldade dos alunos para execução de cálculos envolvendo frações.

Embora, ainda que baixo, as questões três e cinco apresentaram os mesmos percentuais de acerto no segundo questionário, o que sugere que podem ter sido respondidas de forma coerente, o resultado apresentado no primeiro questionário, apresentou distorção, pois a questão oito trata de uma aplicação, referente ao conteúdo abordado na terceira questão (Figura 4.2). Neste caso, esperávamos um

percentual de acerto maior ou igual ao obtido na questão três. Também é possível notar que a oitava questão apresentou um percentual de acerto ainda menor na execução do segundo questionário, apesar das discussões sobre esse tema durante a execução da sequência didática. Este fato indica que pode ter havido falta de atenção dos alunos durante as discussões, em equipe, na sala de aula, ou que é preciso modificar a sequência apresentada para fortalecer os conceitos explorados.

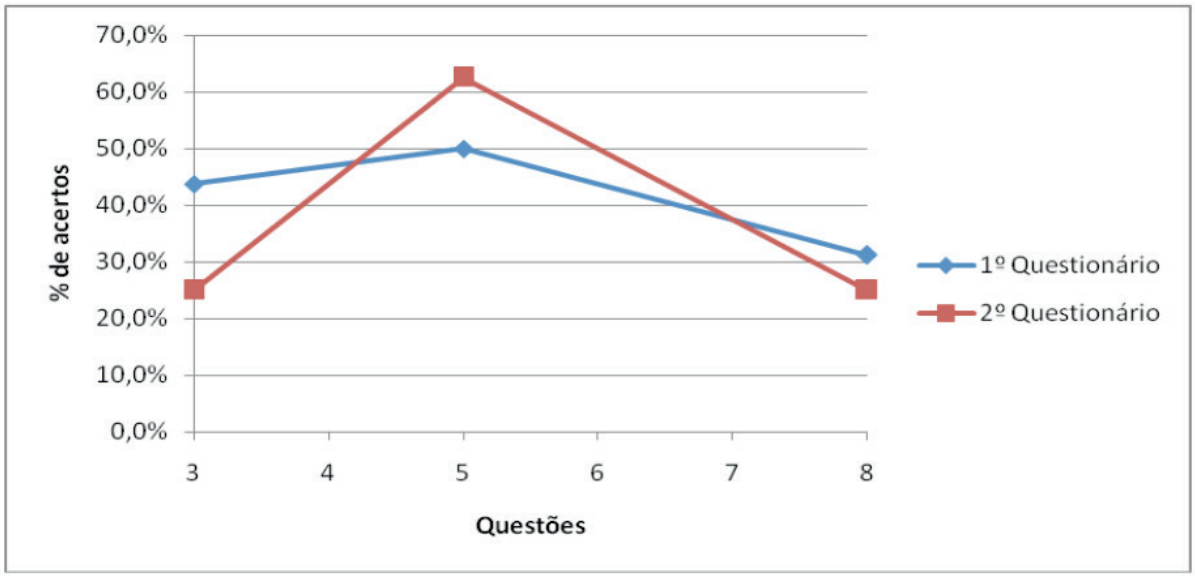


Figura 4.2 – Percentual de Acertos das Questões 3, 5 e 8 - comparação entre os acertos do primeiro questionário e acertos do segundo questionário.

A seguir analisaremos o comportamento e desempenho dos estudantes obtidos nas questões 1, 6 e 9, aplicadas no primeiro e segundo questionários.

QUESTÃO-01 *A média aritmética é a razão entre:*

( ) o número de valores e o somatório deles;

( ) o somatório dos valores e o número deles;

( ) os valores extremos;

( ) os dois valores centrais.

QUESTÃO-06 *Você está indeciso em comprar uma televisão e decide avaliar algumas informações, fornecidas pelo fabricante, sobre a duração (em horas) do tubo de imagem.*

Marca TV	***GA***	***FB***	***HM***
Média	*8000*	*8200*	*8000*
Desvio Padrão	*600*	*1500*	*2500*

Com que marca você ficaria? _____

QUESTÃO-09 *Os dados a seguir foram obtidos em indivíduos contaminados*

pelo veneno de um certo tipo de inseto e submetidos a tratamento. A variável de interesse é a r*ecuperação de indivíduos que é definida como o tempo (em horas) entre a administração do tratamento e a sua recuperação.*

	Média	**DP**	**CV (%)**
Cura rápida	5,23	3,88	74,19
Cura normal	32,00	11,40	35,62
Cura lenta	57,00	16,56	29,05

Qual grupo apresenta menor variabilidade? _____

Na figura 4.3 é apresentada a comparação entre a primeira, sexta e nona questão, para os dois questionários aplicados. Podemos notar que o percentual de acertos na primeira questão é melhor no segundo questionário (31,3%), do que o obtido, para essa mesma questão, no primeiro questionário (12,5%), embora, nos dois casos, o índice obtido esteja abaixo do esperado para o tema abordado na questão. Esperávamos encontrar um maior percentual de acerto para a primeira questão, pois, embora tenha sido discutido mais ativamente durante as aulas de Estatística, esse é um tema já utilizado pelos alunos, principalmente quanto se está buscando encontrar a média que obteve na unidade ou ano letivo. Contudo, o baixo rendimento pode está relacionado com as nomenclaturas utilizadas na questão. Talvez os alunos não estejam familiarizados com alguns termos usados na questão e, neste caso, reformular a questão pode gerar uma melhora nos resultados. A sexta questão apresentou o melhor índice de acertos nos questionários (75%) nas duas atividades. Esses resultados podem ter sido influenciados pela forma como a questão foi abordada, já que envolveu um tema muito presente no dia-a-dia dos estudantes. A nona questão, apesar de também abordar uma aplicação do tema proposto, apresentou o menor índice de acertos no segundo questionário (12,5%). Neste caso, esse comportamento pode ser explicado porque os estudantes não assimilaram, por meio da sequência didática executada, os conceitos de variabilidade ou ainda, a forma como a questão foi abordada não se aproximou o suficiente do cotidiano do estudante.

Figura 4.3 – Percentual de Acertos das Questões 1 e 6 - comparação entre os acertos do primeiro questionário e acertos do segundo questionário.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de variabilidade do ponto de vista estatístico, a partir da aplicação da sequência didática proposta, junto à turma do 3º ano, vespertino, de um colégio público de Salvador-BA, sugere que as estratégias usadas no desenvolvimento da pesquisa podem ter aplicação prática no ensino da educação estatística. Constatamos, a partir das práticas desenvolvidas em sala de aula, que a proposta de intervenção didática representou uma nova dinâmica para os alunos, gerando num determinado momento motivação e interesse por parte dos estudantes.

A experiência de articular o ensino de variabilidade a uma situação vinculada à realidade dos alunos num contexto atual resultou em alguns debates significativos em sala de aula, principalmente para os grupos que se identificaram com o problema. A organização dos alunos em grupos proporcionou uma dinâmica de aprendizagem significativa, embora, em alguns momentos, tenha gerado dispersão dos alunos com discussões de outros temas dentro da equipe, o que pode ter contribuído para reduzir o rendimento durante algumas atividades.

Constatamos, durante a evolução das atividades, algumas dificuldades que podem ter gerado baixo aproveitamento do aprendizado: pouco conhecimento dos conceitos básicos de matemática, dificuldades inerentes à aprendizagem dos novos conceitos, falta de familiaridade com um processo mais participativo gerando pouco envolvimento de alguns alunos, além das dificuldades do pesquisador para lidar com o método cooperativo. Além disso, alguns aspectos de infraestrutura da escola, como um laboratório de informática inadequado, embora não sejam decisivos

no desempenho dos alunos, podem contribuir para uma melhor motivação dos estudantes.

A frequência dos alunos no ambiente escolar é outro aspecto que precisa ser considerado para um desenvolvimento pleno dos trabalhos, alguns deles parecem desobrigados de alguns compromissos escolares, o que pode gerar um baixo desempenho da turma, principalmente nas atividades desenvolvidas em grupo.

Finalmente, vale a pena mencionar que mesmo no contexto que se apresenta pouco favorável, um grupo de alunos enfrentou os obstáculos (aproximadamente 20%) e se mostraram participativos nas atividades propostas, afirmando a importância em continuar investindo nesta forma de aprendizagem, promovendo cada vez mais uma educação de qualidade. Como extensão imediata a este trabalho, está a construção de uma sequência didática para o ensino de Análise Combinatória voltada para alunos do 3º ano da mesma instituição. A partir da construção dessa sequência e, implementando os ajustes necessários, baseados na experiência da atividade desenvolvida nesta pesquisa, poderemos analisar o comportamento da turma para novos temas relacionados à educação estatística.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. P. **Planejamento por Sequência Didática na Educação Infantil.** Setembro, 2014.

BORIN, C.S. **Pensamento Estatístico e Raciocínio sobre variação: um estudo com professores de Matemática.** Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica. São Paulo, 2007.

BRASIL, Ministério da educação. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática.** Brasília. Ministérios da Educação/Secretaria de Educação Fundamental, 1997.

BRASIL, Ministério da educação. Secretaria da Educação Média e tecnologia. PCN + ensino Médio. **Orientações educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília Ministérios da Educação, 2002.

BROUSSEAU, G. ***Fondements et Méthodes de la Didactique des Mathématiques. Recherches em Didactique des Mathématiques***, Grenoble, v. 7, n. 2, p. 33-116, 1986.

BRUM, W. P.; SCHUHMACHER, E. **Uma abordagem de conceitos elementares de geometria não euclidiana: Uma experiência vivenciada no ensino de matemática a partir de uma sequência didática.** HOLOS, ano 30, vol-01. ISSN 1807 – 1600, 2014.

CARVALHO, G. D; BELLEMAIN, B.M.P. ***Condições e Restrições na Aboragem de Área de Figuras Planas no Guia de Estudo do Projovem Urbano: A Escala dos Níveis de Co-determinação*. In: VII EPBEM**, Paraíba, 2012.

CAZORLA, I. M; SANTANA, E.R.S. **Do Tratamento da Informação ao Letramento Estatístico.** Itabuna: Via Literarum, 2010.

CHACÓN, A.M.A. ***La gestion de la mémoire didactique par le professeur dans l''enseignement secondaire des mathématiques : Etude du micro-cadre institutionnel en France et au Costa Rica.*** THÈSE Du Doctorat De L'université De Toulouse Délivré par l'Université Toulouse III – Paul

Sabatier en *Didactique des Disciplines Scientifiques et Technologiques* Spécialité: Didactique Des Mathematiques. 2008.

CHEVALLARD, Y. ***La TAD face au professeur de mathematiques***. Tuluse, UMR ADEF, 2009.

CORDANI, L. K. **Estatística para todos: atividades para sala de aula.** 1ª edição. São Paulo: CAEM/ IME-USP, 2012.

FONSECA, J. S. **Curso de Estatística**. São Paulo. Editora Atlas, 1996.

FREUND E. J. **Estatística Aplicada: Economia, Administração e Contabilidade**. Porto Alegre. Bookman, 2000.

GAL, I. **Adults' Statistical Literay: Meanings, Components, Responsabilities.** International Statistical Review, Netherlands: ISI, v.70, n.1, p.1-50, abr. 2002.

LOPES, C.E. **O ensino da Estatística e da Probabilidade na Educação Básica e na Formação dos Professores.** Campinas, 2008.

MACHADO, A.S.D. **Educação Matemática. Uma Introdução.** São Paulo, 2002.

MAGALHÃES, M.N. **Noções de Probabilidade e Estatística.** São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

MENDES, H.L. **Os Números Binários nas Instituições Transpositiva: o caso das diretrizes curriculares.** Recife, 2014.

NEVES, S.A; FARIAS, M.L.S. **Contribuições para uma institucionalização e utilização mais eficiente dos jogos pelos licenciados em matemática.** VI Congresso Internacional de ensino da Matemática. Rio Grande do Sul, 2013.

PAIS, C. L. **Didática Matemática. Uma análise da influência francesa.** Belo Horizonte. Autêntica, 2005.

CAPÍTULO 5

A MODELAGEM MATEMÁTICA EM UMA PERSPECTIVA CRÍTICA: REFLEXÕES SOB O OLHAR DOS PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 09/12/2019

Ana Paula Rohrbek Chiarello
Uceff Faculdades
Planalto Alegre- SC
http://lattes.cnpq.br/2690444761018026

Bruna Larissa Cecco
Instituto Federal Farroupilha
Alegrete - RS
http://lattes.cnpq.br/7687091923001627

Nadia Cristina Picinini Pelinson
Uceff Faculdades
Xaxim- SC
http://lattes.cnpq.br/3635150318289299

RESUMO: Este trabalho se insere no campo da Educação Matemática e a pesquisa que deu origem a ele teve por objetivo entender, numa perspectiva crítica, como os professores da Educação Básica utilizam a modelagem matemática em sala de aula. Pensamos ser essencial o desenvolvimento de uma matemática que instrumentalize os estudantes a pensar criticamente e conscientemente, sendo a modelagem um possível caminho para essa construção em uma perspectiva crítica. A pesquisa, de abordagem qualitativa, contou com a aplicação de um questionário a professores da educação básica da região oeste de Santa Catarina. Pela análise das respostas, conclui-se haver a necessidade de maior segurança por parte dos professores para trabalhar com modelagem em sala de aula. Além desse fator, uma melhor formação, tanto inicial quanto continuada, possibilitaria uma sintonia entre a modelagem e a Educação Matemática Crítica no universo escolar.

PALAVRAS-CHAVE: Formação de Professores; modelagem matemática; Concepção dos professores.

MATHEMATICAL MODELING IN A CRITICAL PERSPECTIVE: REFLECTIONS UNDER THE LOOK OF BASIC EDUCATION TEACHERS

ABSTRACT: This work inserts of the Mathematics Education field and the research that gave rise to it had as objective to understand, in a critical perspective, how the teachers of Basic Education use the mathematical modeling in the classroom. We think it essential to develop a mathematics that instrumentalize students to think critically and consciously, being the modeling a possible way for this critical construction. The research, with a qualitative approach, had the application of a questionnaire to teachers of the basic education of the western region of the state of Santa Catarina that they became available to respond. The analysis concludes that there is a need for greater security on the part of teachers

to work with modeling in the classroom. Besides this factor, a better formation, both initial and continued, would allow a syntony between the modeling and the Critical Mathematics Education in the school universe.
KEYWORDS: Formation of Teachers; mathematical modelling; the teachers' Conception.

1 I INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido a partir do interesse das pesquisadoras em se aproximar do tema da modelagem matemática sob a perspectiva da Educação Matemática Crítica (EMC[1]). Essa curiosidade deu-se a partir da leitura de textos acerca do tema e das dificuldades em trabalhar com modelagem matemática em sala de aula.

A partir dessa inquietação, partimos para leituras, com fins de fundamentação teórica, e para a elaboração de um instrumento para coleta de dados, um questionário a ser aplicado a colegas professores. Assim, desenvolvemos o presente estudo com um grupo de professores que atuam na educação básica de escolas da região oeste de Santa Catarina tendo por objetivo entender, numa perspectiva crítica, como os professores utilizam a modelagem matemática em sala de aula.

A pesquisa foi desenvolvida em uma abordagem qualitativa, realizada em duas etapas: exploratória e de campo. Na fase inicial, buscamos nos apropriar sobre o tema em questão para, na sequência, aplicarmos o questionário, encaminhado por e-mail para oito professores de matemática, sendo que somente quatro professores fizeram a devolutiva do mesmo. Fazendo uso desses dados, o presente artigo inicia apresentando um breve histórico sobre as concepções de modelagem, a discussão acerca das possíveis relações entre a modelagem e a EMC, seguidas pela análise dos questionários respondidos e pelas considerações às quais chegamos com o estudo.

2 I MODELAGEM MATEMÁTICA: HISTÓRIA E CONCEPÇÕES

No Brasil, as discussões acerca da Modelagem Matemática iniciaram no final da década de 1970, como um viés da Matemática Aplicada, desenvolvida inicialmente por um grupo de professores do IMECC/ UNICAMP[2].

> Porém, é no início dos anos 80, com as influências dos estudos sócio-culturais conduzidos pelo Prof. Ubiratan D'Ambrósio, que o movimento começa a se consolidar sob a liderança do Prof. Rodney Bassanezi (UNICAMP). [...] Genericamente, do ponto de vista curricular, a proposta esboçada era a de abordar a matemática a partir do contexto sócio-cultural dos alunos. (BARBOSA, 2001, p. 25).

1 Termo usado por Skovsmose (1997)

2 Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica da Universidade Estadual de Campinas.

A modelagem foi concebida como uma forma de aproximar a matemática da realidade vivida ou, ainda, podemos dizer que a partir da realidade busca-se, com essa estratégia, evidenciar a matemática existente e possivelmente chegar à solução de problemas reais.

Quando falamos em modelagem, de antemão pensamos em modelo. Aliás, a palavra modelagem, de acordo com o dicionário Priberam, é o ato ou efeito de modelar, e modelar é o que serve de modelo ou de exemplo. Assim, a modelagem matemática permite encontrar um modelo, um exemplo matemático para uma determinada situação. Como afirma Bassanezi (2009, p. 16, grifos do autor), "a *modelagem matemática* consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real".

Porém, ao olharmos para o contexto educacional, a modelagem matemática vai além de encontrar um modelo. A partir do momento em que se começa a pensar nas soluções e aproximações possíveis da modelagem, percebem-se as potencialidades de utilizar/fazer modelagem no processo de ensino e aprendizagem. Observa-se, também, que mais importante do que encontrar um modelo "é o processo utilizado, a análise crítica e sua inserção no contexto sócio-cultural" (BASSANEZI, 2009, p. 38).

O movimento de pensar a modelagem matemática além da Matemática Aplicada começou a ser caracterizado no início da década de 1990, nas dissertações orientadas[3] pelo prof. Rodney Bassanezi. Os trabalhos passaram a evidenciar a preocupação acerca dos processos de sala de aula e de como a modelagem poderia auxiliar no ensino.

Nesse fluxo, as preocupações passaram de simplesmente encontrar um modelo para uma situação real, para a reflexão sobre como podemos abordar problemas matemáticos usando a modelagem. Ainda, sobre como usar a modelagem em sala de aula com vistas no processo educacional. Nessa esteira, diante das possibilidades e da abrangência no estudo de situações reais, parece "legítimo considerar a singularidade da Modelagem no campo da Educação Matemática" (BARBOSA, 2001, p. 28).

É preciso, nesse movimento reflexivo, considerar que a matemática aplicada, apesar de sua importância para a construção de modelos, não consegue mais responder aos questionamentos vindos da utilização da mesma em sala de aula. Dessa forma, torna-se importante haver uma complementaridade para entender melhor a modelagem na Educação Matemática.

---

3 Os trabalhos aos quais nos referimos são dissertações desenvolvidas no Programa de Educação Matemática da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP – Rio Claro), orientadas pelo professor Rodney Bassanezi: FRANCHI (1993), MONTEIRO (1992), BIEMBENGUT (1990), GAZZETA (1989), DOLIS (1989) e BURAK (1987).

Biembengut e Hein (2011) entendem que a modelagem ou modelação matemática[4] é um processo que envolve a obtenção de um modelo. Para chegar a esse modelo, existem procedimentos a serem realizados.

> A modelação matemática norteia-se por desenvolver o conteúdo programático a partir de um tema ou modelo matemático e orientar o aluno na realização de seu próprio modelo-modelagem. Pode valer como um método de ensino-aprendizagem de Matemática em qualquer nível escolar. (BIEMBENGUT; HEIN, 2011, p. 18).

O conceito expresso pelos autores da modelagem como uma metodologia de ensino-aprendizagem muito se assemelha à conceituação proposta por Bassanezi (2009). Os autores afirmam que "parte de uma situação/tema e sobre ela desenvolve questões, que tentarão ser respondidas mediante o uso de ferramental matemático e da pesquisa sobre o tema". (BIEMBENGUT; HEIN, 2011, p. 28).

Podemos dizer que, dos primeiros movimentos de inserção da modelagem nas aulas de matemática, havia dificuldades sobre como realizar esse processo em sala de aula. Era algo novo, que possuía certo avanço na área da Matemática Aplicada, mas com um viés diferenciado. Burak (2005, p. 36) evidencia os questionamentos do início do processo da modelagem, principalmente em relação à sua dissertação, uma das pioneiras:

> As idéias iniciais ainda não estavam muito claras, mas perseguiam a meta de desenvolver um trabalho que buscasse tornar o ensino de Matemática mais significativo, mais dinâmico que destacasse o aluno como construtor do próprio conhecimento. A idéia não era apenas tratar da Matemática como uma ciência, mas como um processo capaz de ajudar o aluno a construir o conhecimento matemático valendo-se do interesse que o assunto poderia despertar, tornando-os autônomos, capazes de pensar e construir estratégias próprias para resolver as situações. (BURAK, 2005, p. 36).

A ideia desenvolvida pelos autores (Bassanezi, Biembengut, Hein, Burak) no início da década de 90 foi se modificando com o passar do tempo. Klüber (2009) fez um estudo e expõe as três concepções de modelagem a partir de categorias fleckianas, apresentadas nos trabalhos publicados na V Conferência Nacional sobre Modelagem em Educação Matemática – CNMEM, realizada em Ouro Preto - MG:

> 1) a Modelagem Matemática entendida como um ambiente de aprendizagem; 2) a Modelagem Matemática como metodologia que visa a construção de Modelos Matemáticos; e 3) a Modelagem Matemática como Metodologia ou estratégia de ensino, focada mais no processo de ensino e de aprendizagem do que no Modelo Matemático. (KLÜBER, 2009, p. 231).

As três concepções elencadas por Klüber (2009) têm diferenças entre si. A segunda delas caracteriza-se como viés da matemática aplicada, buscando construir modelos a partir de problemas reais. A última apresentada propõe pensar a utilização

4 Os autores utilizam o termo modelação ao referirem-se à modelagem.

da modelagem no processo de ensino. Porém, percebeu-se nos trabalhos analisados "o debate das diferentes perspectivas de Modelagem, nos quais os autores que dão a tônica são Barbosa e Burak. Do ponto de vista das concepções, aparece um diálogo entre essas diferentes concepções de Modelagem" (KLUBER, 2009, p. 233).

A primeira concepção identificada pelo autor, a que mais se afina com a proposta deste trabalho, trata da modelagem como um ambiente de aprendizagem, vertente essa que começa a ser evidenciada com o trabalho de Barbosa (2001). Além disso, a partir dos trabalhos analisados, Klüber (2009, p. 232, grifos do autor) afirma que há um indicativo de que a perspectiva sobre modelagem evidenciada por Barbosa "poderia estar oferecendo diretrizes para *um estilo de pensamento*", ou seja, vem ganhando espaço na Educação Matemática.

Ao tratar a modelagem como um ambiente de aprendizagem, recorremos a Skovsmose (2008, p. 21) que diz que ambientes de aprendizagem são "as práticas de sala de aula baseadas num cenário para investigação"; um cenário para investigação "é aquele que convida os alunos a formular questões e a procurar explicações", sendo que só existirá cenário para investigação se os alunos aceitarem o convite.

Nessa perspectiva, cria-se a possibilidade de um trabalho diferenciado em sala de aula, com o envolvimento de professores e alunos. Aliás, "ao meu ver, Modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações com referência na realidade" (BARBOSA, 2001, p. 31).

Nessa perspectiva de trabalho, os alunos têm a oportunidade de discutir e buscar soluções estando imersos, podendo olhar criticamente para a matemática e para os processos que dela resultam.

> Quando trabalhamos não só com problemas matemáticos, mas com a Modelagem, em que o aluno é sujeito do processo cognitivo, esse, com certeza, vai poder enxergar além. E não apenas quanto ao conteúdo matemático, mas poderá ver como esse conteúdo matemático é importante nos processos decisórios em sociedade. (MEYER; CALDEIRA; MALHEIROS, 2013, p. 29).

Ancorados nesse cenário, buscamos na EMC não apenas encontrar soluções, mas a criação de uma postura crítica e reflexiva que esteja atenta para a matemática implícita na realidade, evidenciando seu papel social e político e suas contribuições nos diversos cenários de aprendizagem.

3 I MODELAGEM MATEMÁTICA: POSSÍVEIS RELAÇÕES COM A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA CRÍTICA

Utilizar a modelagem matemática, experimentando as possibilidades, remodelando-as, questionando-nos sobre a funcionalidade de cada situação

matemática, remete-nos a pensar em possíveis relações entre a modelagem e a EMC. Conforme Gomes (2017):

> [...] a partir das salas de aula, não se pode considerar uma matemática isolada do mundo, descontextualizada do mundo do aprendiz. Faz-se necessária uma matemática que se incorpore nas suas potencialidades, nos seus desejos, na sua vida, enfim, para em outro momento, brotar dentro de si nas suas ações no mundo para o mundo, que propicie resoluções de problemas os mais variados em situações com as quais se depare no seu cotidiano pessoal, no trabalho ou na continuidade de seus estudos. (GOMES, 2017, p. 27).

Assim, destacamos a importância de o educador propiciar ao educando várias maneiras de desenvolver as atividades para que todos na turma tenham as suas especificidades de aprendizagem respeitadas. Reportamo-nos aos estudos de Skovsmose (2013, p. 10), o qual afirma que "é essencial que a educação matemática busque caminhos que desviem da norma predominante de domesticação dos estudantes".

Nesse sentido, acreditamos na contribuição da EMC na modelagem matemática. Por essa via, buscamos instrumentalizar o estudante para que possa refletir na tomada de suas decisões de forma consciente e crítica na sociedade, como forma de *empowerment*[5].

A Educação Matemática Crítica, por sua vez, necessita de um olhar para a realidade que proporcione uma aprendizagem significativa. A modelagem pode ser o caminho para essa construção em uma perspectiva crítica. Percebemos que essa relação torna-se necessária durante o dia a dia dos estudantes.

A "prática docente fundamentada nos preceitos da Modelagem Matemática na Educação evidenciando o caráter mediador do professor e tornando o estudante mais autônomo em relação a sua aprendizagem" (SCHELLER; BONOTTO; BIEMBENGUT, 2015, p. 17) permitirá a aproximação entre teoria e prática, entre o mundo das ideias e o mundo em si, entre o mundo da matemática e a matemática do mundo.

Conforme citamos, a modelagem matemática perpassa por trabalhar conteúdos de matemática em seus diferentes contextos. Para a EMC não basta apenas desenvolver cálculos matemáticos, é fundamental ver a matemática como instrumento social e ativo, estabelecendo diferentes relações entre os conteúdos matemáticos e a realidade.

Para pensar a modelagem aliada à EMC, reportamo-nos aos estudos de Skovsmose e ao movimento da Educação Matemática Crítica. Skovsmose (2013) propõe:

> [...] como possível alternativa uma educação matemática baseada nos moldes desenvolvidos nas universidades de Roskilde e Aalborg, ambas na Dinamarca,

5 Para Skovsmose (2008), *empowerment* significa dar poder a, dinamizar a potencialidade do sujeito ou investir-se do poder para agir.

> onde a principal atividade do estudante não é frequentar aulas, mas, sim, gerar e desenvolver projetos com base em interações com professores e com delimitações preestabelecidas. Argumenta que é essencial que a educação matemática busque caminhos que desviem da norma predominante de domesticação dos estudantes. (2013, p. 10).

Nesse viés, buscamos na EMC subsídios que nos auxiliem A trabalhar com a modelagem em suas diferentes interpretações. Esse processo educacional deve ser visto como emancipatório, o que não ocorre quando se resume a atividades didáticas que têm no centro do processo apenas o professor.

Skovsmose (2013) comunica três postos-chave na EMC:

> 1. é atribuída aos estudantes (e aos professores) uma competência crítica. Os estudantes [...] no diálogo com o professor, permite-lhes identificar assuntos relevantes para o processo educacional. 2. a consideração à crítica de conteúdos e outros aspectos. Ou seja, estudantes e professores devem estabelecer uma distância crítica do conteúdo da educação. [...] Em um currículo crítico, colocamos princípios aparentemente objetivos e neutros para estruturação de uma nova perspectiva. 3. a condição fora do processo educacional. O essencial é que o processo educacional está relacionado a problemas existentes fora do universo educacional. (SKOVSMOSE, 2013, p. 18).

Para que educação matemática seja crítica, é necessário que os conteúdos abordados tenham relações com o cotidiano e com as necessidades das pessoas. Conforme descreve Skovsmose (2013, p. 27):

> Ao falar de matemática rica em relações, enfatizo as relações com uma realidade já vivida mais do que com uma realidade falsa, inventada com o único propósito de servir como exemplo e aplicação. [...] A realidade já vivida deveria ser a espinha dorsal que une experiências matemáticas.

A matemática torna-se significativa quando relacionada com a realidade do estudante. Ou seja, quando é possível visualizá-la no seu cotidiano e na sua relação com o mundo. Nesse sentido, percebemos a necessidade da Educação Matemática Crítica e a modelagem andarem juntas, as quais têm muito a contribuir uma com a outra, uma vez que a EMC surge da situação real dos educandos.

4 I MODELAGEM MATEMÁTICA: REFLEXÕES A PARTIR DO OLHAR DOS PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Trazendo como pano de fundo a modelagem matemática e a EMC é que nos desafiamos neste estudo a levantar informações junto aos colegas professores sobre a presença de recursos que envolvam modelagem em sala de aula. É preciso lembrar que adotar essa postura requer do professor sair de sua zona de conforto. Conforme Bassanezi (2009) a modelagem matemática consiste em transformar problemas da realidade em problemas matemáticos, trazendo e interpretando as

soluções na linguagem do mundo real. Integrando a EMC à questão, Skovsmose (2008) afirma que esta visa fazer com que o conhecimento matemático faça sentido e atenda as necessidades do grupo de sujeitos envolvidos, emergidos pela demanda dos estudantes, procurando instigar "o que acontece se?", num movimento contínuo de chamamento e convite.

Para esta investigação, fizemos quatro perguntas a professores que atuam no Ensino Fundamental e Médio de escolas públicas do oeste de Santa Catarina-SC, buscando entender, numa perspectiva crítica, como os docentes da educação básica utilizam a modelagem matemática em sala de aula. Entramos em contato com professores de diferentes cidades, porém, dos oito questionários enviados, tivemos retorno de apenas quatro para a nossa investigação e análise.

Nosso estudo buscou compreender, numa perspectiva crítica, a concepção em torno da modelagem matemática desse pequeno grupo. A partir dessa amostra, buscamos contribuir com subsídios para (re) pensar os processos de ensino-aprendizagem em sala de aula e no âmbito dos cursos de formação de professores de Matemática.

Averiguamos que os professores que fizeram a devolutiva do questionário tiveram a formação em momentos distintos: P1 (1998), P2 (2016), P3 (2016) e P4 (2006). Exceto P2 e P3 que finalizaram a graduação no mesmo ano, as falas podem nos indicar se a modelagem matemática vem ganhando maior destaque nos cursos de formação ou não. Além disso, pudemos observar que os professores têm curso de especialização *lato sensu*, mostrando que os mesmos têm uma preocupação acerca da sua formação continuada e dos processos inerentes à sala de aula.

Ao questionarmos sobre o que entendiam por modelagem matemática e quais autores que trabalham com essa questão, obtivemos as seguintes respostas:

> Para mim, a modelagem matemática é uma estratégia de ensino e aprendizagem onde os alunos são autores do conhecimento, ou seja, deixam de ser expectadores das aulas para construir seus conceitos a partir de situações do nosso cotidiano. Como fiz pós nesta área, utilizei Bassanezi e Biembengut.(P1).
>
> A introdução da realidade dos estudantes em situações-problema de matemática para que os mesmos vejam sentido e significado no que está metodologicamente sendo trabalhado. (P2).
>
> A modelagem matemática é um método de ensino que permite que os alunos se sintam mais próximos ao conteúdo que está sendo estudado, possibilitando assim uma maior aprendizagem. (P3).

> Modelagem matemática consiste em partir de um problema real ou do dia a dia, encontrar um modelo matemático que descreva a situação-problema e a partir do modelo encontrado fazer analises das conclusões encontradas. Caso essas conclusões não descrevam a situação-problema de forma satisfatória, modelar novamente o problema com outros modelos. Bienbengut, Bassanezzi, Barbosa, Kluber, Burak, ... São alguns autores brasileiros que trabalham com o tema. Maria Salete Biembengut enfatiza que a modelagem matemática é a arte de formular, resolver e elaborar expressões para uma determinada situação particular, mas que

> posteriormente sirva como suporte para outras aplicações e teorias. Já Bassanezzi afirma que "A modelagem matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolve-los interpretando suas soluções na linguagem no mundo real. (P4).

Diante desse primeiro relato dos professores, podemos perceber diferentes características atribuídas por eles para a modelagem, o que também percebemos durante nossos estudos. Para Bassanezi (2009), a modelagem é uma estratégia de ensino-aprendizagem, a qual permite transformar problemas da realidade em problemas matemáticos; Almeida e Ferruzi (2009) entendem a modelagem como uma alternativa pedagógica com caráter investigativo; Caldeira (2009) trata a modelagem matemática como uma concepção da educação matemática; Barbosa (2001) apresenta a modelagem como um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e a investigar situações da realidade; e Araújo (2007) propõe o desenvolvimento de projetos de modelagem matemática, utilizando a organização de ambientes de aprendizagem (Barbosa, 2001, apud Araúdo (2007) orientados por um referencial crítico de educação matemática.

Nota-se que as diferentes concepções acerca da modelagem matemática estão presentes nas falas dos professores, as quais se caracterizam a partir dos autores que foram estudados por eles no curso de formação inicial ou em outros momentos/ experiências.

A segunda questão que propomos foi: como costuma utilizar a modelagem matemática em suas aulas? "Atualmente não estou atuando em sala, mas sempre gostei da modelagem matemática, pois adoro desafios. A Modelagem possibilita o professor sair da zona de conforto para ir em busca de estratégias onde os alunos elaborem os conceitos matemáticos", afirma o professor (P1). O depoimento de P1 nos mostra certa segurança ao falar sobre a modelagem e sobre "sair da zona de conforto". Provavelmente, essa autoconfiança tenha se desenvolvido pela sua experiência como professor e pela realização da pós-graduação na área como enfatizado por P1 na primeira fala. Por outro lado, os professores P2, P3 e P4 apresentam suas respostas com mais "timidez" que P1 ao abordar a modelagem matemática:

> Buscava o máximo possível a introdução da modelagem matemática em sala de aula, a qual auxilia os educandos para o entendimento, fazendo com que estes se sintam presentes nas complexidades dos processos matemáticos. Acredito que tal metodologia de ensino favorece nossa ação em sala de aula e aproxima a matemática do cotidiano dos alunos. (P2).
>
> Enquanto professora, busco sempre que possível envolver novos métodos de ensino as aulas, até mesmo para que a visão de que a matemática é algo distante da realidade e difícil de aprender seja descontruída. A maneira que eu busco para envolver este método é diferenciada de acordo com os conteúdos, mas são embasadas em envolver as tecnologias as aulas, jogos que relacionem o aprendizado, e a aplicação do conteúdo no cotidiano das famílias (através de

> assuntos que relacionamos em conversas na sala de aula), mostrando assim aos alunos que a matemática vai além de desenvolver raciocínio lógico e cair no vestibular, mas está sim presente em tudo o que fazemos. (P3).
>
> Na verdade, estou conhecendo a modelagem matemática agora. Sinto-me um pouco insegura em trabalhar dessa forma. Vejo que temos bastantes entraves para efetiva-la como pratica nas nossas aulas. Além disso, vejo a modelagem como uma ferramenta auxiliar no ensino da matemática e penso que ensinar matemática só com modelagem é praticamente impossível. (P4).

A insegurança e a incerteza ficam mais visíveis quando se trata de uma necessidade de mudança em nossas práticas. Conforme abordado por Skovsmose e Penteado (2008), a saída de uma "zona de conforto" para uma "zona de risco" traz um desconforto, pois foge do controle das atividades que já vinham sendo desenvolvidas.

No entanto, para que uma atividade possa ser desenvolvida em uma modelagem matemática, é necessário o envolvimento tanto dos professores quanto dos alunos. Conforme Skovsmose (2008), para uma intervenção, é necessária uma "aceitação" por parte dos sujeitos envolvidos, para que haja um processo de exploração tanto do pesquisador quantos dos sujeitos da pesquisa. Além da aceitação, o professor precisa, por meio de sua intervenção, desafiar e proporcionar um ambiente em que o estudante possa formular e procurar explicações. "O convite é simbolizado por seu 'Sim, o que acontece se...? '". Dessa forma os alunos se envolvem no processo de exploração. O Por que isto? dos alunos indica que eles estão encarando o desafio e que estão em busca de explicações. (SKOVSMOSE, 2008, p.21). Pensando nisso, pedimos aos professores para descrever uma prática realizada em sala de aula que possibilitou/utilizou a modelagem matemática. "Já fiz uso no ensino da geometria. Utilizei imagens de roupas, cestos indígenas para elaborar conceitos geométricos", cita o professor (P1).

> -Trabalhar decimais, juros, porcentagens e demais assuntos relacionados a matemática financeira, tem-se inúmeras escolhas, desde trabalhos com panfletos e divulgações de supermercados, até mesmo a visita a bancos e instituições financeiras, são opção divertidas, de fácil realização e totalmente interligada ao dia a dia dos estudantes.
>
> - Trabalhar análise combinatória por meio do cardápio escolar.
>
> - Geometria espacial com sólidos geométricos que estão presentes no dia a dia dos estudantes, podendo assim calcular área e volume, e visualizar a veracidade dos resultados. (P2).
>
> Uma atividade que julguei ser bem útil foi desenvolvida com uma turma de terceiro ano. Onde para que ficasse claro o assunto de juros simples e composto foi criado um comércio em sala de aula, onde alguns eram os vendedores (de mais diversificados ramos, desde supermercados até venda de veículos) e os outros os clientes. Montamos tabelas de venda com valores de avista e prazo, com parcelas com juros simples e composto. Após deu-se uma reflexão sobre a análise de cada um em adquirir os produtos e a viabilidade, sendo que um assunto presente em nosso cotidiano diariamente, mas que muitos ainda são enganados com juros abusivos por não entender e não saber calcular. Trabalhando com o quarto ano do

> ensino fundamental, também já simulamos um supermercado, para estudarmos o conteúdo do sistema monetário. Desenhamos as construções da escola e seu ao redor, para o conceito de geometria espacial, entre outros. (P3).

Ancorados pela descrição acima, percebemos que cada um dos professores percorreu caminhos diferentes. Porém, partindo do mesmo lugar *"problemas relacionados ao dia a dia do estudante".* Ou seja, partindo de modelos pré-estabelecidos, como juros simples e compostos e a geometria em suas diferentes formas.

A partir dessas informações, percebemos que os professores, independente da perspectiva adotada nas atividades descritas, fizeram fortes relações entre a modelagem matemática, etnomatemática e EMC. Assim, concordamos com Araújo (2009, p. 61):

> A forma como entendo modelagem matemática, por trabalhar com temas escolhidos pelos estudantes, de acordo com seus interesses, leva em conta a cultura desses estudantes. Além disso, a matemática que eles mobilizarão para abordar os problemas inseridos em tais temas trazem fortes marcas de sua cultura. E essa cultura não se encontra isolada, mas sim, inserida em, e em constante relação com, a sociedade, na qual a matemática (acadêmica) exerce seu poder. E é nesse contexto que os estudantes poderão criticar o papel da matemática na sociedade: tendo consciência de seu papel na construção da realidade e reconhecendo e valorizando aspectos culturais de sua realidade, problematizando as relações de poder aí existentes.

Nessa perspectiva, analisando o percurso histórico da modelagem matemática, concordamos que ela foi sendo ressignificada. Em sua bagagem histórica, a importância da EMC se faz presente quando, a partir da modelagem, a utilizamos para resolver problemas da realidade na qual estamos inseridos. Nossa indagação, na condição de professoras e pesquisadoras está em entender por que a modelagem matemática está, nos dias atuais, tão pouco presente na sala de aula? As dificuldades encontradas por parte dos professores está interligada a sua formação pedagógica?

Corroboramos com Araújo (2009, p. 65), quando afirma que:

> Abordar ou resolver um problema da realidade por meio da matemática não pode ser entendido de forma objetiva. Há de se perguntar: de que matemática estamos falando? De que realidade estamos falando? E qual é o papel da matemática na realidade? Para mim, abordar a modelagem segundo a EMC implica, inicialmente, nesse tipo de questionamento básico, de cunho filosófico, sobre a natureza do que se fala.

Ao fazermos a leitura dos questionários, percebemos que a dificuldade e a insegurança são explícitas, ficando a dúvida de que lugar devemos partir para atender as expectativas dos professores e também dos estudantes. Acreditamos que estudar a matemática em seus diferentes contextos se torna algo prazeroso quando essa não é vista como um instrumento de poder, mas sim uma forma de tornar nossos

estudantes críticos na sociedade em quem estão inseridos.

Ao questionarmos os professores se, na condição de docentes, aceitariam desenvolver atividades a partir da modelagem, obtivemos as seguintes respostas: “Eu, particularmente, não poderia desenvolvê-las, pois não estou em sala de aula, mas quiçá meus colegas professores poderiam desenvolver com afinco e êxito”, afirmou (P1).

> Atualmente, não estou atuando em sala de aula, mas aceitaria sim o desenvolvimento de atividades a partir de modelagem matemática, pois percebo claramente as dificuldades dos alunos em conseguir visualizar a complexidade matemática e sua importante relação com o mundo que nos cerca, de modo a minimizar as dificuldades encontradas pelos estudantes na aprendizagem matemática, a qual é de grande importância para a vida em sociedade. (P2)
>
> No momento me encontro autuando com ensino fundamental – anos iniciais, o que busco, sim, inovar nos métodos de ensino, mas talvez fuja das atividades que serão pensadas. Porém, julgo estas atividades muito uteis, as quais viriam, com certeza, para facilitar e acrescentar nos métodos de aprendizagem. (P3)

O professor (P4) também afirmar que assumiria o compromisso: “Aceitaria, sim, penso que começando a modelar com modelos já prontos nos trazem mais segurança, para posteriormente começar a criar modelos”. Percebemos, dessa forma, que todos os professores aceitam participar de futuras atividades, em obter maiores aprendizados sobre a modelagem na educação matemática. É visível que, ao se tratar de práticas inovadoras e de certa forma abordadas mais recentemente nos espaços de formação, acabam surgindo dificuldades e resistência dos professores que atuam há mais tempo na dinâmica escolar, relacionados muitas vezes à estrutura da escola e ao currículo, entre outros fatores que impedem a mudança nas práticas pedagógicas.

5 I ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Ao analisarmos as respostas dos questionários, é perceptível de forma bastante clara a inquietude apontada pelos professores ao trabalhar a modelagem matemática em sala de aula. Aliás, as falas dos quatro professores ouvidos para a realização deste trabalho destacam essa dificuldade. Por sinal, o professor (P1), formado há mais tempo que os demais, é quem parece ter maior domínio sobre a modelagem, lembrando que embora tenha concluído a graduação em 1998, concluiu uma especialização na área em 2005.

Apesar da diferença de tempo (quase 20 anos) na formação desses professores, a análise indica que a estrutura curricular dos cursos de formação inicial de professores de Matemática pouco mudou em relação à abordagem da modelagem matemática, visto que, de um modo geral, os professores mostram-se

receosos ao usar a modelagem. Um dos obstáculos apresentados pelos professores é a formação, o não entendimento do assunto. Possivelmente, o fato de não existir uma única concepção sobre modelagem matemática, uma unidade entre os pesquisadores, como apontado por Klüber (2009), dificulta o "entendimento" da modelagem matemática pelos professores. Se a mesma se não for discutida em cursos de formação continuada, provavelmente permanecerá longe das práticas de sala de aula.

Outro obstáculo que percebemos durante as análises está na mudança de postura do professor, característica própria da modelagem. Ao inserirmos a modelagem matemática ao ensino, estaremos enfrentando situações novas, interdisciplinares, exigindo dos professores mais subsídios em sua prática de ensino. Assim, propomos a EMC como um auxílio tanto ao professor quanto ao aluno ao trabalhar com a modelagem, pois a mesma favorece relações com a realidade do estudante, permitindo dessa forma um ensino mais significativo e participativo por parte dos estudantes.

Percebemos que, para que a modelagem chegue à sala de aula com uma perspectiva crítica, é necessário maior ênfase durante a formação inicial de professores, além de discussões em torno do tema durante a formação continuada. Essa mudança de perspectiva também pode ser viabilizada a partir da aproximação das instituições superiores que trabalham sobre o tema com os professores que estão atuando na educação básica, minimizando as dificuldades apontadas pelos professores e aumentando a segurança no trabalho com a modelagem.

Talvez, ainda estejamos em meio a um processo de conhecer e se aventurar pela modelagem matemática por uma perspectiva crítica, a fim de transformar a realidade e a escola na qual trabalhamos por meio de uma matemática que tenha significado e que contribua na construção de cidadãos com olhares críticos frente às questões complexas inerentes ao contexto social. Afinal, como afirma Barbosa (2001), a modelagem é um ambiente de aprendizagem com referência na realidade, no qual os alunos têm a possibilidade de investigar o mundo por meio da matemática.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. W.; FERRUZZI, E. C. Uma aproximação socioepistemológica para a modelagem matemática**. Alexandria -** Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 117-134, jul. 2009.

ARAÚJO, Jussara de L. **Educação Matemática Crítica na Formação de Pós-graduandos em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Argvmentvm, 2007.

_____. Uma Abordagem Sócio-Crítica da Modelagem Matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. **Alexandria -** Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, v.2, n.2, p.55-68, jul. 2009.

BARBOSA, Jonei C. **Modelagem Matemática:** concepções e experiências de futuros professores, 2001. 253 f. Tese (doutorado) Universidade estadual paulista, instituto de geociências e ciências exatas. Rio Claro: 2001.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2009.

BIEMBENGUT, Maria S; HEIN, Nelson. **Modelagem matemática no ensino**. 5. ed. São Paulo, Contexto, 2011.

BURAK, Dionísio. Modelagem matemática: experiências vividas. **Analecta**, v. 6, n. 2, p. 33-48, jul/dez. 2005.

CALDEIRA, A. D. Modelagem matemática: um outro olhar. **Alexandria -** Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, v. 2, n. 2, p. 33-54, jul. 2009.

GOMES, Vivilí Maria Silva. **Modelagem Matemática e Inclusão**. In.: ALENCAR, Edvonete Souza de; BUENO, Simone (org). São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

KLÜBER, Tiago E. Um olhar sobre a Modelagem Matemática no Brasil sob algumas categorias fleckianas. **Alexandria -** Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, v.2, n.2, p.219-240, jul. 2009.

MEYER, Jõao F. C. A; CALDEIRA, Ademir D; MALHEIROS, Ana P. S. **Modelagem em Educação Matemática**. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2013.

SCHELLER, Morgana; BONOTTO, Danusa de Lara; BIEMBENGUT, Maria Salett. Formação Continuada e Modelagem Matemática: Percepções de Professores. **SBEM**: Educação Matemática em Revista, n. 46, set. 2015.

SKOVSMOSE, Ole. **Desafios da reflexão em educação matemática crítica**. Campinas, SP: Papirus, 2008. (Coleção Perspectivas em Educação Matemática)

_____. **Educação crítica**: incerteza, matemática, responsabilidade. São Paulo: Cortez, 2007.

_____. **Educação matemática crítica**: a questão da democracia. 6 ed. Tradução: Abgail Lins, Jussara de Loiola Araújo; Prefácio Marcelo C. Borba. Campinas, SP: Papirus, 2013

CAPÍTULO 6

USO DOS RECURSOS TECNOLOGICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO DE 6º ANO DA ESCOLA PROFESSORA MARIA FIDERALINA DOS SANTOS LOPES NO MUNICIPIO DE TOMÉ-AÇU/PA

Data de aceite: 17/03/2020

Anne Louise Fernandes de Medeiros
Eliel Viana Rodrigues
Poliana Silva Costa
Renato Araújo da Costa
Maria Bernadete Marques Silva
Rita do Carmo Marinho
André Pires Costa
Cleidiane Cardoso Assunção
Oselita Figueiredo Corrêa
José Francisco da Silva Costa

RESUMO: O presente artigo vem abordar o uso dos Recursos Tecnológicos para uma turma do 6º ano na escola de Ensino Fundamental Professora Maria Fideralina dos Santos Lopes localizada no Município de Tomé-Açu/PA. Apresenta um levantamento baseado em uma revisão bibliográfica e pesquisa exploratória em lócus, para identificar, a partir de entrevista semiestrutura qualitativa-quantitativa a dois professores que ministram aulas de ciências naturais, ao ponto de saber se nas aulas ministradas dão ênfases ao uso de recurso tecnológico como meio de facilitar a aprendizagem tendo em vista que as tecnologias são importantes diante do mundo globalizado que se tem e onde o conhecimento tecnológico representa à sociedade, uma necessidade fundamental onde em todos os setes sociais são aplicáveis. Assim sendo, a escola como espaço educativo e voltada para formação dos alunos, deve estar inserida nesse contexto, adequando metodologias capazes de acompanhar os desenvolvimentos tecnológicos e, o professor, deve estar sempre atento para o aprimoramento, introduzindo em sala de aula metodologias que venham facilitar o processo de ensino e aprendizagem para os alunos. Diante dessa necessidade, optou-se em desenvolver esse tema, realizando entrevistas que venham apontar se os professores nas aulas de ciências naturais interpolam o uso das tecnologias como meio de facilitar ao processo de ensino e aprendizagem, causando motivação e maior desempenho estudantil, pois consequentemente, este fator eleva a atuação participativa do docente, ou seja, o hábito de fazer pesquisas na internet, a capacidade comunicativa e informativa entre outras atividades em sala de aula e no cotidiano. Conclui-se a pesquisa considerando que apenas um dos professores faz uso dos recursos e que apesar do segundo afirmar que os utiliza, os alunos alegam que não acontece em sala.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de ciências. Uso de recurso tecnológico. Processo de ensino aprendizagem.

ABSTRACT: This article deals with the use of Technology Resources for a 6th grade class at the Maria Fideralina dos Santos Lopes Elementary School located in the Municipality of Tomé-Açu / PA. It presents a survey based on a bibliographical review and exploratory research in locus, to identify, from a qualitative-quantitative qualitative interview to two teachers who teach natural science classes, to the point of knowing if in the lectures they give emphasis to the use of technological resources as a means of facilitating learning in light of the fact that technologies are important in the face of the globalized world one has and where technological knowledge represents society, a fundamental need where in all social sects are applicable. Therefore, the school as an educational space and aimed at the training of students, must be inserted in this context, adapting methodologies able to accompany the technological developments and, the teacher, must always be attentive to the improvement, introducing in the classroom methodologies that come facilitating the teaching and learning process for students. Faced with this need, it was decided to develop this theme, conducting interviews that would indicate if the teachers in the natural science classes interpolate the use of technologies as a means of facilitating the teaching and learning process, causing motivation and higher student performance, because consequently , this factor raises the participatory action of the teacher, that is, the habit of doing research on the internet, the communicative and informative capacity among other activities in the classroom and daily life. The research is concluded considering that only one of the teachers makes use of the resources and that although the second states that they use them, the students claim that it does not happen in the classroom.
KEYWORDS: Science teaching. Use of technological resources. Teaching learning process.

1 I INTRODUÇÃO

Sabe-se que num mundo globalizado repleto de informações, torna-se quase que impossível haver um desassociação da tecnologia estando presente num todo, independente, da área de trabalho, classe social, zona urbana ou rural. O mimeógrafo, a impressora, o retroprojetor, inovaram e facilitaram o ensino com estes e outros recursos tecnológicos e não foi diferente com os computadores e celulares. No entanto, parece natural conversar distantes milhares de quilômetros com outras pessoas,

Diante de todo o exposto e com a importância da tecnologia e seus recursos, o artigo tem como objetivo geral mostrar a partir de uma pesquisa de campo se os professores fazem uso dos recursos tecnológicos no ensino de ciências na escola Professora Maria Fideralina, enfatizando o fato dos alunos terem acesso a esses recursos, buscando o aprimoramento nos conhecimentos com a utilização deles por parte dos professores.

Como justificativa, tem-se sua raiz na inquietação de que não se pode prender o aluno por longo período de tempo inerte numa cadeira como um mero espectador

do conhecimento, enquanto professor copia o conteúdo no quadro negro com o giz ou pincel atômico. É preciso sair dessa estagnação tradicionalista e inovar as metodologias de ensino e aprendizagem. É conveniente que o professor faça uma reflexão à forma que está direcionando a educação e passe a ser mais dinâmico em sala de aula. Deve ser mais criativo, buscando diferentes formas de ensinar a partir de aulas de atrativas onde tenha um despertar e interesse maior para os alunos.

Como problemática seria a investigação dos professores não utilizarem os recursos tecnológicos e razão de continuarem ministrando um trabalho sem a presença deles que poderiam facilitar a aprendizagem. consideram-se como hipóteses: Há uma preocupação por parte dos professores em fazer uso de recursos tecnológicos e outros recursos a fim de facilitar o processo de ensino e aprendizagem de ciências.

2 I A TECNOLOGIA

O termo "tecnologia" tem ligação forte com um movimento surgido na Inglaterra em meados do século XVIII: a Revolução Industrial, denominada assim por ser a responsável pelo avanço das maquinas sobre a manufatura. O que para o liberalismo econômico teriam muitos benefícios, de forma que aumentaria a produção, aumentando o lucro de pessoal, podendo também fazer os produtos caírem de preço. O surgimento das máquinas tem uma forte influência com a mudança do trabalho do homem e cada vez mais o avanço nessa área tem contribuído com a rapidez nas execuções de um grande número de atividades.

Tecnologia é compreendida como o conhecimento, interpretação, aplicação e/ou estudo de técnica e de suas variáveis, enquanto aplicação e aplicativo, ao longo da história e em determinada sociedade. Portanto, ela vem como um ente capaz de promover uma mudança no meio social a partir de mecanismo que facilita o trabalho do ser humano. Na verdade, ela é um termo muito abrangente que envolve conhecimentos técnicos e científicos, este sugere objetos que são suas ferramentas, que se usa para aplicar em cada contexto. Esse contexto abrange vários setores nos diferentes meios e se manifesta através de não apenas ferramentas técnicas, como as máquinas, como também os conhecimentos que vem contribuir para os avanços em diferentes áreas cientificas.

Para Paiva as tecnologias e seus avanços são frutos do capitalismo, pois com o surgimento e avanço dela, tem ocupado um espaço significativo no meio capitalista. Pode-se considerar que um dos ápices nesse avanço, remarca, como considera Paiva, "A invenção da imprensa por Gutemberg em 1442 como a primeira grande revolução tecnológica na história da cultura humana [...]". (PAIVA, 2008. p.2).

2.1 A Importância dos Computadores como Recurso para o Ensino de Ciências

A tecnologia em relação ao computador e seus periféricos evoluiu de forma exorbitante, integrando-se as todas formas de tecnologias da escrita, de áudio e vídeo, máquina de escrever, imprensa, gravador de áudio e vídeo, projetor de slides, projetor de vídeo, rádio, televisão, telefone e fax. (PAIVA, 2008. p.9). Com a evolução tecnológica em diferentes ramos científicos, a comunicação através da Internet, vem como um meio viável de suprir essa necessidade, do homem moderno, de comunicar-se sem a precisar de estarem no mesmo local.

O computador atua como uma ferramenta mediadora do educador quando bem empregado auxiliando o aluno no quesito aprender de forma inovadora e despertando um interesse maior na disciplina de ciências. Pois a partir de uma prudente escolha dos métodos convencionais como: o uso apropriado da web e dos softwares educativos (com os hipertextos e outras funções). Sendo assim os recursos tecnológicos apresentam inúmeras probabilidades de trabalhos mais interativos, diferentes e ousados.

De acordo com Valente (1997, p. 20), a simples 'transmissão de conteúdo' realizada através do computador e da Web não possibilita espaço para que o aluno crie, aprenda, produza, torne-se cidadão do mundo.

2.2 O Uso Das Tecnologias como Recurso no Processo de Ensino e Aprendizagem em Ciências

Os recursos tecnológicos no processo de ensino-aprendizagem tem a vantagem de contribuir com o professor para facilitar nos processos metodológicos em sala de aula. O histograma da figura **(Figura 1)** mostra como o professor pode associar e dividir os conteúdos em relação a introdução das tecnologias. As ferramentas têm como meta facilitar a forma do trabalho dentro e fora das escolas e as novas tecnológicas como instrumento transformador na prática pedagógica vem ser um forte aliado para o professor utilizar e aplicar para desenvolvimentos das habilidade e competências, promovendo dinamismo e motivação em sala de aula. Assim sendo, o papel da tecnologia tem aplicação inteligente do computador na educação, sugerindo mudanças na abordagem pedagógica levando os alunos para atividades mais criativas, críticas e de construção conjunta.

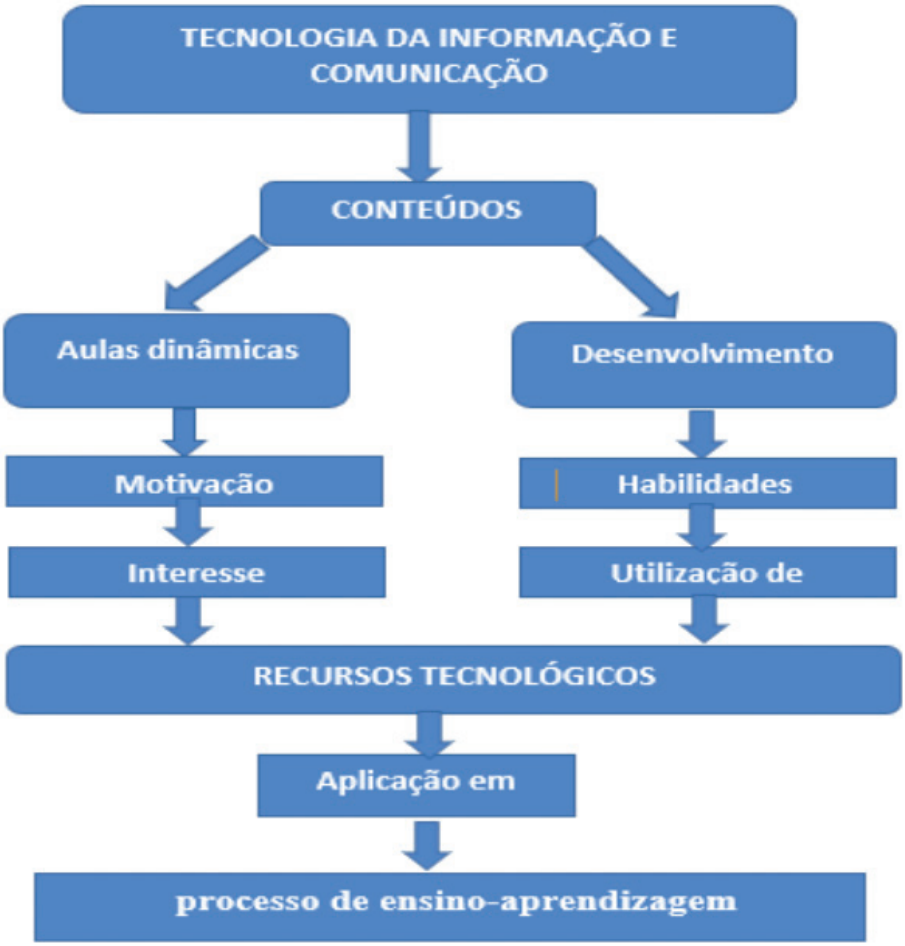


Figura 1: Histograma relacionado com a tecnologia de informação e comunicação em relação aos conteúdos aplicados a recursos tecnológicos no processo de ensino e aprendizagem.
Fonte: Acervo da autora.

Com base nesse contexto, explica primo que a interação é mútua quando implica em negociação e é reativa quando se resume ao estímulo-resposta. Em suma, a tecnologia facilita a transmissão da informação, mas o papel do professor continua sendo fundamental na escolha e correta utilização da tecnologia, dos softwares e seus aplicativos para auxiliar o aluno a resolver problemas e realizar tarefas que exijam raciocínio e reflexão (PRIMO, 1999).

Assim, Cortelazzo (1999) aponta como esses recursos são eficientes para mostrar aos alunos de que forma pode utilizar esses meios tecnológicos, abrindo oportunidades para que compreenda a importância deles para o ponto de vista educacional. O professor para planejar uma aula com recursos de multimeios exige preparo do ambiente tecnológico, dos materiais que serão utilizados, dos conhecimentos prévios dos alunos para manusear estes recursos, do domínio da tecnologia por parte do professor, além de seleção e adequação dos recursos à clientela e aos objetivos propostos pela disciplina. Todos esses recursos podem ser direcionados para a disciplina de ciências ou qualquer outra disciplina, uma vez que a tecnologia permite uma gama de aplicações em diferentes áreas do conhecimento humano.

Torres considera que para melhor avaliar os recursos computacionais, sugere-se alguns critérios de qualidade e avaliação dos softwares quanto aos resultados da aprendizagem. O software proporciona o desenvolvimento da autonomia do aluno, promovendo uma aprendizagem com graus de dificuldade controlada pelo próprio usuário? Quanto tempo os alunos precisam para aprender os comandos? Que tipo de atividade será realizada com o uso desse software? É possível o trabalho de grupo? (TORRES, 2000, p.39-40).

3 I METODOLOGIA

Realizou-se uma pesquisa de campo direcionados a dois docentes que ministram aulas de ciências naturais no 6º ano do ensino fundamental maior na escola Professora Maria Fideralina a fim de constatar as prática e metodologias aplicadas no processo de ensino e aprendizagem em relação aos recursos utilizados em sala pelos professores. Para a realização da pesquisa, utilizou-se um levantamento de questionários semiestruturados quantitativos/qualitativos a fim de averiguar como os entrevistados desenvolvem as práticas metodologias referentes ao ensino de ciências Naturais, atrelando aos recursos tecnológicos.

3.1 Lócus de Estudo, Público-Alvo, Identificação e Reconhecimento do Espaço em que Trabalham os Docentes

A escola disponibiliza de sala de informática com computadores e internet, um notebook, um Datashow, caixa de som com microfone, uma câmera fotográfica e uma TV tela plana 16 polegadas, materiais estes disponíveis para a utilização dos professores em sala de aula. No entanto a escola possui recursos satisfatórios para a pesquisa aplicada, sendo que o questionário foi constituído por perguntas relacionadas ao uso das tecnologias no ensino de ciências e se esses recursos vêm facilitar o ensino-aprendizagem.

3.2 Localização da Área de Pesquisa

O estudo foi realizado na cidade de Tomé-Açu, município localizado no nordeste paraense a 180 km da cidade de Belém, Capital do Estado do Pará, com uma área de 5.145 km² e população de 56.518 habitantes – IBGE/ 2010, situado na zona fisiografia Guajarina área compreendida pelo Bioma Amazônia, conta atualmente com uma economia baseada na agropecuária, indústria e serviços. Seu corpo estudantil atinge um número aproximado de 18.000 alunos distribuídos por 97 escolas municipais 02 Estaduais, além de universidades públicas e particulares.

O local onde se aplicou o questionário foi na Escola Municipal de Ensino

Fundamental Professora Maria Fideralina dos Santos Lopes, uma unidade de ensino do município de Tomé-Açu/ PA que atende adolescentes, jovens e adultos com turmas do 6º, 7º, 8º e 9ª anos no ensino regular (Anos Finais) e a EJA, com um corpo docente constituído por 18 professores em sala de aula, 1 professor na sala de leitura e 2 professores na sala de AEE e 1 professora cuidadora também da sala de AEE. Dentre esse quadro de educadores foram convidados os dois professores do ensino de ciências desta instituição ambos formados na área de Ciências Naturais a participarem da pesquisa onde os mesmos responderam a um questionário.

A seguir, tem-se a localização geográfica no país, estado e município e local da escola onde foi realizada a pesquisa (Figura 2).

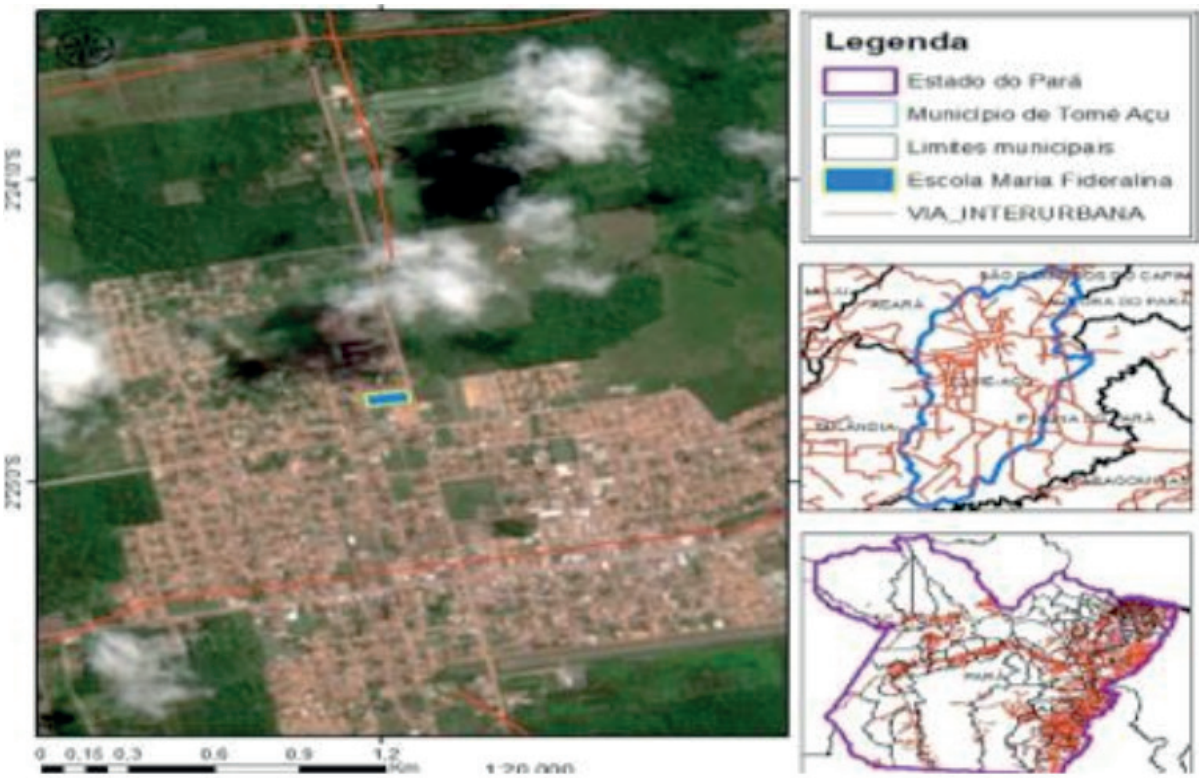


Figura 2: localização geográfica da escola: Na Avenida Saburoshiba s/n, bairro Venceslau no Município de Tomé-Açu. Fonte: Acervo da autora.

3.3 Sujeitos da Pesquisa

O sujeito selecionado para desenvolvimento da pesquisa é constituído por 2 professores, que ministram aulas no 6º do Ensino Fundamental. Os interlocutores da pesquisa receberam cognomes (Professores JOÃO e PEDRO) para que sejam preservadas suas identidades pessoal e profissional. O primeiro entrevistado (João), Possui a idade de 39 anos, tem nível superior em Licenciatura plena em Ciências Naturais, formou-se na UFPA no campus de Cametá e cursa Licenciatura Plena em Ciências Biológicas. O segundo entrevistado (PEDRO) Possui a idade de 46 anos, tem nível superior em Licenciatura plena em Ciências Naturais, formou-se na UFPA no campus de Bragança e trabalha desde de 2005 na docência de ensino fundamental

3.4 Histórico da Escola

Inaugurada em julho de 2006, a Escola Municipal de Ensino Fundamental Professora Maria Fideralina dos Santos Lopes, funcionou como anexo da Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Fábio Luz, até dezembro de 2008, sob a direção da professora Odiléia Soares de Moraes. Em 13 de março de 2009, foi votado na Câmara Municipal de Vereadores e depois sancionado pelo prefeito Carlos Vinícius de Melo Vieira a lei nº 1.951/2009, autorizando a criação da Escola Municipal de Ensino Fundamental Professora Maria Fideralina dos Santos Lopes, que atualmente

conta com um número de 606(seiscentos e seis) alunos matriculados e distribuídos nos turnos matutino, vespertino e noturno, atendendo turmas do 6º, 7º, 8º e 9ª anos no ensino fundamental regular (Anos Finais) e na terceira e quarta etapa da EJA. A escola conta com um quadro de 42 (quarenta e dois) funcionários.

As famílias dos alunos desta escola são de classe baixa e média e muitas delas são subsidiadas pelo programa Bolsa Família. Cada escola está ligada a um sistema educacional comum, por vezes, vivenciam as mesmas realidades, que convergem das mesmas ideologias. Sabe-se que cada escola tem suas particularidades, mesmo compartilhando problemas comuns a outras escolas, não se pode subjugar um mesmo fator como causador de uma forma globalizada. No entanto as particularidades comuns entre as escolas estão relacionadas às questões socioeconômicas das famílias, mobilidade, dificuldades de aprendizagem que envolve fatores, tal como, formação continuada de professores em exercício, para que possam identificar e agir com coerência ajudando os adolescentes que apresentam dificuldades de aprendizagem, além das questões culturais que permeiam a comunidade.

A instituição de ensino Maria Fideralina está relativamente equipada para dar consecução as suas atividades educacionais

A escola atende no ano de 2018 alunos do Ensino Fundamental nos Anos Finais, total de 606 alunos divididos em 03 turnos. Os alunos atendidos na Escola Maria Fideralina são oriundos de classe social baixa e média baixa, que residem tanto nos bairros adjacentes à instituição como também no espaço rural. Estes necessitam de transporte escolar para chegar à escola. Já no turno da noite, a clientela é de jovens trabalhadores assalariados, pais e mães que, depois de um exaustivo dia de trabalho ainda procuram o espaço escolar a fim de adquirir conhecimentos.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são apresentados os resultados da pesquisa e discutidos a partir das experiências em campo e diálogo com os dois professores que foi de fundamental à importância para o embasamento teórico nas análises e alcance dos objetivos geral e específicos. Para caracterizar os participantes da pesquisa, procurou-se conhecer a idade, nível escolaridade, sexo e tempo de experiência na educação básica. Com esses dados, elaborou-se 10 (dez questões) relacionadas com a metodologia dos professores e os materiais didáticos e tecnológicos que poderiam utilizar para facilitar o processo de ensino e aprendizagem, assim como as dificuldades e os materiais disponibilizados pela escola para ministrar as aulas, despertando motivação e interesse nos alunos.

4.1 Entrevista com os Professores

O questionário utilizado foi análogo para ambos os entrevistados, sendo que cada pergunta, optou-se como um subtópico, colocando na forma de citação os comentários dos pesquisados. Para aprofundar o subtópico, apontam-se autores que relatam sobre o tema abordado, fechando o texto com comentários e apontamentos com base nas citações dos dois professores.

1. A presença da tecnologia aliada ao ensino

Perguntou-se ao professor se a presença da tecnologia aliada ao ensino vem facilitar o trabalho no conteúdo de ensino de ciências. Segundo o docente alega que,

> Qualquer outro recurso didático ou paradidático é de suma importância. Portanto a tecnologia é uma das ferramentas mediadoras entre o aluno e o conteúdo. Dessa forma, o uso da tecnologia é de suma importância no ensino de ciências, pois é um meio que vem facilitar e estimular o interesse do aluno sobre o conteúdo ensinado em sala de aula (JOÃO, 2018).

Acredito que sim, pois os recursos tecnológicos são ferramentas importantes para o ensino em sala de aula. (PEDRO, 2018).

De acordo com o relato do professor (JOÃO), acredita-se que deve haver uma correspondência biunívoca entre o assunto desenvolvido em sala com o uso dos recursos tecnológicos. Afirma que a ferramenta mediadora que abre um elo entre o conteúdo e o aluno, é justamente, a tecnologia. Diante dessa afirmativa, apesar de mostrar a sua importância para o processo de ensino, é um fato considerar se ele faz uso das tecnologias nas aulas ao ponto de construir motivação e interesse pelo conteúdo ministrado. O segundo o entrevistado (PEDRO) acredita que a presença da tecnologia é de fundamental importância para a disciplina de ciências. Pois se trata de uma ferramenta essencial para instigar o interesse do aluno pelo conteúdo dado em sala de aula. Criando possibilidades dos alunos se relacionar com os conteúdos de diferentes formas.

De acordo com Moran (2002, p. 43-51) relata que o professor é o ser mediador muito mais influente na docência e em vida acadêmica, que pode ser um influenciador ativo no papel de introduzir a informática em sala de aula. Sendo assim, verifica-se que o computador em conjunto com a internet são ferramentas fortes e capazes de exercer atividades que possam simplificar as didáticas existentes por novas práticas que facilitem ainda mais o ensino aprendizagem dos alunos, com interatividade no ambiente escolar. Portanto, o professor deve ser capaz de saber construir essa relação entre o conteúdo e a tecnologia. Obter conhecimento tecnológico, manipulando cada recurso a fim de conseguir trabalhar num processo de ensino e aprendizagem satisfatório e a altura do que é necessário para que o aluno possa aprender tanto o

conteúdo de ciências como o recurso utilizado nesse processo de ensino.

2. O uso de cunho não tecnológico e a importância no ensino de ciências

Sabe-se que diante do mundo globalizado, a tecnologia se tornou inerente no meio social e o espaço escolar não pode ficar longe dessa realidade, razão que conduz os professores cada vez mais mergulharem e compreenderem para aplicar nos conteúdos em sala. Diante dessa relevância, questiona-se o professor se os recursos de cunho não tecnológico poderiam ser utilizados para o ensino de ciências. Às palavras do professor para esse questionamento é que,

> Os recursos de cunho não tecnológico por sua vez, tem sua especificidade, e contribuem de forma significativa na diversificação de metodologia de ensino (JOÃO, 2018).

Somente se esses recursos forem ajudar no processo de aprendizagem do aluno. (PEDRO, 2018)

O professor (JOÃO) relata que há uma contribuição quando se usa os recursos tecnológicos no processo de ensino, atrelá-los nas aulas podem trazer uma significação e maior motivação nas aulas, uma vez que como são recursos em que faz parte inerente do cotidiano do aluno é possível que o professor as utilize para inserir no processo de ensino, mostrando de que forma o aluno poderia saber manipular para o ponto de vista didático.

O segundo entrevistado tem uma resposta “vaga”. Isto é, não relata à relevância do uso dos recursos para o processo de ensino e aprendizagem. Apenas afirma que eles poderiam trazer ajuda para o ensinamento. Esse fato vem questionar a atitude desse profissional, emergindo a dúvida de que não dá muita importância a aplicação em sala de aula. É lógico que todo recurso tecnológico é essencial para contribuir em sala de aula nas aulas de quaisquer que sejam as disciplinas. A resposta desse profissional traz à tona, o fato de que não utiliza em suas aulas os recursos tecnológicos. Diante dessa última fala, vale lembrar o que Souza (2007, p. 110) ressalta que [...] é possível à utilização de vários materiais que auxiliem a desenvolver o processo de ensino aprendizagem, isso faz com que facilite a relação professor–aluno–conhecimento.

3. A presença de recursos tecnológicos nas instituições de ensino públicos

Questionou-se a presença de recursos tecnológicos nas instituições de ensino públicos, o que terminam fazendo uso apenas do livro didático devido à falta de tais recursos e se esse fato acontece na escola em que o docente trabalha o que poderá fazer para contornar ou sanar essa possível problemática. No entanto, alega que,

> Os recursos tecnológicos por incrível que pareça, não é a realidade de todas as escolas da rede pública do país, porém a falta desses recursos também não justifica o uso apenas do livro didático, no entanto, apesar desse recurso ser descontextualizado regionalmente e metodologicamente inadequado, é sim, uma das principais ferramentas de construção de competências utilizada pelo professor em sala de aula e sem dúvida não é a única, existem inúmeras metodologias a ser complementada (JOÃO, 2018).

Esse fato não acontece na escola, pois a mesma oferece recursos tecnológicos suficientes para se trabalhar (PEDRO, 2018).

De acordo com o relato do professor (JOÃO), os recursos tecnológicos ainda não são acessíveis para muitas escolas da rede pública. No entanto, não se deve fazer somente o uso do livro didático que para ele é um recurso impróprio e que não condiz com as circunstâncias e características locais. Porém se esse recurso for usado de forma adequada para a edificação e desenvolvimento do aluno, torna-se um importante instrumento. O outro professor expõe que não sofre com a falta desses recursos, porque são suficientes para se trabalhar de forma apropriada em sala de aula com os alunos. Mas, no entanto, fica vaga a questão relacionada ao uso do livro didático. Para Souza (2007, p. 113) [...] o uso de materiais didáticos no ensino escolar, deve ser sempre acompanhado de uma reflexão pedagógica quanto a sua verdadeira utilidade no processo de ensino e de aprendizagem, para que alcance o objetivo proposto de ensino.

Na atualidade, de acordo com Kenski (2007), surgi um novo tipo de sociedade tecnológica que é determinada principalmente pelos avanços das tecnologias digitais de comunicação e informação e pela microeletrônica. Essas novas tecnologias assim consideradas em relação às tecnologias anteriormente existentes, quando disseminadas socialmente, alteram as qualificações profissionais e a maneira como as pessoas vivem cotidianamente, trabalham, informam-se e se comunicam com outras pessoas e com todo o mundo.

4. Práticas docentes e aplicação de metodologias tradicionais, ensino de ciências e aulas teóricas /práticas

> Ao se utilizar recursos didáticos ou paradidáticos em metodologias antecipadamente planejada, quebra o paradigma tradicionalista. Nas minhas metodologias procuro utilizar recursos que facilitem a construção do conhecimento dos alunos e que esses recursos correspondam prática/ conteúdo (JOÃO, 2018).

Faço o uso de metodologias teórico-práticas e uma vez ou outra utilizo as tecnologias que a escola oferece (PEDRO, 2018).

De acordo com a fala do primeiro professor, o emprego bem esquematizado e executado dos recursos didáticos de forma geral, rompe o modelo tradicional. Pois o uso deles e bem planejado, promove um melhor proveito para a constituição de

noção dos conteúdos estudados. O segundo professor apresenta uma resposta um pouco vaga relatando que faz uso de métodos que envolvem a teoria e a prática. E afirma, também, que utiliza “poucas vezes” os recursos tecnológicos que a escola dispõe. Entretanto, de acordo com o histórico apresentado no tópico 2 do artigo, a escola disponibiliza de recursos necessários para que ambos os professores podem utilizar e aplicar nas aulas de ciências; Dizer, portanto que “poucas vezes” utiliza, evidencia que entre os dois entrevistados, existe uma maior preocupação na utilização dos recursos com o primeiro entrevistado, pois afirma que: “Nas minhas metodologias procuro utilizar recursos que facilitem a construção do conhecimento dos alunos”

Nessa perspectiva, Freire, refere-se que: O educador, que aliena a ignorância, mantém-se sempre em posições fixas, invariáveis. Será sempre o que sabe, enquanto os educandos serão sempre os que não sabem. “A rigidez destas posições nega a educação e o conhecimento como processo de busca”. (FREIRE,1979, p 03).

5. A disponibilização dos recursos didáticos e tecnológicos acessíveis

> Livros didáticos são poucos, mas estão disponíveis. Não temos laboratório de ciências, a sala de informática não funciona por falta de manutenção dos equipamentos e não tem sala de multimídia (JOÃO, 2018).

A escola possui somente sala de informática e biblioteca para o uso e livros didáticos (PEDRO, 2018).

De acordo com o relato do professor (JOÃO), a disponibilização dos recursos didáticos como os livros, está acessível aos professores, porém não são suficientes para suprir as necessidades dos estudantes. De acordo como foi descrito acima em relação os materiais didáticos e tecnológicos que a escola possui, a Tabela 3 mostra que há uma sala de informática onde existem 7 computadores disponibizados pela escola em que fica a acesso voluntario do professor e 400 livros didáticos de diferentes series na biblioteca.

Dizer que os livros são poucos e que a sala de informática não funciona, o que se pode concluir com essa fala é a negligência por parte do poder público em não se preocupar em exercer o papel crucial de garantir que os recursos tecnológicos sejam eficientes de maneira continua, pois deveria tomar as precauções para evitar que não ocorra esse descaso na manutenção, tendo em vista a necessidade por parte dos alunos e com o trabalho do professor o que tange com a preparação dos conteúdos e pesquisas na sala de informática. Em relação a sala de multimídia, a Tabela 4 mostra que existem 1 Datashow, 1 vídeo e dois televisores. Diante desse fato, pode-se concluir que: Ou os professores desconhecem essa sala ou não usam em suas aulas esses recursos,

E no que diz respeito à fala do docente (PEDRO), a instituição de ensino dispõe somente de um laboratório de informática e de uma biblioteca para que se possa fazer uso dos livros didáticos. Sendo que o laboratório de informática é um aliado de fundamental valor para o aluno, oferecendo-lhe um espaço adequado para a realização de trabalhos de pesquisa. De acordo com Costoldi e Polinarski (2009, p. 2), "os recursos didáticos são de fundamental importância no processo de desenvolvimento cognitivo do aluno", uma vez que desenvolve a capacidade de observação, aproxima o educando a realidade e permite com maior facilidade a fixação do conteúdo e consequentemente, a aprendizagem de forma mais efetiva, onde o educando poderá empregar esse conhecimento em qualquer situação do seu dia-a-dia.

Para Ferreira, no momento que o professor utiliza um recurso didático dentro da sala de aula, ele transfere os conhecimentos\os que estão expressos no livro para a realidade do educando. Dessa forma, o professor pode usar o recurso didático para preparar, melhorar ou aprimorar a aula que será dada. São exemplos de recursos didáticos: artigos, apostilas, livros, softwares, sumários de livros, trabalhos acadêmicos, apresentações em Power Point, filmes, atividades, exercícios, ilustrações, CDs, DVDs. (FERREIRA, 2007, p. 3). O docente deve fazer uso desses materiais didáticos pedagógicos para desenvolver uma aula diferente e mais proveitosa. Pois, quando o professor utiliza métodos inovadores, torna o aprendizado mais expressivo e proveitoso fazendo que as aulas não declinem na rotina e na mesmice do falar por falar.

Tratando-se ainda dessa questão, Braga considera uma incerteza quando enfatiza que não se sabe ao certo quando esses recursos começaram a ser utilizados em sala de aula, contudo, essa técnica é desenvolvida por professores por muito tempo, geração a geração, tendo alcançado bons resultados deste então (BRAGA, 2007, p. 4).

6. Recursos tecnológicos e laboratório interdisciplinar não disponíveis e o anseio pela utilização nas aulas de ciências

> Os recursos que gostaria de utilizar que a escola não fornece, seria uma sala de multimídia um laboratório de informática com acesso à internet e um laboratório de ciências (JOÃO, 2018).

A escola possui alguns desses recursos, sendo que a única exceção é o laboratório de ciências que ainda se espera um dia que a escola possua (PEDRO, 2018).

Esse comentário sugerido pelo primeiro professor faz assonância ao subtópico 4.2.5. No entanto, o presente relata e enfatiza o laboratório Interdisciplinar. Em

relação aos outros dois espaços físicos, já foram discutidos no referido subtópico. O anseio do primeiro é que gostaria de utilizar esses recursos para tornar as aulas mais dinâmicas e motivadoras. O segundo entrevistado afirma também a não existência de um laboratório de ciências. Afirma com um tom eufemístico e esperançoso que "um dia" a escola venha possuir. No entanto, vale lembrar que com base no subtópico 4.2.6 o professor alega que tem dificuldade em relacionar as aulas com os recursos tecnológicos. No entanto, o fato de a escola não possuir um laboratório interdisciplinar, não é motivo para desvincular o conteúdo das experiencias. Existem inúmeras maneiras de realizar experiencias até mesmo em sala de aula com materiais de baixo valor aquisitivo.

O primeiro entrevistado reforça a mesma ideia do subtópico dado em 4.2.6, afirmando que a escola não fornece sala de multimídia, um laboratório de ciências e outro com acesso a internet. Pesquisa realizada na escola, atestam que existem esses recursos, com exceção do laboratório interdisciplinar que até o momento da pesquisa, a prefeitura ainda não havia disponibilizado. Assim sendo, acredita-se que o professor não faz uso desses recursos embora queira se justificar que utiliza no seu trabalho educacional **(subtópico 4.2.6)**. Outra questão é considerar que gostaria de usar os recursos oriundos da escola e não os que são elaborados ou improvisados por ele e os seus alunos **(subtópico 4.2.6)**. Em síntese, acredita-se que há uma divergência ou uma falta de comunicação entre o professor e a escola.

As falas desses dois professores podem entrar em discussões com as considerações de que muitos educadores precisam trabalhar suas disciplinas e ficar atentos em relação às tecnologias trazidas pelos alunos em sala de aula uma vez que existe um número elevado de alunos que possuem aparelhos e muitos deles, têm acesso à internet ou outro instrumento que pode ser utilizado em sala de aula para pesquisas. Inserido nesse acesso, Carvalho e et al, atestam que,

> A educação em suas relações com a Tecnologia pressupõe uma rediscussão de seus fundamentos em termos de desenvolvimento curricular e formação de professores, assim como a exploração de novas formas de incrementar o processo ensino-aprendizagem. (CARVALHO, KRUGER, BASTOS, 2000, p. 15).

Ao se referir em desenvolvimento curricular e formação de professores, assim como a exploração de novas formas de incrementar o processo ensino-aprendizagem, coloca no ápice o questionamento das habilidades e competências que o professor deve levar em sua bagagem, sendo possível conseguir ministrar as aulas com uso de Tecnologias em sala de aula, tais como quadros digitais, computadores, entre outros, tecnologias que não são acessíveis a todas as escolas e dificilmente falam de aparelhos como celulares, Mp3 e Mp4 que estão diretamente em posse dos alunos.

Leopoldo considera que "As novas tecnologias surgem com a necessidade de

especializações dos saberes, um novo modelo surge na educação, com ela pode-se desenvolver um conjunto de atividades com interesses didático-pedagógica". (LEOPOLDO, 2004, p.13). Em contrapartida, os professores entrevistados atestam que não fazem uso desses recursos, não aproveitam a presença dos celulares trazidos pelos alunos como meios de aproveitamento e pesquisas como forma de fazê-los aprender a manipular do ponto de vista didático esses recursos. Portanto, os professores precisam saber orientar seus alunos sobre onde e como colher informações, como tratá-las e como utilizá-las, ensiná-los a pesquisarem. Os discentes precisam de orientações e acompanhamento, para aprender a pesquisar, transformar as informações adquiridas, tanto as científicas, quanto as que vivem cotidianamente, aliando os recursos tecnológicos que possuem e assim refletir e compreender os acontecimentos sociais.

7. O uso dos recursos tecnológicos na facilidade no ensino/aprendizagem e interesse dos alunos com as metodologias além do quadro/piloto

> Sem dúvida os recursos tecnológicos facilitam o ensino aprendizagem, mas ele é mais um entre outros recursos, principalmente por que requer local adequado e informação adequada para quem vai conduzir. por isso volto a dizer, cada recurso tem a sua especificidade e adequação (JOÃO, 2018).
>
> Acredito que sim, mas as práticas antigas ajudam e ainda são muito utilizadas pela maioria dos professores e por não saberem manusear esses recursos de maneira correta (PEDRO, 2018).

O primeiro professor afirma que existem muitos diferentes recursos que podem ser aplicados e utilizados para colaborar no processo de ensino e aprendizagem. Afirma que o recurso tecnológico é apenas um dos muitos existentes. Mostra que cada recurso é específico. Isto é, pode ser aplicado com base em cada conteúdo ministrado. Considera que a sala de aula pode não ser um lugar adequado, pois diz de forma implícita, que precisa de um lugar adequado para que ocorra. E a sala de aula? A sala de informática disponibilizada pelo espaço físico da escola.

Portanto, vale lembrar que o professor bate numa tecla que chama atenção para uma questão política, pois exige que a escola tenha esses espaços adequados. Na verdade, essa é uma questão de política pública onde há muito tempo, não exerce o seu papel, violando os principais direitos educacionais. No entanto, apesar de haver essa falha por parte de uma política injusta, o professor precisa saber que tem o dever de articular e melhorar o seu trabalho em sala, promovendo estratégias que venham fazer valorizar o seu trabalho educacional.

O segundo professor aponta a valorização de métodos tradicionais por ser uma prática que permanece enraizada nos processos de ensino, pois ao afirmar que: "práticas antigas ajudam" e "não saberem manusear esses recursos de maneira

correta" mostra que os métodos tradicionais ajudam o professor ministrar as aulas sem precisar de outros recursos, restringindo-se no quadro e giz. A segunda frase, reforça a certeza que a maioria dos professores não utilizam os recursos tecnológicos porque não sabem manusear de maneira que consiga aplica-los. Nesse sentido, o que o professor afirma é a tamanha discrepância entre a tecnologia e o professor.

Sancho considera que o computador, além de ser uma grande ferramenta para resolver cálculos e ensinar, é também um meio de desenvolver as capacidades cognitivas dos usuários. A grande motivação e rendimento dos alunos em sala de aula e fora dela é a diversidade de formas com que eles adquirem a informação, a facilidade de digitação de textos e a criação de gráficos. (SANCHO, 2006).

Portanto, o segundo entrevistado deve rever o seu conceito e saber que precisa aprender como lidar com os aparatos tecnológicos para que venha inovar as metodologias e deixar, paulatinamente, dos métodos tradicionalistas. Reforçando a ideia do autor, o uso do computador na sala de aula favorece a interação e a construção colaborativa de conhecimento e coloca o aluno em diferentes meios de aprendizagem, frente à necessidade de se posicionar criticamente. Bagestão reforça a questão levantada por Sancho quando diz que existem cálculos que envolvem números muito grandes e somente é possível obter os resultados, graças ao uso do computador, pois seria impossível calculá-los usando métodos tradicionais, como considera o segundo entrevistado. Com o computador há possibilidade de calcular qualquer problema, tornando-se mais atrativo efetuar cálculos, onde tem-se a certeza do resultado obtido. (BAGESTÃO, 2012, p. 13).

8. Utilização de recursos tecnológico na construção entre uso dos recursos com o ensino das ciências naturais

> O maior anseio de professor é ser capaz de conduzir com conteúdo por meio de metodologias que se torne prazerosa e eficiência no processo da prática do conteúdo de ensino e aprendizagem (JOÃO, 2018).

> Acredito que consigo sim de maneira razoável (PEDRO, 2018).

Verifica-se na fala do primeiro professor a ansiedade em ministrar um conteúdo que seja considerado para o aluno, como um processo de ensino prazeroso e eficiente. Nesse ponto, pode-se perceber a preocupação do professor com o processo de ensino e a preocupação em procurar contribuir de forma eficaz com a escola. Na verdade, esse é um dos grandes desafios dos profissionais da educação em viver num espaço em que tenham, realmente, acesso a todo tipo de recurso, com salas menos superlotadas e com uma valorização salarial que seja compatível com o trabalho que cumpre no dia a dia da sala de aula.

O segundo professor afirma que consegue construir a relação entre os recursos e o ensino de ciências. Na verdade, a academia, juntamente com a experiencia e a prática abre para ambos essa possiblidade. No entanto, é preciso refletir o que ambos pretendem executar como tarefas. É pensar no aluno e acreditar que é necessário fazer mudanças no processo de ensino, buscando cada vez mais melhorias e dinamismo para que o aluno compreenda que não está ali apenas para ir em busca de um diploma e que depois, coloca no fundo da gaveta e sai em busca de um trabalho. Deve-se entender que o conhecimento é o caminho para mudanças e que somente através dela que se pode construir os verdadeiros pilares de uma sociedade onde todos os cidadãos possuem os mesmos direitos e deveres.

Nesse âmbito da verdade o professor é o que faz a diferença, construindo em quatro paredes de uma sala de aula, cidadãos críticos e detentores do saber.

Iarozinski, afirma que o educador deve ter claro para si e deixe claro aos educandos em que implica o processo ensino-aprendizagem na concepção da educação tecnológica. E que ela contempla a reflexão e discussão da tecnologia em suas dimensões sociais, culturais e econômicas, embasando e orientando todas as formas das práticas escolares. (IAROZINSKI, 2000). Carvalho mostra que através da educação é possível modificar a maneira de pensar e as atitudes dos membros da sociedade. (CARVALHO, 1997). Nesse sentido, a educação tecnológica busca alcançar os sujeitos da educação, professor(a) e alunos, num processo que conduza a posturas críticas, de análise, de entendimento de todo o sistema gerador, organizador, ideológico que permeia a tecnologia, sua produção, valorização e relevância num dado contexto socioeconômico, histórico cultural e político.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante as entrevistas desenvolvidas na escola serviram como uma base refletiva para a ampliação das informações referentes as respostas dos dois professores, compreendendo-se que eles devem se atualizar de forma mais eficaz não só evitando as aulas de conteúdo de maneira tradicional, mas inovar as novas formas de conhecimento, pois é preciso que os educadores se atualizem cada vez mais com inovações metodológicas com um trabalho educacional moderno, principalmente com pesquisas relacionadas com os recursos tecnológicos.

Diante dos relatos pode-se afirmar que apesar das inúmeras possibilidades que os recursos tecnológicos oferecem o mesmo ainda é pouco utilizado em sala de aula no ensino de ciências. As informações aqui obtidas mostram que o uso da tecnologia por parte dos professores não é de forma significativa, os quais admitiram que existe uma necessidade de se utilizar tais recursos perante um conteúdo que se trata sobre o estudo da natureza e que é bastante amplo. Contudo, percebeu-se

nos relatos por parte dos professores que a utilização das tecnologias é de grande importância na sala de aula no que diz respeito à participação e interesse dos alunos quando comparado às práticas de ensino-aprendizagem tradicionais.

A presença da tecnologia é de fundamental importância para a disciplina de ciências por tratar de uma ferramenta essencial para instigar o interesse do aluno pelo conteúdo dado em sala de aula. Há uma contribuição quando se usa os recursos tecnológicos no processo de ensino, atrelá-los nas aulas podem trazer uma significação e maior motivação nas aulas.

REFERÊNCIAS

BAGESTÃO, Adriane Lenhard. Uso da informática na matemática. 2012. 51 p. Monografia de Licenciatura em Matemática. Faculdade de Itapiranga, Itapiranga, SC, 2012.

BRAGA, Andréa Jovane. **Usos dos jogos didáticos em sala de aula**. 2007.

CARVALHO, M. de G. **Tecnologia, desenvolvimento social e educação tecnológica.** Revista Técnico-Científica dos programas de pós-graduação em Tecnologia dos CEFET's – PR/MG/RJ, 1997.

CARVALHO, Marilia G.; Bastos, João A. de S. L., Kruger, Eduardo L. de A./ **Apropriação do conhecimento tecnológico.** CEEFET-PR, 2000. Cap. Primeiro

CORTELAZZO, Iolanda. **Computador para interação comunicativa, Comunicação e Educação,** São Paulo, n.º 16, p. 19-25, set./dez., 1999

COSTOLDI, Rafael; POLINARSKI, Celso Aparecido. **Utilização de recursos didáticopedagógicos na motivação da aprendizagem**. I Simpósio Internacional de Ensino e Tecnologia. 2009.

FERREIRA, Sheila Margarete Moreno. **Os recursos didáticos no processo ensino aprendizagem.** Cabo Verde, 2007

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

FREIRE, Paulo. **Educação como Prática da Liberdade**. 9. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

GAZOLA, R. J. C.; et al. O Experimento Investigativo E As Representações De Alunos **De Ensino Médio Como Recurso Didático Para O Levantamento E Análise De Obstáculos Epistemológicos.** V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIOSUL). Londrina: UEL, 2011.

IAROZINSKI, M. H. **Contribuições da teoria da ação comunicativa de Jürgen Habermas para a educação tecnológica.** Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2000.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação**. Campinas: Papirus, 2007.

KENSKI, Vani **Novas tecnologias: o redimensionamento do espaço e do tempo e os impactos no trabalho docente** Revista Brasileira de Educação, n. 8, p. 58-71, Brasília, mai/ago., 1998.

LEOPOLDO, Luís Paulo- **Novas Tecnologias na Educação: Reflexões sobre a prática. Formação docente e novas tecnologias.** LEOPOLDO, Luís Paulo- Mercado (org.).- Maceió: Edufal, 2002. Cap. 1 Leopoldo, Luís Paulo/ Formação docente e novas tecnologias. 2002

MORAN, José M: MASETTO, Marcos T: BEHRENS, Marilda A. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. 5. ed. São Paulo: Papiros, 2002.

PAIVA, Vera Lúcia Menezes de Oliveira. **O Uso da Tecnologia no Ensino de Línguas Estrangeira: breve retrospectiva histórica.** Disponível em <www.veramenezes.com/techist.pdf> acesso em 2 ago. 2008

PRIMO, Alex. **Seria a multimídia de fato interativa?** (Internet), 19/08/1999. http://ultra.pucrs.br/famecos/rf6alex.html

SANCHO, Juana María; et al. **Tecnologias para transformar a educação.** Tradução Valério Campos. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SERAFIM, M.C. A Falácia da Dicotomia Teoria-Prática Rev. Espaço Acadêmico, 7. Acesso em 04.out.2011. Disponível em: www.espacoacademico.com.br, 2001.

SOUZA, S. E. **O uso de recursos didáticos no ensino escolar**. In: I ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, IV JORNADA DE PRÁTICA DE ENSINO, XIII SEMANA DE PEDAGOGIA DA UEM, Maringá, 2007.

TORRES, Vladimir. **Planejamento de uma aula com uso de computador como recurso multimeio, Tecnologia Educacional,** v. 29, n. 150/151, p. 38-41, Rio de Janeiro, jul./dez., 2000.

____. O uso de vídeos como um recurso de apoio didático: exemplos da biologia, Tecnologia Educacional, v. 26, n. 140, p. 30-36, Rio de Janeiro, jan./fev./mar., 1998.

VALENTE, José. **O uso inteligente do computador na educação**, Pátio, ano 1, n. 1, p. 19-21, Porto Alegre, mai/jul. 1997.

VALENTE, José. **O uso inteligente do computador na educação, Pátio**, ano 1, n. 1, p. 19-21, Porto Alegre, mai/jul. 1997. ___. Informática na Educação: uma questão técnica ou pedagógica? Pátio, ano 3, n. 9, p. 20-23, Porto Alegre, mai/jul., 1999.

VASCONCELLOS, Celso dos S. **Metodologia Dialética em Sala de Aula.** In: Revista de Educação AEC. Brasília: abril de 1992 (n. 83).

CAPÍTULO 7

COMO ELEVAR UM NÚMERO A UMA POTÊNCIA COM CELERIDADE

Data de aceite: 17/03/2020

Gilberto Emanoel dos Reis Vogado
Doutor, PUC SP (Pontifícia Universidade Católica de São Paulo). Vínculo Institucional: Escola Federal Ten. Rego Barros. gvogado@globo.com.

Gustavo Nogueira Dias
Doutor, UNR (Universidade Nacional de Rosário), Vínculo Institucional: Escola Federal Ten. Rego Barros. gustavonogueiradias@gmail.com

Pedro Roberto Sousa e Silva
Mestre em Educação Matematica pela Universidades Estadua do Pará. Vínculo Institucional: Universidade da Amazônia. prof. pedromat@hotmail.com;

Eldilene da Silva Barbosa
Mestre. UNAMA (Universidade da Amazônia). Vínculo institucional: Universidade Rural da Amazônia(UFRA). eldilenebarbosa@gmail.com

RESUMO: O presente artigo refere-se a uma forma mais simples e rápido de elevar um número ao quadrado ou ao cubo usando as propriedades do quadrado da soma ou o cubo da soma. Atualmente frente as dificuldades de resolução das questões de vestibulares, principalmente o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), onde cada vez mais o conteúdo matemático é cobrado de maneira mais extensa, além do raciocínio lógico presente na compreensão da questão, em que se obsta por verificar se o aluno aprendeu bem as quatro operações, principalmente a divisão e potenciação, onde o fator tempo é preponderante no seu resultado, o candidato tem apenas três minutos em média para marcar o resultado correto, desta forma, o desenvolvimento desta aplicação torna-se uma ferramenta muito útil e eficaz.

PALAVRAS CHAVE: Quadrado da Soma, Cubo da Soma, Tempo de Resolução.

ABSTRACT: This article refers to a simpler and faster way to square or cube a number using the properties of the sum square or the sum cube. Currently facing the difficulties of solving the entrance exam questions, especially the ENEM (National High School Exam), where increasingly the mathematical content is charged more extensively, in addition to the logical reasoning present in understanding the issue, which is hampered By verifying that the student has learned well the four operations, especially the division and potentiation, where the time factor is predominant in its result, the candidate has only three minutes on average to mark the correct result, so the development of this application becomes It is a very useful and effective tool.

KEYWORDS: Sum Square, Sum Cube,

Resolution Time.

1 I INTRODUÇÃO

A interação entre professor e aluno e entre alunos é interessante a fim de possibilitar inovações e aperfeiçoamento de métodos e técnicas de ensino, às vezes esquecidos e sem utilidade e por um momento torna-se crucial para o desenvolvimento da ideia central do problema. O professor não pode se considerar toda a fonte de saber e existência em sala de aula; muitas vezes uma ideia absurda e sem nexo torna-se plausível sob outro ponto de vista do conhecimento, importando nesse momento o crescimento intelectual e o desenvolvimento de novas conceitos e métodos aplicados.

O currículo da Educação Básica, particularmente o do Ensino Médio é regido pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, Ensino Médio, 2002), com base nos princípios da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (9.394/96, LDB). A esse respeito, reza o artigo 22 que:

> A educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores (BRASIL, 1996, p. 22).

Na verdade, a ânsia do professor é tentar repassar os conteúdos de uma maneira bem fácil e acessível ao aluno, utilizando várias transposições didáticas que não são expostas nos livros didáticos e nem nos livros recomendados aos exames vestibulares. Neste sentido a contribuição de Chevallard (1991) é importante:

> Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O 'trabalho' que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática. (CHEVALLARD, 1991, p.39).

As dificuldades impostas pelos exames vestibulares são inúmeras no mundo da concorrência por uma vaga. Atualmente o Exame Nacional do Ensino Médio, ENEM, propõe um tempo de cerca de três minutos para resolução de questões propostas a um item. A dificuldade vai muito além das habilidades em saber o conteúdo correto; é necessária muita concentração, rapidez nos cálculos e interpretação racional das questões para que se possa resolver em apenas três minutos o item.

O controle do tempo é o maior desafio para o aluno. Uma vez que se demorar muito em resolver uma determinada questão pode-se perder outras mais fáceis que tem a mesma pontuação. Neste aspecto que a exploração de técnicas e métodos que minimizem o tempo de resolução de questões pode ser muito útil ao concorrente

a vaga.

Neste caso percebemos a necessidade de montarmos estratégias de ensino ao aluno de modo a formalizarmos o conhecimento específico de uma maneira diferenciada do modo tradicional.

Nesta ótica Cabral, 2017, discorre:

> Há necessidade de um modelo estruturante para as sequências didáticas, não é o abandono das exigências formais do saber disciplinar da matemática, mas que se valorize um cenário didático amplificado que pressupões um olhar mais compassivo em respeito as limitações dos aprendizes, ou seja, é a valorização inicial do ambiente pré-formal de modo diferente do que ocorre no modelo tradicional na qual a formalização precede quaisquer possibilidades de argumentação por parte do aluno, (CABRAL, 2017, p. 42).

2 I DESCRIÇÃO DO MÉTODO

2.1 O Quadrado da Soma

A princípio usamos o quadrado da soma como referência $(a + b)^2 = a^2 + 2\,a.b + b^2$. Dado um número com dois algarismos (ab). O método consiste em $(ab)^2 = a^2 / 2ab / b^2$.

CASO NÚMEROS MENORES QUE 100

Aplicações:

i) $a + b \leq 4$

a) $11^2 = 1^2 / 2.1.1 / 1^2 = 1 / 2 / 1 = 121$

b) $12^2 = 1^2 / 2.1.2 / 2^2 = 1 / 4 / 4 = 144$

c) $13^2 = 1^2 / 2.1.3 / 3^2 = 1 / 6 / 9 = 169$

ii) Agora quando $a + b > 4$, o método sofre modificações:

a) $14^2 = 1^2 / 2.1.4 / 4^2 = 1 / 8 / 16 = 1 / 8 + 1 / 6 = 1 / 9 / 6 = 196$

Observe que o 1º algarismo da última casa passou somando com a casa central, pois 1 / 8 / 16, representa 100 + 80 + 16 = 196, e quando desloco o número 1 , na verdade estou deslocando 10 unidades a ser somada com 80 unidades resultando em 90 , que somados com 100 e 6 resulta em 196.

b) Imagine um terreno quadrangular de lado 36 m , como indica a figura 01, abaixo:

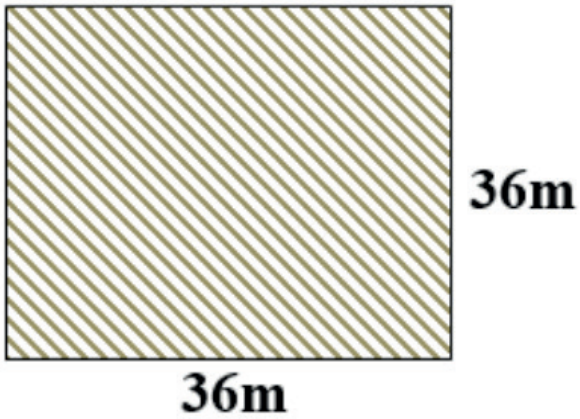


Figura 01: Quadrado

Fonte: Dias, 2011.

Para calcularmos a área, teremos:

$A = 36^2$

Quando fazemos 36^2 obtemos $36^2 = 3^2 / 2.3.6 / 6^2 = 9 / 36 / 36$, o que fazer? Passamos somando o algarismo 3 da última casa, com a casa anterior, ficando: 9 / 36 + 3 / 6 = 9 / 39 / 6, logo em seguida passamos o algarismo 3 da 2ª casa somando com a 1ª casa da esquerda para direita, obtendo, 9 + 3 / 9 / 6 = 1296. Segue, abaixo, figura 02:

$3^2 / 2.3.6 / 6^2$

9 / 36 / 36 =

9 / 36+3 / 6 =

9 / 39 / 6 =

9+3 / 9 / 6 =

12 / 9 / 6 =

1296

FIGURA 02: Aplicação do algoritmo

Fonte: Dias, 2011.

Matematicamente o que aconteceu? Quando fazemos 36^2 obtemos $36^2 = 3^2 / 2.3.6 / 6^2 = 9 / 36 / 36$, o que significa, 900 + 360 + 36 = 1260 + 36 = 1296.

Quando passamos o 1º algarismo 3, na verdade estamos passando 30 unidades a ser somada com 360, referente a 2ª casa, obtendo 390. Quando passamos o algarismo 3 da segunda casa estamos passando 300 unidades a ser somada com

900 que já existia na 1ª casa da esquerda para direita, ou seja: Quando fazemos 36^2 obtemos, na figura 03, abaixo:

$36^2 =$

$3^2 / 2.3.6 / 6^2 =$

$9 / 36 / 36$

$9 / 360 + 30 / 6 =$

$9/ 390 / 6 =$

$900 + 300 + 90 + 6 =$

1296

FIGURA 03: Esclarecimento do método

Fonte: Dias, 2011.

Método $(a / b)^2 = a^2 / 2.a.b / b^2$, tomando o devido cuidado para que os algarismos da esquerda da casa das unidades passem somando para casa das dezenas, deixando apenas um único algarismo na casa das unidades. Os algarismos da esquerda da casa das dezenas passem somando para a casa das centenas deixando apenas um único algarismo na casa das dezenas.

iii) Simplificação do método

Com base nas contribuições do quadrado da soma, o processo poderá ser simplificado colocando os números logo abaixo, como se fosse uma operação de soma. Exemplos:

$36^2 =$

Consideramos da seguinte forma:

$3^2 = 9$, portanto vamos colocar 09 mais a esquerda.

$6^2 = 36$, valos inseri-lo mais à direita 36. Vai ficar assim:

0 9 3 6

Realizamos a operação como se fôssemos fazer uma multiplicação:

0 9 3 6

+

Ao lado esquerdo do sinal de mais, fazemos o duplo produto dos dois números: 2ab, portanto: 2.3.6 = 36, segue abaixo, figura 04:

$$\begin{array}{r} 0\,9\,3\,6 \\ 3\,6\,+ \\ \hline 1\,2\,9\,6 \end{array}$$

FIGURA 04: Algoritmo

Fonte: O autor.

O processo vale para qualquer número elevado ao quadrado. Vamos tomar mais um exemplo: 98^2 ?

$9^2 = 81$, $8^2 = 64$, 2 x 9 x 8 = 144, segue figura 05, abaixo:

$$\begin{array}{r} 8164 \\ 144+ \\ \hline 9604 \end{array}$$

FIGURA 05: Algoritmo

Fonte: O autor.

Percebemos que estamos fazendo o quadrado da soma de uma forma mais simplificada. Olhando para $(a + b)^2$ = temos $a^2 + 2ab + b^2$, é o que fazemos de uma forma mais didática e simples. Elevamos o 1º algarismo e o último ao quadrado e adicionamos o dobro do 1º multiplicado pelo 2º .

CASO NÚMEROS ENTRE 100 E 1000

O processo não e só para números de dois algarismos, mas também para três, quatro ou mais, só que há desvantagens quanto ao trabalho excessivo .

Método $(a/b)^2 = a^2/2.a.b/b^2$, tomando o devido cuidado para que os algarismos da esquerda da casa das unidades passem somando para casa das dezenas, deixando apenas um único algarismo na casa das unidades. Os algarismos da esquerda da casa das dezenas passem somando para a casa das centenas deixando apenas um único algarismo na casa das dezenas.

i) 121^2 Vamos separar o número 12 e depois o 1, segue figura 06:

$$(12/1)^2 =$$

$$12^2 \ / \ 2.12.1 \ / \ 1^2 \ =$$

$$144 / 24 / 1 \ =$$

$$144 + 2 / 4 / 1 \ =$$

$$146 / 4 / 1 =$$

$$14641$$

FIGURA 06: algoritmo (entre 100 e 1000)

Fonte: Dias, 2011.

Pelo método simplificado:

$121^2 : 12^2 = 144$, $1^2 = 01$, $2 \times 12 \times 1 = 24$, assim:

$$\begin{array}{r} 14401 \\ 24+ \\ \hline 14\ 641 \end{array}$$

FIGURA 07: Algoritmo (entre 100 e 1000)

Fonte: O autor.

ii) 146^2 Vamos separar o número 14 e depois o 6, segue figura 08:

$$(14 / 6)^2 =$$

$$14^2 / 2.14.6 / 6^2 =$$

$$196 / 168 / 36 =$$

$$196 / 168 + 3 / 6 =$$

$$196 / 171 / 6 =$$

$$196 + 17 / 1 / 6 =$$

$$213 / 1 / 6 =$$

$$21316$$

FIGURA 08: algoritmo (entre 100 e 1000)

Fonte: Dias, 2011.

Pelo método simplificado:

$146^2 : 14^2 = 196$, $6^2 = 36$, $2 \times 14 \times 6 = 168$, segue figura 09:

$$\begin{array}{r} 19636 \\ 168+ \\ \hline 21316 \end{array}$$

FIGURA 09: Algoritmo (entre 100 e 1000)

Fonte: O autor.

CASO NÚMEROS MAIORES QUE 1000

O processo acima de 1000, com certeza é trabalhoso, a exemplo: $1244^2 = (124 / 4)^2 = 124^2 / 2.124.4 / 4^2 = 15376 / 992 / 16 = 15376 / 992 + 1 / 6\ 15376 / 993 / 6 = 15376 + 99 / 3 / 6 = 15475 / 3 /6 = 1547536$. Observamos que o método se torna inviável pelo exagero dos cálculos.

2.2 O Cubo da Soma

O método também serve para expoente 3, ou elevar ao cubo, claro que empregamos o cubo da soma: $(a + b)^3 = a^3 + 3a^2.b + 3.a . b^2 + a^3$. Usamos de uma maneira diferente: $a^3 / 3.a^2.b / 3.a . b^2 / b^3$.

Vamos elevar 11 ao cubo, segue figura 10:

$11^3 =$

$1^3 / 3 .1^2.1 / 3 . 1 . 1^2 / 1^3 =$

$1 / 3 / 3 / 1 =$

1331

FIGURA 10: algoritmo (cubo da soma)

Fonte: Dias, 2011.

ii) Vamos elevar 12 ao cubo, segue figura 11:

$12^3 =$

$1^3 / 3.1^2 . 2 / 3. 1 . 2^2 / 2^3 =$

$1 / 6 / 12 / 8 =$

$1 / 6 + 1 / 2 / 8\ 1 / 7 / 2 / 8 =$

1728

FIGURA 11: algoritmo (cubo da soma)

Fonte: Dias, 2011.

iii) Vamos elevar 49 ao cubo, segue figura 12:

$49^3 =$

$4^3/ 3.4^2.9 / 3.4.9^2 / 9^3 =$

$64 / 432 / 972 / 729 =$

$64 / 432 / 972 + 72 / 9 =$

$64 / 432/ 1044 / 9 =$

$64 / 432 + 104 / 4 / 9 =$

$64 / 536 / 4 / 9 =$

$64 + 53 / 6 / 4 / 9 =$

$117 / 6 / 4 / 9 =$

117649

FIGURA 12: algoritmo (cubo da soma)

Fonte: Dias, 2011.

Neste último caso percebemos que os cálculos se tornaram grandes demais, porém demonstra bem o resultado eficaz para qualquer caso.

Método $(a + b)^3 = a^3 / 3.a^2.b / 3.a . b^2 / b^3$, tomando o devido cuidado para que os algarismos da esquerda da casa das unidades passem somando para casa das dezenas, deixando apenas um único algarismo na casa das unidades. Os algarismos da esquerda da casa das dezenas passem somando para a casa das centenas deixando apenas um único algarismo na casa das dezenas. Os algarismos da esquerda da casa das centenas passem somando para a casa das unidades de milhar deixando apenas um único algarismo na casa das centenas.

iii) Simplificação do método

Com base nas contribuições do cubo da soma, o processo poderá ser simplificado colocando os números logo abaixo, como se fosse uma operação de soma. Exemplos:

Vamos elevar 49 ao cubo, utilizando o método simplificado:

Iremos seguir o cubo da soma: $(a + b)^3 = a^3 + 3 . a . b^2 + 3 . a^2 . b + b^3$

49^3: $4^3 = 64$, $3.4.9^2 = 972$, $3.4^2.9 = 432$ e $9^3 = 729$,

Inserimos os dados como se fosse uma conta de multiplicação, segue figura 13:

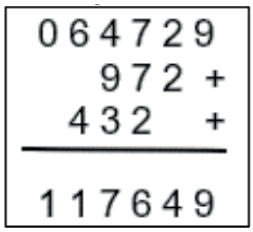


FIGURA 13: Algoritmo (cubo da soma)

Fonte: O autor.

CASO NÚMEROS MAIORES QUE 1000

O processo acima de 1000, com certeza é trabalhoso. O método para números acima de 1000 torna-se inviável pelo exagero dos cálculos.

3 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nestes métodos percebemos que inserindo a prática em sala de aula, estaremos contribuindo para uma maior agilidade nos cálculos como também aumentando a segurança de dados corretos de forma a permitir ao aluno uma ferramenta ágil e segura possibilitando uma melhora na performance do uso do tempo de resolução de provas, principalmente do modelo atual, que além de exigir o raciocínio lógico, também segue um modelo conteudista, onde o candidato

necessita lembrar de conteúdo específicos da matemática para resolver a questão se deparando no entremeio com cálculos numéricos que de certa forma lhe impedem de avançar para a próxima questão, tornando o seu desempenho fraco frente aos diversos conteúdos e cálculos encontrados.

Dessa forma, inserindo este conteúdo nas aulas do ensino médio, espera-se que seu desempenho volte a ser satisfatório no quesito cálculo numérico e tempo para realizar as operações, obtendo assim um melhor aproveitamento das questões com o aumento de sua média final.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996.** Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.htm Acesso em: 29 de maio de 2019.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio**: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, matemática e suas Tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

CHEVALLARD, Y. ***La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné***. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1991.

CABRAL, N. F. **Sequências didáticas: estrutura e elaboração**. Belém PA, Editora SBEM, 2017.

DIAS, G. N. **Práticas do Ensino da Matemática: A Realidade da Sala de Aula** – Edição Independente. Belém, 2011.

LDB. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. MEC. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica e Tecnologia, 1996.

CAPÍTULO 8

CÁLCULO DE DERIVADA DE FUNÇÕES A UMA VARÍAVEL COM UTILIZAÇÃO DOS NÚMEROS COMPLEXOS

Data de aceite: 17/03/2020

José Francisco da Silva Costa
http://lattes.cnpq.br/9492719731740641
Universidade Federal do Pará- Faculdade de Formação e Desenvolvimento do Campo-FADECAM-Campus Abaetetuba

Maurício Emanuel Ferreira Costa
Universidade Federal do Pará- centro de Ciências Exatas e Naturais- FACET-Campus Abaetetuba
http://lattes.cnpq.br/3348480523892821

Luane Gonçalves Martins, Lates
Universidade Federal do Pará- centro de Ciências Exatas e Naturais- FACET-Pólo Igarapé-Miri
http://lattes.cnpq.br/7300710249292246

Aubedir Seixa Costa
Universidade Federal do Pará- centro de Ciências Exatas e Naturais- FACET-Campus Abaetetuba
http://lattes.cnpq.br/9474738220279039

Reginaldo Barros
Universidade Federal do Pará- centro de Ciências Exatas e Naturais- Abaetetuba
Lattes: 9658271624403087

Sebastião Martins Siqueira Cordeiro
Universidade Federal do Pará- centro de Ciências Exatas e Naturais- FACET-Campus Abaetetuba
http://lattes.cnpq.br/6473574128276776

Antonio Maia de Jesus Chaves Neto
Universidade Federal do Pará- Centro de Exatas e Naturais-LPCN
http://lattes.cnpq.br/3507474637884699

Genivaldo Passos Correa
Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais- Campus Abaetetuba-Pa
http://lattes.cnpq.br/6321452953013620

RESUMO: A presente pesquisa tem como objetivo expor um novo método para calcular derivadas a partir da forma algébrica dos números complexos. É visível que o uso de teoremas, postulados e axiomas sem contar as técnicas longas e difíceis de serem utilizadas e interpretadas nos mais distintos problemas, são ausentes de métodos alternativos que são, por vezes, necessários e até o único recurso. Essas circunstâncias impulsionam ainda mais a pesquisa para explanar novas técnicas voltadas a esse ramo da matemática. De maneira específica, o artigo a ser apresentado aborda exemplos, demonstrar fórmulas e aplicabilidades que deverão ser utilizadas para um melhor entendimento do método. . A priori, será exposto de maneira didática os cálculos de derivações que serão úteis para as compreensões dos teoremas. Enfatizam ainda nesse artigo exemplos de aplicabilidade em comparação com os métodos convencionais em livros textos. A ideia central consiste em mostrar que no estudo do calculo diferencial de Newton, convenciona-se uma acréscimo real ou diferencial, enquanto que no método alternativo,

leva-se em consideração um acréscimo ou incremento imaginário que deve satisfazer ao cálculo em primeira ordem de aproximação.
PALAVRAS-CHAVE: Teorema, método alternativo, aplicabilidade, derivações**.**

ABSTRACT: This research aims to expose a new method to calculate derivatives from the algebraic form of complex numbers. It is evident that the use of theorems, postulates and axioms, not to mention the long and difficult techniques to be used and interpreted in the most different problems, are absent from alternative methods that are sometimes necessary and even the only resource. These circumstances further propel research to explain new techniques in this branch of mathematics. Specifically, the article to be presented covers examples, demonstrating formulas and applicability that should be used for a better understanding of the method. . A priori, the derivative calculations that will be useful for understanding the theorems will be exposed in a didactic manner. They also emphasize in this article examples of applicability compared to conventional textbook methods. The main idea is to show that in the study of Newton's differential calculus, a real or differential increase is agreed, whereas in the alternative method, an increment or increment that must satisfy the first-order approximation calculation is considered. .
KEYWORDS: Theorem, alternative method, applicability, derivations**.**

1 I INTRODUÇÃO

Neste artigo utiliza-se a forma algébrica $x + iy$ dos números complexos na expressão

$$f(x + iy) = f(x) + f'(x)iy$$

Para obtenção das derivadas da função f, contínua num intervalo [a,b]. Diferentemente, das conclusões dos matemáticos que utilizaram a variação como taxe de variação na varável x. Nesse artigo, utiliza-se como taxa de variação a expressão i,y, onde y é tão pequeno que considera apenas a primeira aproximação. Assim sendo, Essa expressão que contém no segundo termo a unidade imaginária representa a indeterminação que deve ser eliminada para obtenção da derivada real . $f'(x)$ Utiliza-se a forma algébrica dos números complexos como método essencial em operações de cálculo de derivada. No desenvolvimento das operações, consideramos desprezíveis todos os termos de ordens superiores a 2, uma vez que y é uma variável considerada tão pequena o quanto se queira. Em todas as operações, ambos os membros contém o termo que é eliminado para encontrar a expressão da derivada real . $f'(x)$ A expressão:

$$f(x + iy) = f(x) + f'(x)iy$$

Difere da derivada usual definida pelo matemático inglês Isac Newton

(*GUIDORIZZI, HAMILTON,* 2001), que considera apenas a expressão,

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x} = f'(x)$$

Como expressão geral para o cálculo de derivada de função continua f num intervalo $[a, b]$ A primeira expressão que contém o termo iy faz o papel de Δx na segunda expressão e ambas as expressões podem ser usadas para obter as derivadas das funções dadas como será visto ao longo desse primeiro artigo. No entanto o que se pretende ao longo desse artigo não é mostrar um método inovador de obtenção de derivadas e sim apenas mostrar que a forma algébrica $x + iy$ pode ser utilizada como parte essencial no desenvolvimento como forma analítica para calcular derivadas de diversas funções tendo como ponto de partida o teorema

$$f(x+iy) = f(x) + f'(x)iy$$

Dessa forma, verifica-se que esse teorema pode ser modificado de acordo com o tipo de função a ser tratado (STEWART, JAMES, 2001) e que é de grande valia para uma gama de derivadas de funções elementares como será visto ao longo desse primeiro artigo. O teorema citado acima traz a unidade imaginária i como um fator importante seguido da varável y cujo coeficiente nos dar a derivada da imagem da função $f(x)$ Parece-nos curioso que para o cálculo da derivada da função f, consideram-se apenas termos do primeiro grau em, iy pois os termos posteriores, como $(iy)^2, (iy)^3$ etc, são desprezados devido a variável y tender a zero, como se faz no calculo de funções de derivadas quando se considera a expressão

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x} = f'(x)$$

De modo análogo, faz-se o mesmo procedimento quando é aplicado o teorema $f(x+iy) = f(x) + f'(x)iy$

Isto é,

$$\lim_{y \to 0} \frac{f(x+iy) - f(x)}{iy} = f'(x)$$

Dessa forma, fica evidente que as derivadas das funções para serem determinadas admitem apenas o termo linear em iy.

Outro fato que merece atenção é a razão que difere entre a derivada definida por Newton e o teorema que envolve a forma algébrica dos números complexos (GUIDORIZZI, HAMILTON, 2001). Para Newton ou Leibniz, o acréscimo é na abscissa x, enquanto para a função $f(x+iy)$ o acréscimo é na parte imaginaria iy. Como entender esse fato do ponto de vista geométrico? Por que razão obtém-se os dois teoremas levam aos mesmos resultados no calculo de derivadas as funções?

Para responder a essas indagações, deve-se, primeiramente, compreender os desenvolvimentos matemáticos a que esse primeiro artigo propõe como uma nova alternativa de obter as derivadas de funções continuas num certo intervalo [a,b] e suas aplicações (NETO, J. BARCELOS, 2009) .

2 I DERIVADA DE UMA FUNÇÃO A UM VARIÁVEL REAL

Se uma grandeza y depende de uma grandeza x, então a definição da derivada de y em relação a x formaliza o conceito intuitivo da taxa de variação instantânea de y em relação a x. Se, por exemplo, y determina a posição de um móvel sujeito a uma variação unidimensional em sua posição de repouso dependendo do tempo x, a taxa de variação instantânea de y em relação a x é a velocidade instantânea do móvel em função do tempo x. A derivação é um conceito matemático que se tornou ferramenta para a solução de inúmeros problemas como veremos adiante. Vamos primeiramente ilustrar a necessidade do uso da ferramenta "derivação", utilizando um problema muito simples, mas que a matemática estudada no ensino médio não consegue resolver (FINNEY, ROSS L et al, 2002).

2.1 A derivada de Newton

Newton definiu o conceito de derivada (LEITHOLD, LOUIS, 1994) considerando-a como uma taxa de variação entre duas grandezas . Isto é:

$$y' = \frac{dy}{dx}$$

Assim sendo, para uma função f dada pela notação $f(x)$ o limite de $\Delta x \to 0$ o define a derivada no ponto em que a reta é tangente à curva. Isto é:

$$y' = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

A partir dessa notação, pode determinar expressões de várias derivadas de uma função de um variável real (MUNEM, M.A..; FOULIS, D.J., 1982). Assim com base a expressão é possível construir uma tabela de derivadas: Derivada do produto, da divisão soma e subtração que correspondem às propriedades das derivadas.

2.2 Teorema da derivada de uma função a uma variável real

Toda função continua num intervalo $[a, b]$ pode ser escrita em termos de uma função complexa $f(x + iy)$ que pode ser considerada a soma de uma função real $f(x)$ e pelo produto da derivada $f'(x)$ da função dada com um incremento

imaginário Isto é:

$$f(x+iy) = f(x) + f'(x)iy \qquad (2^a)$$

Demonstração do teorema

Considere uma função polinomial da forma

$$f(x) = ax^n + bx^{n-1} + \cdots + p$$

Dando a $f(x)$ o acréscimo $x + iy$ obtemos a seguinte função complexa:

$$f(x) = a(\,x + iy)^n + b(\,x + iy)^{n-1} + \cdots + p$$

Seja a função

$$f(x+iy) = a(x+iy)^n + b.(x+iy)^{n-1} + \cdots + P$$

De acordo com o binômio de Newton, temos que:

$$(x+iy)^n = \binom{n}{0} x^n (iy)^0 + \binom{n}{1} x^{n-1}(iy)^1 + \binom{n}{2} x^{n-2}(iy)^2 + \cdots$$

$$(x+iy)^{n-1} = \binom{n-1}{1} x^{n-1}(iy)^1 + \binom{n-1}{2} x^{n-2}(iy)^2 + \cdots$$

$$\rightarrow f(x+iy) = a\binom{n}{0} x^n + a\binom{n}{1} x^{n-1} iy + a\binom{n}{2} x^{n-2}(iy)^2 + \cdots$$

$$+b\binom{n-1}{1} x^{n-1}(iy)^1 + b.\binom{n-1}{2} x^{n-2}(iy)^2 + \cdots + P$$

Todos os termos superiores a iy devem ser desprezados. Logo,

$$f(x+iy) = a\binom{n}{0} x^n + a\binom{n}{1} x^{n-1}.iy + \binom{n-1}{0} bx^{n-1}(iy)^0 + \cdots + P$$

$$= ax^n + a\binom{n}{1} iyx^{n-1} + b.\binom{n-1}{0} x^{n-1} + \binom{n-1}{1} x^{n-2}.iy + \cdots + P$$

$$= ax^n + bx^{n-1} + \cdots + P + iy\left[a\binom{n}{1} x^{n-1} + b\binom{n-1}{1} x^{n-2} + \cdots\right]$$

$$= f(x) + iy\left[a\binom{n}{1} x^{n-1} + b\binom{n-1}{1} x^{n-2} + \cdots\right]$$

$$\binom{n}{1} = \frac{n!}{(n-1)!\,1!} = \frac{n(n-1)!}{(n-1)!} = n$$

$$\binom{n-1}{1} = \frac{(n-1)!}{(n-2)!\,1!} = \frac{(n-1)(n-2)!}{(n-2)!} = n-1$$

$$\rightarrow f(x+iy) = f(x) + iy[nax^{n-1} + b(n-1)x^{n-2} + \cdots]$$

No entanto, temos que:

$$f'(x) = na.x^{n-1} + b(n-1)x^{n-2} + \cdots$$

São as derivadas dos termos da função

$$f(x) = ax^n + bx^{n-1} + \cdots + P$$

Logo, temos que:

$$f(x+iy) = f(x) + iyf'(x)$$

O que completa o teorema

2.2.1 A derivada do quociente

Vimos que de acordo com o cálculo que a derivada do quociente de uma função usando o método da derivada de Newton, a derivada do quociente, obedece a expressão**:**

$$f(x) = \frac{g(x)}{h(x)} \rightarrow f'(x) = \frac{g'(x).h(x) - h'(x)g(x)}{h^2(x)}$$

Vamos aplicar o teorema dado acima pela expressão 2°

$$f(x+iy) = f(x) + iyf'(x)$$
$$f(x+iy) = \frac{g(x+iy)}{h(x+iy)}$$

e

$$f(x) = \frac{g(x)}{h(x)}$$

Logo,

$$\frac{g(x+iy)}{h(x+iy)} = \frac{g(x)}{h(x)} + iyf'(x)$$

Mas,

$$g(x+iy) = g(x) + iyg'(x)$$

e

$$h(x+iy) = h(x) + iyh'(x)$$

Assim, temos que:

$$\frac{g(x) + iyg'(x)}{h(x) + iyh'(x)} = \frac{g(x)}{h(x)} + iyf'(x)$$

$$\frac{g(x)+iyg'(x)}{h(x)+iyh'(x)}=\frac{g(x)+iyh(x)f'(x)}{h(x)}$$

$$[g(x)+iyg'(x)].h(x)=[h(x)+iyh'(x)][g(x)+iyh(x)f'(x)]$$

$$g(x)h(x)+iyg'(x).h(x)$$
$$=g(x)\,h(x)+iyh^2(x)f'(x)+g(x)iyh'(x)+iyiyh'(x)h(x)f'(x)$$

$$iyg'(x).h(x)=+iyh^2(x)f'(x)+g(x)iyh'(x)+(iy)^2h'(x)h(x)f'(x)$$

$$iyg'(x).h(x)-iyh'(x)g(x)=iyh^2(x)f'(x)++(iy)^2h'h'(x)h(x)f'(x)$$

$$[g'(x).h(x)-h'(x)g(x)]iy=iyh^2(x)f'(x)+(iy)^2h'h'(x)h(x)f'(x)$$

Desprezando o termo que contém $(iy)^2$, obtemos que:

$$[g'(x).h(x)-h'(x)g(x)]iy=iyh^2(x)f'(x)$$

$$f'(x)=\frac{[g'(x).h(x)-h'(x)g(x)]iy}{iyh^2(x)}$$

Assim a derivada da função, será.

$$f'(x)=\frac{g'(x).h(x)-h'(x)g(x)}{h^2(x)}$$

2.2.2 A derivada do Produto

Seja a função dada por

$$f(x)=g(x)h(x)$$

Sendo

$$f(x+iy)=f(x)+iyf'(x)$$

Temos que:

$$f(x+iy)=g(x+iy)h(x+iy)$$

Onde

$$g(x+iy)=g(x)+iyg'(x)$$

e

$$h(x+iy)=h(x)+iyh'(x)$$

Logo:

$$g(x+iy)h(x+iy)=g(x)h(x)+iyf'(x)$$

Portanto,

$$[g(x) + iyg'(x)].[h(x) + iyh'(x)] = g(x)h(x) + iyf'(x)$$

$$[g(x)h(x) + iyg'(x)h(x)] + [iyg(x)h'(x) + (iy)^2 g'(x)h'(x)] = g(x)h(x) + iyf'(x)$$

$$[iyg'(x)h(x)] + [iyg(x)h'(x) + (iy)^2 g'(x)h'(x)] = iyf'(x)$$

Desprezando o termo que contém $(iy)^2$,temos que:

$$iy[g(x)h'(x) + g'(x)h(x)] = iyf'(x)$$

Assim, vem que.

$$f'(x) = g(x)h'(x) + g'(x)h(x)$$

2.2.3 A derivada da soma e subtração

Seja a função

$$f(x + iy) = f(x) + iyf'(x)$$

Considerando

$$f(x) = g(x) \pm h(x)$$

Temos que

$$f(x + iy) = g(x + iy) \pm h(x + iy)$$

Obtemos, de acordo com o teorema (1),

$$g(x + iy) = g(x) + iyg'(x)$$

e

$$h(x + iy) = h(x) + iyh'(x)$$

Portanto, levando em $f(x + iy)$ tem-se, que:

$$f(x + iy) = g(x + iy) \pm h(x + iy)$$

$$f(x + iy) = g(x) + iyg'(x) \pm [h(x) + iyh'(x)]$$

Reagrupando esses se tem, vem que:

$$f(x + iy) = g(x) \pm h(x) + iy[g'(x) \pm h'(x)]$$

Portanto, vem que:

$$f(x) = g(x) \pm h(x),$$

e

$$f'(x) = [g'(x) \pm h'(x)]$$

o que mostra que são válidas as operações com derivadas.

APLICAÇÃO 1

Exemplo 1

Calcule a derivada da seguinte função:

$$f(x) = \frac{x+3}{x^2-1}$$

De acordo como cálculo diferencial a derivada pode ser calculada usando a notação

$$f(x) = \frac{g(x)}{h(x)} \rightarrow f'(x) = \frac{g'(x).h(x) - h'(x)g(x)}{h^2(x)} \rightarrow$$

Sendo

$$g(x) = x + 3 \rightarrow g'(x) = 1$$

$$h(x) = x^2 + 1 \rightarrow h'(x) = 2x$$

Logo:

$$f'(x) = \frac{1.(x^2+1) - 2x.(x+3)}{(x^2+1)^2} = \frac{x^2+1-2x^2-6x}{(x^2+1)^2}$$

Portanto,

$$f'(x) = \frac{1-x^2-6x}{(x^2+1)^2}$$

Que representa a derivada da função procurada.

Aplicando a expressão (2ª), podemos obter esse mesmo resultado, considerando na variável na forma algébrica do número complexo $z = x + iy$ Isto é, seja a expressão,

$$f(x) = \frac{x+3}{x^2-1}$$

Logo,

$$f(x+iy) = \frac{x+iy+3}{(x+iy)^2+1} = \frac{x+iy+3}{(x^2+2xiy-y^2)+1}$$

$$= \frac{(x+3)+iy}{(x^2+1)+2xiy+i^2y^2}$$

Vamos desprezar o termo i^2y^2 logo:

$$f(x) = \frac{(x+3)+iy}{(x^2+1)+2xiy}$$

Fazendo o conjugado, obtemos:

$$f(x) = \frac{[(x+3)+iy].[(x^2+1)-2xiy]}{(x^2+1)^2+4x^2y^2}$$

Vamos, novamente, desprezar o termo :

$$f(x) = \frac{[(x+3)+iy].[(x^2+1)-2xiy]}{(x^2+1)^2} \rightarrow$$

Fazendo a distribuição no numerador, obtemos:

$$\frac{(x+3)(x^2+1)-2xiy(x+3)+(x^2+1)iy-2xi^2y^2}{(x^2+1)^2} \rightarrow$$

$$\frac{(x+3)(x^2+1)}{(x^2+1)^2} + \frac{[-2x(x+3)+x^2+1]iy}{(x^2+1)^2} - 2xi^2y^2$$

Desprezando o termo em i^2y^2 obtemos:

$$f(x) = \frac{(x+3)(x^2+1)}{(x^2+1)^2} + \frac{[-2x^2-6x+x^2+1]iy}{(x^2+1)^2}$$

$$f(x) = \frac{(x+3)}{(x^2-1)} + \frac{(1-x^2-6x)}{(x^2+1)^2}iy$$

De acordo com o teorema, concluir que:

$$f_1(x) = \frac{x+3}{x^2+1}$$

Representa a primitiva da função dada e

$$f_2(x) = \frac{(1-x^2-6x)}{(x^2+1)^2}$$

Representa a derivada da função procurada. Portanto, para a função $f(x)$ contínua sempre se pode obter a primitiva da função e sua derivada quando substituída x pelo complexo $z = x + iy$. O fato que nos leva a obtenção dessa derivada, está na questão de que quando se substitui $z = x + iy$ na função dada, obtem-se, justamente, a reta tangente à curva da função no ponto $x + iy$ desde que sejam desprezados os termos de ordens superiores a iy. O coeficiente de iy é justamente a derivada, como demonstrado.

Exemplo 2

Obtenha a derivada da função

$$f(x) = (x^2-2).(2x+1)$$

Vamos fazer a notação $x + iy$.

Isto é:

$$f(x+iy) = [(x+iy)^2-2].[2(x+iy)+1]$$

$$= [(x^2 + 2xiy + i^2y^2) - 2][2x + 1 + 2iy]$$

Vamos desprezar o termo i^2y^2 logo:

$$[(x^2 + 2xiy - 2)(2x + 1) + 2iy]$$

$$(x^2 - 2).(2x + 1) + iy[2(x^2 - 2) + 2x(2x + 1) + 4i^2y^2]$$

Desprezando ainda o termo i^2y^2 obtemos:

$$f(x + iy) = (x^2 - 2)(2x + 1) + iy[2x^2 - 4 + 4x^2 + 2x] \rightarrow$$

$$f(x + iy) = (x^2 - 2)(2x + 1) + (6x^2 + 2x - 4)iy$$

De acordo com a expressão 2ª, vem que:

$$f_1(x) = (x^2 - 2)(2x + 1).$$

É a primitiva

e

$$f_2(x) = 6x^2 + 2x - 4.$$

É a derivada procurada. Assim sendo a função $f(x)$ pode ser entendida como sendo a composição de duas outras funções, a 1ª como sendo a primitiva real e a 2ª, como sendo a derivada dessa primitiva. Isto é:

$$f(x + iy) = f(x) + f'(x)iy$$

2.3 Binômio de Newton utilizado para o cálculo de derivada.

Seja a função

$$f(x) = x^4.$$

Encarando-se como uns números complexos têm que:

$$f(x) = (x + iy)^4$$

Cada termo dessa função polinomial deve ser dado por:

$$T_{P+1} = \binom{n}{P} x^{n-P}.(iy)^P$$

Sendo

$$\binom{n}{P} = \frac{n!}{(n-P)!\,P!} \rightarrow$$

$$T_{P+1} = \left[\frac{n!}{(n-P)!}\frac{1}{P!}\right] x^{n-P}.(iy)^P \rightarrow$$

$$T_{P+1} = \frac{n!}{(n-P)!} x^{4-P} \frac{1}{P!} (iy)^P$$

Logo, podemos considerar que a expressão

$$f(x) = \frac{n!}{(n-P)!} x^{4-P}$$

Representa as derivadas da função $f(x) = x^n$..

Exemplo 1

Dada à função $y = (x^3 + 1)^4$

Calcule a 1ª derivada da função usando o binômio de Newton

Dado

$$f(x) = \frac{n!}{(n-P)!} x^{4-P}$$

Vem que $P = 1$ e $n = 4$

Vamos escrever em $x, x + iy$ logo:

$$y = [(x + iy)^3 + 1]^4 = (x^3 + 3x^2iy - 3xy^2 + i^3y^3 + 1)^4$$

Devemos desprezar os termos superiores a i, assim:

$$y(x) = [(x^3 + 1) + 3x^2iy]^4 \rightarrow$$

Como

$$f'(x) = \frac{n!}{(n-P)!} x^{4-P}$$

Temos que

$$y'(x) = \frac{n!}{(n-P)!}(x^3+1)^{4-1}.(3x^2)^1$$

$$y'(x) = \frac{4!}{(4-1)!}(x^3+1)^3.3x^2$$

$$y'(x) = \frac{4!}{3!}3x^2(x^3+1)^3$$

$$y'(x) = 4.3x^2(x^3+1^3) \rightarrow$$

$$y'(x) = 12x^2(x^2+1)^3$$

Que representa a derivada processada.

3 I DERIVADAS DE FUNÇÕES QUE APRESENTAM RADICAIS.

Nessa parte, considera-se que as funções que apresentam radicais, podemos obter a derivada considerando como teorema a seguinte expressão,

$$f(x+iy) = f(x) + \frac{n}{2P}iyf'(x) \qquad (4°)$$

A demonstração desse teorema pode ser obtida a partir do principio da indução. Vamos considerar que a função apresenta sob o sinal do radical um polinômio do primeiro grau em x. Isto é seja a função

$$f(x) = \sqrt{x}$$

Logo, temos que.

$$f(x+iy) = \sqrt{x+iy}$$

Utilizando o teorema (1), vem que.

$$\sqrt{x+iy} = \sqrt{x} + iyf'(x) \rightarrow$$

$$iyf'(x) = \sqrt{x+iy} - \sqrt{x}$$

Realizando o conjugado dessa expressão, obtemos.

$$iyf'(x) = \frac{\left(\sqrt{x+iy} - \sqrt{x}\right).\left(\sqrt{x+iy} + \sqrt{x}\right)}{\left(\sqrt{x+iy} + \sqrt{x}\right)} \rightarrow$$

$$iyf'(x) = \frac{x+iy-x}{\sqrt{x+iy}+\sqrt{x}} = \frac{iy}{\sqrt{x+iy}+\sqrt{x}}$$

$$f'(x) = \frac{x+iy-x}{\sqrt{x+iy}+\sqrt{x}} = \frac{iy}{iy(\sqrt{x+iy}+\sqrt{x})}$$

Logo,

$$f'(x) = \frac{x+iy-x}{\sqrt{x+iy}+\sqrt{x}} = \frac{1}{(\sqrt{x+iy}+\sqrt{x})}$$

Fazendo o limite, isto é,

$$\lim_{y\to 0} \frac{f(x+iy)-f(x)}{iy} = f'(x)$$

Obtém-se

$$f'(x) = \frac{1}{2\sqrt{x}}$$

Ou seja, $f'(x)$ representa a derivada da função $\sqrt{x}$..
De modo geral, a função que apresenta a notação.

$$y = \sqrt[n]{x},$$

A derivada pode ser obtida usando a notação

$$f(x+iy) = f(x) + \frac{n}{2} iyf'(x)$$

Observe o seguinte exemplo, Seja a função $f(x) = \sqrt[6]{x}$
Usando o teorema (1),

$$\sqrt[6]{x+iy} = \sqrt[6]{x} + \frac{6}{2} iyf'(x)$$

$$\rightarrow \sqrt[6]{x+iy} - \sqrt[6]{x} = 3iyf'(x) \rightarrow$$

$$3iyf'(x) = \frac{\left(\sqrt[6]{x+iy} - \sqrt[6]{x}\right)\left(\sqrt[6]{(x+iy)^5} + \sqrt[6]{x^5}\right)}{\left(\sqrt[6]{(x+iy)^5} + \sqrt[6]{x^5}\right)} \rightarrow$$

$$3iyf'(x) = \frac{x+iy-x}{\sqrt[6]{x(+iy)^5} + \sqrt[6]{x^5}} =$$

$$3iyf'(x) = \frac{iy}{\sqrt[6]{x(+iy)^5} + \sqrt[6]{x^5}}$$

$$3f'(x) = \frac{1}{\sqrt[6]{(x+iy)^5} + \sqrt[6]{x^5}}$$

Fazendo o limite, isto é,

$$\lim_{y \to 0} \frac{f(x+iy) - f(x)}{iy} = f'(x)$$

Obtemos que,

$$f'(x) = \frac{1}{6\sqrt[6]{x^5}}$$

O que está de pleno acordo com a derivada da função $f(x) = \sqrt[6]{x}$ quando se usa do método de derivação normal.

3.1 Funções sob sinal de radical de monômios do 2° grau.

Funções que apresentam $\sqrt[n]{x^2}$ as derivadas são obtidas usando a expressão:

$$f(x+iy) = f(x) + \frac{n}{4} iyf'(x)$$

Seja a função

$$f(x) = \sqrt[7]{x^2}$$

Considerando

$$f(x+iy) = f(x) + \frac{n}{4} iyf'(x)$$

Com $n = 7$,

Temos que,

$$\sqrt[7]{(x+iy)^2} = \sqrt[7]{x^2} + \frac{7}{4} iyf'(x)$$

$$\sqrt[7]{(x+iy)^2} = \sqrt[7]{x^2} + \frac{7}{4} iyf(x) \rightarrow$$

$$\frac{\left(\sqrt[7]{(x+iy)^2} - \sqrt[7]{x^2}\right)\left(\sqrt[7]{(x+iy)^5} + \sqrt[7]{x^5}\right)}{\left(\sqrt[7]{(x+iy)^5} + \sqrt[7]{x^5}\right)} = \frac{7}{4} iyf'(x) \rightarrow$$

$$\frac{x+iy-x}{\sqrt[7]{(x+iy)^5} + \sqrt[7]{x^5}} = \frac{7}{4} iyf'(x) \rightarrow$$

$$\frac{iy}{\sqrt[7]{(x+iy)^5} + \sqrt[7]{x^5}} = \frac{7}{4} iyf'(x)$$

$$\frac{1}{\sqrt[7]{(x+iy)^5} + \sqrt[7]{x^5}} = \frac{7}{4} f'(x)$$

Levando ao limite,

$$\lim_{y \to 0} \frac{f(x+iy) - f(x)}{iy} = f'(x)$$

Obtemos,

$$f'(x) = \frac{4}{7} \cdot \frac{1}{2\sqrt[7]{x^5}}$$

ou

$$f'(x) = \frac{2}{7} \frac{1}{\sqrt[7]{x^5}}$$

Seja a função

$$f(x) = \sqrt[10]{x^2}$$

Temos que,

$$f(x+iy) = f(x) + iy\frac{n}{4} f''(x)$$

Logo,

$$\sqrt[10]{(x+iy)^2} - \sqrt[10]{x^2} = iy\frac{10}{4}f'(x)$$

$$\frac{\left(\sqrt[10]{(x+iy)^2} - \sqrt[10]{x^2}\right).\left(\sqrt[10]{(x+iy)^8} + \sqrt[10]{x^8}\right)}{\sqrt[10]{(x+iy)^8} + \sqrt[10]{x^8}} = \frac{5}{2}f'(x)iy$$

$$\frac{x+iy-x}{\sqrt[10]{(x+iy)^8} + \sqrt[10]{x^8}} = \frac{5}{2}f'(x)iy \rightarrow$$

$$\frac{iy}{\sqrt[10]{(x+iy)^8} + \sqrt[10]{x^8}} = \frac{5}{2}f'(x)iy$$

$$\frac{1}{\sqrt[10]{(x+iy)^8} + \sqrt[10]{x^8}} = \frac{5}{2}f'(x)$$

Levando ao limite, obtemos.

$$f'(x) = \frac{1}{5}\frac{1}{\sqrt[10]{x^8}} \qquad \text{ou} \qquad f'^{(x)} = \frac{1}{5}\frac{1}{\sqrt[5]{x^4}}$$

3.2 Generalização

De um modo geral para

$$f(x) = \sqrt[n]{x^P},$$

obtém-se a derivada da função, usando a notação:

$$f(x+iy) = f(x) + \frac{n}{2P}iyf'(x) \qquad (4°)$$

A função permanece válida para $f_1(x) = \sqrt[n]{f(x)^P}$, onde $f(x)$ é uma função polinomial.

Exemplo 1

Dada a função $f(x) = \sqrt[4]{(x^2+3)^3}$, calcule a sua derivada

Solução

Usando a notação (4°).

$$f(x+iy) = \sqrt[4]{[(x+iy)^2+3]^3} \rightarrow$$

$$\sqrt[4]{[(x+iy)^2+3]^3} = \sqrt[4]{(x^2+3)^3} + \frac{4}{2.3}iyf'(x) \rightarrow$$

$$\frac{2}{3}iyf'(x) = \sqrt[4]{[x^2+2xiy+i^2y^2+3]^3} - \sqrt[4]{(x^2+3)^5} \rightarrow$$

$$\frac{2}{3}iyf'(x) = \frac{(x^2 + 2xiy + 3)^3 - (x^2 + 3)}{\sqrt[4]{x^2 + 3} + \sqrt[4]{x^2 + 3}} \rightarrow$$

$$f'(x) = \frac{3}{2}\frac{x}{\sqrt[4]{x^2 + 3}}$$

O que representa a derivada da função $f(x) = \sqrt[4]{(x^2 + 3)^3}$

4 I CONSIDERAÇÃO FINAL

De acordo com abordagem apresentada ao longo desse artigo, observou-se que o método alternativo e aplicabilidade em cálculo de derivadas de uma função a uma variável real em que se considera a forma algébrica dos números complexos $(x + iy)$ conduziu de modo análogo aos resultados com os incrementos desenvolvidos por Newton. No entanto, percebe-se que para o primeiro método exposto, o incremento imaginário denominado por iy, aparentemente, condiz com o incremento real Δx.

Numa avaliação entre os dois métodos utilizados, pode-se pensar na possibilidade de não haver vantagem em utilizar o método que contém o termo iy Todavia é importante salientar que o método alternativo abre uma relevante lacuna, pois de certa forma, mostra a aplicabilidade da teoria complexa para o cálculo das derivadas onde o acréscimo dada a função de uma variável real, representa a forma algébrica $x + iy$ e o incremento iy se tornou importante quando veio tratar de funções com radicais com a introdução de parâmetros N e P.

Outro fato que merece atenção nesse estudo é a enorme vantagem de considerar o cálculo de derivadas com aproximação apenas na primeira ordem, como foi o caso da demonstração do teorema de uma função polinomial. Considerar essa aproximação consiste justamente, na importância do método alternativo. Na verdade em quanto as derivadas de Newton leva a aproximações de primeira ordem num incremento real Δx, desprezando os termos posteriores e maiores com a possibilidade de os serem tão pequeno o quanto se queira.

O incremento do método proposto, também considera essa possiblidade, no entanto não o faz como Newton. Introduz nos cálculos um termo complexo, criando a possibilidade de perscrutar numa teoria muito mais interessante e profunda levando em conta estudos de funções transcendentes em que o incremento complexo é de fundamental relevância para o cálculo de funções logarítmicas, trigonométricas e de outras funções que não sejam as polinomiais.

Espera-se, entretanto, que a teoria apresentada nesse primeiro artigo, possa contribuir e mostrar técnica que apesar de apresentar certa semelhança com os cálculos de derivações rotineiras, pode possuir a vantagem de abrir novas lacunas para futuros caminhos e outros horizontes matemáticos.

REFERÊNCIAS

Guidorizzi, Hamilton, Um curso de Cálculo, Vol. 1, Livros Técnicos e Científicos, 5a. edição, 2001.

Finney, Ross L., Weir, Maurice D., Giordano, Frank R. Cálculo de George B. Thomas Jr., Vol. 1, Pearson Education do Brasil, 2002.

Stewart, James, Cálculo, Vol. 1, Editora Pioneira, 4a. edição, 2001.

Munem, M.A..; Foulis, D.J. Cálculo - Rio de Janeiro - Guanabara Dois , 1982. v1.

Neto, J. Barcelos Cálculo para Entender e Usar. Ed. Livraria da Física, 2009.

Leithold, Louis. O Calculo com geometria analítica. 3a ed. São Paulo - Harbra, C1994. v1.

CAPÍTULO 9

ANÁLISE ESTATÍSTICA DO MONITORAMENTO SISMOGRÁFICO DE CAVIDADES FERRÍFERAS. MINAS DE N4 E N5, CARAJÁS, BRASIL

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 03/12/2019

Adimir Fernando Rezende
Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH
Belo Horizonte – Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/8622966307568358

Rafael Guimarães de Paula
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará UNIFESSPA
Marabá - Pará
http://lattes.cnpq.br/5046678353854501

Marcelo Roberto Barbosa
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
http://lattes.cnpq.br/2873095024955551

Leandro Alves Caldeira Luzzi
Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH
http://lattes.cnpq.br/5955655092303308
Belo Horizonte – Minas Gerais

Iuri Viana Brandi
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Ouro Preto – Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/4511857269855051

RESUMO: O monitoramento sismográfico de cavidades naturais subterrâneas, além de atender a legislação ambiental brasileira vigente, contribui para a sustentabilidade das atividades de mineração e a proteção do patrimônio espeleológico. O acompanhamento dos desmontes de rochas com uso de explosivos em regiões de cavidades é de fundamental importância, possibilitando um melhor planejamento de lavra, sem comprometer a integridade física das cavidades. Este trabalho foi desenvolvido nas minas de ferro N4 e N5 em Carajás durante o monitoramento sismográfico de cavidades, previsto no Plano Básico Ambiental. Serão apresentadas as principais variáveis que devem ser consideradas neste tipo de monitoramento, e o resultado de análise estatística, onde foram identificadas as variáveis mais significativas nas correlações com a variável sismográfica selecionada - velocidade de vibração de partícula.

PALAVRAS-CHAVE: Carajás; Cavidades naturais; Monitoramento sismográfico.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE SEISMOGRAPHIC MONITORING OF IRON CAVES. N4 AND N5 MINES, CARAJÁS, BRAZIL

ABSTRACT: The seismographic monitoring of underground natural caves is required by the current brazilian environmental legislation and contributes to the sustainability of mining activities and the protection of the speleological

heritage. The follow-up of blasting operations with explosives in cave regions allow better mining planning without compromising the physical integrity of the caves. This work was developed in the iron mines N4 and N5 in Carajás during the seismographic monitoring of caves, foreseen in the Basic Environmental Plan. The main variables to be considered in this type of monitoring will be presented, as well as the results of statistical analysis, where the most significant variables were identified in the correlations matrices with the selected seismic variable – vibration particle velocity.

KEYWORDS: Carajas; Natural caves; Seismographic monitoring.

1 I INTRODUÇÃO

As atividades de monitoramento espeleológico são previstas pela legislação ambiental brasileira, (MMA, 2004), e fazem parte de Planos Básicos Ambientais (PBA) para acompanhar o comportamento de cavidades em áreas de mineração. O monitoramento sismográfico é um dos monitoramentos integrantes do PBA.

A prática de detonação com o uso de explosivo para desmonte de rochas em atividades de mineração, ou mesmo em obras urbanas, tem sido usada ao longo do tempo para a otimização dos custos e aumento do ritmo de produção. No entanto, é fonte emissora de ondas sísmicas, registradas por sismógrafos, e pode representar potencial de dano à integridade física de cavidades (ICMBIO, 2016). Esta possibilidade de danos é entendida aqui como sendo de aspectos relacionados à sua morfologia original, suas formações secundárias (espeleotemas, ou sedimentos clásticos), bem como ainda piso, paredes e tetos (Santos Junior, 2017).

De acordo com a literatura, existem inúmeras variáveis que devem ser consideradas em monitoramentos sismográficos de uma maneira geral, algumas facilmente controláveis (cargas de explosivos, distâncias, posição topográfica e outras) e algumas de controles mais complexos (anisotropia das rochas, aspectos estruturais, graus de intemperismo e outras). Neste trabalho, realizado nas minas de ferro N4 e N5 em Carajás, foram comparadas as matrizes de correlação das variáveis, selecionadas como as mais significativas para o monitoramento sismográfico de cavidades ferríferas. Esta comparação tentou buscar o entendimento de qual (is) a (s) variável (is) que mais influenciavam nas vibrações sismográficas.

Os autores entendem que este estudo poderá contribuir no planejamento de mina e no estabelecimento de planos de fogo mais ajustados à medida que as operações se aproximam dos locais de ocorrência de cavidades.

2 I ÁREA DE ESTUDO

A região de Carajás está localizada no sudeste do estado do Pará e apresenta

um conjunto de serras de topo aplainado (platôs) com altitude média de 650m (VALENTIM, et. al., 2011). Esses platôs se destacam por apresentar uma expressiva ocorrência de cavidades em suas bordas como resultado dos processos de dissecação do relevo. A área de estudo localiza-se em Serra Norte, mais precisamente nos platôs N4 e N5, em três minas de ferro denominadas N4E, N4WS e N5S, no município de Parauapebas (Figura 1).

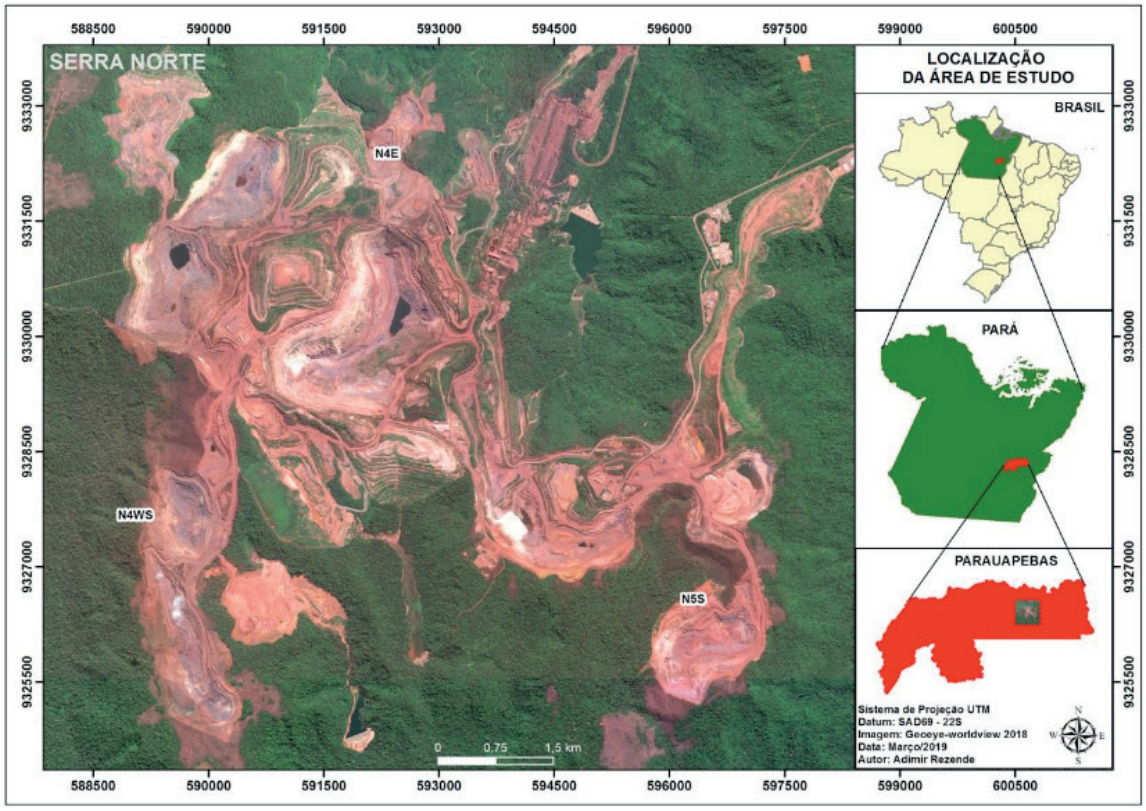


Figura 1: Localização da área de estudo

3 I METODOLOGIA

Foram selecionadas 18 cavidades estrategicamente distribuídas pelas 3 minas (8 cavidades em N5S, 7 cavidades em N4WS e 3 cavidades em N4E) para monitoramento sismográfico contínuo, seguindo o critério de maior proximidade das diversas frentes de lavra. Este monitoramento foi efetuado no período de maio de 2014 a novembro de 2017, quando foram obtidos 2.758 registos sismográficos, provenientes de 1.720 desmontes de rocha com uso de explosivos (Figura 2).

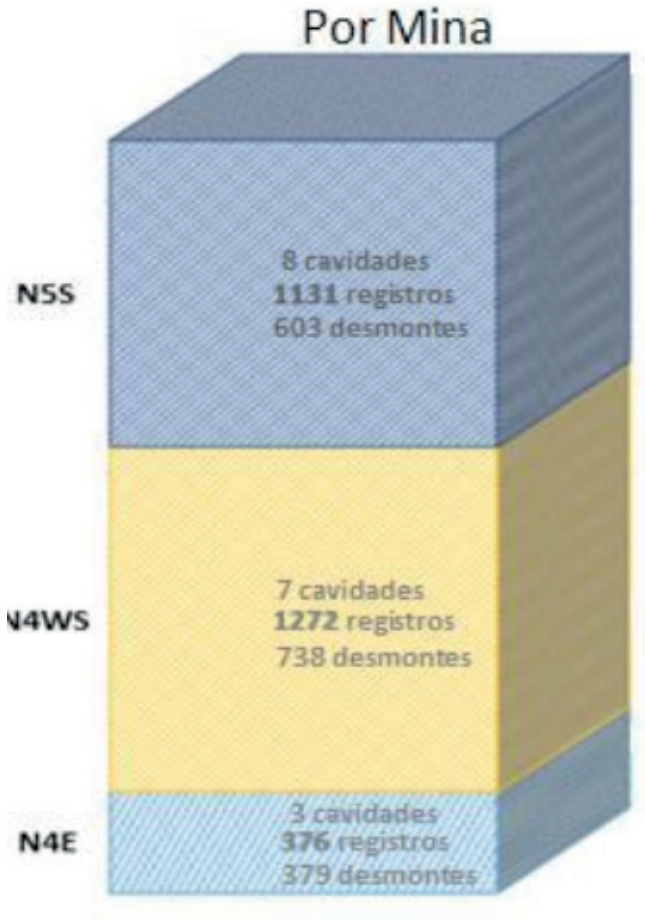


Figura 2: Distribuição dos dados por mina

Com o uso do software *Blastware*, versão 10.74, (Instantel), foi gerado um sismograma para cada registro sismográfico e selecionada a variável velocidade de vibração de partícula (Vp), como sendo a variável principal a ser correlacionada com as demais variáveis.

Foram utilizados 13 sismógrafos de engenharia, sendo 10 do modelo micromate, da canadense Instantel, e 3 modelos EZ Plus da americana Geosonics (Figura 3).

Figura 3: Sismógrafos utilizados nos estudos

Os sismógrafos utilizados atendem aos requisitos da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT 9653/2018, e possuem sistema de verificação interna por pulso eletrônico (auto checagem), memória para armazenamento de eventos sísmicos, e registra instantaneamente os valores de velocidade de vibração de partícula nas três direções mutuamente perpendiculares, longitudinal/radial, transversal e vertical (L, T, V). As calibrações foram feitas por empresas certificadas, tendo ambos sido configurados para registrarem eventos sísmicos de 0,51 mm/s até 254 mm/s, na faixa de frequência a partir de 2 Hz e 4Hz.

Os sismógrafos foram instalados no interior das cavidades com a fixação dos geofones sempre no teto com uso de gesso, (Figura 4). O uso de gesso, além de provocar menos impacto no local durante a instalação e remoção, testes de laboratório comprovaram que a transmissão da energia é melhor do que a fixação por parafusos (GOULART, 2014). Nesse contexto, a instrução normativa 9653/2018 da ABNT, também orienta para o uso de gesso ou outro material adesivo, para que os sensores fiquem o mais perfeitamente solidário ao meio de propagação.

Figura 4: Geofone fixado no teto da cavidade com uso de gesso

3.1 Variáveis selecionadas

Os diversos tipos de variáveis (mais ou menos controláveis), que participam nos resultados de propagação das ondas sísmicas em maciços rochosos são amplamente divulgadas na literatura (Silva, 2012, Opperman et.al., 2015 e Santos Junior, 2017). As variáveis consideradas no presente trabalho fazem parte desta literatura, e foram selecionadas como as mais significativas para serem acompanhadas durante o longo período de monitoramento.

A partir dos planos de fogo fornecidos pela equipe de desmonte de rochas, foram obtidas as variáveis, carga máxima por espera (CME), carga total (CT) e diâmetro dos furos (Diam). Já as variáveis distância (Distância), área do polígono desmontado (Área), e a cota do local do desmonte (Cota), foram fornecidas pela área de planejamento de mina da mineradora responsável pelas minas de N4 e N5. Na tabela 1 são apresentados detalhes de todas as variáveis deste estudo, as quais serão correlacionadas com a variável sismográfica, Velocidade de Vibração de Partícula (Vp).

Sigla	Descrição	Un	Forma de Aquisição	Responsável
Vp	Velocidade de partícula resultante	mm/s	Sismógrafo	Equipe de Espeleologia
Distancia	Distância entre a área do desmonte e a cavidade	m	Calculada com software GIS	Equipe de Espeleologia
Area	Área do polígono de desmonte	m²	Plano de lavra	Equipe de Curto Prazo
Cota	Cota topográfica do desmonte	m	Plano de fogo	Equipe de Desmonte
CT	Carga total de explosivos	Kg	Plano de fogo	Equipe de Desmonte
CME	Carga máxima por espera	Kg	Plano de fogo	Equipe de Desmonte
Diam	Diâmetro dos furos	Polegada	Plano de fogo	Equipe de Desmonte

Tabela 1: Detalhe das variáveis selecionadas

3.2 Tratamento estatístico

Foram elaboradas matrizes de correlação entre as variáveis envolvidas no monitoramento sismográfico de cavidades, para entendimento de quais delas mais influenciavam a Velocidade de Vibração de Partícula (Vp). Foi utilizada a linha da estatística descritiva pelo coeficiente de correlação de Pearson (r), amplamente utilizada neste tipo de análise. Segundo Vargas, 2019, o coeficiente de correlação de Pearson (r), ou coeficiente de correlação produto-momento, ou o r de Pearson, mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice adimensional com valores situados ente -1,0 e 1.0 inclusive, que reflete a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados. Este coeficiente, normalmente representado pela letra “r” assume apenas valores entre -1 e 1.

- r = 1 Significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis.
- r = -1 Significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis. Isto é, se uma aumenta a outra sempre diminui.
- r = 0 Significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

No entanto, pode existir outra dependência que seja “não linear”. Assim, o resultado r = 0 deve ser investigado por outros meios.

Como parâmetro de interpretação do Coeficiente de Pearson (r), foi utilizada a metodologia e classificação desenvolvida por Shimakura (2006), atribuindo um valor qualitativo aos valores numéricos de coeficiente (Figura 5).

Valor de ρ (+ ou −)	Interpretação
0.00 a 0.19	Uma correlação bem fraca
0.20 a 0.39	Uma correlação fraca
0.40 a 0.69	Uma correlação moderada
0.70 a 0.89	Uma correlação forte
0.90 a 1.00	Uma correlação muito forte

Figura 5: Atribuição de valores qualitativos aos valores numéricos (fonte: Shimakura, 2006)

Todo o tratamento estatístico foi desenvolvido no *software R*, com pacote *corrplot*, que promove uma exibição gráfica e intervalo de confiança, com o método de visualização denominado "*number*".

4 I RESULTADOS

Foram geradas cinco matrizes de correlação, para entender o comportamento da velocidade de vibração de partícula em relação as demais variáveis.

A primeira matriz foi elaborada com todo o conjunto de variáveis, considerando todos os desmontes sem limites de distância até as cavidades. Quatro outras matrizes foram geradas segmentadas por faixas de distâncias, em intervalos de 50m, iniciando com os desmontes em 250m, aproximando-se até 50m da cavidade, (250-200m, 200-150m, 150-100m, e 100-50m).

Ressalta-se que a variável distância é considerada entre o centróide do polígono de desmonte, e a localização do ponto de medição, (geofone), instalado na cavidade.

4.1 Matriz considerando todos os desmontes sem limite de distância das cavidades monitoradas

Ao realizar essa análise com todas as variáveis de forma integrada, verificou-se que, de uma maneira geral, as correlações são fracas entre si. Olhando-se especificamente para a variável sismográfica; Velocidade de Vibração de Partícula (Vp), nota-se uma correlação negativa moderada apenas com a variável distância, coerente com a realidade e com o postulado de que a amplitude de uma onda sísmica decresce com o inverso da distância da fonte". (IAG - USP, 2019).

A Figura 6 mostra a matriz com as correlações fracas em função da análise de todas as variáveis de forma integrada e sem limite de distância.

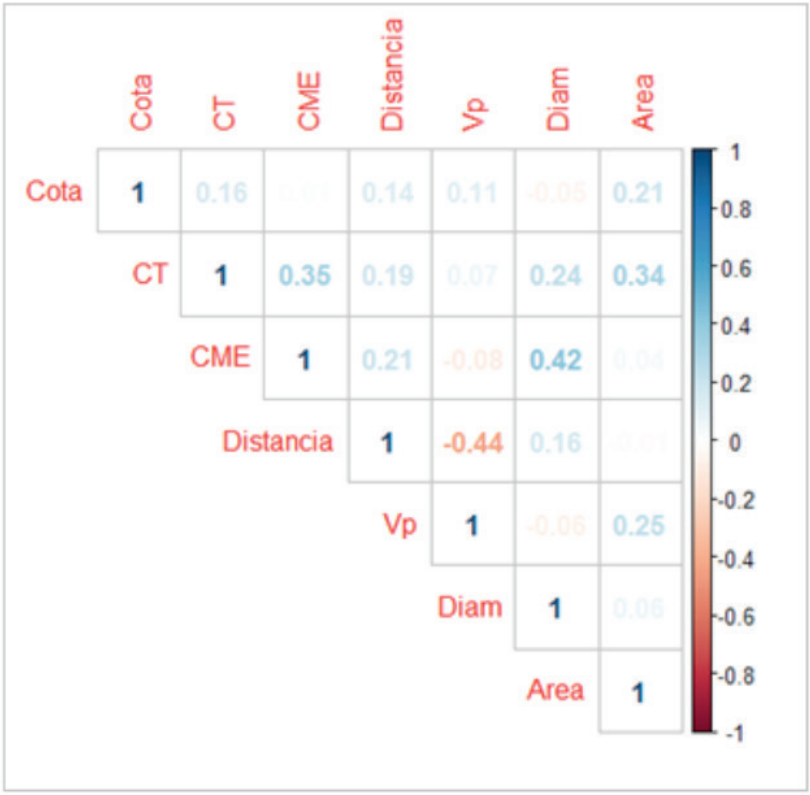


Figura 6: Matriz de correlação das variáveis analisadas de forma integrada e sem limite de distância.

A figura 7 mostra a localização das cavidades monitoradas e os locais dos desmontes sem limites de distâncias.

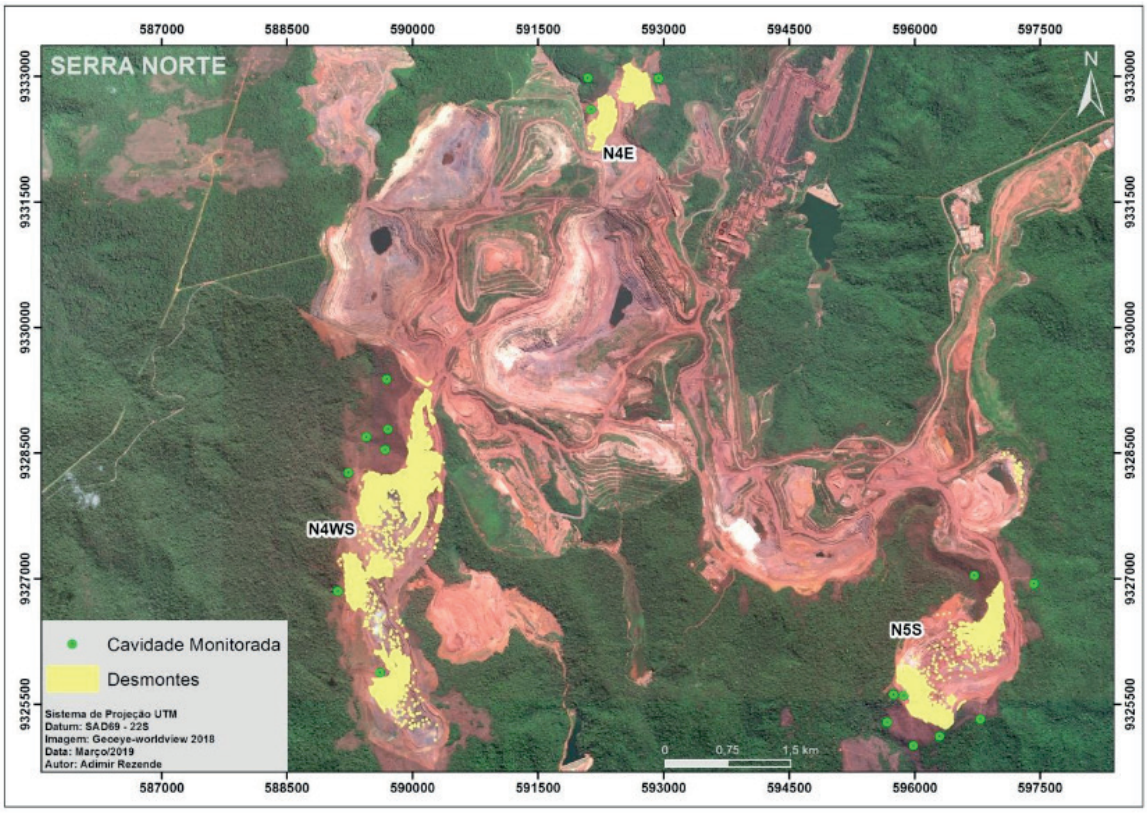


Figura 7: Localização das cavidades monitoradas e os locais dos desmontes sem limites de distâncias.

4.2 Matrizes considerando apenas desmontes dentro de faixas entre 250 e 50m das cavidades monitoradas (faixas em intervalos de 50m)

Tendo em vista as correlações fracas observadas entre as variáveis, quando analisadas sem limites de distâncias, entre os desmontes e as cavidades monitoradas, foram então feitas segmentações por faixas de distância, iniciando com os desmontes em 250m, aproximando-se até 50m das cavidades monitoradas (faixas de 250-200m, 200-150m, 150-100m, e 100-50m) (Figura 8).

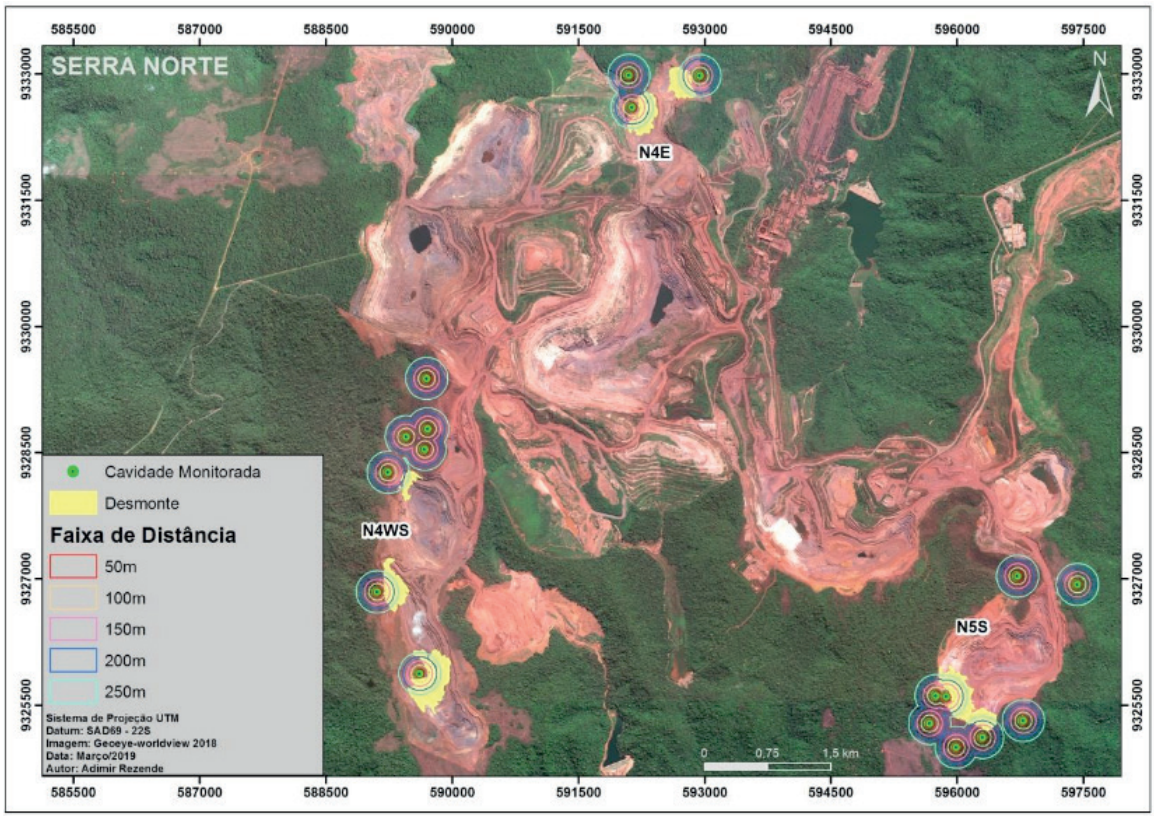


Figura 8: Desmontes dentro das faixas de distância iniciando em 250m até 50m das cavidades

4.3 Matriz considerando apenas desmontes dentro da faixa entre 250 e 200m das cavidades monitoradas

Ao realizar essa análise com uma menor distância das cavidades (faixa de 250 a 200m), verificou-se que, de uma maneira geral, as correlações melhoraram passando a moderadas entre si. Olhando-se especificamente para a variável sismográfica Velocidade Vibração de Partícula (Vp), nota-se uma correlação igualmente negativa moderada com a variável distância, e uma correlação positiva moderada com a carga total, com este último já demonstrando que a carga total de explosivos passa a interferir levemente nos resultados sismográficos (Figura 9).

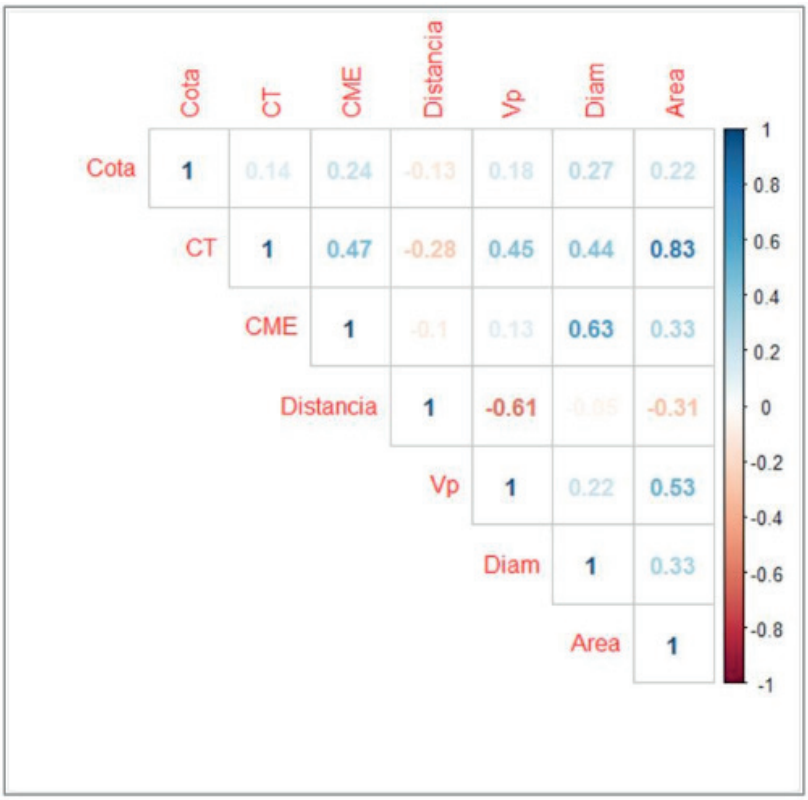


Figura 9: Matriz de correlação considerando os desmontes dentro da faixa entre 250 e 200m das cavidades.

4.4 Matriz considerando apenas desmontes dentro da faixa entre 200 e 150m das cavidades monitoradas

Ao realizar essa análise com uma menor distância das cavidades, (faixa de 200 a 150m), verificou-se que, de uma maneira geral, as correlações continuam moderadas entre si. Olhando-se especificamente para a variável sismográfica Velocidade Vibração de Partícula (Vp), nota-se uma correlação voltando a ser fraca, porém mantendo a relação negativa inversa com a variável distância, e uma correlação também fraca direta com carga total (Figura 10).

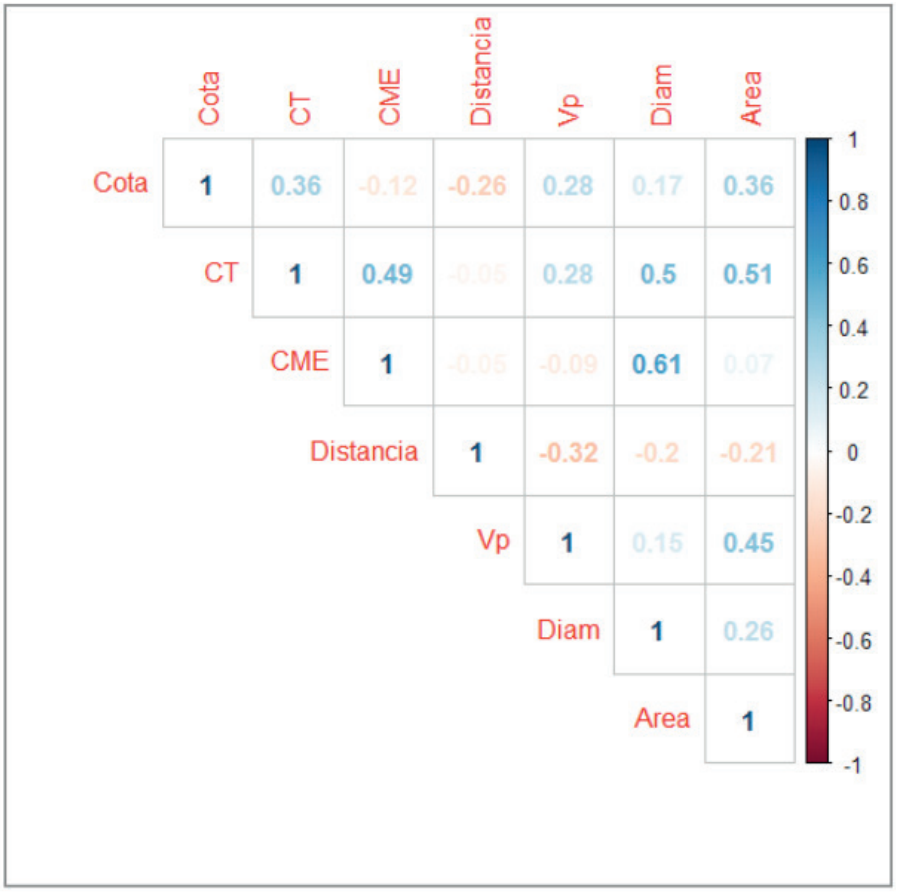


Figura 10: Matriz de correlação considerando os desmontes dentro da faixa entre 200 e 150m das cavidades.

4.5 Matriz considerando apenas desmontes dentro da faixa entre 150 e 100m das cavidades monitoradas

Ao realizar essa análise com uma menor distância das cavidades, (faixa de 150 a 100m) verificou-se que, de uma maneira geral, as correlações melhoraram passando a fortes entre si. Olhando-se especificamente para a variável sismográfica Velocidade Vibração de Partícula (Vp), nota-se uma correlação passando a forte direta com carga total, demonstrando que a carga total de explosivos passa a interferir substancialmente nos resultados sismográficos (Figura 11).

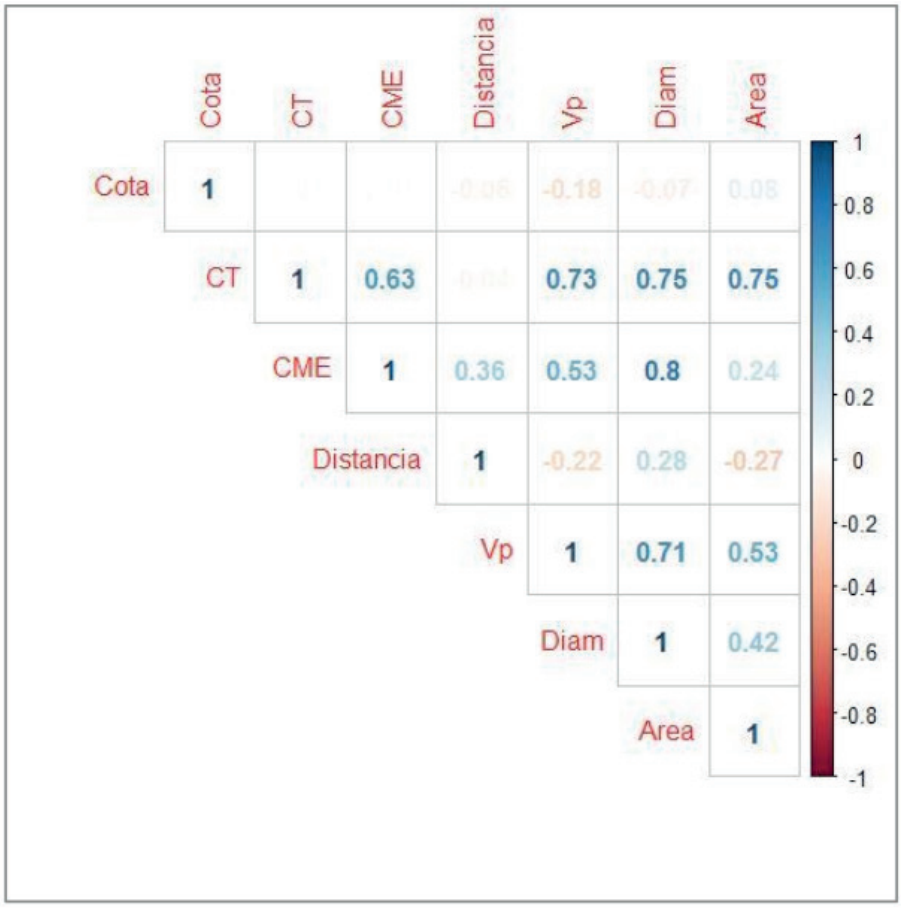


Figura 11: Matriz de correlação considerando os desmontes dentro da faixa entre 150 e 100m das cavidades.

4.6 Matriz considerando apenas desmontes dentro da faixa entre 100 e 50m das cavidades monitoradas

Ao realizar essa análise com uma menor distância das cavidades, (faixa de 100 a 50m) verificou-se que, de uma maneira geral, as correlações continuam fortes entre si. Olhando-se especificamente para a variável sismográfica Velocidade Vibração de Partícula (Vp), nota-se uma correlação continuando forte direta, porém agora com a Carga Máxima por Espera, demonstrando que a carga por espera de explosivos passa a interferir substancialmente nos resultados sismográficos (Figura 12).

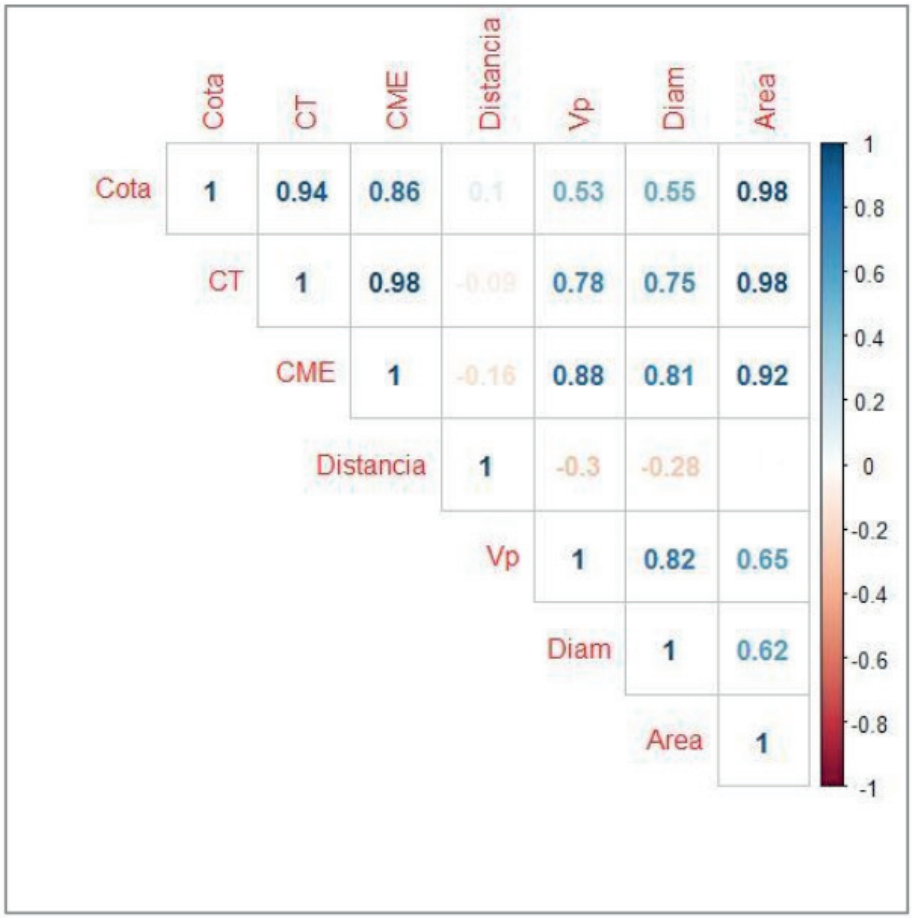


Figura 12: Matriz de correlação considerando os desmontes dentro da faixa entre 100 e 50m das cavidades.

5 I CONCLUSÕES

A variável Distância se mostrou como a principal na correlação com os valores da variável Velocidade de Vibração de Partícula (Vp), notando-se uma correlação negativa moderada, coerente com a realidade, que quanto mais distante o desmonte, menor as vibrações sismográficas na cavidade.

Todas as variáveis só mostram boa correlação quando segregadas por faixas de distância. Dentro da faixa de 50 a 100m tem forte correlação. Entre 100 a 150m continua a forte correlação. A partir de 150m em diante as correlações são fracas.

Em relação com a variável Velocidade de Vibração de Partícula (Vp), para distâncias de 50 a 150m, as variáveis Carga Máxima por Espera (CME) e Carga Total (CT) são igualmente importantes, apresentando correlações positivas fortes.

Para distâncias acima de 150m as correlações enfraquecem mantendo-se a variável distância como a mais relevante em relação a variável Velocidade de Vibração de Partícula (Vp).

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9653:2018. **Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas.** Rio de Janeiro, RJ. 2018.

GOULART**,** K. C. C.; COSTA, J.F.C.L,; KOPPE, J.C.; CATEN, C.T. **Influência do Acoplamento de Sismógrafos na Resposta da Vibração de Partículas ou Velocidade de Partículas"** UFRGS

IAG - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. S**ismologia e Ondas Sísmicas.** Disponível em <www.iag.usp.br>~eder>

Sismologia_f. - Acessado em: 15 mar. 2019.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Sismografia Aplicada à Proteção do Patrimônio Espeleológico: Contribuição Técnica à Análise de Estudos Ambientais** / Marcos Pinho. [et al.] – Brasília: ICMBio, 2016. 47 p.; Il. Color. ISBN 978 -85-61842-63-5

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Sismografia Aplicada à Proteção do Patrimônio Espeleológico: Orientações Básicas à Realização de Estudos Ambientais**/ Marcos Pinho. [et al.] – Brasília: ICMBio, 2016. 47 p.; Il. Color. ISBN 978 -85-61842-63-5

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Resolução CONAMA n° 347, de 10 de setembro 2004.** Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Espeleológico. Diário Oficial da União, 13 de setembro de 2004.

MINITAB, Minitab Statistical Software, Release 13. **User`s Guide,** 1/2 USA: 2000.

OPPERMANN, J. P. Z.; SCHAARCHMIDT, R.G.; MENDONÇA, C.S.; VALDEMERI, D.C.; MUNARETTI, E. **Redução de Vibrações em Áreas de Baixa Frequência na Pedreira E.V. - Estância Velha RS.** 15° Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia Ambiental, Bento Gonçalves, RS, Maio de 2015. 09 pág.

SANTOS JUNIOR, E. J. **Modelagem Estocástica Aplicada na Estimativa do Raio de Proteção de Cavidades Naturais Subterrâneas.** Ouro Preto, MG, 2017. 117 pág.

SHIMAKURA, S.E. **Correlação**. In: CE003 - Estatística II. Paraná: Dep. de Estatística da Universidade Federal do Paraná: 71-78p. 2006.

SILVA, T. C. **Avaliação da Carga Máxima por Espera Através de Lei de Atenuação Visando a Minimização de Danos Decorrentes das Operações de Desmonte de Rochas nas Escavações da Arena Pernambuco.** Recife, PE, 2012. 143 pág.

VALENTIM, R.F.; OLIVITO, J. P. R. **Unidade Espeleológica Carajás: Delimitação dos Enfoques Regional e Local, Conforme Metodologia da IN-02/2009 MMA**. VALE S.A - Gerência de Espeleologia e Tecnologia, Belo Horizonte - MG, 2011.

VARGAS, V. C. C. **Correlação**. UFSC, Disponível em<http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Correlacao/Correlacao_Pearson_Spearman_Kendall.pdf. Acessado em: 27 mar. 2019.

CAPÍTULO 10

AVALIAÇÃO DO RESSECAMENTO DA CAMADA DE COBERTURA UTILIZANDO SOLO COM ADIÇÃO DE FIBRAS PET POR MEIO DE ANÁLISE DE IMAGENS

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 03/12/2019

Conceição de Maria Cardoso Costa
Instituto Federal de Brasília – IFB
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/3956250236544095

Tomás Joviano Leite da Silva
Universidade de Brasília – UnB
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/6850462206672372

Jaqueline Ribeiro dos Santos
Universidade de Brasília – UnB
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/2900535733175725

Luís Fernando Martins Ribeiro
Universidade de Brasília – UnB
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/4739413536925106

Claúdia Márcia Coutinho Gurjão
Universidade de Brasília – UnB
Brasília – DF
http://lattes.cnpq.br/0917237900795915

RESUMO: O aumento da produção de resíduos sólidos urbanos está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico das populações. Neste sentido, diversos segmentos da sociedade têm demonstrado preocupação quanto à disposição segura e adequada desses resíduos. Os aterros sanitários podem ser uma alternativa viável de disposição. Para tanto, é fundamental que os sistemas de cobertura apresentem baixa permeabilidade, resistência aos esforços mecânicos e às intempéries, que podem ser comprometidos pelos efeitos do processo de secagem e umedecimento, aos quais estão submetidas estas estruturas. Neste contexto, esta pesquisa teve por objetivo avaliar o comportamento de misturas de solo com incorporação de fibras de Politereftalato de Etileno - PET, produzidas a partir de garrafas de refrigerantes usadas, visando diminuir o efeito de retração e da formação de fissuras em camadas de cobertura. Para avalição do efeito da inclusão das fibras, foram realizados ensaios hidráulicos e mecânicos para definição do percentual de adição de fibra a ser utilizado nos ensaios de ressecamento. O processo de ressecamento foi fotografado e a evolução das fissuras analisada utilizando-se a técnica de processamento de imagens com a determinação do CIF (Crack Intensity Factor). Os resultados obtidos mostraram que o comportamento quanto ao ressecamento e à formação de fissuras foi significativamente afetado pelos ciclos de umedecimento e secagem e pela adição das fibras, alterando o padrão de fissuração, retardando a formação de fissuras e reduzindo o fator de intensidade

de fissuração, quando comparado ao solo natural.
PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário, Camada de Cobertura, Fibras PET, Fissuras, Ressecamento.

DESICCATION CRACKS EVALUATION OF COVER LINER USING SOIL WITH PET FIBER REINFORCEMENT BY IMAGE ANALYSIS

ABSTRACT: Increasing production of municipal solid waste is directly related to the population's economic development. In this sense, people have expressed concern regarding the safe and proper disposal of these wastes. Landfills may be a viable alternative of disposal. Therefore, cover system needs to present low-permeability, typically found in compacted clay soil. The hydraulic properties of such soil-based structures can be compromised by cracks formation, resulting in pathways for moisture migration into the landfill cell which increases the generation of waste leachate, and ultimately increases the potential for soil and groundwater contamination. This study focused on the impact of fiber reinforcement on the development of desiccation cracks in cover liner. The fibers are polyethylene terephthalate - PET, produced from used soft drink bottles. Hydraulic conductivity and mechanical tests were used to choose the optimal percentage of fiber addition. Drying-wetting process were monitored using digital images and the surficial cracking area was used to determine the crack intensity factor (CIF) of the cracked samples. The results showed that desiccation cracks were greatly affected by wetting and drying cycles and the addition of fibers altering cracks pattern and reducing crack intensity factor, when compared with natural soil.
KEYWORDS: Landfill, Cover line, PET fibers, cracks, desiccation.

1 I INTRODUÇÃO

1.1 Revisão Bibliográfica

A formação de fissuras por ressecamento na superfície do solo ocasionado pela perda de umidade é um fenômeno natural que pode afetar significativamente suas propriedades hidráulicas, criando caminhos preferenciais de percolação (Jayawickrama et al., 1994). Devido à complexidade dos materiais, esse fenômeno é influenciado por muitas variáveis dentre elas: composição mineralógica, quantidade de argila, variação da sucção, umidade relativa de ar e temperatura, espessura das camadas, condições de contorno, dentre outros (TANG et al., 2011).

Segundo Lakshmikanta (2009), em um solo submetido a condições de ressecamento, o surgimento de fissuras se inicia quando as forças de tensão excedem a resistência à tração do solo. Essa resistência é função do teor de umidade do solo e da sucção. Iniciada a fissuração, a propagação das fissuras será regida pelo estado de tensão existente no interior do solo e por sua capacidade de dissipar as energias. Assim, embora a resistência à tração determine o início da fissuração, a propagação

das trincas tende a ser regida pela mecânica da fratura, sendo os conceitos dessa teoria de extrema importância na definição de uma estrutura numérica e teórica para o problema.

Khire et al. (1997) demonstraram que as camadas de cobertura de argila compactada sofrem mudanças sazonais no teor de umidade, mesmo estando a uma profundidade significativa, ocasionadas pelas variações sazonais de precipitação e evapotranspiração e que o ressecamento pode induzir a formação de fissuras que afetarão de forma irreversível seu comportamento.

Haines (1923) apud Albrecht e Benson (2001) descreveram o processo de ressecamento de solos saturados em duas fases: ressecamento primário e residual. O ressecamento primário corresponde ao primeiro estágio e inicia-se a partir do momento em que o solo é exposto ao ar. A água sai do solo, sem que haja entrada de ar. Como o ar não está entrando no solo, a variação do volume é igual ao volume de água que sai do solo. A maior parte da variação do volume total ocorre neste estágio. A água que envolve as partículas individuais de solo é removida, permitindo que as partículas de solo se aproximem umas das outras. A partir de certo ponto as partículas começam a se tocar e o processo de secagem torna-se mais lento à medida que a estrutura do solo começa a resistir às variações de volume. Nesta fase do ressecamento, denominada de ressecamento residual, o ar entra no solo e preenche os espaços deixados pela água removida. Nesta fase a variação de volume é pequena uma vez as partículas de solo já se tocam. Por conseguinte, a variação total de volume está intimamente relacionada aos volumes de água e sólidos presentes no solo no início do ressecamento.

A variação volumétrica durante o ressecamento será menor, independente da energia de compactação adotada. Condição que é consequência direta do fato de que solos compactados na umidade ótima possuírem maior volume de partículas sólidas e menor volume de água por unidade de volume de solo Quando o solo é compactado com umidades acima ou abaixo da ótima, a massa unitária seca decresce implicando em maior volume de água e menor de partículas sólidas por unidade de volume de solo. Com a saída da água durante o ressecamento, haverá mais espaço disponível entre as partículas, possibilitando maior retração volumétrica. Desta forma, pode-se dizer que a retração é proporcional à umidade volumétrica (volume de água/volume de solo) e inversamente proporcional à massa unitária seca (volume de partículas sólidas/volume de solo).

Albrecht e Benson (2001) estudaram o comportamento de oito solos distintos, utilizados como camadas de base e cobertura de aterros, quando submetidos a ciclos de umedecimento e secagem avaliando as variações volumétricas e a formação de fissuras durante os ciclos de secagem. Após cada ciclo de secagem era avaliada a condutividade hidráulica das amostras. Os resultados indicaram que a retração era

influenciada pelas propriedades do solo e pelas condições de compactação.

Houve um incremento de retração associado ao aumento do índice de plasticidade e do teor de argila no solo para umidades de compactação acima ou abaixo da umidade ótima. E houve uma redução da retração com o aumento da energia de compactação. As amostras com maiores valores de retração volumétrica apresentaram maior intensidade de fissuração. Os ensaios de condutividade hidráulica indicaram que a fissuração de algumas amostras aumentou em até 3 vezes a magnitude do coeficiente de permeabilidade.

Os autores (Albrecht e Benson) avaliaram a retração volumétrica e a formação de fissuras em função do número de ciclos de umedecimento e secagem. Observaram que a retração não sofreu alteração significativa com o aumento do número de ciclos de secagem. Resultados similares foram encontrados por Croney e Coleman (1954) que descreveram variação na curva característica de uma argila natural, ocorrida após o início do ressecamento e próximo à saturação. Este comportamento, entretanto, não se repetiu para os ciclos seguintes, sugerindo alguma mudança permanente na estrutura do solo ocorrida no ciclo inicial.

Além da variação da retração, o teor de umidade correspondente ao surgimento das primeiras fissuras, denominado de umidade de fissuração, avaliados por Tang et al. (2011), mostraram que, para quatro amostras distintas, submetidas a cinco ciclos de ressecamento, a umidade de fissuração cresceu nos três primeiros ciclos de secagem, não variando mais significativamente nos ciclos seguintes. O mesmo comportamento foi observado pelos autores para a área total fissurada e a espessura final das amostras após os ciclos de ressecamento.

1.2 Objetivos

O presente estudo segue a linha de pesquisa sobre avaliação do comportamento hidráulico e mecânico de camadas impermeáveis e tem por objetivo analisar a viabilidade da utilização de materiais alternativos como fibras de Polietileno Tereftalano - PET, adicionados ao solo, para execução de camadas de cobertura de aterros sanitários, com ênfase no desempenho desses materiais quanto à formação e à propagação de fissuras por ressecamento

2 I CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

2.1 Caracterização do Solo

O solo utilizado na pesquisa foi coletado na região que será implantado o novo aterro sanitário de Brasília, localizado em Samambaia (entre o córrego Melchior e a Rodovia DF -180 km 52), ao lado da CAESB. Foi realizada caracterização do solo

local por meio dos seguintes ensaios, seguindo as normas da ABNT:

- Análise granulométrica (NBR 7181/ ABNT, 1984-a);
- Massa específica dos grãos (NBR 6508 / ABNT, 1984-b);
- Determinação do Limite de Liquidez de Solos (NBR 6459/ ABNT, 1984-c);
- Determinação do Limite de Plasticidade de Solos (NBR 7180/ ABNT, 1986).

2.2 Caracterização das Fibras PET

Na pesquisa foram utilizadas fibras PET, provenientes de garrafas de refrigerantes usadas, com o comprimento de 3 cm. A largura das fibras é de 2mm e a espessura é da ordem de grandeza de décimos de milímetros e depende da fonte do PET. Para avaliar a influência da geometria lateral da fibra, foram utilizadas fibras sanfonadas.

Os filetes de PET foram produzidos em um equipamento manual desenvolvido para a pesquisa e posteriormente cortados em uma guilhotina para papel, no comprimento pré-determinado de 3 cm. A amostra foi então perfilada, produzindo as fibras sanfonadas para comparar e entender o efeito da geometria espacial da fibra sobre a eficiência do reforço.

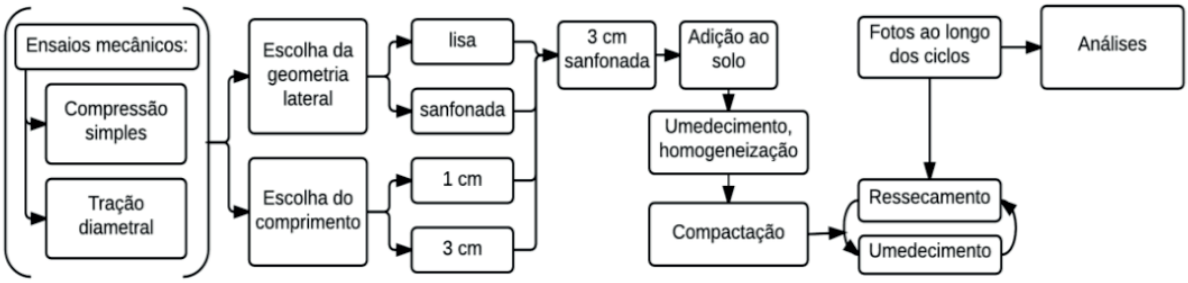


Figura 1: Fluxograma simplificado do processo de escolha de fibra e ciclos de secagem.

Baseado em pesquisas anteriores o percentual de adição de fibras foi mantido em 0,4% de adição em relação à massa de solo seco. A Figura 2 apresenta as combinações de fibras nas misturas feitas em estudos anteriormente. A fibra sanfonada de 3 cm de comprimento apresentou a melhor performance geral, simultaneamente em termos de deformação e de resistência secundária. Dessa forma a mesma foi escolhida para dosar o solo usado no ensaio de ressecamento cíclico.

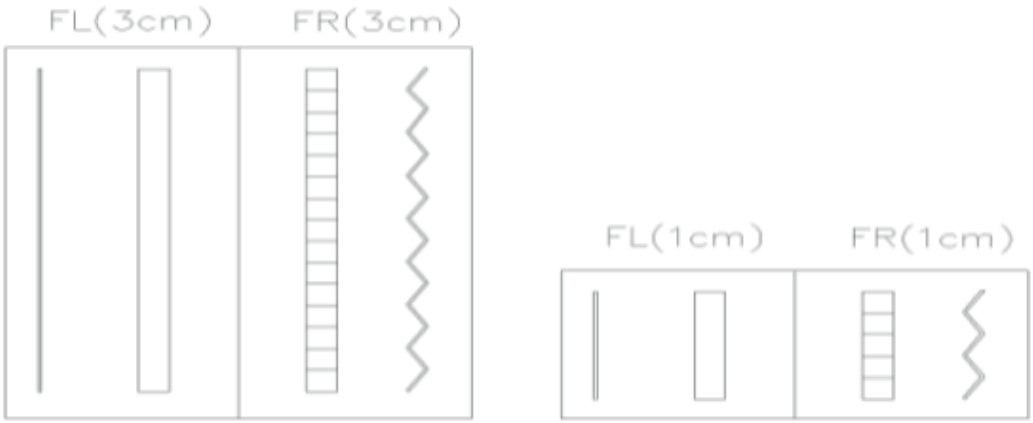


Figura 2: tipos de fibras utilizadas, variando o comprimento e geometria lateral.

2.3 Preparação das Amostras

O solo é previamente destorroado pelo processo descrito na NBR 6457 de 1986, peneirado pela peneira de 4,8mm e tem sua umidade medida. Dotado da umidade natural do solo, calcula-se a quantidade de água necessária para atingir a umidade ótima (30,8%) em cada uma das parcelas do solo usado.

Mistura-se então o solo destorroado com água em sacos cujo volume comportava de 9 a 12 kg de solo individualmente. O solo já misturado com a água necessária e a fibra é ensacado e movido para a câmara úmida para que a umidade possa ser homogeneizada ao longo de toda a amostra.

Após ter sido deixado por um período de 24h na câmara úmida, o solo está pronto para a compactação na caixa. A massa de solo necessária para se produzir a primeira camada na caixa é disposta e compactada manualmente até que se atinja a espessura desejada de 5 cm. A segunda e a terceira camada são feitas pela mesma metodologia.

Com o solo já compactado, inicia-se o ciclo de secagem, no qual por um período fixo a amostra na sua umidade ótima inicial é exposta a um período de insolação no qual perde água. Finalizada a primeira secagem ou insolação, simula-se uma chuva, com intensidade constante por uma hora, ou até que se forme uma lâmina d'água de 2 cm sobre a terceira camada de solo. Por um período a lâmpada permanece desligada para que a água seja absorvida e então liga-se de novo a lâmpada para mais um ciclo de secagem.

Foram coletadas imagens durante todo o processo de ressecamento, por uma máquina fotográfica que captura fotos em intervalos regulares, além disso, foi instalada uma balança para o controle da perda de massa do solo. O controle da umidade e temperatura é feito por tensiômetros e TH-5 instalados sobre a superfície da amostra.

3 I SIMULAÇÃO DE RESSECAMENTO E UMIDECIMENTO DO SOLO

3.1 Descrição do Simulador Atmosférico

O simulador atmosférico é um sistema desenvolvido na Universidade de Brasília, de forma a simular em laboratório uma série de ciclos de exposição e chuva, de forma análoga ao que aconteceria na natureza. Em linhas gerais, os elementos do simulador são:

- Grid ou esqueleto
- Simulador de insolação
- Simulador de chuvas
- Caixa de solo

O grid é composto por uma grelha metálica tridimensional onde os outros elementos são alternados em acordo com a etapa do ciclo. A disposição dos elementos dentro do grid está representada na Figura 3.

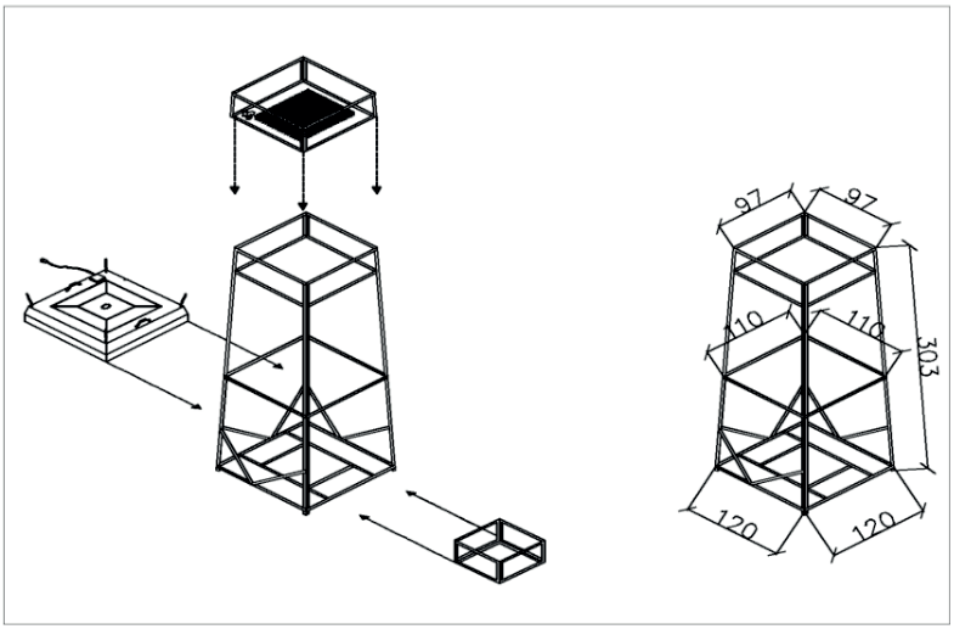


Figura 3: Simulador atmosféricos com elementos individualizados.

O simulador de insolação é composto por uma cuba metálica onde estão dispostas várias lâmpadas de alta potência de forma a simular com boa aproximação o processo de secagem. Nessa peça está especificamente a região onde a câmera é disposta de forma a capturar as imagens usadas na análise da fissuração. As lâmpadas dispostas são ligadas em um circuito conectado a um timer, regulando o período em que a luz fica ligada e desligada. O simulador de insolação pode ser visualizado de forma mais detalhada na Figura 4.

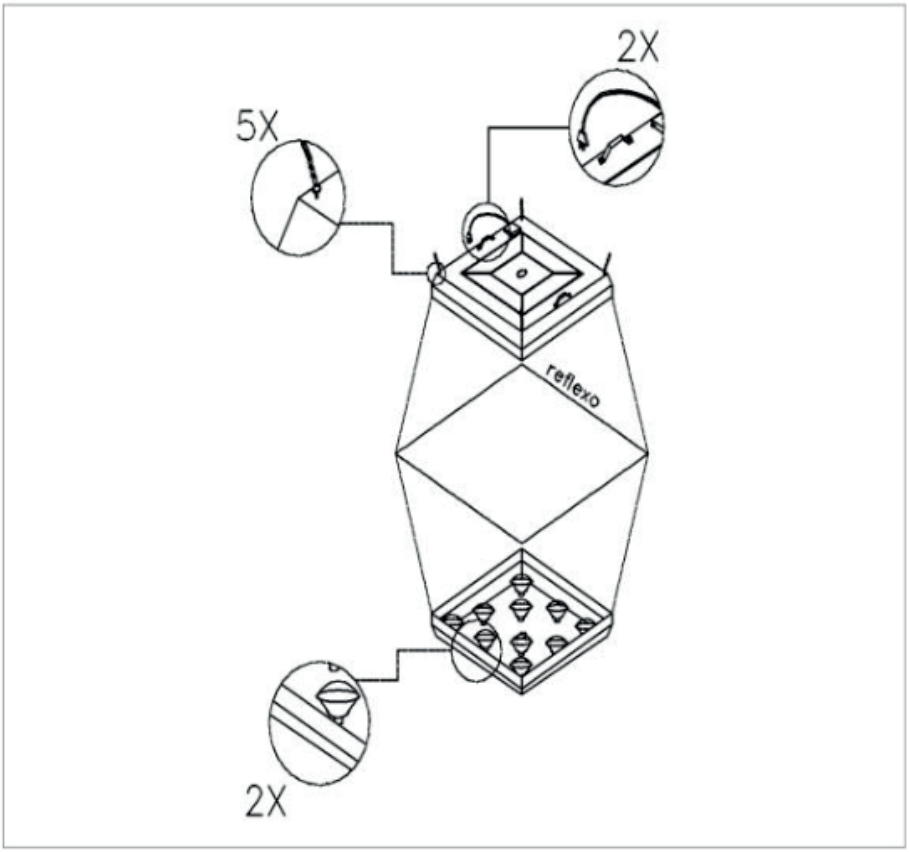


Figura 4: Simulador de Insolação.

O detalhe 1 representa o sistema de ajuste que permite que o simulador de insolação tenha uma altura variável dependendo da condição necessária. As correntes estão demarcadas em pontos específicos ao longo do seu comprimento e fixada em cada canto do simulador de forma a permitir uma disposição nivelada da mesma.

No detalhe 3 do simulador estão representadas as lâmpadas de potência de filamento. O circuito de alimentação é disposto do lado superior da cuba de alumínio onde as lâmpadas encontram-se instaladas. O circuito é vinculado a uma chave com fusível de onde sai a conexão com a fonte de energia e o timer. Essa parte pode ser visualizada no detalhe 2. No furo central permanece fixada a câmera tirando fotos a intervalos regulares da formação de fissuras.

O simulador de chuva é composto de uma caixa de acrílico presa a um frame de alumínio. Na parte inferior está uma matriz de múltiplas agulhas hipodérmicas que simulam, a precipitação de chuvas. O desenho detalhado da caixa e seus elementos está representado na Figura 5.

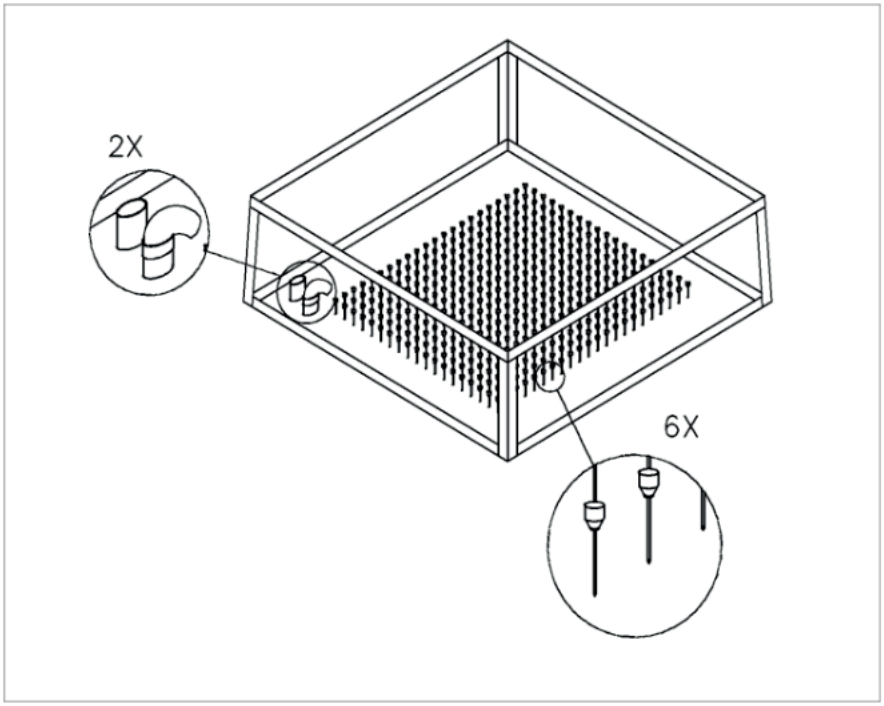


Figura 5: Simulador de chuvas.

No detalhe 1 estão representados o conduto de bombeamento ou entrada de água na caixa de acrílico e o ladrão, ou controlador de nível. No detalhe 2 estão representadas as agulhas hipodérmicas que são fixadas à base de acrílico, responsáveis pelo gotejamento da água. A última parte integrante do simulador atmosférico é a caixa de amostra, onde é disposto o solo, Figura 6. A caixa tem dimensões de 60 cm x 60 cm e profundidade de 30 cm, na qual geralmente são feitas 3 camadas de 5 cm de solo compactado.

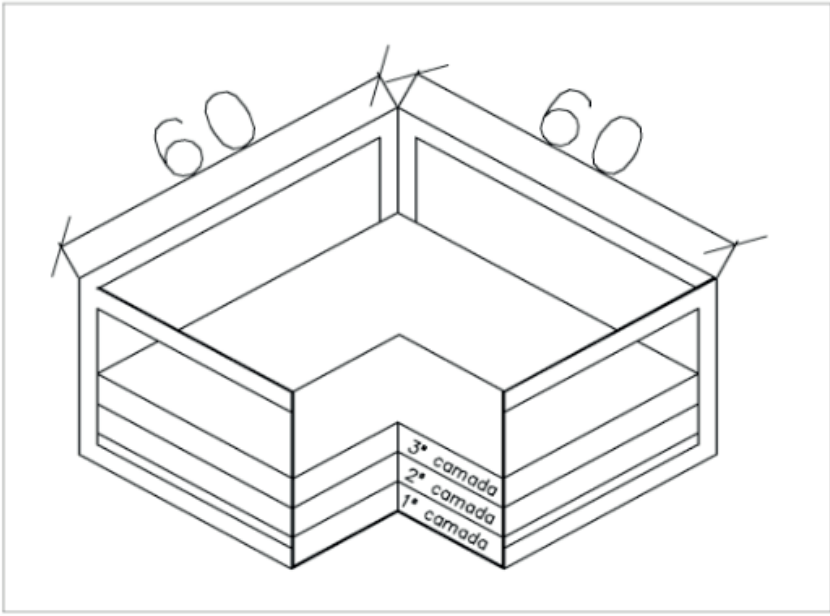


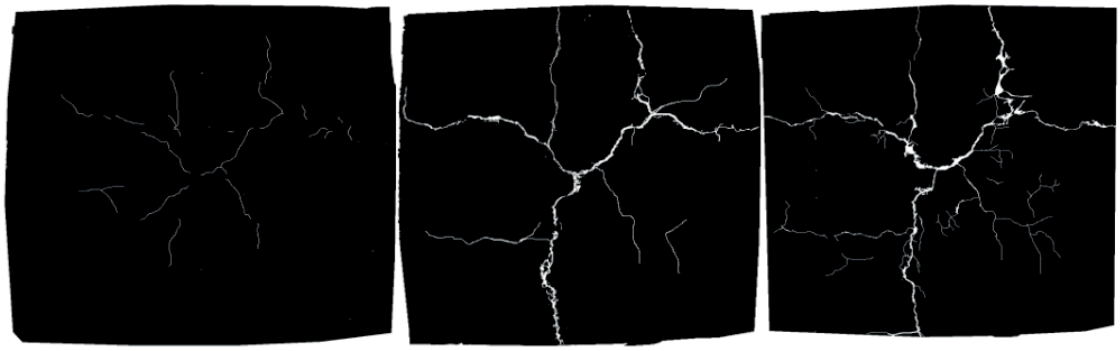
Figura 6: Caixa de amostra.

3.2 Simulação e Análise do Ciclo de Ressecamento e Umedecimento do Solo

O ensaio de ressecamento cíclico usa o simulador atmosférico para espelhar situação à qual a cada *liner* estaria exposta em campo. O equipamento usa um sistema alternado de iluminação intensa e precipitação artificial alternado para gerar fissuras no material compactado na caixa. Os materiais avaliados foram o solo puro e o solo compósito o último sendo dosado com as fibras sanfonadas de 3 cm de comprimento a uma taxa correspondente a 0.4% de sua massa.

Durante a etapa de precipitação o solo é saturado, por um período de uma hora sob a precipitação ou até que se forme uma lâmina d'água de espessura igual a 20 mm. Durante a etapa de insolação o solo é ressecado pela ação de lâmpadas de alta intensidade, que simulam a ação do sol em intervalos regulares de 12 horas.

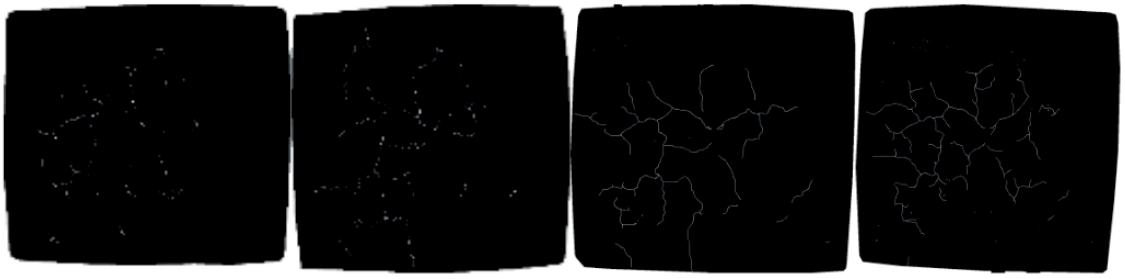
Quando a água evapora, as tensões se redistribuem e fissuras surgem ao longo da superfície do material propagando-se verticalmente para o fim da camada do *liner*. Durante o processo de insolação várias fotos foram tiradas em intervalos regulares e foram analisadas de forma a verificar a evolução do estado de fissuração. A progressão das fissuras no solo puro pode ser visualizada na Figura 7 para as primeiras fissuras e o final de três ciclos.



Fim do primeiro ciclo	Fim do segundo ciclo	Fim do terceiro ciclo

Figura 7: Progressão das fissuras no solo puro.

De forma análoga à feita no solo puro, fotos do solo compósito, foram também tiradas em intervalos regulares e analisadas. Na Figura 8 está representada a progressão das fissuras no solo compósito nas quatro situações distintas iguais às anteriores: Primeiras fissuras e 3 ciclos seguidos.

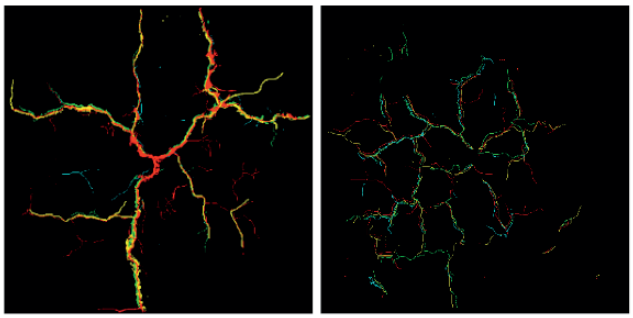


Primeiras fissuras	Fim do primeiro ciclo	Fim do segundo ciclo	Fim do terceiro ciclo

Figura 8: Progressão das fissuras no solo compósito.

Notavelmente as fissuras no solo compósito são mais finas que no solo puro. Em adição a isso, as fissuras são espacialmente mais distribuídas ou dispersas na superfície do material exposto aos ciclos.

Uma segunda etapa da análise consiste na superposição das fissuras que ocorreram em cada ciclo, representado na Figura 9. Esse processo inicialmente era para verificar a alteração da posição de uma fissura central e as fissuras subsequente a partir de um referencial fixo. Não havia uma variação sensível na posição das fissuras, mas foi observado um outro fenômeno, discutido ulteriormente.



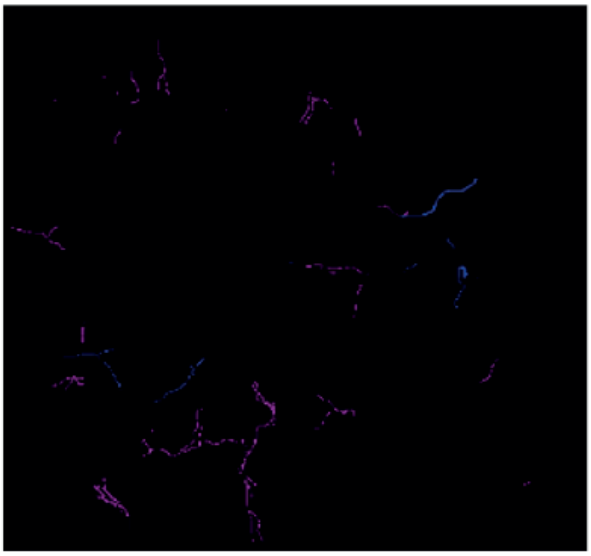
Solo Puro Solo compósito

Legenda	Primeira fissura	Fim do primeiro ciclo	Fim do segundo ciclo	Fim do terceiro ciclo

Figura 9: Superposição das fissuras.

A superposição permitiu a visualização de um fenômeno não esperado originalmente: a regeneração de fissuras periféricas. Algumas fissuras que surgiram em etapas anteriores fechavam durante a precipitação e em etapas subsequentes não voltavam a abrir. As fissuras que regeneraram estão representadas na Figura 10.

A taxa com que esse fenômeno acontece é de interesse para a aplicação do solo compósito em l*iners* de aterro. A taxa de regeneração no solo dosado com as fibras perfiladas de 3cm a 0,4% de sua massa é 2,7x maior do que a do solo puro, resultado sensível.

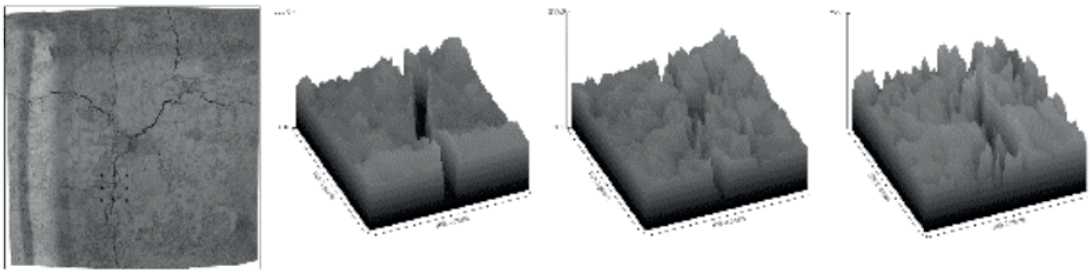


Legenda	- Solo Puro	- Solo Compósito

Figura 10: Fissuras regeneradas.

A última etapa da análise foi submeter a imagem original dos ciclos a uma produção de superfície tridimensional. Esse é um processo onde uma região específica dentro de uma imagem é transformada em uma superfície com profundidade e largura relativas definidas pela vizinhança e propriedades da região.

Os primeiros resultados representados na Figura 11 são referentes aos ciclos para o solo puro. Uma fissura central bem definida desenvolve-se no primeiro ciclo. A partir dessa região central, o solo torna-se cada vez mais escamado ou turbulento, com a fissura original desenvolvendo-se em várias outras na região.



Região selecionada	Fim do primeiro ciclo	Fim do segundo ciclo	Fim do terceiro ciclo

Figura 11: Profundidades e larguras relativas das fissuras no solo puro.

Os resultados representados na Figura 12 são referentes aos ciclos para o solo compósito, dosado com fibras PET perfilada a 0,4% de sua massa. Uma série de fissuras finas e dispersas desenvolvem-se na região logo ao fim do primeiro ciclo. As fissuras iniciais, de pouca profundidade se desenvolvem pouco tanto em profundidade quanto em área. A região se torna mais escamada, mas menos em comparação ao solo puro, com a fissura original não se desenvolvendo-se em várias.

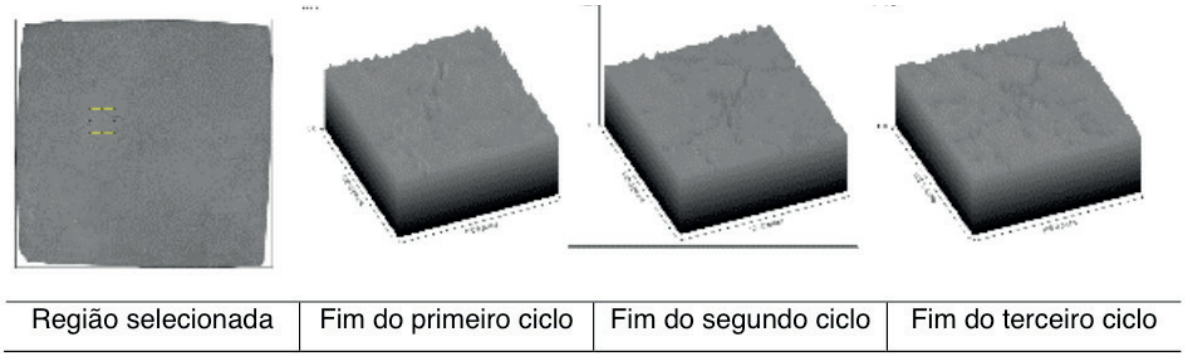


Figura 12: Profundidades e larguras relativas das fissuras no solo compósito.

Em uma segunda abordagem dentro dessa análise de superfície um corte ao longo da superfície criada é plotado de forma plana, como representado na Figura 13. Como a profundidade e abertura das fissuras são importantes, para a percolação essa figura representa em escala relativa os valores das profundidades segundo a disposição espacial dos picos no material, visível na Figura 14.

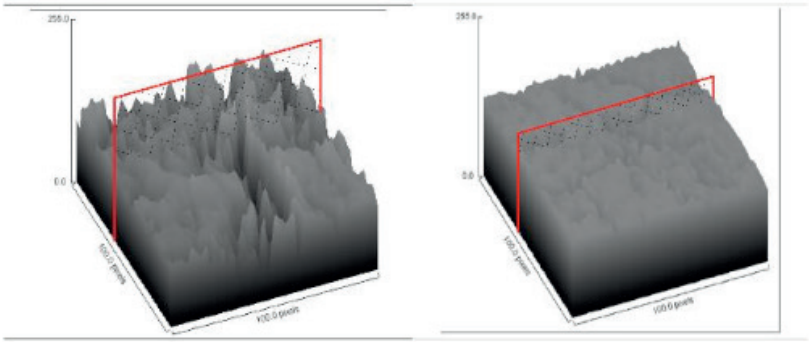


Figura 13: Plano de corte dentro das regiões fissuradas.

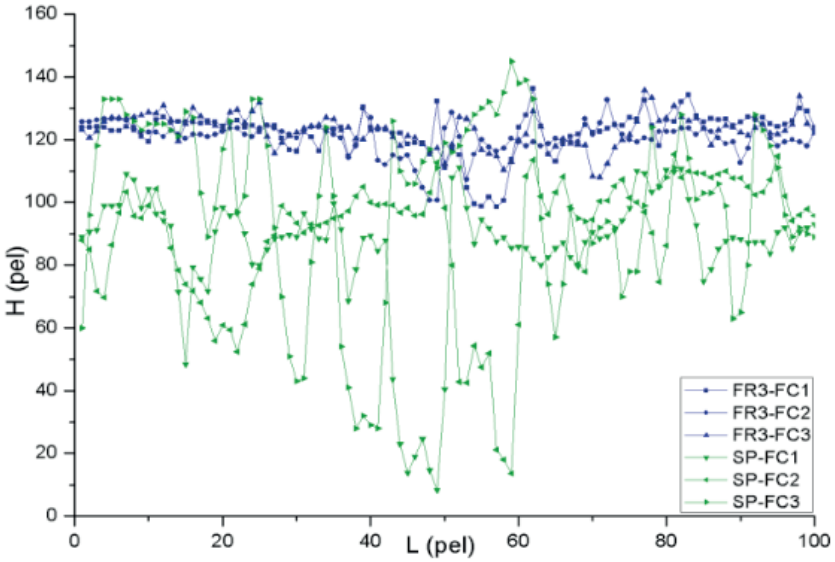


Figura 14: Perfil do plano dos cortes em cada um dos ciclos para as duas amostras e seus 3 ciclos respectivos.

Em verde estão as profundidades relativas para o solo puro, na região de corte

e em azul para o solo compósito. Os valores estão representados em elementos de figura, ou pixels (*pels*) e são dados a partir de unidades relativas de tamanho.

O solo puro apresentou uma alteração muito maior em termos de perfil que o solo com as fibras perfiladas. As fissuras são simultaneamente muito mais intensas e frequentes no solo puro do que no compósito.

4 I CONCLUSÕES

Para o ensaio de simulação do ressecamento e umedecimento da amostra, se observa que na situação do solo puro, há a formação de fissuras mais abertas e mais profundas, de carácter persistente ou perene, da qual se originam ou interconectam fissuras menores. Mas quando a amostra era o solo com as fibras, as fissuras eram mais rasas, menos abertas mais numerosas e algumas eram até transitórias, fechando entre ciclos e sendo substituídas por outras.

Portanto, conclui-se que a adição de fibras PET é eficiente no combate as fissuras do solo, sendo claramente possível observar que a abertura das fissuras é maior na caixa de solo puro que na mistura (solo + fibras PET).

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Análise Granulométrica**. NBR 7181. Rio de Janeiro, 1984-a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Determinação da massa específica - *Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm*.** NBR 6508. Rio de Janeiro,1984-b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Determinação do Limite de Liquidez**. NBR 6459. Rio de Janeiro, 1984-c.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Determinação do Limite de Plasticidade**. NBR 7180. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. NBR 6457. Rio de Janeiro, 1986.

ALBRECHT, B. A., BENSON, C. H. **Effect of desiccation on compacted natural clays.** ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 1, p. 67–75, 2001

JAYAWICKRAMA, P.W., PULAPAKA, S. **Modelling preferential flow through compacted clay.** Computer Methods and advances in geomechanics, H.J Siriwardane, Zaman, M.M., Balkema, Rotterdam, v. II, p. 1097-1102, 1994.

KHIRE, M. V., BENSON, C. H., and BOSSCHER, P. J. **Water balance modeling of earthen landfill covers**. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 123(8), 744–754, 1997

LAKSHMIKANTA, M. R. **Experimental and theoretical analysis of cracking in drying soils**. Tese (Doutorado). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2009.

MANUAL DE OPERAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS. SEPLANTEC – Secretária de Planejamento, Ciência e Tecnologia, CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia, 2010.

TANG, C. J., CUI, Y.J., SHI, B., TANG, A.M., LIU, C. **Desiccation and craking behaviour of clay layer from slurry state under wetting-drying cycles**. Geoderma, 166, p. 111-118, 2011.

CAPÍTULO 11

O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL

Data de aceite: 17/03/2020

Gustavo Nogueira Dias
Doutor, UNR (Universidade Nacional de Rosário), Vínculo Institucional: Escola Federal Ten. Rego Barros. gustavonogueiradias@gmail.com

Pedro Roberto Sousa e Silva
Mestre em Educação Matematica pela Universidades Estadua do Pará. Vínculo Institucional: Universidade da Amazônia. prof. pedromat@hotmail.com

Washington Luiz Pedrosa da Silva Junior
Especialista, UEPA (Universidade Estadual do Pará), Vínculo Institucional: Escola Federal Ten. Rego Barros. jwl_pedrosa@hotmail.com

José Edimilson de Lima Fialho
Especialista, ESAMAZ (Escola Superior da Amazônia), Vínculo Institucional: Escola Federal Ten. Rego Barros. joséfialho1971@gmail.com

Victor Hugo Chacon Britto
Doutor, UFPA(Universidade Federal do Pará), Vínculo Institucional: Escola Federal Ten. Rego Barros. vhchacon@gmail.com

RESUMO: O artigo tem o objetivo de apresentar a busca de novos métodos de ensino que lhes auxiliem em sua prática docente a fim de possibilitar o uso de softwares além dos métodos tradicionais de ensino, discutindo as possibilidades de articulação das tecnologias digitais aos processos de ensinar e aprendizagem de *Cálculo Diferencial e Integral.* Esta pesquisa, então, observará como se dará a construção de conhecimentos, a partir do uso de ferramentas tecnológicas como salas de aula e também em salas de informáticas com a utilização de softwares gratuitos de ensino didático no aprendizado da matemática para alunos do nível superior de ensino, onde também contará com o uso de aplicativos de celular.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino da Matemática, Cálculo Integral e Diferencial, Tecnologia no Ensino

ABSTRACT: The article aims to present the search for new teaching methods that help them in their teaching practice in order to enable the use of software beyond the traditional teaching methods, discussing the possibilities of linking digital technologies to the teaching and learning processes. Differential and Integral Calculus. This research will then look at how knowledge building will take place through the use of technological tools such as classrooms and also in computer rooms with the use of free didactic teaching software to learn mathematics for students of higher education. teaching, where it will also rely on the use of mobile applications.

KEYWORDS: Mathematics Teaching, Integral

and Differential Calculus, Teaching Technology

1 I INTRODUÇÃO

A incorporação de tecnologias na educação, o uso de ferramentas computacionais no processo de melhoria da qualidade educacional está levando à reflexão sobre a criação de espaços de aprendizagem mais adequados (Sestokas *et al*, 2002).

Com a expansão da tecnologia, os jovens, provavelmente, não assimilam a idéia de utilização de recursos alternativos para a realização de atividades específicas, como, por

exemplo, escrever uma carta à mão, efetuar cálculos matemáticos utilizando papel e caneta ou manusear um mapa impresso para a localização de uma rua. Conforme Veen (2009, p. 12), tendo, por consequência, o acesso a informações e comunicação, conforme as suas necessidades.

Quando existe mudança nas relações sociais, há a necessidade de interligar o conjunto de competências fundamentais para a prática do professor quando este se situa à frente de seus alunos, que são nativos digitais, pois há a necessidade, para um relacionamento mais eficaz, de uma linguagem nivelada a seus alunos. Isto o dirige para uma migração ao mundo das tecnologias digitais, está nem sempre fácil para o imigrante digital. De acordo com Cunha (2009) é inevitável uma alfabetização digital, a qual não ocorre de forma instantânea, mas como resultado de um processo progressivo para moldar o novo profissional.

Dessa forma o professor da atualidade deve ir em busca de novos conhecimentos, de novas técnicas, de novos recursos para implementar suas aulas, para que torne suas aulas mais atrativas, tanto para o próprio professor quanto para o aluno.

Existem diversos conteúdos que são caracterizados como um bicho de sete cabeças, por muitos, e com isso tem um grande índice de reprovação, como a disciplina de Cálculo I no vivem superior.

As disciplinas de exatas, mais especificamente as da matemática, necessitam que os alunos façam ligações entre conhecimentos prévios iniciados desde sua base no Ensino Fundamental até a Universidade. Como a construção do pensamento matemático pressupõe um nível crescente de complexidade – e, portanto, de dificuldade – é imprescindível construir no aluno o conhecimento significante, para que ao longo dos anos os conhecimentos básicos aos poucos avancem rumo aos mais complexos.

Para aprender a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, o aluno precisa conhecer, além dos conceitos básicos da matemática elementar, os conceitos ensinados no ensino médio como: funções do primeiro e segundo grau, função

exponencial e logarítmica e construção de gráficos.

Mas buscando e utilizando recursos tecnólogos tendem a desmitificá-lo, tornando-o o seu compreendimento mais satisfatório. Nas aulas quando são utilizados recursos tecnológicos, faz com que os alunos tenham mais interesse em participar delas, eles interagem melhor, o que só faz com que eles aprendam se divertindo e deixando de lado aquele aprendizado monótono que só faz com que os alunos aprendam através da famosa "decoreba". Recursos esses como o computador que de acordo com o Barufi (1999) é uma

> Ferramenta extremamente útil para propiciar a formulação de inúmeros questionamentos, reflexões e analises que fazem com que a sala de aula se torne um ambiente onde relações podem ser estabelecidas, possibilitando articulações diversas e, portanto, a construção do conhecimento (BARUFI, p. 176).

O computador também além de ser um recurso muito útil e utilizado no ensino, proporciona aos educandos meios mais facilitador de ensino, que através dele os alunos podem ter milhares de conteúdos escolares em um só lugar, sem precisar sair de casa. Além de que nele também podemos utilizar diversos softwares educacionais, que proporciona ter um entendimento mais diversificado e interessante, mostrando assim aos educandos que aprender não precisa ser pelo modo tradicional.

Os jogos também é outro recurso que torna o ensino divertido, que quando escolhido adequadamente de acordo com cada conteúdo facilita e muito o entendimento dos alunos. Assim os alunos aprendem sem aquela percepção de obrigação de aprender, e sim aprende de fato através da diversão dos jogos.

As ferramentas matemáticas disponíveis, bem como os Aplicativos e Sites da internet que deverão ser usados para fomentar as aulas precisam ser avaliados pelo professor antes de ser disponibilizados para os alunos para que todos sigam uma mesma linha de direção e não haja conflito entre os conteúdos e os objetivos didáticos. O docente também tem que ter total domínio dos recursos utilizados por eles em sala de aula e assim passar confiança aos seus alunos do que está sendo ministrado, demonstrando assim que o ensino pode ser mais compreensivo

2 I METODOLOGIA

A pesquisa terá uma abordagem qualitativa, onde será realizado a obtenção de dados descritivos sobre a percepção dos alunos em relação a aprendizagem da de cálculo diferencial e integral I. Para manter o encadeamento das informações e, ao mesmo tempo, assegurar os dados organizados (YIN, 2010), algumas fontes de evidências foram utilizadas, como, por exemplo, a observação direta.

Os participantes da pesquisa foram os alunos matriculados na especialização

em Educação Matemática da turma de uma faculdade da cidade de Belém, Pará, período 2019_1 onde foi observado o desempenho na disciplina de cálculo.

3 I DESENVOLVIMENTO

Os objetos virtuais de aprendizagem são recursos digitais, auxiliares na aprendizagem e, ao mesmo tempo, estimuladores do desenvolvimento de capacidades pessoais.

Os objetos virtuais de aprendizagem não são meras simulações de experimentos reais, pois há um envolvimento no contexto, exigindo do aluno a compreensão de determinados conceitos específicos.

As tecnologias advindas da informática atualmente são ferramentas que podem ser

utilizadas com maior profundidade e abrangência sem causar grandes contrariedades e distorções, principalmente nos cursos de Engenharia que requerem cálculos aprofundados, que saem do sistema tradicional do uso da matemática que é vista e ensinada no Ensino Médio.

> Dentre as múltiplas potencialidades que o computador oferece para a Educação Matemática, poder-se-ia dizer que o processo de visualização por ela favorecido ocupa um lugar privilegiado. Ao mesmo tempo, a importância da visualização no ensino, aprendizagem e construção dos conceitos de Cálculo é indicada como fundamental por muitos autores. Assim, a visualização se transforma em um denominador nas pesquisas que relacionam Cálculo e computadores. (VILLARREAL, 1999, p.43).

Diante da multiplicidade de funções e opções de softwares, podem-se encontrar aqueles que auxiliam nos processos de ensino e de aprendizagem, denominados de softwares educacionais. Piva Jr (2013) divide-os em sete tipos: simuladores, jogos educacionais, exercício e prática, resolução de problemas, ferramentas de referências, tutoriais e pacotes utilitários.

Hoje em dia existem diversas formas de demonstrar o conteúdo ao aluno e simplificar a compreensão deles, além de uma forma de interação dos alunos com os colegas e até mesmo para com o professor. O slide que hoje em dia é usado tanto nas universidades quanto nas escolas, ajuda simplifica a dinâmica de ensino. Na atualidade são usadas várias dinâmicas, uma delas são os jogos de celular, que a grande maioria já trocou o livro didático pelo celular, utilizando esse recurso em prol de suas aulas já que os alunos não saem dos aparelhos, já que através do celular a grande maioria tem acesso a internet o que ajuda na hora de pesquisas, etc.

Cochran-Smith e Lytle (1999a) quando afirmam que cursos de formação de professores (inicial ou continuada) ou comunidades de investigação, quer seja na

modalidade à distância ou presencial oferecem espaços para que os estudantes/ professores possam aprender com professores mais experientes.

Em comunidades onde a investigação é uma postura, grupos de professores se envolvem na construção do conhecimento através de conversas e outras formas de análise e interpretação colaborativas. Através da fala e da escrita, eles fazem com que seu conhecimento tácito se torne visível, questionam pressupostos de práticas comuns, e geram dados que permitem a consideração de alternativas. Presente na cultura de comunidades de investigação se encontra o tipo de fala e de escrita descritivas e ricas, que ajudam a tornar visíveis e acessíveis eventos, normas, e práticas de ensino aprendizagem, e o modo pelo qual diferentes professores, estudantes, administradores e famílias as entendem. Deste modo, os participantes conjuntamente desvelam as relações entre casos concretos e as questões e construtos mais gerais. Além disso, os textos propriamente ditos têm papel fundamental na formação e manutenção de comunidades de investigação. Comunidades de investigação usam muitos tipos de texto

> [...] mas todos essenciais para a coleta, registro e análise dos dados por parte do professor. Entre eles encontramos relatos de professores pesquisadores, de pesquisadores-ação, de outros participantes bem como material selecionado de literatura teórica e de pesquisa nos vários campos relacionados ao ensino, aprendizagem e escolaridade (p. 294-295).

O professor deve buscar formas de manter uma comunicação fácil e eficiente com os alunos, por exemplo, por meio da internet, com o uso de uma gama de materiais e técnicas disponíveis, como vídeos do *You Tube*, textos, artigos, jogos e vários aplicativos que podem ser utilizados, mas para isso é necessário que os professores se aperfeiçoem e saibam utilizar estas ferramentas em suas aulas (IEEE,2000).

Giraffa (2009, p. 23) traz a ideia de que “toda a modalidade de *software* educacional é boa se estiver devidamente contextualizada no projeto pedagógico do curso/aula”. O modo de utilização desta ferramenta no contexto educacional é fundamental para que os processos de ensino e de aprendizagem sejam alcançados. Ao mesmo tempo, deve haver a prévia avaliação de sua interface, qualidade e importância pedagógica, com a finalidade de atendimento às áreas de aplicação e à satisfação dos usuários, com o desenvolvimento da investigação e do pensamento crítico (LUCENA, 1998).

Em análise desta turma percebeu-se inúmeras características a serem relatadas. Inicialmente ao comentar que iríamos usar aplicativos para desenvolver a disciplina, alguns alunos manifestaram desinteresse e colocaram alguns obstáculos, o que era de se esperar, uma vez que vieram da graduação onde era trabalhado a disciplina

pelas metodologias antigas, sem qualquer uso de aplicativos ou softwares;

Percebe-se claramente que a metodologia nova, assusta os alunos que não tem conhecimento de como deverá ser aplicado. Foi transposto aos alunos que ao se trabalhar em uma turma de engenharia, como deveriam proceder com o uso das novas tecnologias de aplicativos.

Indicou-se em sala três aplicativos onde iríamos desenvolver a disciplina, figura 01:

Figura 01: Aplicativos sugerido para instalação.

Alguns alunos questionaram, a situação de como ficaria a demonstração das relações e fórmulas. Pela esta nova metodologia, continua ainda da mesma forma, demonstramos fazemos o exercício e atividades sem os aplicativos e depois o usamos e mostramos como utilizar.

O primeiro aplicativo, "*Calculus Tools*", desenvolve atividades como derivada, mostrando todo o cálculo, e ainda apresenta possibilidades de calcular a derivada 2ª, 3ª e 4ª, mostrando todos os cálculos. Pode-se também calcular a derivada 1ª, 2ª, 3ª e 4ª num ponto dado também.

Este aplicativo também calcula a Integral definida simples e dupla nos pontos solicitados. Por ser gratuito é talvez o melhor aplicativo de cálculo.

O segundo aplicativo, "Easy Equations", permite a resolução de sistemas lineares de até 8 variáveis, com uma rapidez enorme. Foi utilizado exemplificando a solução de sistemas cujos coeficientes eram números extremamente grandes e também pequenos empregando potência de 10, como também com coeficientes irracionais.

O terceiro aplicativo, "Tech Calc", foi utilizado na resolução de equações algébricas de 3º até o 5º grau, o qual nos interessava a raiz e a intersecção com curvas, onde as soluções poderiam ser irracionais e complexas, mostrou-se um eficaz método de resolução.

Evidentemente existem inúmeros aplicativos que poderiam ser usados, mas estes serviram no intuito de mostrar para os alunos que a partir de 2013, a maioria das pessoas tem um computador de mão, aonde cabem inúmeros softwares, que

são usados na prática para calcular os mais diversos problemas, principalmente o que ocorre nas engenharias.

A quantidade de alunos matriculados nos cursos de engenharia e áreas afins, subiu muito de acordo com o censo 2016:

> Os três maiores cursos em número de matrículas são administração, direito e pedagogia — os mesmos que concentravam a mais alta quantidade de estudantes em 2009. Em seguida, aparecem engenharia civil, ciências contábeis, enfermagem, psicologia, educação física, arquitetura e urbanismo e engenharia de produção. Assim, apenas 10 cursos concentram 51% das matrículas do país. Em 2009, os 10 maiores cursos (administração, direito, pedagogia, ciências contábeis, enfermagem, serviço social, fisioterapia, medicina, educação física e sistemas de informação) detinham 47% dos alunos.

Observando o resultado do censo 2016, é fácil intuir que a procura de professores de cálculo no mercado aumentou consideravelmente. Pela demanda e fomento dos cursos de engenharia civil, arquitetura e engenharia de produção, respondem por inúmeras disciplinas associadas ao cálculo onde o professor com esta formação é mais procurado, abrindo mais frentes de trabalho.

Abaixo segue a figura 2, que demonstra de acordo com o Censo, 2016, que a realidade das Faculdades e Centro Universitários é outra comparativamente às públicas no quesito formação acadêmica.

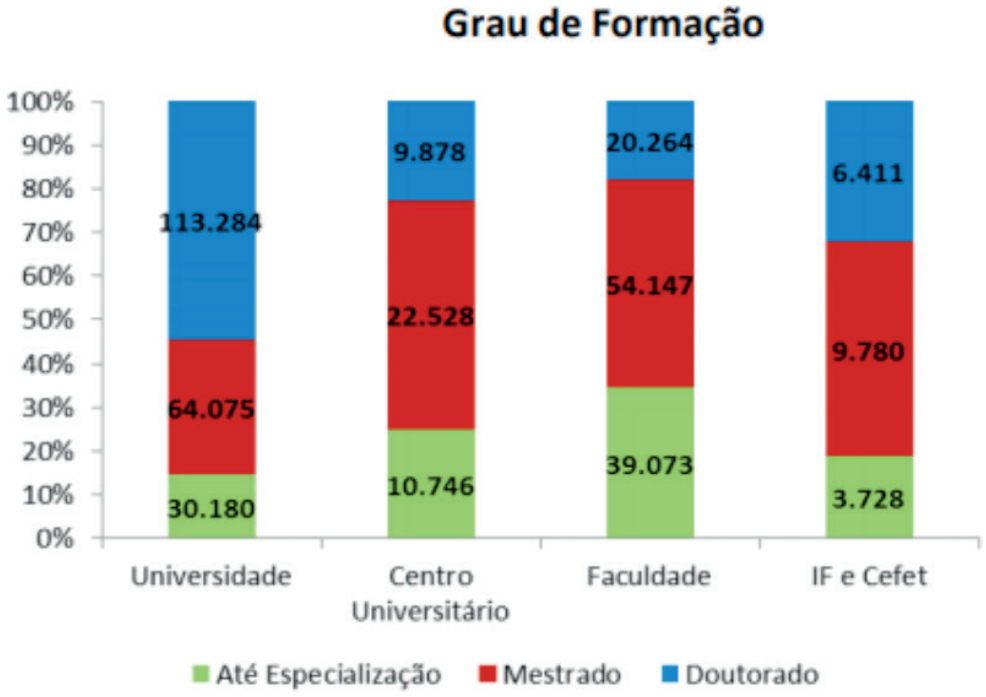


Figura 02: Formação acadêmica atual, instituições nível superior.

Ainda de acordo com o censo 2016, temos:

> A rede privada responde por 87,70% dos alunos do ensino superior, contra 12,30% das entidades estatais. Isso significa que, em 2016, havia 6.058.623 estudantes matriculados em faculdades e universidades particulares e outros 1.990.078 em

instituições geridas pelo poder público. Quando analisados os dados de 2006 a 2016, o acréscimo de matrículas ficou em 66,8% no setor privado e 59% nas redes municipais, estaduais e federais de ensino superior.

A afirmação acima só vem ratificar o que está acontecendo hoje no mercado universitários com relação ao crescimento das instituições particulares com relação ao ensino superior no Brasil. Observe a figura 03, expressando esses números:

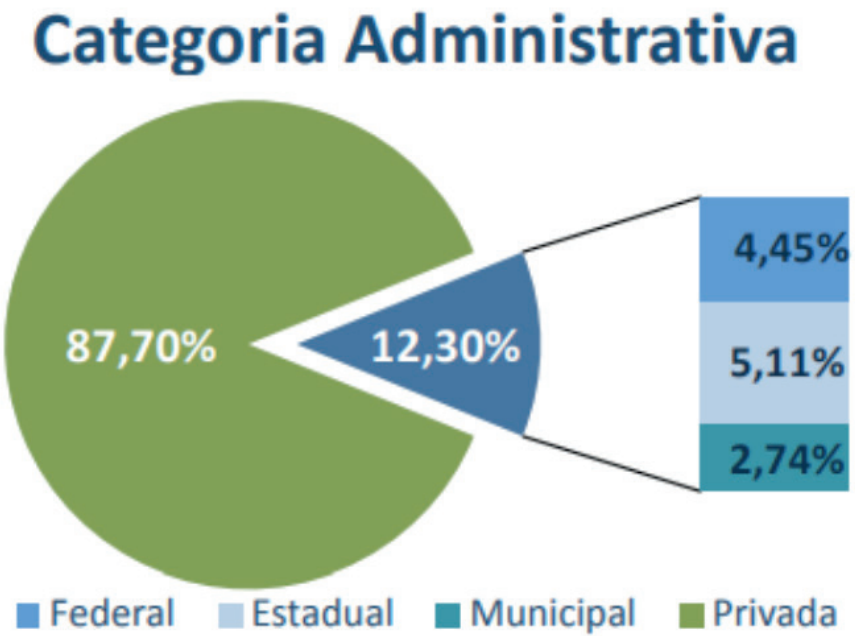


Figura 03: Percentual de instituições de educação superior, por categoria administrativa - Brasil – 2016

Em face do Censo 2016, percebemos que as contratações para os que tem grau de especialização respondem por mais de 50% do nível de formação padrão pesquisado no Censo 2016, onde se deve á vários fatores, relacionados ao custo efetivo de funcionamento das turmas também relacionado aos números de abandonos e trancamento de matrículas.

A essa turma de especialização de Educação Matemática, foi mostrado que os professores da atualidade não podem mais atuar como era feito antes, principalmente quando se assume uma turma de engenharia, economia onde precisamos de respostas rápidas e confiáveis. Na prática esse profissional não pode perder 1hora ou até 3 horas para desenvolver um cálculo, usar tabelas de fórmulas ou até decorar fórmulas resolutivas de integral e derivada, não há tempo para isso.

Não podemos dar continuidade a esse ensino em que o aluno tem que saber fórmulas ou perder muito tempo em demonstrá-las, se na sua prática não poderá fazê-lo. É preciso sim, desmistificar a disciplina de cálculo e mostrar aos alunos todos os caminhos possíveis para a solução de forma rápida e segura.

Não é necessário abandonar as metodologias antigas de cálculo e demonstrações, mais sim após isso mostrar o uso destes aplicativos.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, as tecnologias digitais fazem-se presentes nas mais distintas esferas da sociedade, seja na organização e nas sistematizações de informações, seja no comércio eletrônico, nas formas instantâneas de se comunicar e de relacionar, entre outras. As tecnologias digitais parecem fazer parte da atual conjuntura de mundo, sendo fatores de impacto na própria cultura vigente.

A educação não ficou imune a essas influências, uma vez que é composto por sujeitos oriundos de uma sociedade caracterizada pela cultura digital. Esse fato tem levado distintos pesquisadores a preconizar, há tempos, a utilização das tecnologias digitais como fatos catalizadores de mudanças.

Com todo esse avanço tecnológico, associados aos recursos computacionais e da internet, que vem crescendo em ritmo acelerado e tem sido visto como um recurso necessário no processo de ensino e aprendizagem em todas as áreas. Isso se deve ao fato que enfrentamos um processo de modernização social, e que a maioria dos alunos são usuários de computadores e aplicativos de celulares, que acabam adquirindo uma cultura de que tudo pode ser aprendido através dos mesmos, fazendo com que o estudo pelo modo tradicional, se torne pouco ou nada interessante. Um dos grandes desafios que os educadores enfrentam hoje, está relacionado ao desenvolvimento de materiais educacionais competitivos, que apresente uma qualidade de conteúdo de forma que seja de fácil acesso.

Portanto podemos sintetizar que a problemática do ensino aprendizagem do cálculo é bastante vasta a se investigar e analisada e que sugestões de mudanças devem estar sempre presente ao currículo da disciplina. Nesse contexto, considera-se importante a busca por novos recursos e metodologias que possam apoiar o estudo dessa disciplina a tornado mais compreensiva aos alunos.

REFERÊNCIAS

ALEGRE, L. M. P. **Utilização das Tecnologias da informação e da comunicação, na prática docente, numa instituição de ensino tecnológico**. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

BARUFI, M.C.B. **A construção/ negociação de significados no curso universitário inicial de Cálculo Diferencial e Integral**. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MARIN, D. **Professores de Matemática que usam a tecnologia de Informação e comunicação no ensino superior.** Dissertação de mestrado UNESP – Rio Claro: [s.n.], 2009.

MEC/INEP: Censo da Educação Superior: notas Estatísticas, 2016.

MISKULIN, R. G. S.; RICHIT, A. **Cálculo diferencial e integral e tecnologias digitais: compreensões na direção da formação de professores a partir da perspectiva conhecimento da prática.** UNESP - Rio Claro, 2013.

OLIVEIRA, M. S. De; FERNANDES, K. T. **Uso de Aplicativos Móveis no Ensino da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral.** Departamento de Pós-Graduação Centro Universitário Facex (UNIFACEX) Natal - RN – Brasil, 2016.

SILVA, L. R.C. Da. **O uso de aplicativos para smartphones e tablets no ensino de física: análise da aplicabilidade em uma universidade pública no estado do Rio Grande do Sul.** Mestrando em Educação em Ciências e Matemática pela PUCRS. Professor Auxiliar da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

CAPÍTULO 12

POTENCIALIDADE BACTERICIDA DO AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO 17-4 PH

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão:26/11/2019

Rogério Erbereli
Universidade de São Paulo –Escola de Engenharia de São Carlos –Departamento de Engenharia Mecânica –São Carlos –SP –BrasilLattes: http://lattes.cnpq.br/6282943526385289

Italo Leite de Camargo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo –Campus Itaquaquecetuba –Itaquaquecetuba –SP –BrasilLattes: http://lattes.cnpq.br/5371448783536369

João Fiore Parreira Lovo
Universidade de São Paulo –Escola de Engenharia de São Carlos –Departamento de Engenharia Mecânica –São Carlos –SP –BrasilLattes: http://lattes.cnpq.br/1949993771432064

Carlos Alberto Fortulan
Universidade de São Paulo –Escola de Engenharia de São Carlos –Departamento de Engenharia Mecânica –São Carlos –SP –BrasilLattes: http://lattes.cnpq.br/5175443246146343

João Manuel Domingos de Almeida Rollo
Universidade de São Paulo –Escola de Engenharia de São Carlos –Departamento de Engenharia de Materiais –São Carlos –SP –BrasilLattes: http://lattes.cnpq.br/3884561206562655

RESUMO: O aço inoxidável martensítico do tipo 17-4 PH é formado por cobre e endurecido por precipitação. O presente estudo avaliou o potencial bactericida do material na condição de tratamento térmico de envelhecimento por precipitação e contagem de células, expresso em porcentagem de redução de unidades formadoras de colônia por mililitros, observadas nas condições de monocultivo das bacterias nosocominais Staphylococcus aureus e Escherichia coli. Pela técnica de dilatometria, aqueceu o material até a temperatura de 1040°C atingindo a completa homogeneização, com tempo de encharque de 1 hora e resfriamento em ar até a temperatura de 25°C. Os ciclos térmicos de envelhecimento iniciados com o aço no estado recozido por solubilização, a temperatura de 25°C até 620°C com tempos de envelhecimento de 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 horas, obteve-se um material com estrutura martensítica de dureza média de 36 HRC. As reações de envelhecimento por precipitação formaram uma fase sub-microscópica rica em cobre, elevando a resistência mecânica do aço e melhora na distribuição do elemento cobre na matriz. As transformações de fase e o comportamento do aço inoxidável por dilatometria foram analisadas pelas técnicas de microscopia ótica, microscopia eletrônica de varredura, difratometria de raio-X e microdureza Vickers das fases. A caracterização

microestrutural do material com tempo de 3 horas foi a mais efetiva em relação à distribuição dos átomos de cobre. Os testes de aderência em vitro de biofilmes sobre a superfície do aço controle AISI-304 e do aço inoxidável 17-4 PH formado pelas bactérias Staphylococcus aureus e Escherichia coli apresentaram uma redução de porcentagem de unidades formadoras de colônias de 77,6% e 78,4% respectivamente, indicando em primeira aproximação, a possível propriedade bactericida deste material.
PALAVRAS-CHAVE: Aço inoxidável 17-4 PH, envelhecimento por precipitação, precipitado de cobre, dilatometria, biofilmes.

BACTERICIDE POTENTIALITY OF MARTENSITIVE STAINLESS STEEL 17-4 PH

ABSTRACT: Type 17-4 PH martensitic stainless steel is formed of copper and hardened by precipitation. The present study evaluated the bactericidal potential of the material under the condition of precipitation aging and cell count heat treatment, expressed as a percentage reduction of colony forming units per milliliter, observed under the monoculture conditions of nosocominal bacteria Staphylococcus aureus and Escherichia coli. Using the dilatometry technique, the material was heated to a temperature of 1040 ° C, reaching complete homogenization, with a 1 hour soaking time and air cooling to a temperature of 25 ° C. The thermal aging cycles started with the steel in the annealed state by solubilization, at a temperature of 25 ° C to 620 ° C with aging times of 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 hours, gave a material with medium hardness martensitic structure of 36 HRC. Precipitation aging reactions formed a copper-rich submicroscopic phase, increasing the mechanical strength of the steel and improving the distribution of the copper element in the matrix. The phase transformations and the behavior of stainless steel by dilatometry were analyzed by optical microscopy, scanning electron microscopy, X-ray diffraction and phase microhardness techniques. The microstructural characterization of the material with time of 3 hours was the most effective in relation to the distribution of copper atoms. The in vitro adhesion tests of the biofilms on the surface of AISI-304 control steel and 17-4 PH stainless steel formed by the bacteria Staphylococcus aureus and Escherichia coli showed a reduction in the percentage of colony forming units by 77.6% and 78. , 4% respectively, indicating at first approximation the possible bactericidal property of this material.
KEYWORDS: 17-4 PH stainless steel, precipitation aging, copper precipitate, dilatometry, biofilms.

1 I INTRODUÇÃO

O aço inoxidável martensítico 17-4 PH contém aproximadamente 3,5% em peso de cobre, e é endurecido por precipitação devido à formação de uma fase sub-microscópica rica em cobre. Na literatura revelou-se que os tratamentos térmicos de envelhecimento por precipitação iniciam-se com recozimento por solubilização do cobre, responsável pelo endurecimento do material (MARTIN, 1998). Aços

inoxidáveis endurecidos por precipitação foram desenvolvidos na década de 1940, e tornaram-se cada vez mais importantes na fabricação de equipamentos hospitalares e cirúrgicos, devido às suas propriedades como alta dureza, boa ductibilidade, resistência à corrosão e fácil fabricação, o que justifica ao material um alto valor agregado. (MARTIN, 1998), (MMPDS, 2003)

As infecções hospitalares são problemas de suma importância na saúde pública em função das taxas significativas de morbidade, mortalidade e dos custos financeiros. O principal fator de risco associado, é a infecção e a colonização por bactérias nosocominais potencialmente patogênicas em biofilmes, como por exemplo, a *Staphylococcus aureus* multi-resistentes (MRSA) e a *Escherichia coli* (HALEY; CULVER, 1985), (PITTET; TARARA; WENZEL, 1994), (LEON-ROSALES; MACÍAS, 2004). Biofilmes são comunidades de microrganismos que vivem em superfícies. A formação de biofilme tem recebido muita atenção na última década, uma vez que, virtualmente, todos os tipos de bactérias podem formá-lo, podendo ser o modo mais comum de existência bactericida na natureza (KARATAN; WATNICK, 2009).

O presente estudo avaliou o potencial bactericida do aço 17-4 PH por conter cobre na formação do filme passivo do aço (CASEY, et al, 2009). Vários estudos tem mostrado a eficácia do cobre como agente bactericida (DEANE; MILLS; HAMEL, 1970), (SUNADA; WATANABE; HASHIMOTO, 2003). Desta forma, a expectativa de ter um material de fácil manufatura, baixo custo e que tenha aplicabilidade em ambiente hospitalar como ferramental cirúrgico, mobiliários, maçanetas, grades para camas, torneiras, botões de chamada, aparelhos para uso intravenoso, dispersadores, lavatórios, assentos de privada, tanques, estações de trabalho, entre outros; somada ao aumento da demanda comercial do aço 17-4 PH.

2 I PROCEDIMENTOS

Os aços 17-4 PH e AISI-304 fornecidos pelo Grupo Metal (Tietê, São Paulo) possuem composições químicas cuja porcentagem em peso dos elementos está representada na tabela 1. Estes aços podem ser desenvolvidos a partir dos aços austeníticos clássicos 18-8. No caso dos aços martensíticos, as principais modificações foram à redução do teor de níquel e a adição de outros elementos (principalmente cobre) para promover o aparecimento de precipitados ricos deste elemento.

	Aços	
	17-4-PH	**AISI-304**
%C	0,07 máx	0,07 máx
%Cr	15,0 a 17,0	17,5 a 19,5
%Ni	3,0 a 5,0	8,0 a 10,5
%Cu	3,0 a 5,0	-
%Mo	0,6 máx	-
%S	0,03 máx	0,03
%Nb+Ta	0,45 máx	-

Tabela 1: composição química do aço 17-4 PH utilizado no estudo.

A caracterização microestrutural foi realizada por microscopia ótica (MO), microscopia eletrônica de varredura (MEV) com espectrometria de energia dispersiva (EDS), difratometria de raios-X (DRX) e microdureza Vickers.

Foi utilizado o microscópio ótico de luz polarizada, fabricado pela Leica, modelo Leitz DMRX, utilizando aumento de 500X e reagente químico Villela, onde foi observada a morfologia das fases presentes após o tratamento térmico. O microscópio eletrônico de varredura Zeiss Leo 440, gera imagens por elétrons retro-espalhados utilizando o detector Four Quadrant Backscattered Electron Detector Type 400 e com EDS acoplado do tipo EDX Link Analytical, (Isis System Series 200), com detector de SiLi Pentafet, janela ultrafina ATW II, de resolução de 133eV a 5,9keV. Utilizou-se padrão de CO para calibração, feixe de elétron de 20 kV, distância focal de 25 mm, dead time de ~30%, corrente de 2,82A, I probe de 950pA, e área de 20x20μm. Na difratometria de raio-x utilizou-se o equipamento Siemens (German) com potência de 40kV e 40mA, radiação K-alfa de cobre e comprimento de onda de λ=1.54056Å, ângulo $\theta/2\theta$ de 40 à 100 graus, passo 0,05° de 5 segundos cada, utilizando o software EVA para analisar os resultados. Para ensaio de microdureza Vickers utilizou-se um indentador de diamante (HV) Leica, modelo VMHTMOT.

As dimensões dos corpos de prova para os ensaios de dilatometria foram de 10x30 mm, com ciclo térmico a uma taxa de aquecimento 10ºC/s até a temperatura de 1040°C, mantendo essa temperatura até a completa homogeneização, com tempo de encharque de 1 hora e resfriamento em ar até a temperatura de 25°C. Nos ciclos térmicos de envelhecimento, impôs-se a taxa de aquecimento 10ºC/s desde 25°C até a temperatura de 620ºC e manteve-se em tempos que variaram entre 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 horas. Os ciclos foram reproduzidos pelos equipamentos dilatômetros

de procedência Netzsch DIL 402C e DT1000 Adamel lhomarg e os testes foram realizados segundo norma ASTM-2006 (ASTM, 2006).

A contagem das unidades formadoras de colônias por mililitro (UFC/ml) das cepas diluídas seguiram a instruções do Bacteriological Analytical Manual (BAM) (FENG, et al, 2002), (BENNETT, LANCETTE, 2001), que apresenta os procedimentos laboratoriais indicados pela FDA (U.S. Food and Drug Admnistration) para análise microbiológica, possibilitando a análise de formação ou não de biofilmes geradas pelas bactérias nosocominais *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli.* A porcentagem de redução (PR) foi determinada comparando a quantidade de UFC/ml do controle com a quantidade de UFC/ml expostas ao aço 14-7 PH, conforme a expressão 1:

$$PR = \frac{UFC_{controle} - UFC_{14-7\,PH}}{UFC_{controle}} \quad (1)$$

3 I RESULTADOS

A análise por MO do aço 17-4 PH após tratamento térmico de recozimento para solubilização e resfriamento ao ar apresenta uma estrutura martensítica com fase ferrítica e contornos de grãos de austenita prior (figura 1a). O ciclo térmico de envelhecimento por 3 horas na temperatura de 620°C conduziu o material a uma estrutura martensítica com grãos de austenita prior refinados. A aparência metalográfica do aço envelhecido por 3 horas (figura 1b) apresentou uma descrição qualitativa semelhante das fases presentes oriundas dos tratamentos de envelhecimentos realizados.

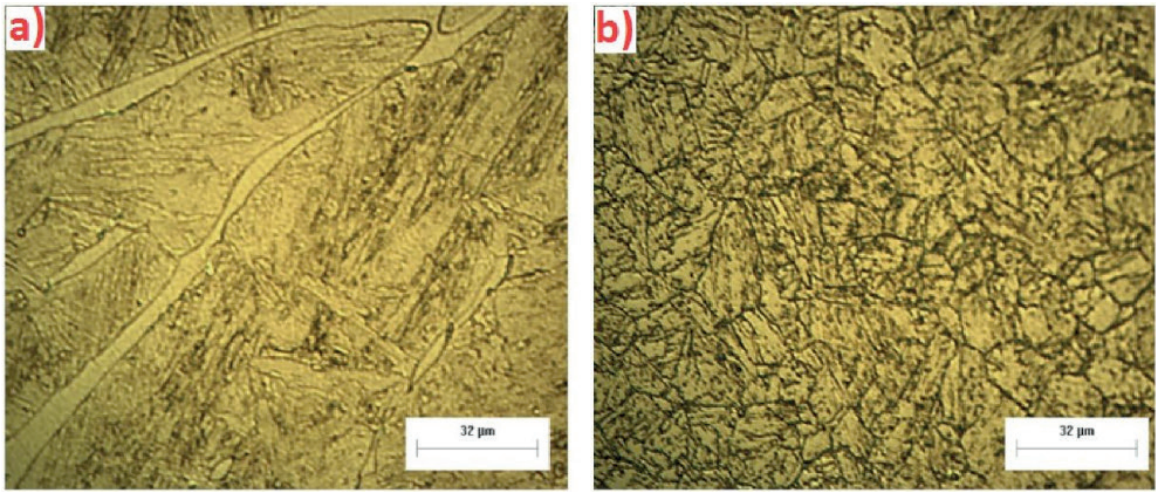


Figura 1: imagens obtidas do aço inoxidável (500x): a) solubilizado; b) envelhecido por 3 horas. Autores, 2015.

Nas análises por MEV, escolheu-se as imagens com tempo de envelhecimento de 3 e 8 horas para representar as amostras, de acordo com a figura 2.

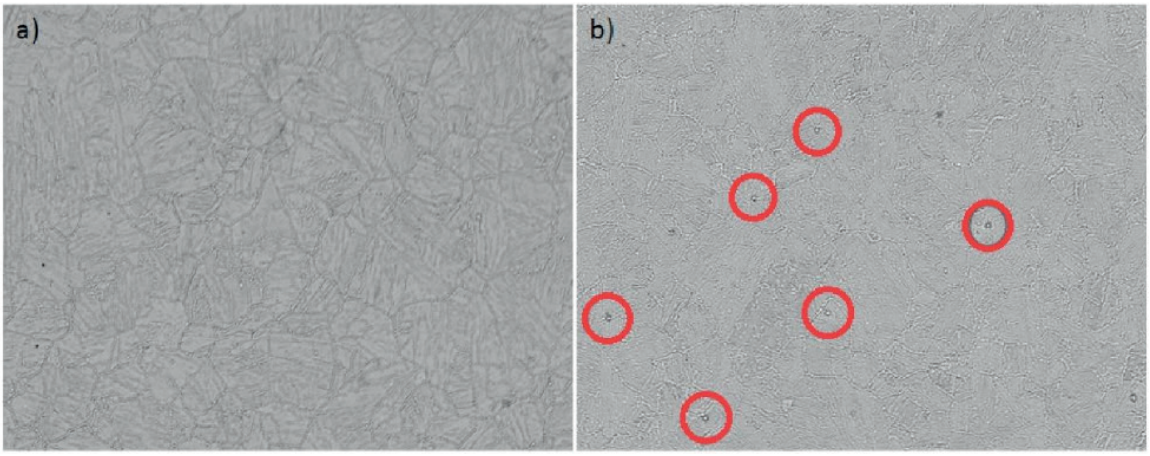


Figura 2: imagens de MEV do aço 17-4 PH envelhecido (1500x): a) por 3 horas; b) por 8 horas. Autores, 2015.

A figura 2-b apresenta precipitados identificados nos pontos brancos (em destaques circulados). O elemento mais pesado é identificado por retro-espalhamento como sendo mais claro. Foram avaliados por analise pontual por EDS e identificados como precipitados ricos em Nióbio (Tabela 2).

Elemento	Tipo Espect.	%Peso	%Atômica
CrK	ED	10,10	13.43
FeK	ED	37,39	46,29
NiK	ED	1,78	2,10
CuK	ED	1,25	1,36
NbK	ED	49,47	36,82
Total	ED	100,00	100,00

Tabela 2: análise do precipitado branco em porcentagem de peso e atômica.

A Figura 2 revela também contornos do grão da austenita prior, confirmado por análise pontual por EDS (Tabela 3).

Elemento	Tipo Espect.	%Peso	%Atômica
SiK	ED	0,50	0,98
CrK	ED	16,29	17,31
FeK	ED	74,93	74,14
NiK	ED	4,99	4,70
CuK	ED	3,29	2,86
Total	ED	100,00	100,00

Tabela 3: análise pontual da fase mais clara em porcentagem de peso e atômica.

A composição química da matriz também foi avaliada por EDS com relação

à porcentagem em peso do cobre, objetivando observar a distribuição desse elemento na matriz. A área utilizada para tal análise foi de 20x20 μm. As análises de tratamento térmico por porcentagem-peso de cobre estão representadas na tabela 4, não ocorrendo variações apreciáveis na composição química deste elemento. A porcentagem em peso do elemento cobre na matriz variou entre 3,06 – 3,83 dentro do erro previsto pelo equipamento que é de 0,5%.

Amostra	Solubilizado
%Cu	3,31
2 h	3,14
3 h	3,06
4 h	3,28
5 h	3,83
6 h	3,38
7 h	3,46
8 h	3,16

Tabela 4: porcentagem em peso do elemento cobre na matriz em função do tempo de envelhecimento.

A análise dos valores médios obtidos pelos ensaios de microdureza Vickers demonstra uma queda da microdureza com o aumento do tempo de tratamento térmico de envelhecimento. (Figura 3).

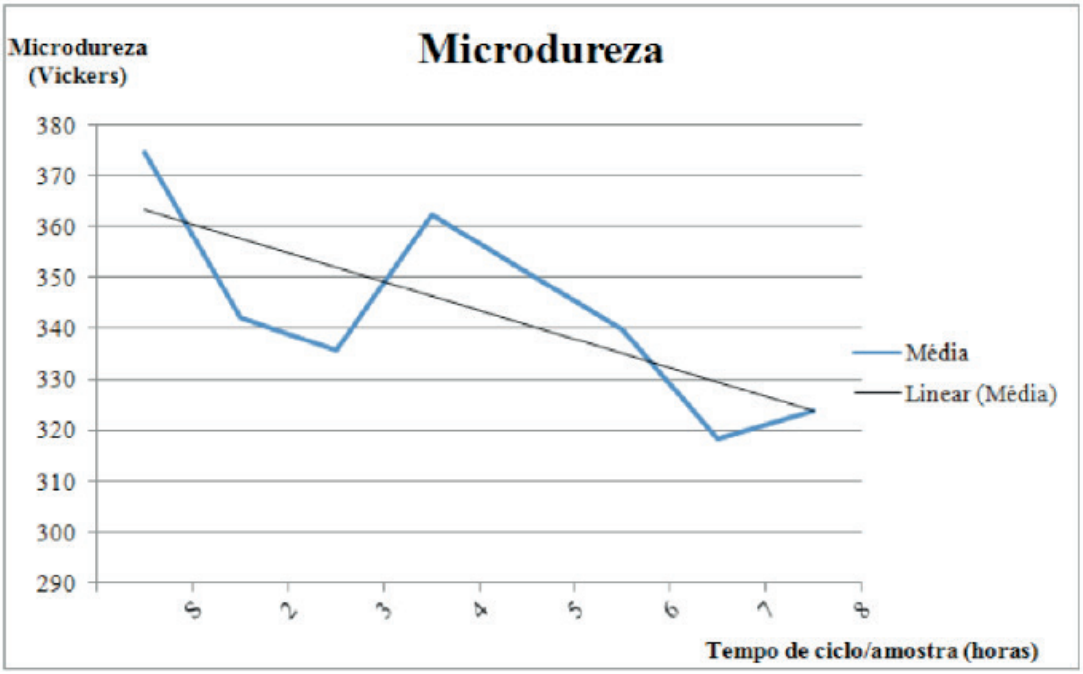


Figura 3: Valores médios de dureza em Vickers x tempo de envelhecimento. Autores, 2015.

O valor da microdureza decresce conforme o tempo de permanência em 620°C aumenta, devido à formação de fases sub-microscópicas rica do elemento cobre (PICKERING, 1978), tornando-o progressivamente dúctil, porém não significativamente, portanto, ainda considerado um material de engenharia.

Nos ensaios dilatométricos as amostras foram referenciadas pelo seu tempo total de envelhecimento de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 horas (Figura 4).

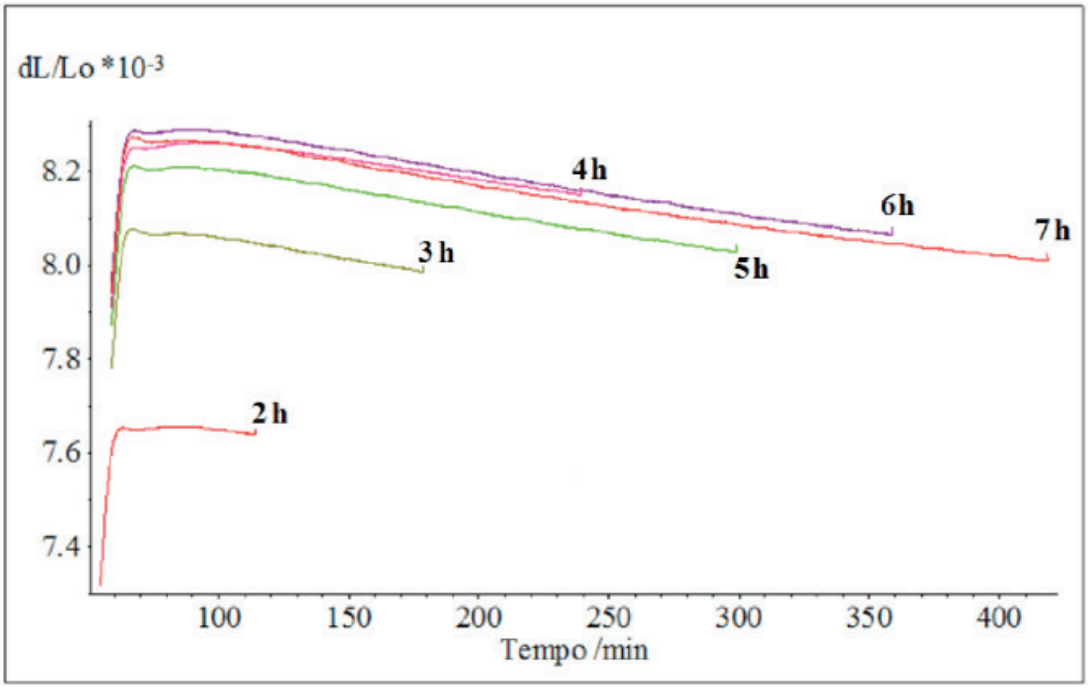


Figura 4: dilatogramas dos seis ciclos de envelhecimento (2, 3, 4, 5, 6 e 7 horas). Autores, 2015.

A análise dos dilatogramas correspondentes aos ciclos térmicos de envelhecimento, representam comportamentos semelhantes, com valores dos coeficientes de dilatação térmica (dL/L_0) decrescendo em função do tempo, indicando a precipitação da fase sub-microscópica rica do elemento cobre.

O difratograma representado pela figura 5 apresenta um pico característico de formação de cristais sub-microscópicos finamente dispersos de óxido de cobre (CuO) (PADILHA, 1997)

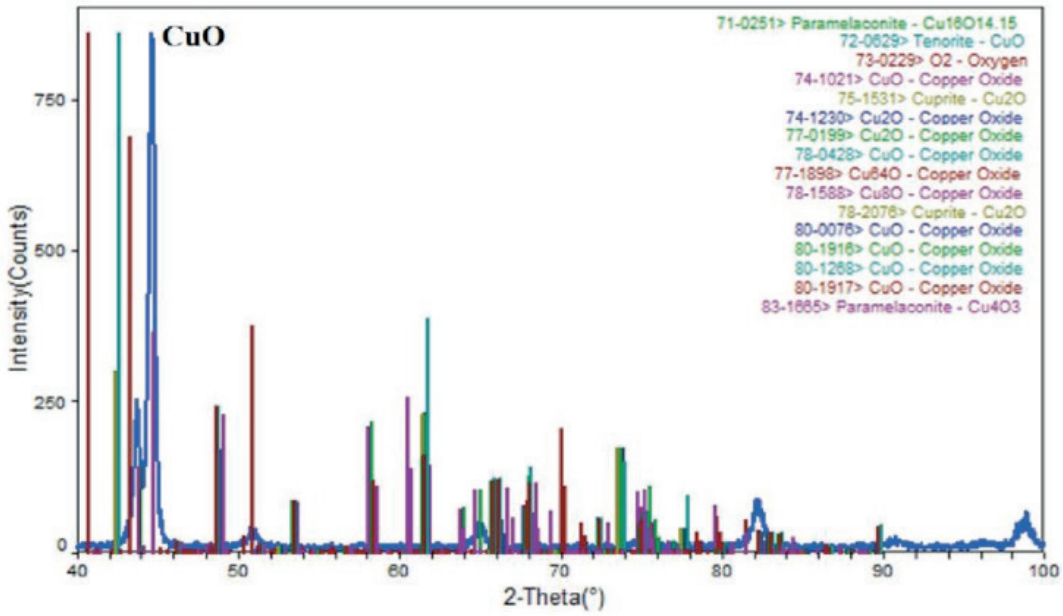


Figura 5: difratograma do aço 17-4 PH envelhecido por 3 horas. Autores, 2015.

Derivado dos resultados das caracterizações metalográficas das microestruturas, o ciclo térmico: recozimento para solubilização (1040°C), resfriamento ao ar e envelhecimento por 3 horas, indicou as melhores condições de superfície para o efeito bactericida.

As porcentagens de redução das UFC geradas pelo aço 17-4 PH envelhecido por 3 horas para cada bactéria está representado na figura 6:

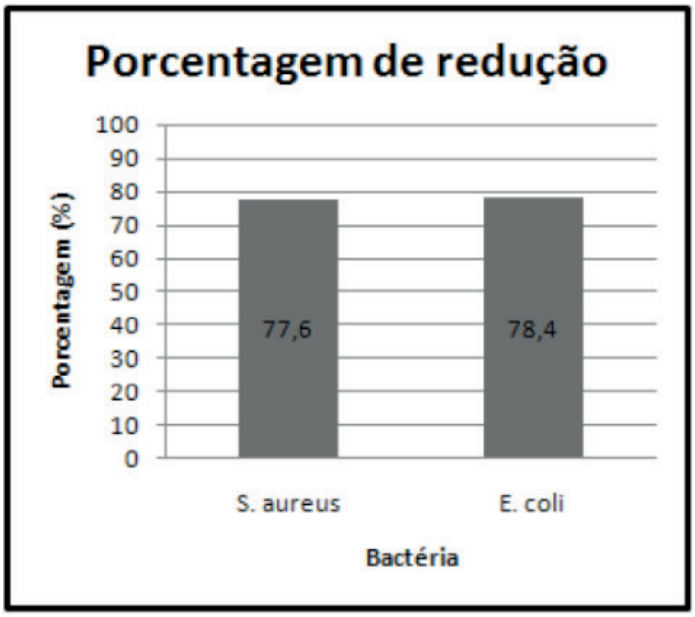


Figura 6: Gráfico de porcentagem de redução x tipo de bactéria. Autores, 2015.

Ambas as bactérias apresentaram uma alta porcentagem de redução, sendo 77,6% para a *Staphylococcus aureus*, bactéria gram-positiva, e 78,4% para a *Escherichia coli*, bactéria gram-negativa, indicando a tendência do aço inoxidável martensítico 17-4 PH ter menor aderência bacteriana que o material de controle nos

dois casos, porém maiores determinações deverão ser feitas visando à efetividade da adesão inicial de bactérias nosocominais no aço em estudo.

4 I CONCLUSÃO

- As aparências fotomicrográficas sugerem que o tratamento térmico de envelhecimento por 3 horas realizado após o tratamento térmico de solubilização eliminou a presença da fase indesejada (ferrita) e é o indicado para promover a formação de um filme passivo rico do elemento cobre e distribuído uniformemente na superfície do aço inoxidável martensítico 17-4 PH.

- O aço inoxidável exibe uma estrutura martensítica mas não com alta dureza (36HRC) e a microscopia ótica obtida dos produtos de recozimento para solubilização e de envelhecimento por precipitação não representam a martensita clássica ou a estrutura da martensita revenida, entretanto o foco do estudo foi obter uma estrutura sub-microscópica da fase rica em cobre dispersa homogeniamente na estrutura martensítica num estágio super envelhecido do material, gerando a formação de um filme passivo rico do elemento (HSIAO, CHIOU, YANG, 2002).

- Houve uma menor aderência bacteriana de biofilme no aço 17-4 PH em relação ao material de controle em ambas as amostras, indicando a potencialidade antibactericidade deste material (ANDRADE; BRIDGEMAN; ZOTOLLA, 1998) (WIRTANEN; HUSMARK; MATTILA-SANDHOLM, 1996).

REFERÊNCIAS

Andrade, N. J.; Bridgeman, T. A.; Zotolla, E. A. **Bacteriocidal activity of sanitizers against Enterococcus faecium attached to stainless steel as determined by plate count and impedance methods**. Journal of Food Protection, v. 61, n. 7, p. 833-838, 1998.

American Society For Testing and Materials (ASTM) (2006) E0228-06.

Bennett, R. W. Lancette, A. G., ***Staphylococcus aureus.*** **Bacteriological Analytical Manual**, U.S. Food and Drug Administration, Chapter 12, Jan2001.

Casey, A.L., et al., **Role of copper in reducing hospital environment contamination**. J Hosp Infect (2009), doi:10.1016/j.jhin.2009.08.018

Deane, R.S., E.L. Mills, and A.J. Hamel, **Antibacterial action of copper in respiratory therapy apparatus.** CHEST Journal, 1970. **58**(4): p. 373-377.

Feng, P., Weagant, S.D., Grant, M.A., Burkhardt, W. **Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria**. Bacteriological Analytical Manual, U.S. Food and Drug Administration, Chapter 4, Set 2002.

Haley RW, Culver DH. **The nationwide nosocomial infection rate: a new need for vital statistic**. Am J Epidemol 1985; 121:159.

Hsiao, C.N., Chiou, C.D.; Yang, J.R., **Aging reactions in a 17-4-PH stainless steel**, Materials Chemistry and Physics, v 74, n 2, Mar 1, 2002, p 134-142

Karatan E, Watnick P**., Signals, Regulatory Networks, and Materials That Build and Break Bacterial Biofilms**, Microbiol Mol Biol Rev. 2009 Jun;73(2):310-47. doi: 10.1128/MMBR.00041-08.

Martin, J. W. **Precipitation hardening**. II Edition, Butterworth-Heinemann, 1998

Metallic Materials Properties Development and Standardization (MMPDS), Office of Aviation Research Washington, D.C. 20591, January 2003

Padilha, A. F. **Sólidos Parcialmente Cristalinos**. In: F., P. A. (Ed.). Materiais de Engenharia: Microestrutura e Propriedades. 1. Curitiba: Hemus, 1997. cap. 12, p.213-222.

Pickering, F. B. **The 12%Cr Stainless steels. In: PICKERING, F. B.. Physical metallurgy and the design of steels**. Inglaterra: Applied Science Publishers Ltd, 1978. P. 163-182,165

Pittet D, Tarara D, Wenzel RP. **Nosocomial bloodstream infection in critical ill patients, excess length of stay, extra coast, and attributable mortality**. JAMA 1994; 271:1598-601

Ponce de Leon-Rosales S, Macías AE. **Global perspectives of infection control.** In. Wenzel, RP. editor. Prevention and control and nosocomial infections. 4th.ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2004. p.14-39.

Sunada, K., T. Watanabe, and K. Hashimoto, **Bactericidal Activity of Copper-Deposited TiO2 Thin Film under Weak UV Light Illumination**. Environmental Science & Technology, 2003. **37**(20): p. 4785-4789.

Wirtanen, G.; Husmark, U.; Mattila-Sandholm, T**. Microbial evaluation of the biotransfer potencial from surfaces with Bacillus biofilms after rinsing and cleaning procedures in closed food-processing systems**. Journal of Food Protection, v. 59, n. 7, p. 727-733, 1996.

AGRADECIMENTOS / FONTE FINANCIADORA

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)- Código de financiamento 001.

CAPÍTULO 13

TENDÊNCIA TEMPORAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VIOLÊNCIA CONTRA CRIANÇAS E ADOLESCENTES NA ZONA URBANA DE FEIRA DE SANTANA-BA 1998-2009

Data de aceite: 17/03/2020

Raiane de Almeida Oliveira
Edna Maria de Araújo
Roger Torlay Pires
Aloisio Machado da Silva Filho

RESUMO: Objetivo: Analisar a dinâmica espaço temporal das ocorrências de violência contra crianças e adolescentes na zona urbana de Feira de Santana-BA no período de 1998 a 2009. **Metodologia:** Trata-se de um estudo ecológico, de desenho misto e exploratório baseado em dados secundários, a partir de registros de perícias médicas realizadas no Departamento de Polícia Técnica (DPT) de Feira de Santana-BA, no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2009. O espaço geográfico estudado foi a zona urbana de Feira de Santana em sua desagregação por bairros. **Resultados:** O universo de ocorrências registradas no Departamento de Polícia Técnica de Feira de Santana foi composto por 4.475 registros administrativos de casos de violência contra crianças e adolescentes de 0 a 19 anos. Para a análise temporal a taxa média de violência no período em estudo foi de 21,5 por 10.000 habitantes, com variação relativa de 49,8%, com mediana de 19 e desvio padrão de 10,7. A Variação Percentual Anual (VPA) mostrou que todos os resultados apresentaram tendência crescente. A taxa de violência contra crianças e adolescentes apresentou uma VPA de 13,5% ($\beta_1 > 0$; p-valor $<$ 0,05) passando de 11,4% em 1998 para 37,4% em 2009. Verificou-se que o sexo masculino teve uma VPA 19,7% e o feminino 7,7% e que referente à raça/cor negra, a VPA foi de 13,1 já a raça/cor branca, apesar de ter apresentado uma VPA, maior que a negra (15,2%) ($\beta_1 > 0$; p-valor > 0,05) não apresentou significância estatística. Na análise espacial observou-se que existe algum grau de relação espacial entre os bairros mais populosos e os mais violentos e os menos populosos e menos violentos. Contudo, encontram-se dentre estas localidades o que se destacam por serem pouco populosos e com taxas elevadas de violência, merecendo evidência os bairros Capuchinhos, Sobradinho, Sim, Campo do Gado Novo e Chácara São Cosme. De modo geral, os bairros que registraram as maiores taxas médias de violências contra crianças e adolescentes foram: Tomba, Campo Limpo, Rua Nova, Queimadinha, Mangabeira, Calumbi, Muchila, Jardim Cruzeiro, Pedra do Descanso e Conceição. Sete destes encontram-se dentre os dez mais populosos. **Conclusão:** O uso da modelagem estatística e da ferramenta SIG nesta pesquisa permitiram identificar e caracterizar diferenças nos padrões espaciais e temporais da violência contra crianças e adolescentes. Espera-se que este

trabalho possa direcionar ações e recursos por parte de gestores públicos e privados, com objetivo de mitigar a violência contra crianças e adolescentes.
PALAVRAS-CHAVE: Violência. Criança e adolescente. Modelagem Espaço-temporal.

TEMPORAL TREND AND SPATIAL DISTRIBUTION OF VIOLENCE AGAINST CHILDREN AND ADOLESCENTS IN THE URBAN AREA OF FEIRA DE SANTANA-BA 1998-2009.

ABSTRACT: Objective: To analyze the dynamic temporal space of the occurrences of violence against children and adolescents in the urban area of Feira de Santana-BA from 1998 to 2009. **Methodology:** This is an ecological study, mixed design and exploratory based on secondary data , from records of medical examinations carried out at the Technical Police Department (DPT) of Feira de Santana-BA, from January 1998 to December 2009. The geographical area studied was the urban area of Feira de Santana in its disaggregation by neighborhoods. **Results:** The universe of occurrences recorded in the Feira de Santana Police Department was composed of 4,475 administrative records of cases of violence against children and adolescents aged 0 to 19 years. For the temporal analysis, the average rate of violence in the study period was 21.5 per 10,000 inhabitants, with a relative variation of 49.8%, with a median of 19 and a standard deviation of 10.7. The Annual Percentage Variation (VPA) showed that all the results showed an increasing tendency. The rate of violence against children and adolescents presented a VPA of 13.5% ($\beta 1 > 0$, p-value < 0.05), rising from 11.4% in 1998 to 37.4% in 2009. It was verified that the male had a VPA of 19.7% and a female of 7.7% and that of race / black color, the VPA was 13.1 already the race / white color, despite having presented a VPA, bigger than black (15.2%) ($\beta 1 > 0$; p-value> 0.05) did not present statistical significance. In the spatial analysis it was observed that there is some degree of spatial relationship between the most populous and the most violent neighborhoods and the least populous and less violent neighborhoods. However, there are among these localities the ones that stand out because they are not very populous and with high rates of violence, deserving evidence the neighborhoods Capuchinhos, Sobradinho, Sim, Campo do Gado Novo and Chácara São Cosme. In general, the neighborhoods with the highest average rates of violence against children and adolescents were: Tomba, Campo Limpo, New Street, Queimadinha, Mangabeira, Calumbi, Muchila, Jardim Cruzeiro, Pedra do Descanso and Conceição. Seven of these are among the ten most populous. **Conclusion:** The use of statistical modeling and the GIS tool in this research allowed us to identify and characterize differences in spatial and temporal patterns of violence against children and adolescents. It is hoped that this work can direct actions and resources by public and private managers, with the aim of mitigating violence against children and adolescents.
KEYWORDS: Violence. Child and teenager. Space-time modeling.

1 I INTRODUÇÃO

As violências são eventos considerados intencionais e compreendem a violência física, sexual, a negligência/abandono, a violência psicológica, a lesão autoprovocada, entre outras. Já os acidentes, abrangem as quedas, o envenenamento, o afogamento, as queimaduras, o acidente de trânsito e demais eventos similares. E juntos, os acidentes e as violências correspondem às causas externas de morbidade e mortalidade, representadas no capítulo XX da Classificação Internacional de Doenças – CID-10 (BRASIL, 2017).

Embora existam diferenças nas classificações das violências e dos acidentes, neste estudo ambos serão tratados apenas como Causas Externas, por opção metodológica. Designando assim todas as ocorrências perpetradas contra crianças e adolescentes.

No mundo, estima-se que a cada 7 minutos, uma criança ou um adolescente, seja vítima de homicídio em decorrência da violência armada ou não. Nessa perspectiva, os cinco países com as piores taxas de violência sem conflito armado estão todos na América Latina, e neste universo o Brasil posiciona-se no quinto lugar com 59 mortes para cada 100 mil habitantes, sendo a Venezuela ocupante da primeira colocação com 96,7 mortes (UNICEF, 2017).

De acordo com o Ministério da Saúde, entre 1980 e 2013 foram assassinadas no Brasil 218.580 crianças e adolescentes, com uma intensidade crescente ao longo do tempo. Em 1980 foram 1.825 homicídios; já em 2014, o número aumentou em seis vezes e passou para 11.142, o que representa 30,5 homicídios diários. Ao se comparar este crescimento, que corresponde a 510,5%, ao exíguo aumento de 4,2% na população de crianças e adolescentes, podemos inferir o drástico crescimento real dos assassinatos de jovens (WAISELFISZ, 2017).

Já em nível estadual a Bahia ocupa a sétima colocação dentre os estados brasileiros que apresentam os maiores índices de assassinatos de crianças e adolescentes, cerca de 27 homicídios na faixa etária entre zero e 19 anos para cada 100 mil habitantes em 2015, acima da média nacional que é 18,1. Na região Nordeste o estado ocupa a quinta colocação, atrás de Alagoas, Rio Grande do Norte, Sergipe e Ceará (ABRINQ, 2017).

No município de Feira de Santana, encontramos aspectos relevantes relacionados à violência em decorrência da ação dos grupos socialmente excluídos enquanto agentes modeladores do seu espaço urbano. O espaço urbano feirense reflete áreas segregadas, com estrutura social em classes, promovendo desigualdades sociais e privação de direitos o que pode culminar em atos violentos (LIMA, 2014).

Entende-se, desse modo, que a violência imposta dentro de uma comunidade pode alterar de forma negativa os cursos daquele ambiente, ou seja, determinado

local (bairro, rua, caminho, avenida) passa a ter uma identidade voltada para sua estatística violenta, definindo assim que o melhor lugar para se viver ou criar seus filhos é aquele em que o índice de atos violentos é baixo ou no mínimo aceitável com relação aos demais (MOURA, 2011).

Além dos fatores supracitados, o tipo de crescimento populacional ocorrido em algumas áreas urbanas no Brasil, tem proporcionado uma expansão física nas periferias e uma reorganização do uso da terra favorecendo áreas centrais, fatores como: subemprego, pobreza, privação econômica, desorganização social bem como frustrações grupais também servem de modificadores da dinâmica social (CAPEL, 2002; MOURA, 2011).

Analisar a ocorrência espaço-temporal da violência voltada para crianças e adolescentes permite a compreensão da dinâmica e do contexto em que este fenômeno se encontra inserido dentro do espaço urbano do município de Feira de Santana. E, estudar tempo e espaço mostram o quanto ambos são importantes na determinação dos processos sociais e o quanto acabam se tornando fatores contributivos na propagação da violência em todos os aspectos. Dessa forma, tão relevante quanto prever as ocorrências da violência com base em dados estatísticos, é identificar quais fatores podem afetar sua trajetória, para que então, programe-se ações de enfrentamento (ANTUNES, 2015).

Assim, a partir da presente pesquisa pretende-se contribuir para ações que deem visibilidade político-social à violência que acomete crianças e adolescentes, desmistificando a visão deturpada que se tem de alguns bairros baseando-se nas diferenças econômicas e sociais destes, propiciando um tipo de criminalização em virtude da sua condição socioeconômica. Visto que, medidas devem e podem ser tomadas voltadas para a necessidade de cada espaço (AZEVEDO, 2016).

Por mais que existam estudos que tratem desse tema ainda é necessário que novas investigações sejam feitas porque cada lugar tem a sua dinâmica e especificidade. Além disso é necessário dar visibilidade a um fenômeno que vitimiza crianças e adolescentes, que são mais vulneráveis e, portanto, necessitam de maior proteção da família e do meio onde vivem.

Diante do que foi exposto até aqui e considerando a complexidade do tema, definiu-se como questão norteadora da pesquisa: Qual a dinâmica espaço temporal das ocorrências de violência contra crianças e adolescentes na zona urbana do município de Feira de Santana-BA no período de 1998 a 2009.

Com o intuito de trazer respostas à questão norteadora o presente estudo tem como objetivo: Analisar a dinâmica espaço-temporal das ocorrências de violência contra crianças e adolescentes na zona urbana de Feira de Santana-BA no período de 1998 a 2009. Na próxima seção será apresentado o material e métodos que darão suporte a presente investigação.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo ecológico, de desenho misto e exploratório baseado em dados secundários, (fornecidos pelo Núcleo Interdisciplinar de Estudos sobre Vulnerabilidade e Saúde - NIEVS da Universidade Estadual de Feira de Santana), a partir de registros de perícias médicas realizadas no Departamento de Polícia Técnica (DPT) de Feira de Santana-Ba, no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2009. Cujo espaço geográfico é a zona urbana de Feira de Santana em sua desagregação por bairros.

2.2 Variáveis Estudadas

O universo de ocorrências registradas no Departamento de Polícia Técnica de Feira de Santana, compôs 4.475 registros administrativos de casos de perícias simples (apenas para verificação da existência de lesão sob suspeita) e de morbimortalidade por violência e outras causas externas em crianças e adolescentes de 0 a 19 anos, ocorridas na zona urbana do município de Feira de Santana-Ba entre 1998 e 2009.

Foram selecionadas as seguintes variáveis para análise temporal anual: sexo, raça/cor (brancos e negros) e faixa etária e espacial: bairro de residência das vítimas.

2.3 Plano de Análise dos Dados

Os dados populacionais (geral, por sexo, por raça/cor e faixa etária), foram coletados dos Censos Demográficos da População Brasileira (2000 e 2010) realizados pelo IBGE, bem como a contagem populacional de 1996. Estes, serviram como base para as estimativas de crescimento da população infantojuvenil de 0 a 19 anos na zona urbana de Feira de Santana para os anos intercensitários (censos de 1996 e 2000 para as projeções de 1998 e 1999 e 2000 e 2010 para as projeções de 2001 a 2009), cujo cálculo foi realizado por meio da utilização do método geométrico, para a obtenção da taxa de crescimento de acordo com a seguinte expressão:

$$r = \left[\sqrt[n]{\frac{Pt}{Po} - 1}\right] \times 100 \qquad (2)$$

Na equação 2, *r* representa a taxa de crescimento, que é calculada subtraindo-se 1 da raiz enésima do quociente entre a população final *Pt*, e a população do começo da série *Po*, multiplicando-se o resultado por 100, sendo “n” igual ao número de anos no período (BRASIL, 2008).

Na elaboração das estatísticas descritivas (cálculo de prevalência, medidas de tendência central, medidas de dispersão, assimetria, gráficos e tabelas), cálculo de Intervalos de Confiança (IC) e teste de hipótese utilizou-se o *software estatístico livre R Commander* idealizado por Fox (2005).Também os pacotes CAR (FOX, 2011) e

PRAIS (MOHR, 2015) ambos executáveis em linguagem R. As etapas da modelagem estão representadas na Figura 1.

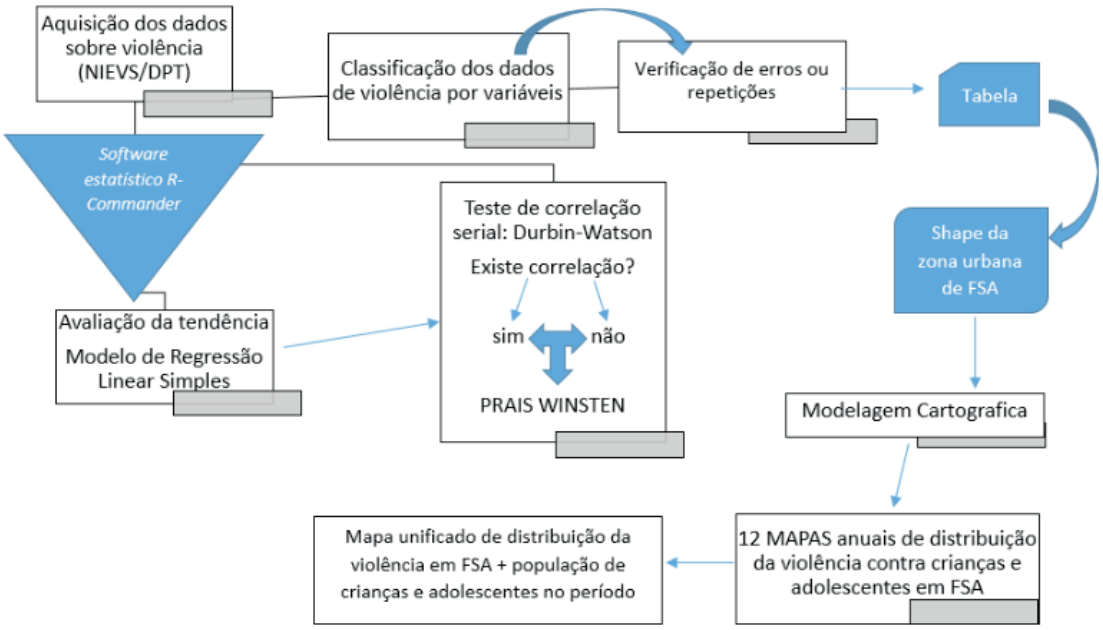


Figura 1 – Fluxograma da modelagem espaço-temporal da violência contra crianças e adolescentes na zona urbana do município de Feira de Santana de 1998-2009. Fonte: Autores.

2.4 Análise Temporal

Na análise das tendências temporais da violência em crianças e adolescentes utilizou-se o modelo de regressão linear simples. Este, por sua vez, trata-se de um método usado para avaliar a relação de uma variável dependente (variável resposta), neste caso: taxa de crescimento dos atos violentos contra crianças e adolescentes por sexo, raça/cor e faixa etária e uma variável independente ou preditora: tempo (FERREIRA, 2017).

O objetivo da modelagem de regressão linear é verificar a existência de uma relação entre a violência contra crianças e adolescentes com o passar dos anos (observações feitas ano a ano) justificando assim sua relevância para este estudo, representado pela seguinte equação estimada (GUJARATI, 2000):

$$Y_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_t + \hat{e}_t; t = 1,2,3 \ldots T \qquad (3)$$

(Y_t) () é a variável dependente (taxa), $(\hat{\beta}_0)$ caracteriza o coeficiente linear, $(\hat{\beta}_1)$ o coeficiente angular, (X_t) a variável independente (anos) e $(\hat{e}_t)$ ruído (erro). Aplicou-se também a transformação logarítmica nos dados para reduzir a variabilidade dos erros. Após o ajuste do modelo de regressão linear simples utilizou-se a seguinte expressão:

$$\frac{y_{t+1} - y_t}{y_t} = -1 + 10^{\beta_1} \qquad (4)$$

Sendo assim $\frac{y_{t+1} - y_t}{y_t}$ equivale a taxa de mudança e (t) o período genérico. Desse modo estima-se (β_1) para a obtenção da taxa de crescimento anual pontual da violência, aplicando-se um respectivo intervalo de confiança (IC). Definido pela

seguinte equação:

$$IC_{95\%} = \left[-1 + 10^{\widehat{\beta}^{1min.}}\right] * 100; \left[-1 + 10^{\widehat{\beta}^{1max.}}\right] * 100 \quad (5)$$

Os valores máximos e mínimos de foram definidos com o erro padrão de e o quantil da distribuição de probabilidade t de Student. Com isso tem-se a APC (*anual percent change*), termo em inglês para Variação Percentual Anual (VPA), que apresenta como hipóteses:

H_0 : $\beta_1 = 0$ (Não existe relação linear entre as variáveis)

H_1: $\beta_1 \neq 0$ (Existe relação linear entre as variáveis)

Rejeitando-se a hipótese nula (H_0 : $\beta_1 = 0$), uma série temporal ajustada com modelo de regressão linear simples pode apresentar os seguintes comportamentos: tendência crescente ($\beta_1 > 0$) ou decrescente ($\beta_1 < 0$).

A modelagem de séries temporais com o modelo de regressão linear simples deve analisar a presença ou não de resíduos autocorrelacionados. Entende-se como autocorrelação ou correlação serial a correlação entre resíduos da série temporal em diferentes pontos no tempo (FERREIRA, 2017).

A correlação entre dois pontos sucessivos *"vizinhos"* é chamada de autocorrelação de primeira ordem (LEITE, 2007). É relevante que no modelo de regressão os erros não sejam autocorrelacionados, ou seja, que a suposição de independência entre os resíduos seja satisfatória (GUJARATI, 2000). No entanto, havendo ou não a presença de autocorrelação, nesta pesquisa, as correções da correlação serial dos resíduos foram empregadas.

Então, para que houvesse fidedignidade nos resultados desta pesquisa, utilizou-se o teste de Durbin-Watson (D-W), o qual trata de um teste estatístico que identifica a presença de autocorrelação baseado no número de observações e de variáveis usadas no modelo de regressão (GUJARATI, 2000) e, cuja estatística de teste e hipóteses são:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^{T}(\hat{e}_t - \hat{e}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^{T}\hat{e}_t^2} \quad (6)$$

Em que, $e_t, t = 1$ são resíduos da equação 4 por mínimos quadrados.

$H_{0:}$ Não existe correlação serial nos erros

$H_{1:}$ Existe correlação serial nos erros

Assim, caso não haja identificação da autocorrelação dos erros pelo teste de D-W ao nível de 5% de significância, (p-valor >0,05) é possível afirmar que o modelo adotado não possui correlação serial nos resíduos com 95% de confiança. Nesta pesquisa, independente da presença ou não da autocorrelação serial, foi aplicado o modelo de regressão linear simples com correção de Prais-Winsten (PRAIS e WINSTEN,1954).

A tendência da série temporal e a VPA (Variação Percentual Anual) foram

consideradas estatisticamente significativas quando p-valor<0,05. É relevante mencionar que, segundo a literatura, a correção de Prais Winsten é recomendada para séries curtas, como por exemplo séries anuais (PRAIS e WINSTEN,1954).

2.5 Análise Espacial

Inicialmente foram calculadas as taxas (Equação 7) de ocorrências de violência contra crianças e adolescentes (0 a 19 anos) por bairro de residência. Os dados da população por bairro, bem como os dados vetoriais foram adquiridos na plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para que fossem posteriormente estimados.

$$Taxa = \frac{n}{\mathrm{Pt}} \times 1.000 \qquad (7)$$

Em que *(n)* representa o número de casos de ocorrências de causas externas contra crianças e adolescentes por bairro de residência, (*Pt)* refere-se à população total de crianças e adolescentes em cada unidade de análise, neste caso o bairro.

As técnicas de geoprocessamento para espacialização dos dados foram realizadas no software ARCGIS versão 10.3. Posteriormente, com auxílio dos sistemas de informação geográficas (SIG), as taxas calculadas foram introduzidas em um banco de dados espacial para unir os dados alfanuméricos com os dados vetoriais, no caso, os bairros de Feira de Santana. Após estes procedimentos foram espacializadas as taxas de violência agrupadas em quintis com intervalos a partir de quartis, esta escolha justifica-se por ser o método mais utilizado na área da saúde e o menos suscetível a paradoxos. Realizou-se então o cálculo de *Sturges* e com esta referência utilizou-se o método dos quantís para a determinação dos intervalos. Obtendo-se por fim, como produto final um mapa temático coroplético.

Todos os aspectos éticos foram respeitados durante a elaboração e execução desta pesquisa, a qual teve seu banco de dados de origem cedido pelo Núcleo Interdisciplinar de Estudos Sobre Vulnerabilidades em Saúde (NIEVS/UEFS) aprovado e previamente autorizado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Estadual de Feira de Santana sob protocolo de número 057/2004).

3 I RESULTADOS

Como mencionado anteriormente foram registrados no Departamento de Polícia Técnica de Feira de Santana 4.475 casos de violência contra crianças e adolescentes na região urbana deste município no período de 1998 a 2009. Contudo, na análise espacial este número foi reduzido para 4.441 casos (99,24%). Pois, levando em consideração o local de residência, algumas ruas registradas como domicílio não apresentavam referência espacial em decorrência destas perpassarem mais de um

bairro.

Por meio das tabelas e figuras foi possível caracterizar o comportamento das taxas anuais de violência, considerando os fatores raça/cor da pele, sexo e faixa etária. Os dados apontaram que a taxa média de violência contra crianças e adolescentes no período em estudo foi de 21,5 por 10.000 habitantes, com variação relativa de 49,8% e desvio padrão amostral de 10,7 (Tabela 1 e Figura 2).

E que os anos de 2000, 2007 e 2009 foram os que apresentaram os maiores índices de ocorrências violentas contra crianças e adolescentes (Figura 2), apresentando tendência crescente, porém com um valor atípico (abaixo das taxas médias dos anos comparados) no ano de 2001.

Os coeficientes utilizados no estudo (Figuras 2, 3 e 4) apesar de manterem uma tendência crescente, apresentam oscilações mediante o incremento anual, sendo esta para o ano de 2001 mais acentuada. O que motiva a investigação de algum acontecimento neste período que justifique os números discrepantes nos dados.

		Sexo		Raça/cor da pele		Faixa etária			
Medida	**Geral**	**Masc**	**Fem**	**Branco**	**Negro**	**0 a 4**	**5 a 9**	**10 a 14**	**15 a 19**
Mínimo	3,6	2,8	4,4	0,5	4,4	0,3	0,6	4,6	6,0
Máximo	38,0	45,4	30,0	7,0	46,1	5,8	10,1	30,7	83,1
Primeiro Quartil	15,0	12,3	18,0	2,5	16,6	2,4	4,6	12,0	29,3
Mediana	19,0	18,3	20,8	5,0	22,0	2,6	5,5	14,9	37,0
Média	21,5	22,6	20,5	4,3	25,5	3,2	5,8	17,6	43,9
Assimetria	0,2	0,5	-0,7	-0,4	0,2	0,14	-0,1	0,2	0,3
Desvio Padrão	10,7	15,0	7,0	2,4	12,7	1,6	2,7	7,8	24,0
Coeficiente de variação (%)	49,8	66,4	34,4	55,0	50,1	50	46,6	44,3	54,7
Terceiro quartil	29,8	35,1	24,3	6,3	36,1	4,2	7,8	23,5	61,9

Tabela 1 - Estatística descritiva da taxa das ocorrências de violência contra crianças e adolescentes por 10 mil habitantes no município de Feira de Santana, Bahia, 1998-2009.

Nota: O coeficiente de variação (CV) denota a razão entre o desvio padrão e a média. Cálculos processados pela autora.

Fonte: NIEVS/UEFS.

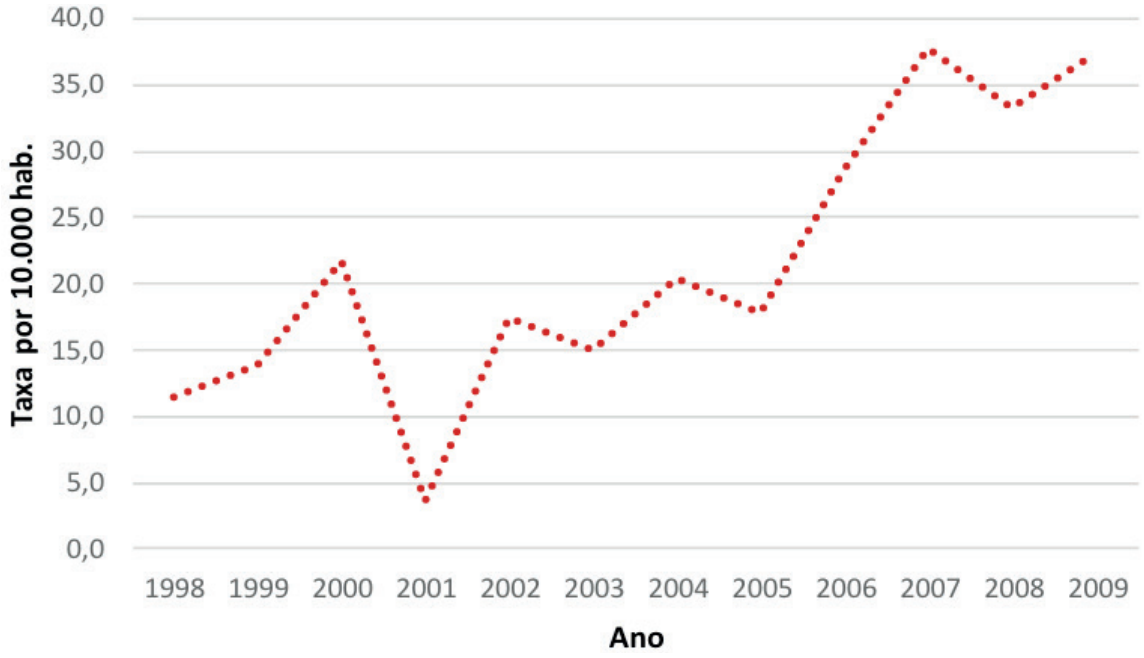


Figura 2 – Taxa das ocorrências de violência contra crianças e adolescentes ano a ano por 10.000 habitantes, no município de Feira de Santana, Bahia, 1998-2009.

Fonte: NIEVS/UEFS. Dados processados pelos autores.

Ao desagregar esses valores por sexo (Tabela 1 e Figura 3), percebemos que a média para o sexo masculino foi de 22,5, mediana de 18,3, variação de 66,4 e desvio padrão de 14,99 já para o sexo feminino apesar da media ter sido menor, porém semelhante ao masculino (20,4), teve a mediana maior 20,8, ou seja, até os 50% da série histórica (percentil que divide esta ao meio), as meninas apresentam maior número de ocorrências de violência com desvio padrão 7,4% e coeficiente de variação 34,4% menores.

Um desvio padrão com estas características indicam que os valores encontrados ano a ano estão mais afastados da média para o sexo masculino e denotam maior variabilidade em se tratando do sexo feminino (Figura 3). O mesmo acontece com o fator raça/cor (Figura 4), onde média e mediana (4,3 e 5,0 respectivamente) equiparam-se relacionadas tanto a raça/cor branca quanto à negra (25,5 e 22,0 respectivamente). No entanto, existe uma diferença bastante significativa em se tratando da raça/cor negra.

Tomemos como base agora o primeiro quartil (Tabela 1, Figuras 3 e 4), que caracteriza os primeiros 25% da série, ou seja, os 3 anos iniciais (1998,1999,2000), observamos que o sexo feminino 17,9 e a raça/cor negra 16,6% foram os que mais sofreram com a violência neste período. Já no terceiro quartil, correspondente aos anos de 2004,2005 e 2006, este quadro muda, pois agora os dados referentes ao sexo masculino 35,1 e a raça/cor negra 36,1 e branca 6,28 mais do que duplicam, enquanto que o sexo feminino 24,3 não apresentou tanta amplitude. (Tabela 1, Figuras 3 e 4).

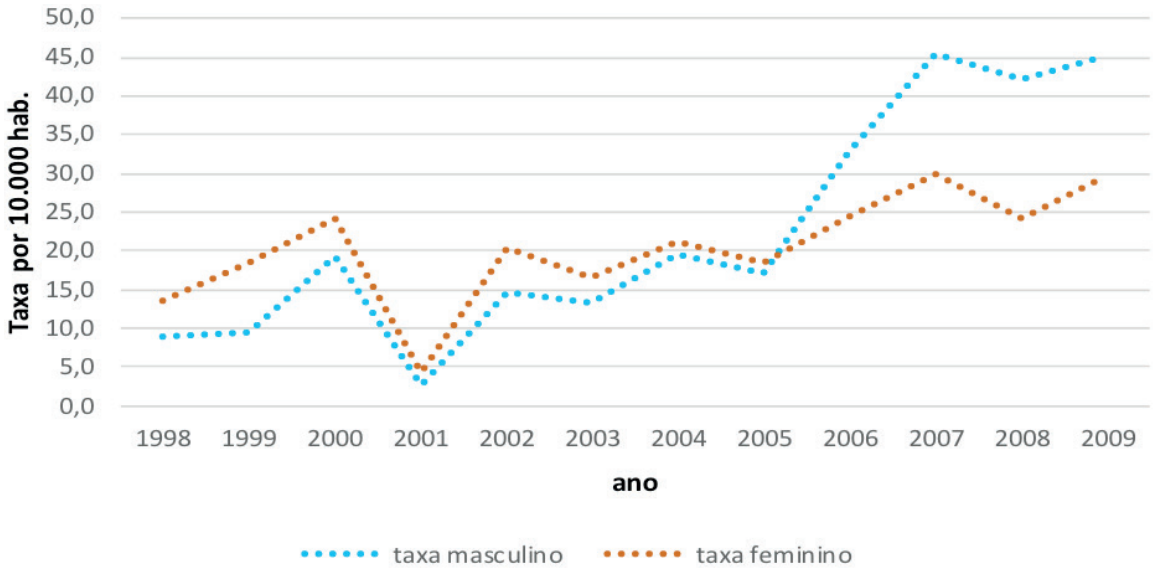


Figura 3 - Taxa das ocorrências de violência ano a ano por sexo por 10.000 hab. na zona urbana do município de Feira de Santana 1998-2009.

Fonte: NIEVS/UEFS. Dados processados pela autora.

Sobre a faixa etária, as taxas de violência contra crianças e adolescentes teve maior média na adolescência, período que compreende as faixas entre 10 e 14 anos (17,6), desvio padrão de 7,8 e CV de 44,3 e 15 e 19 (43,9) com desvio de 24,0 e CV 54,7. Já para a infância esse valor teve destaque na faixa de 5 a 9 anos (5,8), desvio padrão 2,7 e CV 46,6 (Tabela 1 e Figura 5).

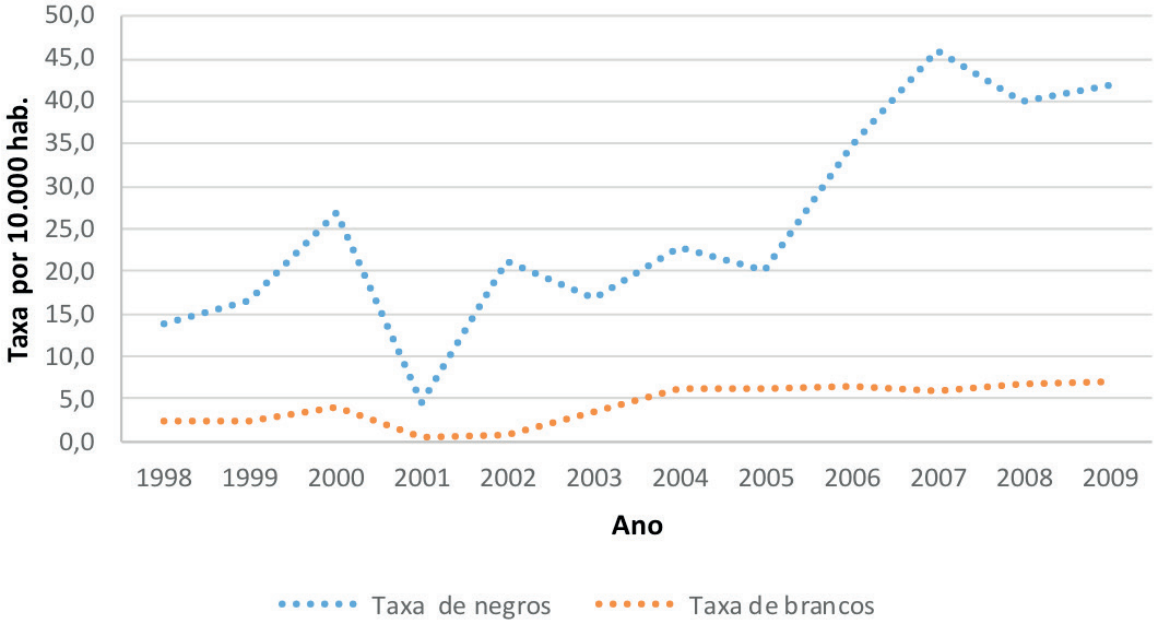


Figura 4 - Taxa das ocorrências de violência ano a ano segundo raça/cor por 10.000 hab. na zona urbana do município de Feira de Santana 1998-2009.

Fonte: NIEVS/UEFS. Dados processados pela autora.

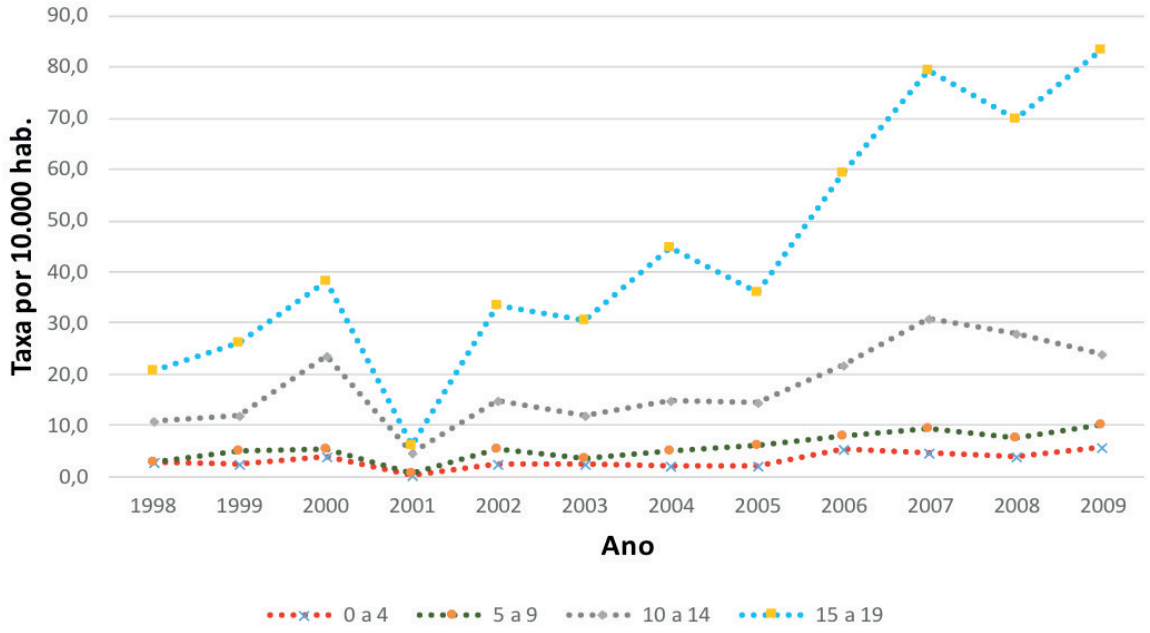


Figura 5 - Taxa das ocorrências de violência ano a ano segundo faixa etária por 10.000 hab. na zona urbana do município de Feira de Santana 1998-2009.

Fonte: NIEVS/UEFS. Dados processados pelos autores.

Segundo os box plot das taxas de violência que abrangem o resumo das estatísticas descritivas das variáveis que foram utilizadas no estudo (Figuras 6 e 7), é possível observar claramente os fatores (sexo, raça/cor da pele e faixa etária) que apresentaram as maiores taxas no período (1998 a 2009), dando maior visibilidade ao que foi explanado até aqui. Na figura 6, o fator raça/cor negra da pele apresenta maiores taxas se comparada com os demais fatores.

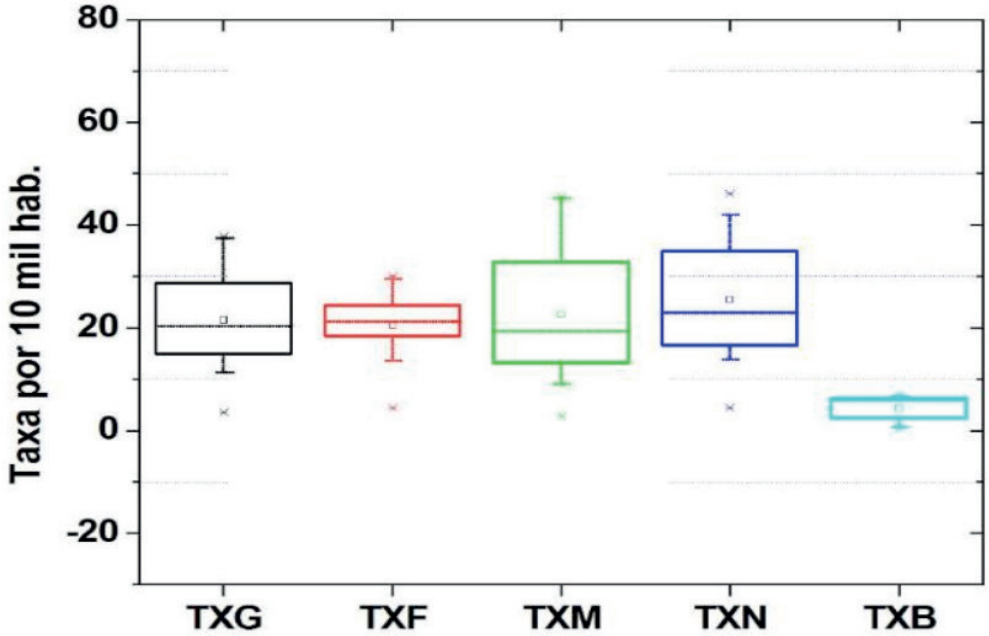


Figura 6 – Box plot das taxas de violência por 10.000 habitantes, para o período de 1998- 2009. Fonte: NIEVS/UEFS. Dados processados pela autora. Notas: TXG= Taxa geral; TXF= Taxa do sexo feminino; TXM = Taxa do sexo feminino; TXN = Taxa da raça/cor da pele negra; TNB = Taxa da raça/cor da pele branca.

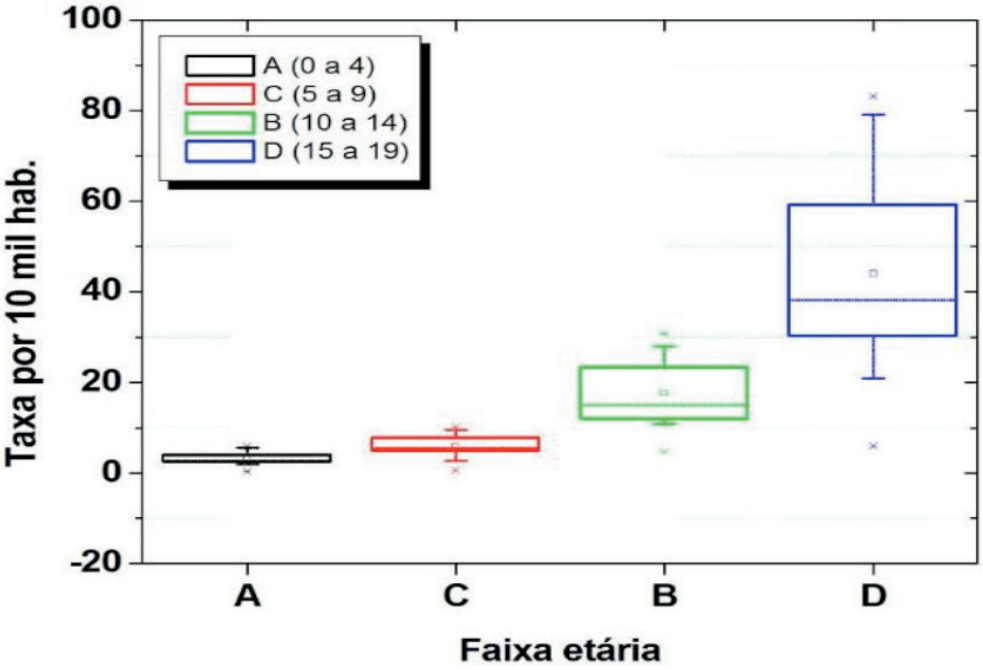


Figura 7 - Box plot das taxas de violência por 10.000 habitantes, segundo faixa etária para o período de 1998-2009.

Fonte: NIEVS/UEFS. Dados processados pelos autores.

A série temporal da variável objeto de estudo desta pesquisa em seus níveis de estratificação (geral, sexo, raça/cor da pele e faixa etária) não apresentaram correlação serial segundo teste de Durbin-Watson (D-W > 0,05) (Tabela 2). Contudo, independente destes resultados, foi utilizado o modelo de regressão linear simples com correção de Prais Winsten.

A Variação Percentual Anual (VPA) mostra que todos os resultados observados foram estatisticamente significativos e crescentes avaliando-se as linhas de tendência. A taxa de violência contra crianças e adolescentes apresentou uma VPA de 13,5% ($\beta_1 > 0$; p-valor < 0,05) passando de 11% em 1998 para 37% em 2009, com 95% de confiança (Tabela 2 e Figura 2).

Ao se analisar as tendências dos coeficientes de violência por sexo, verificou-se que os homens tiveram uma maior VPA 19,7%, ($\beta_1 > 0$ e p-valor <0,05) com um incremento que passou de 9,1% em 1998 para 45,2% em 2009 e o feminino 7,7%, ($\beta_1 > 0$ e p-valor <0,05), acrescendo de 13,7% em 1998 para 29,5% em 2009. Estas variações foram estatisticamente significativas ao nível de 5% (Tabela 8 e Figura 13).

	VPA (%)	IC*	β1	valor-p	R²	*D-W*	Tendência
Geral	13,5	5,8 ; 22	1,1	0,003	0,990	0,400	Crescente
Sexo							
Masculino	19,7	11 ; 30	1,2	0,000	0,985	0,400	Crescente
Feminino	7,7	1,1 ; 15	1,1	0,026	0,990	0,200	Crescente
Raça/cor							
Branco	15,1	-2,8 ; 36	1,2	0,100	0,620	0,200	Crescente
Negro	13,1	5,4 ; 21	1,1	0,003	0,988	0,412	Crescente
Faixa Etária							
0 a 4	9,2	-1,7; 21	1,1	0,100	0,800	0,800	Crescente
5 a 9	13,5	3,4; 25	1,1	0,010	0,930	0,500	Crescente
10 a 14	9,8	3,5; 16	1,1	0,000	0,990	0,400	Crescente
15 a 19	15,7	7,2; 25	1,2	0,000	0,990	0,500	Crescente

Tabela 2 - Variação Percentual anual da Taxa de ocorrências de violência em crianças e adolescentes na zona urbana de Feira de Santana proporcional à faixa etária, por 10 mil habitantes no período de 1998-2009.

Fonte: NIEVS/UEFS. Dados processados pela autora. Notas: IC denota os limites do intervalo de confiança da VPA com 95% de confiança. β_1 o coeficiente angular do modelo de regressão linear simples. E p-valor o valor descritivo do teste t do coeficiente angular. R² é caracterizado como o coeficiente de determinação do modelo de regressão. D-W representa o nível descritivo do teste correlação serial de Durbin Watson ou teste de correlação serial do modelo adotado.

E no que se refere à raça/cor negra, a VPA foi de 13,1 ($\beta_1 > 0$ e p-valor $< 0,05$) e seu crescimento foi de 13,8% em 1998 para 42% em 2009, já a raça/cor branca apesar de ter apresentado uma VPA, relativamente maior que a negra 15,15% ($\beta_1 > 0$ e p-valor $> 0,05$) e incremento de 2,5% em 1998 para 7% em 2009, não apresentou significância estatística, pois além de o p-valor ter sido maior que 0,05 também apresentou o Intervalo de Confiança com valor negativo (Tabela 2 e Figura 4).

No que tange a VPA da faixa etária as mesmas também apresentaram tendência crescente destacando-se o período referente a adolescência pois enquadrou as maiores taxas 10 a 14 anos VPA 9,8% ($\beta_1 > 0$ e p-valor $< 0,05$), com crescimento de 10,9% em 1998 para 24% em 2009 e 15 a 19 $\beta_1 > 0$ e p-valor $< 0,05$), aumento de 21% em 1998 para 83% em 2009. Na faixa referente à infância pode-se enfatizar a faixa de 5 a 9 anos com VPA 13,5 ($\beta_1 > 0$ e p-valor $< 0,05$) incremento de 2,75% em 1998 para 10,2% em 2009, todas estatisticamente significativas ao nível de 5%. A faixa de 0 a 4 anos sofreu a mesma distinção da raça/cor branca, ou seja, não apresentou significância estatística ($\beta_1 > 0$ e p-valor $> 0,05$) (Tabela 2 e Figura 5).

Ao proceder a análise da distribuição espacial da violência contra crianças e adolescentes na zona urbana do município de Feira de Santana entre 1998 e 2009. Nas figuras 8 e 9 observa-se que existe algum grau de correlação entre os bairros mais populosos e os mais violentos e os menos populosos e os menos violentos.

Contudo, encontram-se dentre estas localidades os que se destacam por serem pouco populosos e com índices significativos de violência. Merecem destaque

evidência os bairros: Capuchinhos, Sobradinho, Sim, Campo do Gado Novo e Chácara São Cosme. Vale ressaltar que os mesmos ou são bairros centrais (Capuchinhos, Sobradinho e Chácara São Cosme) ou estão muito próximos do centro (Sim e Campo do Gado Novo).

Observa-se ainda que o fato de um bairro ser bastante populoso, não significa dizer que o mesmo esteja classificado entre os mais violentos. É o caso do Parque Ipê, da Brasília e da Gabriela cujo quantitativo de crianças e adolescentes ultrapassa os cinco mil habitantes (Figura 10) e estão distribuídos entre centro e periferia. E, destaca-se a Lagoa Salgada que apesar de ter uma população razoavelmente alta (aproximadamente duas mil crianças e adolescentes) e ser periférico é o último colocado na classificação decrescente.

De modo geral, os bairros que registraram as maiores taxas médias de violências contra crianças e adolescentes foram: Tomba, Campo Limpo, Rua Nova, Queimadinha, Mangabeira, Calumbi, Muchila, Jardim Cruzeiro, Pedra do Descanso e Conceição. Sete destes encontram-se dentre os dez mais populosos. Já os que apresentaram os menores indicadores foram: Cidade Nova, Asa Branca, Parque Getúlio Vargas, Limoeiro, Olhos D'água, Serraria Brasil, Aeroporto, Cruzeiro, Nova Esperança e Lagoa Salgada, todos distribuídos entre centro e periferia (Figuras 8, 9 e 10).

A partir da análise do mapa de distribuição ano a ano (Figura 11), infere-se que no primeiro triênio (1998,1999,2000), os maiores índices de violência contra crianças e adolescentes ocorreram no Campo Limpo, Mangabeira, Muchila, CASEB e Tomba. Destacando o bairro Muchila que apresenta os mesmos índices elevados em cada ano separado, os outros apresentam este mesmo padrão pelo menos em 2 anos do período.

Para o segundo triênio observa-se uma concentração maior ainda no Campo Limpo e Tomba, mais a Queimadinha que se destaca em todos os anos. Ou seja, nos primeiros seis anos da série a violência contra crianças e adolescentes concentrou-se em bairros específicos, porém dispersos entre centro e periferia. Enquanto que proporcionalmente, algum desses são os mais populosos, com exceção do CASEB que mesmo tendo uma população de crianças e adolescentes relativamente pequena chama atenção pela presença em todo período de altos índices de violência (Figura 11).

No terceiro triênio, Campo Limpo, Queimadinha e Tomba se firmam em todos os três anos, acrescidos da Rua Nova que surge nesse período de forma alarmante se destacando pelo crescimento gradativo desde o primeiro ano da série. Por fim, no último triênio começam a surgir bairros com elevação nos números de violência, dos quais até então não apareciam, porém já mostravam um determinado avanço, são eles: Calumbi e Pedra do Descanso, mais Queimadinha e Rua Nova (Figura 11).

O segundo semestre (2004 a 2009) então mostra uma ascensão de bairros não tão populosos, mais centrais e vizinhos, fugindo das características que se destacaram no primeiro semestre cuja concentração focava apenas no fato de a população ser relativamente alta. Observa-se também que alguns bairros estiveram sempre destacados independente do triênio que se tratava: Campo Limpo, Queimadinha e Tomba (Figura 11).

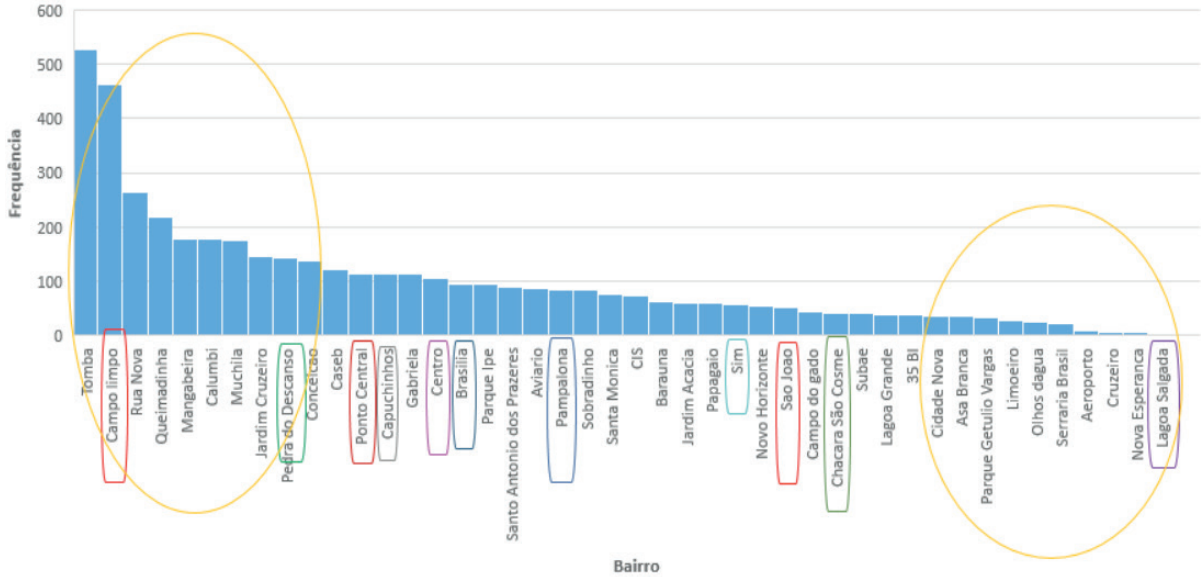


Figura 8 – Distribuição das ocorrências de violência por bairros da zona urbana do município de Feira de Santana em ordem decrescente de 1998-2009.

Fonte: NIEVS/UEFS. Dados processados pela autora.

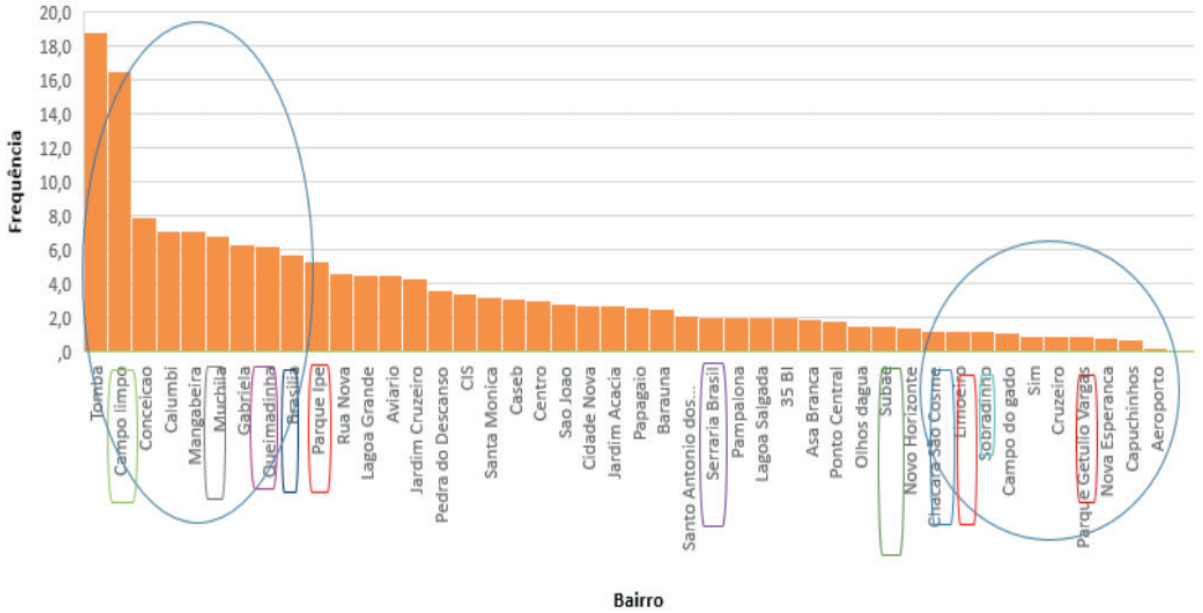


Figura 9 – Quantitativo populacional de crianças e adolescentes em milhar por bairros da zona urbana do município de Feira de Santana em ordem decrescente de 1998- 2009.

Fonte: NIEVS/UEFS. Dados processados pelos autores.

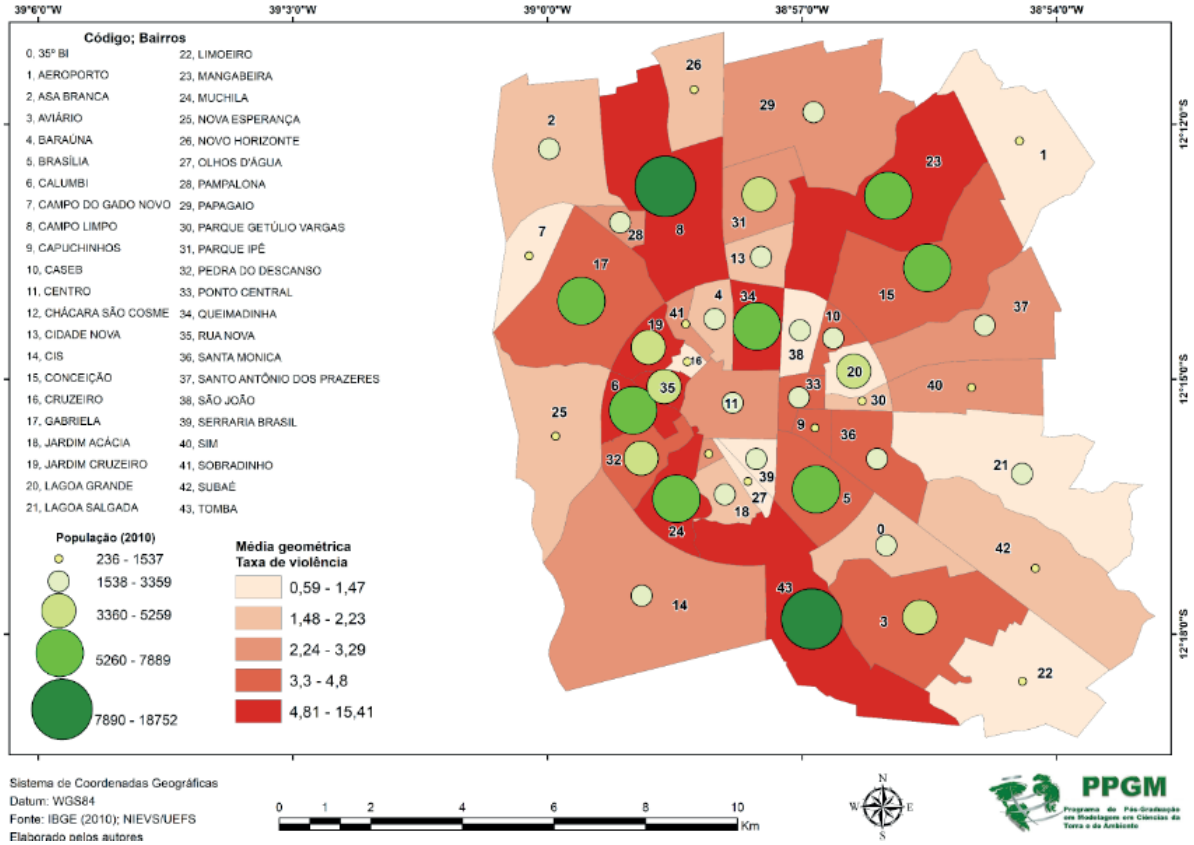


Figura 10: Distribuição espacial da média das taxas de violência contra crianças e adolescentes por contingente populacional para a faixa etária na zona urbana do município de Feira de Santana de 1998-2009.

Fonte: NIEVS/UEFS. Dados processados pelos autores.

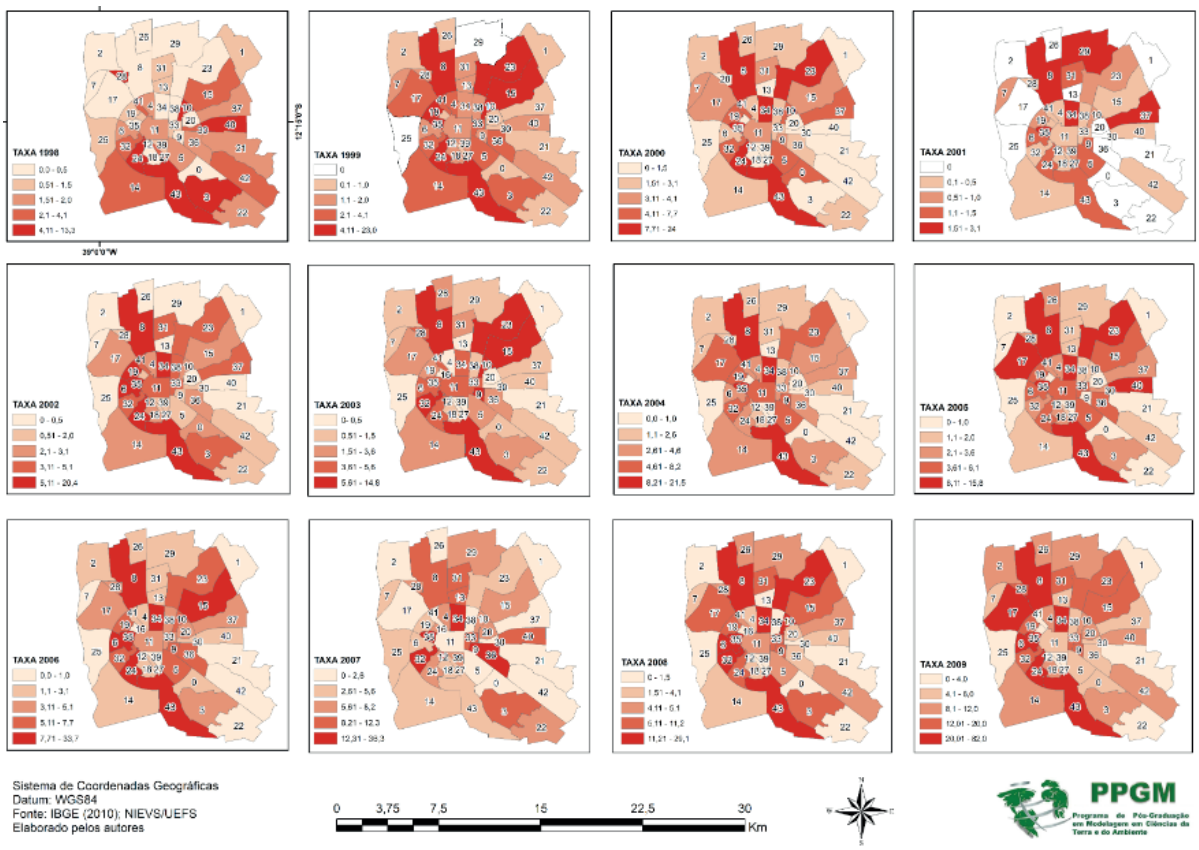


Figura 11: Distribuição espacial ano a ano das taxas de violência contra crianças e adolescentes na zona urbana do município de Feira de Santana de 1998-2009.

Fonte:NIEVS/UEFS. Dados processados pelos autores.

4 I DISCUSSÃO

O estudo apresenta limitações, principalmente relacionadas à qualidade dos dados, especialmente em se tratando da utilização de dados secundários. Estes susceptíveis a erros referentes a transcrição e diagnostico e ainda ao fato de não ser possível identificar casos reincidentes. Contudo, os resultados tornam-se pertinentes, já que podem servir de indicadores da violência que acomete crianças e adolescentes.

Percebemos que as violências são a primeira etapa de um ciclo contínuo em que crianças e adolescentes estão expostos desde a primeira infância, cujo desfecho pode estar de certa forma ligado ao óbito. A UNICEF (2017), esclarece que grande parte dos atentados contra crianças e adolescentes não acontecem em países que estão em conflito, como Síria entre outros e sim em países da América Latina e do Caribe, em especial o Brasil que está entre os países com as maiores taxas de homicídio contra crianças e adolescentes.

Para a análise das tendências temporais, foi possível caracterizar o comportamento das taxas anuais de violência, considerando os fatores raça/cor da pele, sexo e faixa etária. Em que a taxa média de violência contra crianças e adolescentes no período em estudo foi de 21,5 por 10.000 habitantes elevada, se comparada ao estado da Bahia que apresenta taxa de 27 por 100.000 e Nacional de 18,1 (ABRINQ, 2017).

Evidenciou-se também que as taxas das ocorrências de violência em crianças e adolescentes na zona urbana do município de Feira de Santana entre 1998 e 2009 em se tratando do sexo, raça/cor da vítima e faixa etária sofreram elevações constantes, em especial para o sexo masculino de raça/cor negra, e na faixa entre 10 e 19 anos com tendência crescente.

Porque observamos que adolescentes negros tendem a sofrer mais com a violência, infere-se que essas condições desempenham um papel bastantes explicativos no campo das desigualdades sociais. Contudo, deve ser esclarecido que o ser negro e ainda estar aderido ao agravante da pobreza tem herança histórica, na produção dessas desigualdades (ARAÚJO, 2010).

Como justificativa ao que foi observado acima pode-se ainda acordar com Araújo (2010), quando a mesma retrata que uma das teorias que explicam essa condição é de que os recursos de uma comunidade podem determinar a qualidade de vida de seus moradores. Visto que, o contexto social, a escassez de recursos, a intervenção mínima ou inexistência do governo bem como o local de residência teria grande influência na perpetuação intergeracional das desigualdades sociais

(ARAÚJO, 2010).

Com isso o crescimento dos índices de violência contra crianças e adolescentes estão de fato vinculados aos fatores individuais como raça/cor da pele, sexo e faixa etária. Estudos internacionais (FINKELHOR, et al., 2015; GLOBAL REPORT, 2017) nacionais (WAISELFISZ, 2012;2013;2015; NEVES; GARCIA, 2015; NUNES, 2016; UNICEF, 2017) e, Regionais (ARAÚJO, 2009; SOUSA, 2015), mostram que as taxas de violência em adolescentes do sexo masculino e negros são quase três vezes maiores que em brancos. Estes ainda tendem a viver em condições de desigualdade seja social, educacional ou de renda sob constante presença do tráfico de drogas e do uso indiscriminado de substâncias psicoativas e álcool, bem como desemprego e segregação urbana.

Dessa forma podemos considerar que existe uma linha tênue separando as ocorrências de violência para ambos os sexos, pois, um padrão aponta diferenças distintas entre estes, observadas nas características relacionadas à faixa etária (onde as meninas tendem a sofrer mais com as violências na infância enquanto que os meninos a vivenciam com maior intensidade na adolescência) como apontam alguns estudos quanto ao tipo de violência sofrida (ARAÚJO, 2010; NEVES; GARCIA, 2015; SOUSA, 2015; FINKELHOR, et al., 2015; CALZA, et al., 2016; NUNES, 2016; ROCHA,2016, FERNANDES, 2017).

O Mapa da Violência (2012) mostra que a tendência histórica das taxas por causas externas (acidentes e violência) para os jovens é de ir diminuindo seu ritmo de crescimento, porém nas três últimas décadas o que ocorreu foi um aumento global de 21,8% no número de vítimas e de 14,3% nas taxas. Já no Brasil as taxas para jovens, cresceu cerca de 17,2% por 100.000 habitantes entre 2005 e 2015. (WAISELFISZ, 2012; CERQUEIRA, 2017)

Com base no texto acima, os achados deste estudo apontam para dados importantes relacionados a Variação Percentual Anual (VPA), pois estes mesmo não possuindo uma estabilidade relativa (menor média e menor variação) apresentaram tendência crescente equiparando com outros estudos (WAISELFISZ, 2012; WAISELFISZ, 2015; GLOBAL REPORT, 2017).

E, segundo Amaral et al (2015) em uma pesquisa realizada também tendo como unidade de análise o município de Feira de Santana, foi observado que “existindo um crescimento ou decrescimento na série de violência na infância e adolescência, este comportamento tende a ocorrer a longo prazo”.

Na distribuição espacial das taxas de violência contra crianças e adolescentes, foi observado que os bairros mais próximos geograficamente não necessariamente têm taxas análogas, porém, com características socioespaciais semelhantes (bairros populares e sem infraestrutura adequada) e que dentre os bairros mais populosos nem todos estão entre os mais violentos e que bairros de alta condição socioeconômica

estão entre os que apresentam as maiores taxas como Capuchinhos, Santa Monica e SIM, contrariando a teoria da criminalização da pobreza corroborando com Paixão (2009), Moura (2011) e Barros (2014).

Nessa perspectiva Williams e Collins (2001), abordam a coesão social, justificando que este seja um fator de proteção contra a violência. Argumentando-se que regiões geográficas, cujos habitantes são próximos uns dos outros tanto na perspectiva social quanto cultural, e que esta proximidade seja a longo prazo, os mesmos tendem a formar uma rede protetora contra o tráfico de drogas e o homicídio. Ou seja, aspectos subjetivos como sentimentos e emoções também caracterizam fatores contributivos na propagação ou proteção da violência (ARAÚJO, 2010; WILLIAMS e COLLINS, 2001)

O estudo de Paixão (2009) já apontava que os bairros vistos como mais violentos em Feira de Santana: Rua Nova, Queimadinha e Calumbi, estão entre os mais populosos e localizam-se no centro da cidade o que desmitifica o pensamento de que apenas bairros periféricos integram a linha de frente da violência seja contra crianças ou adolescentes ou da população de modo geral.

Por um lado, apesar de encontrar diversos trabalhos que justificam a ocorrência de bolsões de pobreza devido aos processos de produção urbana, que promovem segregação sócio espacial e, portanto, criam espaços com baixa qualidade de infraestrutura urbana e altas taxas de violência. Por outro lado, em espaços com população com renda maior a violência contra crianças e adolescentes também é observada (FERREIRA, 2005). Além disso, pode-se afirmar que o município de feira de Santana não se enquadra na lógica Centro-periferia ou de outras teorias clássicas da geografia urbana, isto é, há bairros onde pobreza e riqueza convivem com certa proximidade sem ser possível distinguir estes limiares.

Tais resultados indicam uma situação de vulnerabilidade do município quanto a perpetuação e controle da violência, sabendo-se que está se faz presente em todos as fases da vida humana independente do bairro de residência das vítimas. E estas características são reforçadas quando sustenta-se a continuação deste ciclo priorizando a recuperação ante a prevenção de danos.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da modelagem estatística e espacial permitiram identificar aspectos e padrões na dinâmica da violência. A pesquisa aponta que o grupo mais vulnerável as violências sofridas são adolescentes negros do sexo masculino.

Os produtos cartográficos gerados, ofereceram um olhar diferenciado sobre a violência contra crianças e adolescentes, mostraram outra dimensão da criminalidade, indo além do que apresentam os dados temporais, já que esse estudo também

contemplou o papel do espaço urbano nos processos de produção e reprodução da violência e identificou os bairros onde essas taxas são maiores ou menores. Este conhecimento poderá agregar valor estratégico para prevenção e enfrentamento mais eficazes da violência contra crianças e adolescentes.

Os resultados deste trabalho ainda corroboram com outros estudos dentro da mesma temática, excetuando-se em alguns aspectos, mas os poucos aspectos discrepantes podem ser devidos a utilização de diferentes fontes de dados. Desse modo, identificou-se na zona urbana do município de Feira de Santana que meninos, adolescentes e negros foram os que apresentaram as maiores taxas de violência.

Esta pesquisa demonstrou, que as teorias de construção do espaço urbano e territorialização da violência, em parte, não se aplicam na cidade de Feira de Santana. Dessa forma, novos trabalhos sobre este fenômeno devem ser melhor estudados.

Por fim, espera-se então que o presente estudo ofereça alguma forma de visibilidade à violência sofrida por crianças e adolescentes no município de Feira de Santana e outras localidades do país. E que acrescente à literatura aspectos que contribuam para o monitoramento e enfrentamento das questões referentes a este tema tão pertinente, possibilitando mudanças nos padrões de enfrentamento e combate em todos os ambientes, sejam estes, o lar, a escola, a comunidade ou a internet.

6 I AGRADECIMENTOS

Aos grupos de pesquisa da Universidade Estadual de Feira de Santana: Bioestatística da UEFS, Modelagem e Estudo de Sistemas Complexos, Núcleo Interdisciplinar de Estudos Sobre Desigualdades em Saúde (NUDES) e ao Núcleo Interdisciplinar de Estudos sobre Vulnerabilidade e Saúde (NIEVS). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

FUNDAÇÃO ABRINQ. Taxa de homicídio de crianças de adolescentes (para cada 100 mil habitantes). Observatório da Criança e do Adolescente, 2017. Disponível em: https://observatoriocrianca.org.br/cenario-infancia/temas/violencia. Acesso em: 23/02/2018.

AMARAL, M.T.R. et al. **Autocorrelações das séries temporais de violência na infância e adolescência em Feira de Santana – BA.** Anais. SOLABIMA. São Paulo. 2015.

ANTUNES, J.L.F; CARDOSO, M.R.A. **Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos.** Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, 24(3):565-576, jul-set 2015.

ARAÚJO, E.M. et al. **Diferenciais de raça/cor da pele em anos potenciais de vida perdidos por causas externas.** *Rev. Saúde Pública.* 43(3): 405-412. 2009.

ARAUJO, E.M. et al. **Distribuição espacial da mortalidade por homicídio e desigualdades sociais segundo a raça/cor em um espaço intraurbano no Brasil.** *Rev. bras. epidemiol.* [online], vol.13, n.4, pp.549-560. ISSN 1415-790X, 2010.

ARAÚJO EM, OLIVEIRA NF. Et al. **Mortalidade masculina no estado da Bahia, regiões Nordeste e Sudeste do Brasil no período de 2000 a 2009.** BIS: Boletim do Instituto de Saude [online]. 2012 ago;14(1).

AZEVEDO, FIX. **Estimativas de mortalidade infanto-juvenil para as mesorregiões do Brasil para o decênio 2000/2010.** (Dissertação). Centro de Ciências Exatas e da Terra – UFRN, 164f. 2016.

BARROS, APS. AZEVEDO, ACJ. et al. **A espacialização da violência urbana: uma abordagem sobre a territorialização perversa da violência no bairro do Barreiro em Belém do Pará.** Anais. VII CBG. Espírito Santo, 2014.

BRASIL _____. OPAS. **Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações / Rede Interagencial de Informação para a Saúde - Ripsa.** – 2. ed. –Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 349 p.: il. 2008

BRASIL_____. **Acidentes e Violências.** Ministério da Saúde. Publicado: Sexta, 01 de setembro de 2017. Disponível em: http://portalms.saude.gov.br/saude-de-a-z/acidentes-e-violencias. Acessado em: 12/05/2018.

CALZA, TZ., et al. **Direitos da criança e do adolescente e maus-tratos:** epidemiologia e notificação. *Rev. SPAGESP* 17(1): 14-27. 2016.

CAPEL, H. **La morfologia de las Ciudades.** Sociedad, cultura y paisaje urbano. Barcelona: Ediciones del Serbal, v.1. 544 p. 2002.

CERQUEIRA, D; LIMA, RS. *et al.* **Atlas da Violencia 2017.** Rio de Janeiro: IPEA; 2017.

FERNANDES, ARB. **Mortalidade por homicídios no Brasil: diferenciais segundo raça/cor da pele entre 2005 a 2014.** (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva – UEFS/Bahia, 2017.

FERREIRA. P., et al. **Análise de Séries Temporais em R:** um curso introdutório. Rio de Janeiro: Elsevier; Ed.1, 264p. 2017.

FINKELHOR D., et. al. **Prevalence of Childhood Exposure to Violence, Crime, and abuse** Results From the National Survey of Children's Exposure to Violence. *JAMA Pediatr.* 169(8):746-754. 2015.

FOX, J. **The R Commander: A Basic-statistics Graphical user interface to R.** Journal of Statistical Software, v. 14, 2005.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica.** São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

LEITE, AR. **Previdência Social: fatores que explicam os resultados.** (Dissertação)– Programa de Pós-Graduação em Administração – PUC/RIO , Rio de Janeiro, 2007.

LIMA, G. M. **Geoprocessamento** e Análise Criminal: associação entre tráfico de drogas e vulnerabilidade socioeconômica na zona urbana de Feira de Santana no período de 2006 a 2011. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Modelagem – UEFS/ Bahia, 2014.

MOHR, F. Package 'prais'. **Prais-Winstein estimation procedure for AR(1) serial correlation.** Version 0.1.1. 2015.

MOURA, CLA; ARAÚJO, EM. et al. **Mortes por causas externas: Modelagem através de geotecnologia dos homicídios ocorridos no perímetro urbano da cidade de Feira de Santana-Ba no período de 2000-2005.** Anais. SBSR/INPE. Paraná, p. 8365-8372, 2011.

NEVES, ACM ; GARCIA, LP. **Mortalidade de jovens brasileiros : perfil e tendências no período 2000 a 2012.** *Epidemiologia Serviços de Saúde.* Brasília, v 24, n 4, p. 595 – 606, 2015.

NUNES AJ. Sales MCV. **Violência contra crianças no cenário brasileiro.** *Ciência e saúde coletiva* 21(3): 871-880. 2016.

PAIXÃO, F ; SANTANA, G. Et al. **Análise espacial da violência urbana no município de Feira de Santana – Bahia.** Anais. 12º EGAL. Uruguai, p. 1-14, 2009.

PRAIS, S. J.; WINSTEN, CB. **Trend estimators and serail correlation.** Chicago ; 1954.

SEILER, M. J. **Performing financial studies: a methodological cookbook.** Ed. Prentice Hall, ISBN 0-13-047981-0, 2004.

GLOBAL REPORT. **Ending Violence in Childhood: Know Violence In Childhood.** Lopez Design. Nova Deli; Índia. 2017

SOUSA HL. Costa MCO. et al. **Violências perpetradas em crianças e adolescentes: incidências ao início e final de uma década.** *Adolesc. Saúde*, Rio de Janeiro: 2930; 74-82. 2015.

UNICEF. A Familiar Face: **Violence in the lives of children and adolescentes**. United Nations Children's Fund. New York, 2017.

VILLAÇA, F. **Espaço Intraurbanos no Brasil.** São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln, Institute, 1998.

WILLIAMS, DR; COLLINS, C. **Racial residential segregation: a fundamental cause of racial disparities in health.** Public Health Rep 2001; 116(5): 404-16.

WAISELFISZ, J.J. **Mapa da violência 2012: Crianças e adolescentes do Brasil.** Rio de Janeiro: Flacso Brasil. 2012.

WAISELFISZ, J.J. **Mapa da violência 2013: mortes matadas por armas de fogo.** Rio de Janeiro: Flacso Brasil. 2013.

WAISELFISZ, J.J. **Mapa da violência 2014: os jovens do Brasil.** Brasília: Njobs Comunicação, 2014.

WAISELFISZ, J,J. **Mapa da violência 2015: Adolescentes de 16 e 17 anos no Brasil.** Rio de Janeiro: Flacso Brasil. 2015.

WAISELFISZ, J.J. **Mapa da violência 2016: homicídio por armas de fogo no Brasil.** Rio de Janeiro: Flacso Brasil. 2016.

WAISELFISZ, J J. **Homicídios de Crianças e Adolescentes no Brasil.** Instituto Igarapé. Flacso Brasil, 2017.

CAPÍTULO 14

EMULSÕES DE QUITOSANA/GELATINA COM ÓLEOS DE ANDIROBA E DE PRACAXI: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA SOBRE *Staphylococcus aureus*

Data de aceite: 17/03/2020

Murilo Álison Vigilato Rodrigues
Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo
São Carlos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/0536186820832325

Crisiane Aparecida Marangon
Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia, EESC/FMRP/IQSC - Universidade de São Paulo
São Carlos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/3496308007885274

Pedro Marcondes Freitas Leite
Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo
São Carlos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/1279432334160139

Virginia da Conceição Amaro Martins
Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo
São Carlos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/4717806403299857

Marcia Nitschke
Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo
Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia, EESC/FMRP/IQSC - Universidade de São Paulo
São Carlos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/8348645460666798

Ana Maria de Guzzi Plepis
Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo
Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia, EESC/FMRP/IQSC - Universidade de São Paulo
São Carlos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/0797302759648052

RESUMO: Controlar infecções é uma preocupação no tratamento de ferimentos. Materiais para cicatrização cutânea com óleos vegetais se justificam por estes conterem ácidos graxos livres atuantes na quimiotaxia, angiogênese e controle microbiano. Foi avaliado o efeito da adição dos óleos de andiroba (OA) e pracaxi (OP) ao gel quitosana/gelatina (QG) sobre sua atividade antimicrobiana frente à Staphylococcus aureus e sua capacidade de formar emulsões estáveis e filmes. A estabilidade das emulsões foi comprovada pela preservação da viscosidade após estocagem. As fotomicrografias dos filmes revelaram morfologia lisa com presença de protuberâncias, além de excesso de óleo sobre a superfície. Os óleos não apresentaram atividade antimicrobiana, enquanto o valor de CIM para QG foi de 31,2 µg mL^{-1}. A emulsão QGOP apresentou a mesma atividade antimicrobiana revelada por QG, enquanto a emulsão QGOA apresentou um

valor menor de CIM (15,6 µg mL^{-1}), o que indica efeito sinérgico com a inclusão do OA.
PALAVRAS-CHAVE: Quitosana, óleo de pracaxi, óleo de andiroba, *Staphylococcus aureus*.

CHITOSAN/GELATIN EMULSIONS WITH ANDIROBA AND PRACAXI OILS: EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY AGAINST STAPHYLOCOCCUS AUREUS

ABSTRACT: Infection control is a key-feature in the treatment of wounds. The development of materials for cutaneous wounds containing vegetable oils is justified by the presence of free fatty acids in these oils. The effect of adding oils andiroba (OA) and pracaxi (OP) to the chitosan/gelatin gel (QG) was evaluated with respect to its antimicrobial activity against Staphylococcus aureus ATCC 25923 and ability to form stable emulsions and films. The stability of the emulsions was confirmed by the viscosity conservation after stock 7 days. The micrographs showed a smooth surface for films, as well as excess of oil in some points. Antimicrobial activity for the oils was not found and the MIC and MBC values for QG were 31.2 µg mL^{-1}. QGOP emulsion had the same antimicrobial activity revealed by QG, while QGOA presented a lower MIC value (15.6 µg mL^{-1}), indicating a possible synergistic effect with the addition of OA.
KEYWORDS: Chitosan, andiroba oil, pracaxi oil, *Staphylococcus aureus*.

1 I INTRODUÇÃO

A pele é o órgão do corpo humano que cobre externamente toda sua extensão. Suas funções são termorregulação, percepção e proteção, atuando como barreira física a agentes físicos, químicos e biológicos (CARDOSO et al., 2011). Um agente biológico responsável por infecções que podem levar inclusive à morte é a bactéria Gram-positiva *Staphylococcus aureus*, encontrada principalmente na pele e em tecidos moles (CHAO-HSUAN et al., 2011).

A cicatrização de feridas cutâneas é um processo complexo que envolve o recrutamento de leucócitos, a inflamação, a angiogênese, a deposição de colágeno, a reepitelização e a remodelação. Uma inadequada recuperação destas lesões pode danificar as funções da pele, como nos casos em que ocorre formação de cicatriz hipertrófica ou até mesmo levar à morte, dependendo das extensões da lesão (CARDOSO et al., 2011; NAYAK et al., 2011).

Conhecidos por sua importância para o sistema imunológico e para o processo de cicatrização, os ácidos graxos livres tendem a apresentar atividade antimicrobiana, atuando por meio de adesão às membranas destes microrganismos de modo a danificar a estrutura de sua parede celular. Vale destacar ainda algumas vantagens do ácido oleico, reconhecido por sua atividade bactericida frente a *S. aureus* e capaz de inibir diversas bactérias Gram-positivas, dentre elas *Staphylococcus aureus*

resistentes à meticilina (CHAO-HSUAN et al., 2011).

Os óleos de pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) e andiroba (*Carapa guianensis*) são óleos vegetais ricos em ácido oleico, sendo extraídos, respectivamente, das sementes e castanhas de suas árvores (BATAGLION et al., 2014; COSTA et al., 2014). Materiais para aplicação em feridas cutâneas devem ser atóxicos, hipoalergênicos, atuar como barreira física, reduzir a resposta inflamatória e manter a umidade no local, de modo a contribuir com a divisão e migração celular, produção de colágeno e angiogênese, portanto, uma opção de aplicação destes óleos é combinando com outros materiais, buscando somar suas propriedades de interesse (FIELD; KERSTEIN, 1994).

A mistura quitosana/gelatina é uma opção para incorporação destes óleos, já que esta é capaz de promover a síntese de componentes da matriz extracelular, melhorar a atividade biológica e promover a adesão e migração celular (THEIN-HAN et al., 2009; YANG et al., 2010).

Esse estudo busca avaliar a atividade antimicrobiana de emulsões de quitosana/gelatina/óleo de andiroba e quitosana/gelatina/óleo de pracaxi contra *S. aureus*, visando sua futura aplicação em infecções cutâneas, além de verificar a estabilidade destas emulsões e sua capacidade de formação de filmes.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Obtenção da quitosana

A quitosana (com grau de acetilação 7,4 ± 0,4% e massa molecular média de 3,5 x 10^5 g mol^{-1}) foi obtida a partir de gládios de lulas *Doryteuthis* spp. por meio de desproteinização e desacetilação (HORN; MARTINS; PLEPIS, 2009). Uma solução de quitosana 1% foi preparada por diluição em ácido acético 1%.

2.2 Obtenção do gel de gelatina

O gel de gelatina 1% foi preparado por dissolução de gelatina comercial (Sigma®, tipo A) em água, seguido de gelatinização com aquecimento a 60ºC durante 30 min.

2.3 Óleos de andiroba e pracaxi

Os óleos de andiroba e pracaxi utilizados foram adquiridos de Phytoterápica® com números de lote, respectivamente, POVA15.01 e POP15.01.

2.4 Preparo das emulsões

A mistura quitosana/gelatina (QG) foi preparada pela mistura de 10% (em massa) de gelatina à solução de quitosana sob agitação mecânica por 30 min. Os óleos

foram diluídos a 20% em acetona para adição lenta ao gel QG por gotejamento. As emulsões de quitosana/gelatina/óleo de andiroba (QGOA) e quitosana/gelatina/óleo de pracaxi (QGOP) foram preparadas, respectivamente, pela mistura de 0,25% dos óleos OA e de OP ao gel QG sob agitação mecânica constante por 2 h.

2.5 Estabilidade das emulsões

Os ensaios de fluxo foram feitos em reômetro de deformação controlada AR-1000N (TA Instruments), com geometria cone-placa de 20 mm, ângulo de 2° e *gap* de 69 μm. Logo após o preparo e desaeração das emulsões os ensaios foram feitos com variação da taxa de cisalhamento de 0,1 a 1000 s^{-1} a 25 °C, sendo repetidos nas mesmas condições após sete dias de estocagem a 4°C.

2.6 Preparação e caracterização dos filmes

Os filmes foram produzidos pelo método de *casting*. Após desaeração das emulsões, as amostras foram vertidas em moldes de Teflon® e secas em fluxo de ar.

Medidas de espessura: a espessura dos filmes foi medida com micrômetro (M110-25, Mitutoyo Mfg. Co., Ltd., Japão). Foram feitas medidas em dez diferentes pontos de cada amostra que foram utilizadas para o cálculo dos valores médios de espessura.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV): os filmes foram cortados e fixados em suportes e recobertos com uma fina camada de ouro de 6 nm de espessura, em um metalizador Coating System BAL-TEC MED 020 (BAL-TEC, Liechtenstein) com pressão de $2{,}00 \times 10^{-2}$ mbar na câmara, corrente de 60 mA e taxa de deposição de 0,60 nm/s. As fotomicrografias foram obtidas em um microscópio da marca ZEISS modelo LEO-440 (Cambridge, England) com detector OXFORD (modelo 7060), operando com feixe de elétrons de 20 kV.

2.7 Atividade antimicrobiana

Linhagem e condições de crescimento: Staphylococcus aureus (ATCC 25923) foi mantida em caldo extrato de levedura triptona de soja (TSYEB) acrescidos de 20% de glicerol e armazenada em freezer a -20 ºC. A linhagem de *S. aureus* foi semeada em placas de ágar extrato de levedura triptona de soja (TSYEA) e incubada por 24 h a 37 ºC.

Teste de atividade antimicrobiana: os ensaios para determinação da concentração inibitória mínima (CIM) dos óleos OC e OB, do gel QG e das emulsões QGOC e QGOB frente à linhagem de *S. aureus* foram feitos utilizando-se a técnica de microdiluição em caldo segundo metodologia estabelecida pelo *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI, 2012). Os ensaios de atividade antimicrobiana

foram feitos com no mínimo três repetições independentes. A partir das concentrações das amostras que não apresentaram crescimento visual no teste de CIM foi possível analisar a concentração bactericida mínima (CBM).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

As emulsões mostraram-se homogêneas e com coloração esbranquiçada, não apresentando separação de fases visualmente perceptível após sete dias de estocagem a 4°C. Contudo, uma forma mais segura de se confirmar a estabilidade de emulsões consiste em comparar seu comportamento reológico antes e após estocagem (PRESTES et al., 2009). A Figura 1 apresenta as curvas de fluxo para as emulsões com óleo de andiroba e de pracaxi em comparação com a mistura quitosana/gelatina.

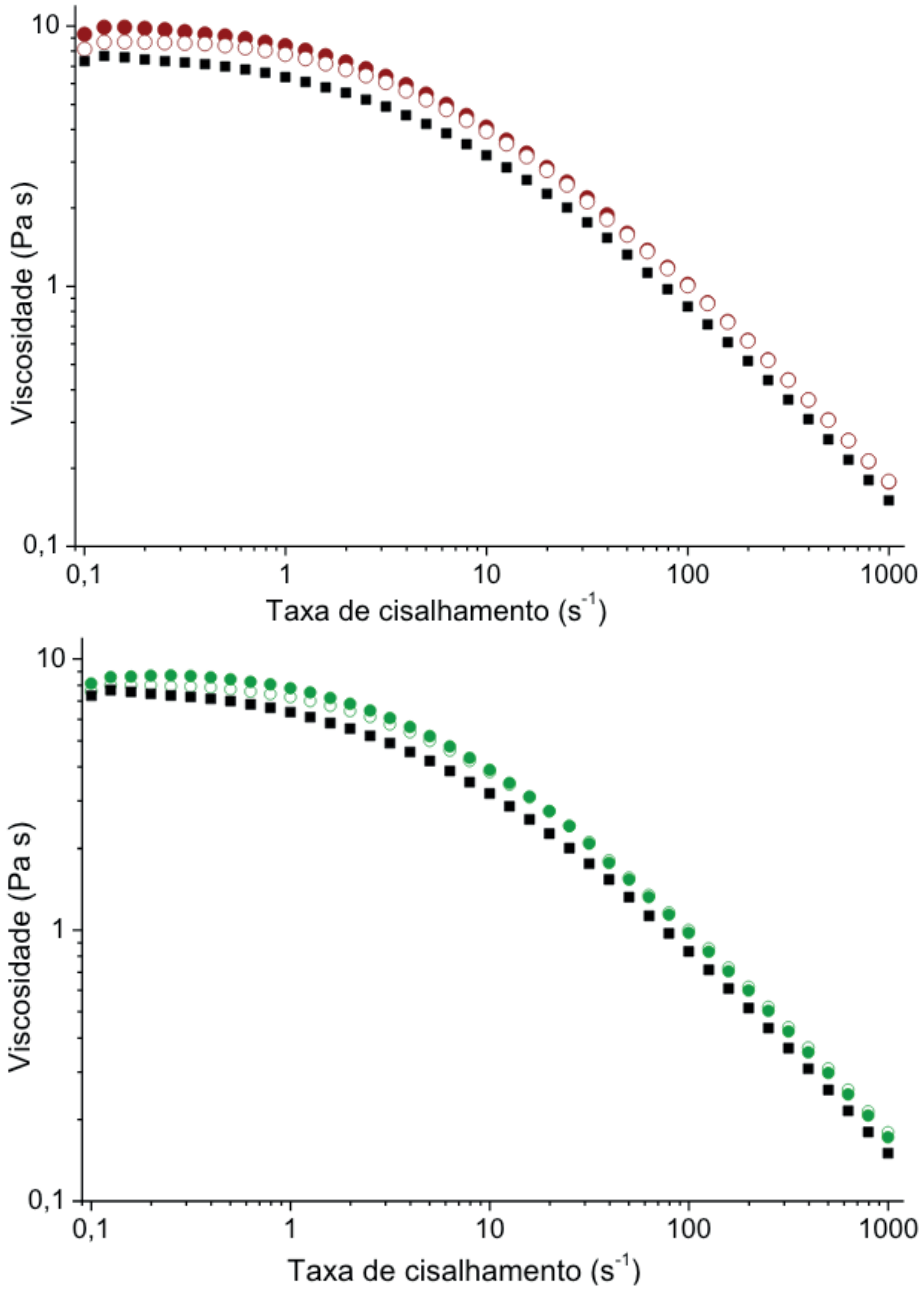


Figura 1 – Viscosidade em função da taxa de cisalhamento para QG (□), QGOA (● 0 h e ○

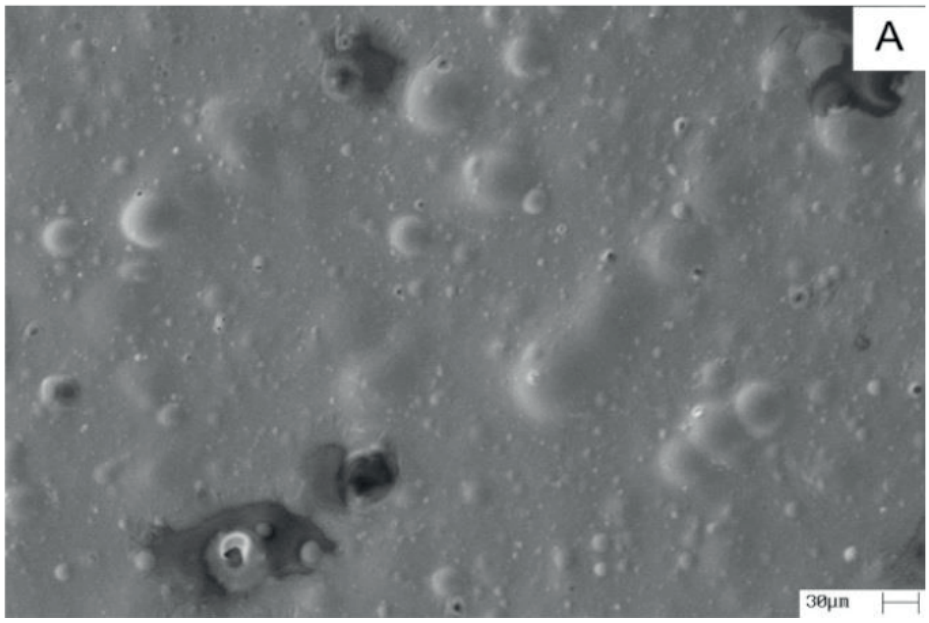
após estocagem) e QGOP (● 0 h e ○ após estocagem).

Os ensaios de fluxo revelaram um comportamento Newtoniano a baixas taxas de cisalhamento (0,1 a 0,7 s^{-1}) para todas as amostras. Contudo, para maiores valores da taxa de cisalhamento foi observado um comportamento pseudoplástico, ou seja, uma redução da viscosidade em função do aumento da taxa de cisalhamento. Este efeito é relacionado principalmente ao desemaranhamento e à organização das cadeias poliméricas da quitosana e gelatina em solução (VIGILATO et al., 2015).

Foi comprovada a estabilidade das emulsões QGOA e QGOP após sete dias de estocagem em geladeira pela preservação do comportamento reológico das amostras. Ainda é possível notar que a adição dos óleos levou a um pequeno aumento na viscosidade das amostras, efeito mais acentuado na amostra com óleo de andiroba. Este resultado pode estar relacionado com a presença nestes óleos de ácidos graxos insaturados como os ácidos oleico e linoleico, que devem atuar aumentando o emaranhamento das cadeias poliméricas e, portanto, dificultando o escoamento.

Os filmes preparados a partir das emulsões apresentaram aparência homogênea com coloração esbranquiçada. Sua espessura média foi de 0,06 ± 0,01 mm e 0,07 ± 0,01 mm para QGOA e QGOP, respectivamente.

As fotomicrografias destes filmes (Figura 2) obtidas por MEV revelaram uma superfície com morfologia lisa, com protuberâncias esféricas semelhantes a vesículas de óleo e presença de excesso de óleo sobre algumas regiões. Portanto, fica evidente que a formulação proposta não é adequada para a produção de filmes, necessitando de uma maior concentração dos componentes da matriz polimérica para completa retenção do óleo no interior dos filmes após secagem.



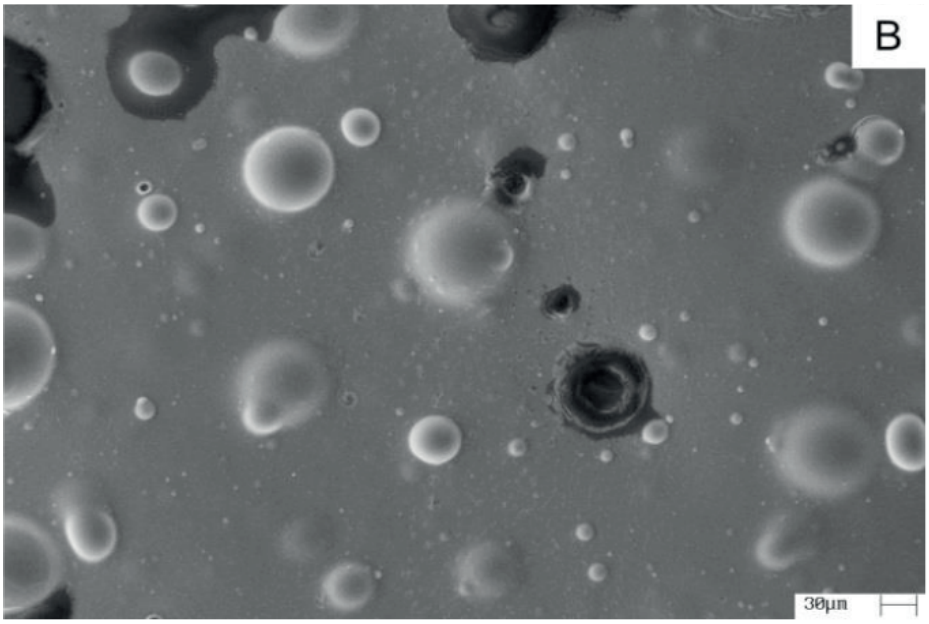


Figura 2 – Fotomicrografias dos filmes (A) QGOA e (B) QGOP. Aumento de 500x.

Nos testes de atividade antimicrobiana os valores de CIM contra *S. aureus* para os óleos, o gel QG e as emulsões encontram-se na Tabela 1. Tanto OA quanto OP não apresentaram atividade até 2000 μg mL^{-1} (Figura 3), contrariando a expectativa de atividade antibacteriana devido à riqueza de ácido oleico em ambos os óleos (CHAO-HSUAN et al., 2011).

Amostra	OA	OP	QG	QGOP	QGOA
CIM (μg mL^{-1})	>2000	>2000	31,2	31,2	15,6

Tabela 1 – Atividade antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*.

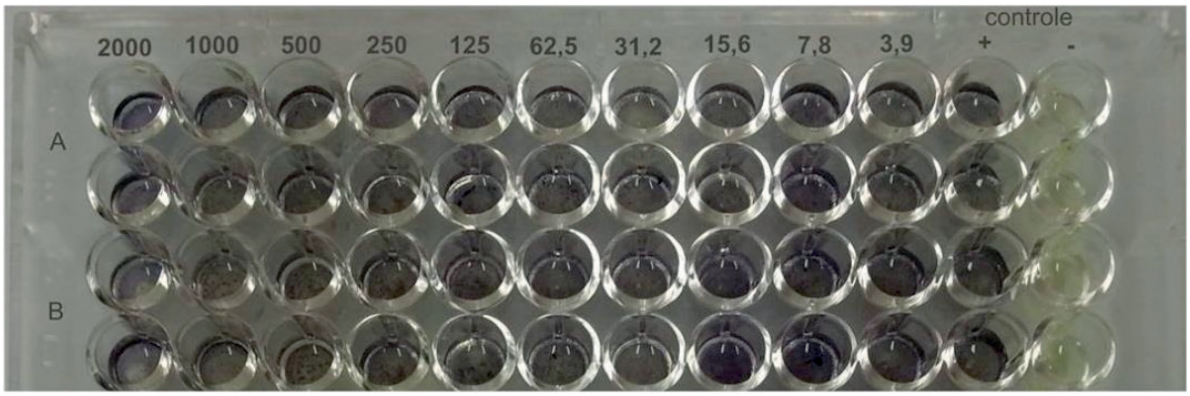


Figura 3 – Ilustração da determinação da CIM para (A) óleo de pracaxi e (B) óleo de andiroba contra *S. aureus*.

O gel QG (Figura 4) apresentou valor de CIM de 31,2 μg mL^{-1}, comprovando sua ação antimicrobiana. Esses resultados estão em concordância com os resultados apresentados por Pereda et al. (2011), que avaliaram a atividade antimicrobiana de soluções formadoras de filmes de quitosana, gelatina e da mistura quitosana/

gelatina, reportando efeitos sinérgicos com a combinação dos polímeros tanto contra *E. coli* quanto contra *L. monocytogenes*, uma bactéria Gram-positiva. O mecanismo de atividade antimicrobiana defendido pelos autores para a quitosana é o de que os grupos amino carregados positivamente desta interagem com os grupos carregados negativamente das membranas celulares bacterianas, levando à liberação do conteúdo intracelular. Na gelatina a presença de grupos amino também é a razão indicada para a atividade observada.

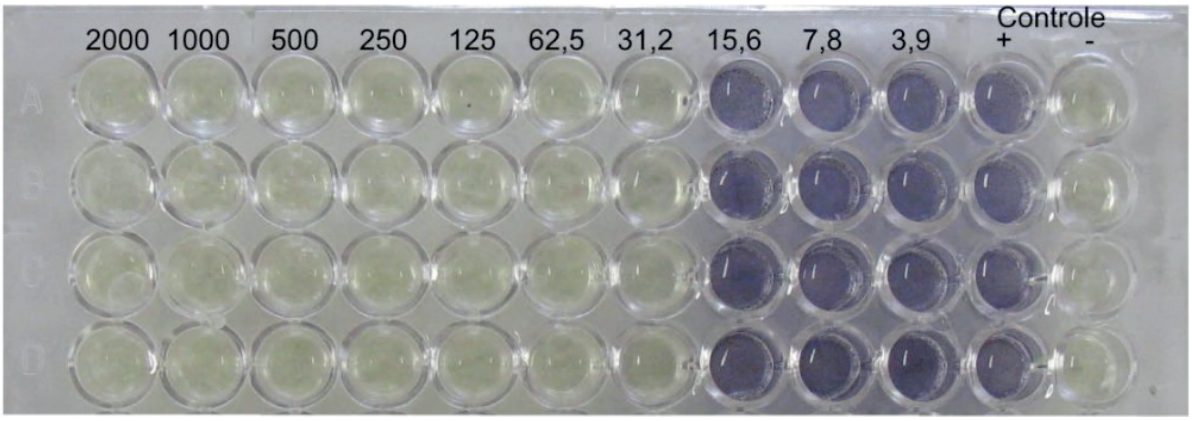


Figura 4 – Ilustração da determinação da CIM para o gel de quitosana/gelatina contra *S. aureus*.

A emulsão QGOP mostrou a mesma atividade que a observada para o gel QG (CIM de 31,2 μg mL^{-1}), indicando ausência da contribuição de OP para a atividade observada. Leal et al. (2011) reportaram a atividade antibacteriana de extratos do tronco do pracaxi contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, contudo, a composição destes extratos difere consideravelmente da composição do óleo de pracaxi, o que explica a divergência com nossos resultados.

Por fim, a emulsão QGOA apresentou efeito antimicrobiano com redução na concentração necessária para inibir o crescimento bacteriano (CIM de 15,6 μg mL^{-1}), sugerindo um possível efeito sinérgico (Figura 5), apesar de não haver registros na literatura de comprovação do efeito antibacteriano isolado do OA.

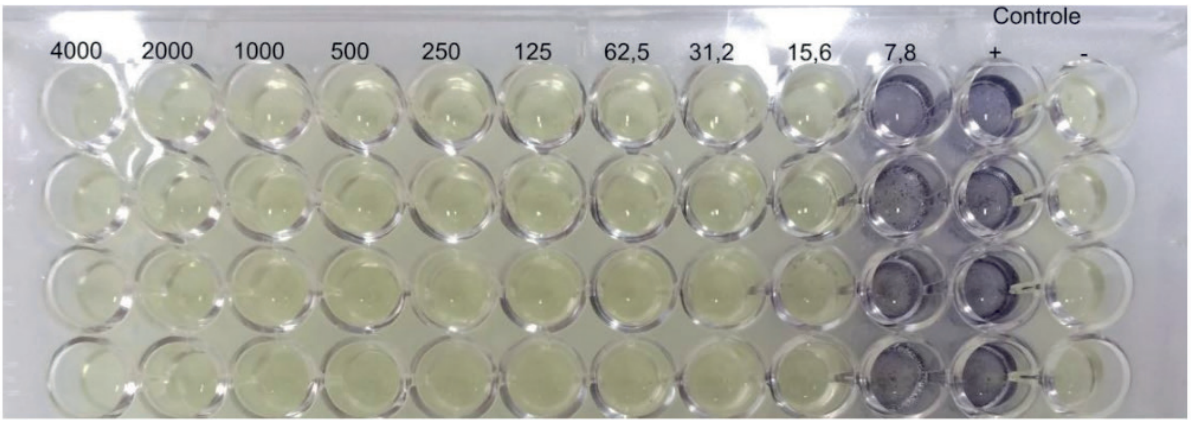


Figura 5 – Ilustração da determinação da CIM para a emulsão de quitosana/gelatina/óleo de andiroba contra *S. aureus*.

4 I CONCLUSÃO

Apesar das emulsões terem se mostrado estáveis na formulação proposta, os filmes apresentaram excesso de óleo. As emulsões apresentaram atividade antimicrobiana e embora ambos os óleos sejam compostos de ácidos graxos livres e tendam a apresentar atividade antimicrobiana, atuando por meio de adesão às membranas destes microrganismos, somente foi observado possível efeito sinérgico com o óleo de andiroba. As emulsões tem potencial para aplicação em estudos de cicatrização cutânea.

5 I AGRADECIMENTOS

M. A. V. R. agradece ao CNPq pela bolsa concedida. C. A. M. agradece a CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIA

BATAGLION, G.A.; SILVA, F.M.A.; SANTOS, J.M.; SANTOS, F.N.; BARCIA, M.T.; LOURENÇO. C.C.; SALVADOR, M.J.; GODOY, H.T.; EBERLIN, M.N.; KOOLEN, H.H.F. Comprehensive characterization of lipids from Amazonian vegetable oils by mass spectrometry techniques. Food Research International, v. 64, p. 472-481, 2014.

CARDOSO, C.R.; FAVORETO-JR., S.; OLIVEIRA, L.L.; VANCIM, J.O.; BARBAN, G.B.; FERRAZ, D.B.; SILVA, J.S. **Oleic acid modulation of the immune response in wound healing: A new approach for skin repair**. Immunobiology, v. 216, n. 3, p. 409-415, 2011.

CHAO-HSUAN, C.; WANG, Y.; NAKATSUJI, T.; LIU, Y.-T.; ZOUBOULIS, C.C.; GALLO, R.L.; ZHANG, L.; HSIEH, M.-F.; HUANG, C.-M. **An innate bactericidal oleic acid effective against skin infection of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: A therapy concordant with evolutionary medicine**. Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 21, n. 4, p. 391–399, 2011.

CLSI. **Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically: Approved Standard** – 9th ed. CLSI document M07-A9. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012.

COSTA, M.N.F.S.; MUNIZ, M.A.P.; NEGRÃO, C.A.B.; COSTA, C.E.F.; LAMARÃO, M.L.N.; MORAIS, L.; SILVA-JÚNIOR, J.O.C.; COSTA, R.M.R. **Characterization of *Pentaclethra macroloba* oil**. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry., v. 115, n. 3, p. 2269-2275, 2014.

FIELD, C.K.; KERSTEIN, M.D. **Overview of wound healing in a moist environment**. The American Journal of Surgery, v. 167, n. 1A(suppl), p. 2S-6S, 1994.

HORN, M.M.; MARTINS, V.C.A.; PLEPIS, A.M.G. **Interaction of anionic collagen with chitosan. Effect on thermal and morphological characteristics**. Carbohydrate Polymers, v. 77, n. 2, p. 239-243, 2009.

LEAL, I.C.R.; JÚNIOR, I.I.; PEREIRA, E.M.; LAPORT, M.S.; KUSTER, R.M.; SANTOS, K.R.N. ***Pentaclethra macroloba* tannins fractions active against methicillin-resistant staphylococcal and Gram-negative strains showing selective toxicity**. Revista Brasileira de Farmacognosia., v. 21, n. 6,

p. 991-999, 2011.

NAYAK, B.S.; KANHAI, J.; MILNE, D.M.; PEREIRA, L.P.; SWANSTON, W.H. **Experimental evaluation of ethanolic extract of *Carapa guianensis* L. leaf for its wound healing activity using three wound models**. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, v. 2011:419612, 2011.

PEREDA, M.; PONCE, A.G.; MARCOVICH, N.E.; RUSECKAITE, R.A.; MARTUCCI, J.F. **Chitosan-gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity**. Food Hydrocolloids, v. 25, n. 5, p. 1372-1381, 2011.

PRESTES, P.S.; RIGON, R.B.; CORRÊA, N.M.N.; LEONARDI, G.R. **Avaliação da estabilidade físico-química de emulsão acrescida de uréia dispersada, ou não, em propilenoglicol**. Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, v. 30, n. 1, p. 47-53, 2009.

THEIN-HAN, W.W.; SAIKHUN, J.; PHOLPRAMOO, C.; MISRA, R.D.K.; KITIYANANT, Y. **Chitosan–gelatin scaffolds for tissue engineering: Physico-chemical properties and biological response of buffalo embryonic stem cells and transfectant of GFP–buffalo embryonic stem cells**. Acta Biomaterialia, v. 5, n. 9, p. 3453–3466, 2009.

VIGILATO, M.A.; HORN, M.M.; MARTINS, V.C A.; PLEPIS, A.M.G. **Rheological study of gels based on chitosan and carbon nanotubes**. Brazilian Journal of Thermal Analysis, v. 4, n. 1, p. 35-38, 2015.

YANG, J.; WOO, S.L.; YANG, G.H.; WANG, J.M.; CUI, L.; LIU, W.; CAO, Y.L. **Construction and clinical application of a human tissue-engineered epidermal membrane**. Plastic and Reconstructive Surgery, v. 125, n. 3,
p. 901-909, 2010.

CAPÍTULO 15

ANÁLISE DO POTENCIAL DOS ARENITOS DA FORMAÇÃO FURNAS PARA USO COMO AREIA INDUSTRIAL

Data de aceite: 17/03/2020

Ricardo Maahs
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre – RS

Ericks Henrique Testa
Prefeitura Municipal de Santa Maria, Santa Maria – RS

RESUMO : A areia industrial possui alto teor de SiO_2 e granulometria específica, sendo utilizada para usos nobres, como fundição e fabricação de vidro. O propósito desse trabalho foi verificar o potencial do Arenito Furnas (Campo Novo, Paraná) como areia industrial, a partir da caracterização petrográfica, sedimentológica, cor e composicional. Pela petrografia microscópica, composicionalmente o material foi classificado como quartzarenito com caulinita, muscovita, turmalina e óxidos de titânio. A partir da análise granulométrica, constatou–se um padrão unimodal, em sua maioria nos tamanhos areia média e fina. Sob estereomicroscópio, observou-se que os grãos possuem arredondamento angular a subangular e esfericidade boa a média, e a mineralogia é basicamente constituída por quartzo, com traços de turmalina e muscovita. A cor observada é "cinza muito claro", a segunda mais clara da tabela do GSA. A análise química indicou baixos valores de SiO_2 e altos valores de Al_2O_3, o que impede o uso direto desse material como areia industrial. Os resultados obtidos indicam potencialidade dos arenitos da Formação Furnas para uso como areia industrial, porém são necessários processos de beneficiamento específico (para remover impurezas), mistura com areais mais puras ou alguma demanda composicional específica.

PALAVRAS-CHAVE: Sedimentologia, Análise química, Minerais industriais, Mineração.

ABSTRACT : The Industrial sand has a high content of SiO_2 and specific granulometry, which can be used for noble utilities such as casting and glass production. The purpose of this work was to verify the potential of Furnas Sandstone (Campo Novo, Paraná) as industrial sand, based on petrographic, sedimentological, color and compositional characterization. Through microscopic petrographic, the material was classified, as quartzarenite compositional with kaolinite, muscovite, tourmaline and titanium oxides. From the granulometric analysis, a unimodal pattern was verified, with the highest percentages in the medium and fine sand sizes. With stereomicroscope, it is observed that grains are angular to subangular rounding and good to medium sphericity, and the mineralogy is basically quartz, with traces of tourmaline and muscovite. The observed color is "very

light gray", the second lighter in the GSA table. Chemical analyzes indicates SiO_2 as low value and Al_2O_3 as high one, which prevents the rightly uses of this material as industrial sand. The results were a good potential of sandstones from the Furnas Formation for industrial sand, however, they need particular beneficiation processes (to remove impurities), or alternatives as to mix that to purer industrial sand, or to use as a particular compositional demand.
KEYWORDS : Sedimentology, Chemical analysis, Industrial minerals, Mineration.

1 I INTRODUÇÃO

Areia industrial é um termo genérico aplicado a areias silicosas de alta pureza, com granulometria tipicamente entre 0,5 e 0,1 mm, que são usadas para fabricação de vidro, tinta, borracha e plástico e na indústria cerâmica. Adicionalmente, outras finalidades são em procedimentos de faturamento hidráulico, filtração e como material refratário. (LUZ & LINS, 2008). O potencial de aplicação da areia industrial é determinado pelas "características e propriedades do material, tais como sílica, pureza, composição química, teor de óxidos de ferro, álcalis, matéria orgânica, perda ao fogo, umidade, distribuição granulométrica, forma dos grãos e teor de argila" (AZEVEDO & RUIZ, 1990), e requer uma especificação para cada tipo de finalidade. Por conta disto, depósitos de areia industrial em volumes expressivos e comercialmente viáveis são pouco frequentes e, por isso, alcançam preços mais elevados que areias usadas para construção civil.

O propósito desse trabalho é a caracterização dos arenitos da Formação Furnas na Região de Campo Novo, Paraná, Brasil, a fim de verificar se os atributos observados permitem seu uso como areia industrial.

2 I CONTEXTO GEOLÓGICO E ÁREA DE ESTUDO

A Formação Furnas, definida por OLIVEIRA (1912), pertence à Supersequência Paraná da Bacia do Paraná (MILANI, 1997), constitui um sistema de canais fluviais entrelaçados gradando para uma plataforma marinha rasa que se depositou no Eodevoniano. Segundo DE ROS (1998), essa formação é representada principalmente por arenitos quartzosos brancos, de granulometria tamanho areia média a grossa (e mais pontualmente intercalações de conglomerados), que podem exibir estratificações cruzadas, em ciclos granodescrescentes ascendentes amalgamados.

A área de estudo está localizada no distrito de Campo Novo, na cidade de Piên-PR (Figura 1). Nesta região, a Formação Furnas aflora como um depósito alongado, aproximadamente N-S. Ocorrem em meio a rochas cavas a céu aberto onde se explora areia para a construção civil (Figura 2). Embora seja um depósito

relativamente consolidado, a lavra deste material é realizada basicamente com escavadeira hidráulica e pá carregadeira. A areia “bruta” é então transportada até uma unidade específica de beneficiamento por gravidade.

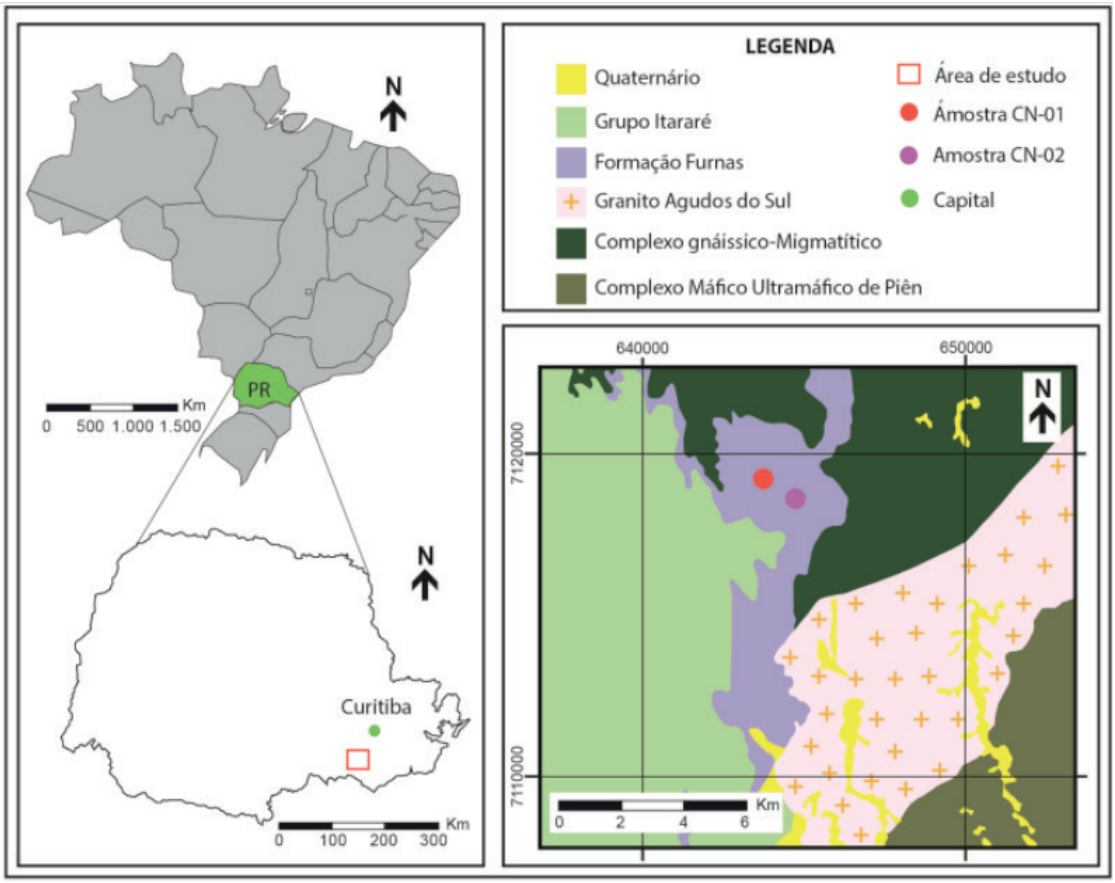


Figura 1. Mapa de localização e geológico simplificado da área de estudo (modificado de ERIOLI & SALAZAR, 2014). Extraído de MAAHS *et al.* (2018).

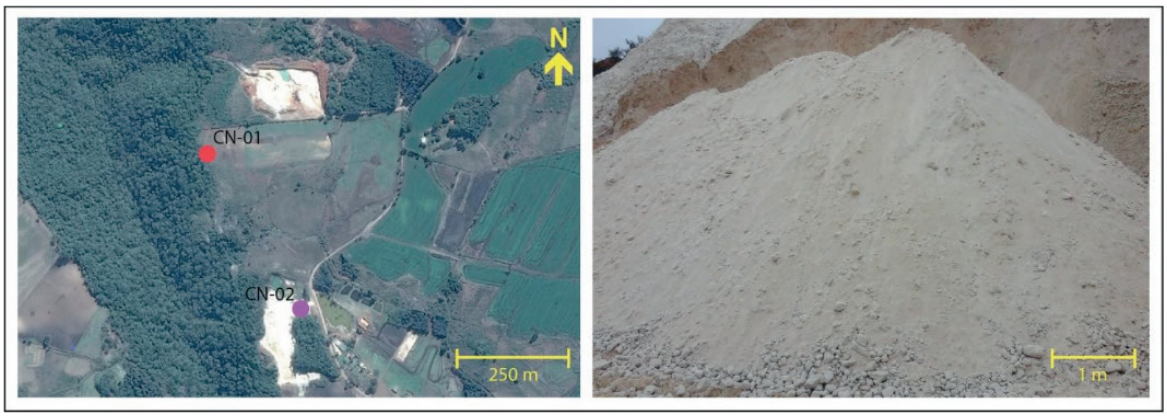


Figura 2. Imagem de satélite com o posicionamento das amostras CN-01 e CN-02; frente de lavra de coleta da amostra CN-02.

3 I MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras do Arenito Furnas foram coletadas em em um testemunho de sondagem (CN-01) e em uma cava a céu aberto (CN-02). Parte da amostra CN-01 foi utilizada para a elaboração de uma lâmina petrográfica, posteriormente descrita em um microscópio óptico de luz polarizada para o reconhecimento geral do material.

Para as etapas seguintes, a preparação das amostras consistiu na desagregação e posterior peneiramento dos materiais. Seguindo os procedimentos do Laboratório de Sedimentologia do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica da UFRGS, as frações peneiradas foram pesadas e, por comparação com o peso total da amostra, foram obtidas as frequências para cada tamanho de grão. Para a representação da distribuição granulométrica, foi elaborado um histograma de tamanho de grão e frequência simples. Em relação ao cálculo das medidas estatísticas, foi elaborada uma curva granulométrica com o auxílio de papel milimetrado semi-logarítmico, com tamanho de grão e frequência acumulada. Os dados obtidos foram examinados segundo a proposta de FOLK & WARD (1957), e, devido ao enfoque deste estudo, os tamanhos de grão finos (silte e argila) não foram analisados. Com o auxílio de um estereomicroscópio com câmera acoplada, a análise morfoscópica e mineralógica foi realizada nos tamanhos areia e grânulo. A cor foi analisada com a utilização de uma tabela de cor padronizada (GSA, 1965). A análise química foi realizada nas granulometrias de areia fina e média - intervalo de tamanho de grão de maior interesse para uso como areia industrial - da amostra CN-01 no Laboratório de Fluorescência de Raios-X da UFRGS.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pela descrição petrográfica a rocha foi classificada como arenito médio, quartzarenito diagenético (subarcósio a arcósio, originalmente), composta predominantemente por grãos de quartzo com crescimentos secundários e forte caulinização dos feldspatos e da muscovita. Além disso, ocorrem grãos remanescentes de muscovita e turmalina. Pontualmente, observaram-se óxidos de titânio (anatásio e leocoxênio) diagenéticos intersticiais. A porosidade é praticamente nula devido, em geral, ao obliteramento dos poros pelos agregados de caulinita intergranular (Figura 3).

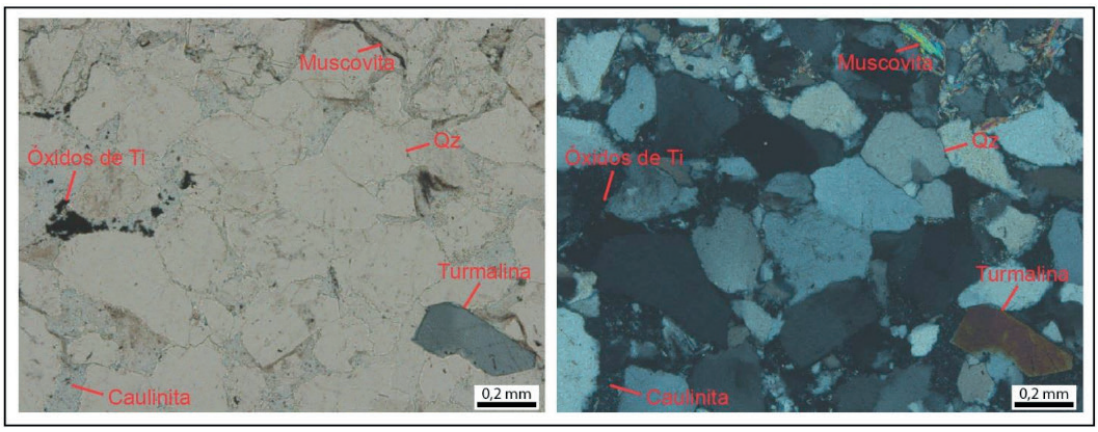


Figura 3. Fotomicrografias da amostra CN-01 com nicóis descruzados (esquerda) e paralelos (direita). Destaque para os grãos de quartzo, muscovita e turmalina, além dos óxidos de titânio (anatásio e leucoxênio).

Já na análise granulométrica, constatou-se que as maiores porcentagens dos materiais analisados concentram-se nos tamanhos de areia média e areia fina (Tabela 1). A fração de finos compõe cerca de 19,45% da amostra, com 14,105% de tamanho silte e 5,310% de tamanho argila. Embora não abordada neste trabalho, segundo MAAHS *et al*. (2018), a fração fina deste material é composta basicamente de caulinita e ilita-muscovita.

Escala (mm)	Escala (φ)	Tamanho de grão	Frequência (%)	
			Simples	Acumulada
2,00	-1	Grânulo	0,4628	0,46528
1,00	0	Areia muito grossa	1,5921	2,0549
0,5	1	Areia grossa	15,9438	17,9987
0,25	2	Areia média	51,3942	69,3929
0,125	3	Areia fina	22,3558	91,7487
0,062	4	Areia muito fina	8,2511	99,9999

Tabela 1. Dados granulométricos dos sedimentos grossos (tamanhos areia e grânulo).

Com a observação do histograma (Figura 4), verificou-se que o material é unimodal com assimetria para os finos. Já com os dados da curva cumulativa (Figura 5), obtiveram-se os parâmetros estatísticos tais como a moda (ϕ=2), mediana (Md=1,7) e tamanho médio (Mz=1,7) em areia média. O desvio padrão (σ1=0,086) indicou que o sedimento é moderadamente selecionado e a assimetria (Sk1= 1,476) é forte para os finos. A angulosidade (βϕ=1,131) da curva cumulativa é leptocúrtica, indicando que a curva de frequência é mais fechada (aguda) em alguma classe granulométrica, o que é verificado também no histograma, com um destaque no tamanho areia média.

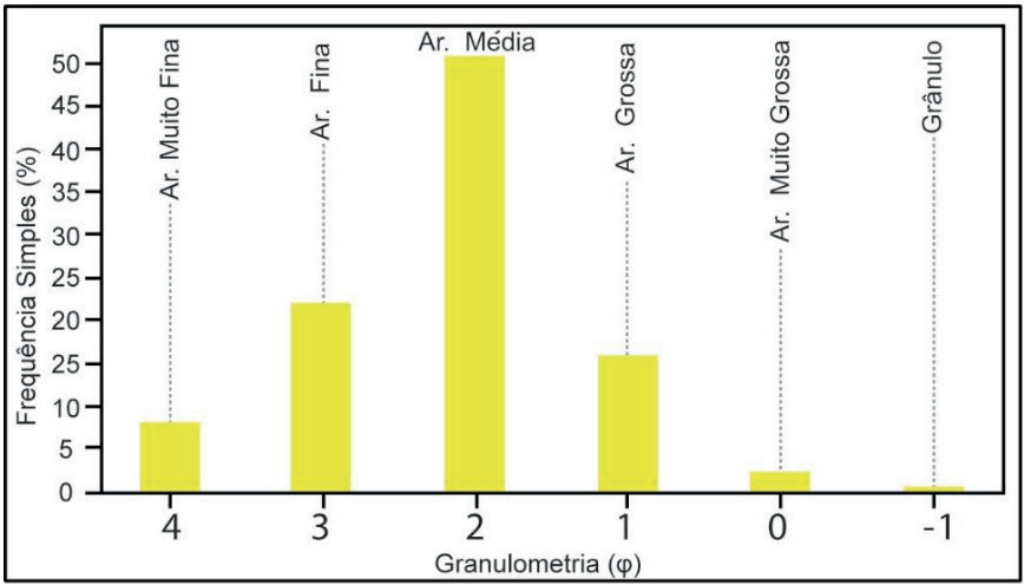


Figura 4. Histograma resultante da granulometria (ϕ) da amostra desagregada.

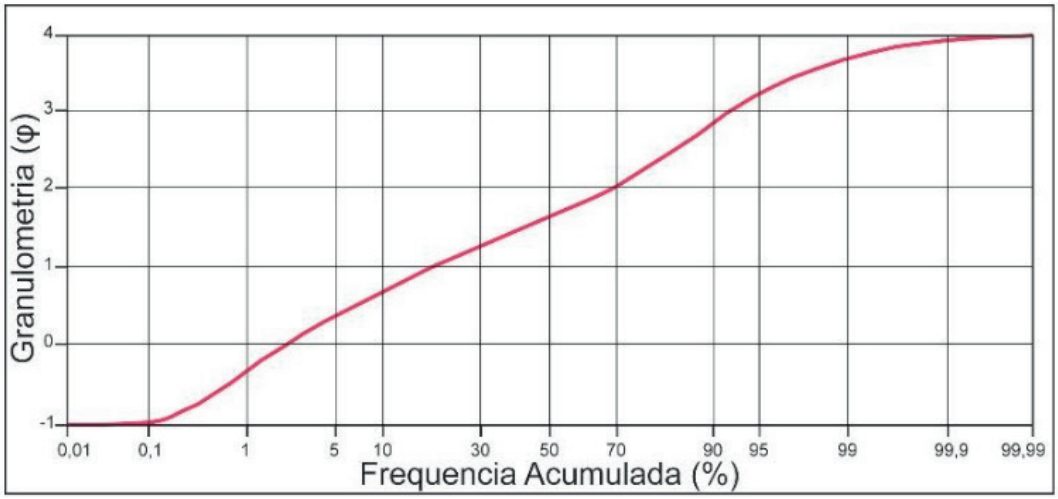


Figura 5. Curva granulométrica cumulativa da granulometria (φ) da amostra desagregada.

Para a utilização de uma areia em uma aplicação especial, a granulometria deve ser homogênea e estreita, normalmente areia fina e média, justamente o que foi observado nos dados obtidos.

Quanto à morfoscopia, constatou-se que a textura superficial é caracterizada por grãos predominantemente polidos (Figura 4), de ornamentação sacaróide e raramente mamelonada. Em geral, os grãos possuem arredondamento angular (75%) a subangular (25%), e a esfericidade é boa a média. Diante dessas características, cabe ressaltar que na produção de vidro, os grãos angulares favorecem o processo de fusão, já que esta se inicia nas pontas e arestas dos grãos (NAVA, 1997). Já para a fundição, visando uma otimização da fusão, é preferível grãos com esfericidade muito boa a boa (LUZ & LINS, 2008).

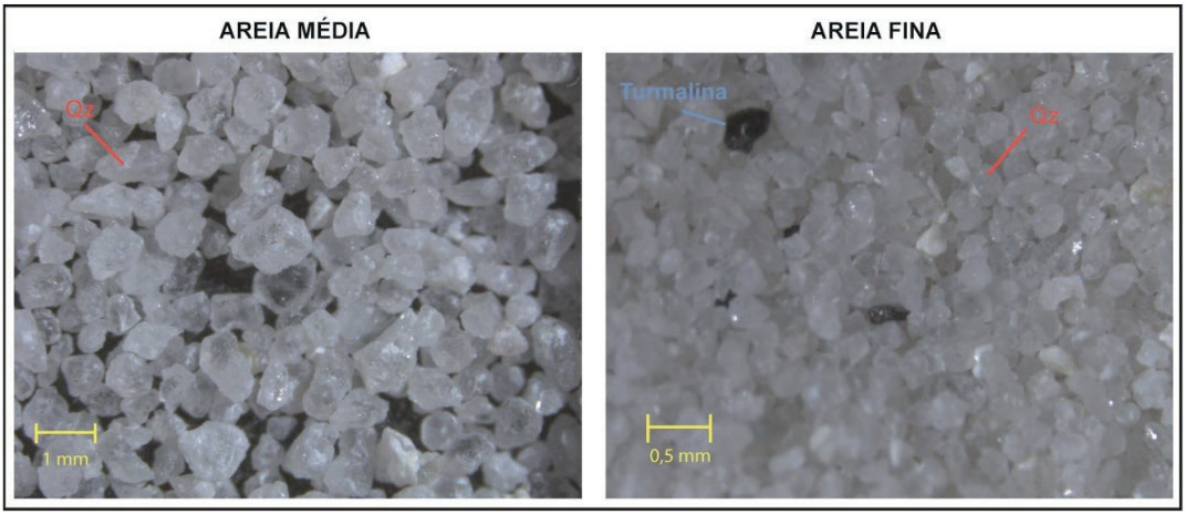


Figura 6. Fotomicrografias das granulometrias areia média e areia fina. Grãos em geral polidos, angulares a subangulares, esfericidade boa a média. Predominam grãos de quartzo e ocorre turmalina na fração areia fina.

Em relação à mineralogia vista em lupa, a amostra é constituída basicamente

por quartzo branco (Figura 4), mais raramente róseo ou fumê, com ausência de feldspatos e minerais máficos (piroxênios, anfibólios, biotita, etc.). Além do quartzo, observaram-se poucos grãos de turmalina (Figura 4) e muscovita, que juntos somam menos de 0,5% do total, principalmente nos tamanhos areia fina e muito fina. Adicionalmente, foi possível observar que alguns grãos possuem caulinita aderida à superfície. O elevado teor de quartzo indica alta pureza em SiO_2, o que, aliado com a ausência de minerais máficos e possivelmente baixo teor de Fe_2O_3, pode favorecer a utilização desse material como areia industrial.

A análise da cor mostrou que o arenito é da cor "cinza muito claro" (*very light gray*), correspondente ao código "N8" da Rock-Color Chart (GSA, 1965). Esta é a segunda cor mais clara da tabela, o que beneficia a utilização do material para areia industrial.

Por outro lado, o resultado da análise química das frações areia fina e média (intervalo de tamanho de grão de maior interesse), da amostra CN-01 (Tabelas 2 e 3), indicou teor de SiO_2 de 94,55%, valor baixo para usos como vidro (>98,5%) e fundição (>98%). Também, na indústria de vidro, teores de Cu e Ni podem produzir defeitos e cores, por isso mesmo como elementos traços eles são prejudiciais (HARBEN & KUZVART, 1996). Neste sentido, na amostra analisada, o teor de Cu foi indetectável (nd), o que contribui para o uso do material, porém o teor de 3,3 ppm de Ni é inapropriado.

Adicionalmente, a porcentagem de SiO_2 apresentada se enquadra nas especificações de uso de areia na indústria cerâmica, que varia pode variar de 93,5 a 99,8%, porém os valores de 4,55% de Al_2O_3 e 0,33% de Fe_2O_3 são bastante superiores aos indicados nas especificações composicionais para esse uso (Al_2O_3 entre 0,035 e 0,70% e Fe_2O_3 entre 0,02 e 0,08%; FERREIRA & DAITX, 2000).

Composto	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	Total
(%)	94,55	4,55	0,09	0,33	nd	nd	0,42	nd	0,04	0,01	99,99

Tabela 2.Composição química dos elementos maiores (em porcentagem) das granulometrias areia fina e areia média da amostra de arenito CN-01, da Formação Furnas.

Composto	Y	Pb	Ni	Cu	Sr	Zr	Zn	Nb	Rb	Cr	Br
ppm	4,3	nd	3,3	nd	7,6	54,3	4,4	2,0	12,7	4,4	24,6

Tabela 3. Tabela 2.Composição química dos elementos traços (em ppm) das granulometrias areia fina e areia média da amostra de arenito CN-01, da Formação Furnas.

5 I CONCLUSÕES

A integração dos dados obtidos através destas análises indica potencial de uso

dos arenitos da Formação furnas como areia industrial. Os dados sedimentológicos e petrográficos inidcaram boa correspondência com o que se espera de uma areia industrial. Por outro lado, a composição química da amostra analisada não mostrou resultados satisfatórios devido, principalmente, a baixa porcentagem de SiO_2 e alta de Al_2O_3. Essa composição está relacionada à presença abundante de caulinita ($Al_2O_3 2SiO_2.2H_2O$) nestes arenitos. Desta forma, o aumento do teor de SiO_2 necessita de de um ou mais processos específicos de beneficiamento mais elaborados (*e.g.* flotação ou métodos gravíticos), no qual se consiga remover impurezas indesejáveis (argilas, óxidos de titânio, etc). Também outra alternativa viável é a mistura da areia industrial produzida por arenitos da Formação Furnas com outras de maior pureza de SiO_2, otimizando as reservas de areias industriais superiores. Ainda, embora existam especificações já estabelecidas, há diversos tipos de areia industrial e cada uma possui suas especificidades, que por vezes se enquadram (e por vezes não) em determinada demanda. Um exemplo é a produção de vidros mais duros, que além de outros componentes, requer a adição de Al_2O_3, geralmente realizada pela inserção de feldspatos (SHEVE & BRINK Jr., 1977). Nesse sentido, os arenitos da Formação Furnas são uma alternativa de mistura para esse tipo de uso, a fim de inserir Al_2O_3. Logo, os arenitos da Formação Furnas têm potencial de produzir areia industrial para algum fim específico em um futuro próximo.

6 I AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Geociências da UFRGS pelo apoio estrutural, à Maahs Areia e Brita pela cedência das amostras estudadas e à Natália Malüe por apoio laboratorial.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, P. B. M. & RUIZ, M. S. **Perfil 3 – Areia, Quartzo e Quartzito Industrial**. In: Mercado Produtor Mineral do Estado de São Paulo, Pró-Minério, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, p. 49-59, 1990.

DE ROS, L. F. **Heterogeneous Generation and Evolution of Diagenetic Quartzarenites in the Siluro-Devonian Furnas Formation of the Paraná Basin, Southern Brazil**. Sedimentary Geology, v.116, n. 1-2, p. 99-128, 1988.

ERIOLI, E. E & SALAZAR JÚNIOR, O. **Mapa Geológico do Estado do Paraná: escala 1: 650.000.** Curitiba. Mineropar, 2014.

FERREIRA, G. C. & DAITX, E. C. **Características e especificações da areia industrial**. Geociências, v. 19, n. 2, p. 235 – 242, 2000.

FOLK, R. L. & WARD, W. C. **Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters**. Journal of Sedimentary Research, v. 27, n. 1, p. 3-26, 1957.

GSA - Geological Society of America. **Rock-Color Chart**, Geological Society of America, New York, ed. 2, 1965.

HARBEN, P. W. & Kuzvart, M. Industrial Minerals: A global geology. Industrial Minerals Information Ltd., London: Metal Bulletin Books PLC, 1996, 445-450.

HARBEN, P. W. & KUZVART, M. **Silica**. In: Industrial Minerals – A global Geology. Industrial Minerals Information Ltd, Metal Bulletim, PLC, London, p. 352-364, 1996,

LUZ, A. B & LINS, F. A. F. **Areia Industrial**. In: LUZ, A. B & LINS, F. A. F. (Eds). Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações. CETEM/MCT, p. 103-123, 2008.

MAAHS, R.; DANI, N.; TESTE, E. H.; COSTA, E. O. **Caracterização dos Argilominerais dos Arenitos da Formação Furnas, Região de Campo Novo-PR.** In: GOMES, I. A. (Org.). Fins da Geologia, Ponta Grossa, PR, Atena Editora, p. 8-12, 2018.

MILANI, E. J. **Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Ocidental.** Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 225p. 1997.

MILANI, E. J., MELO, J. H. G., SOUZA, P. A., FERNANDES, L. A., FRANÇA, A. B. **Bacia do Paraná.** Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, v.15, n. 2, p. 265-287, 2007.

NAVA, N. **Geologia das Areias Industriais**. In: Principais Depósitos Minerais do brasil, v. 4, p. 333-343, 1997.

OLIVEIRA, E. P. **Terreno Devoniano do Sul do Brasil**. Anais da Escola de Minas de Ouro Preto, Ouro Preto, v. 14, p. 31-41, 1912.

SHREVE, R. N. & BRINK Jr. J. A. **Indústrias de Vidro**. In: Indústria de Processos Químicos, v.4, 160-175, 1977.

CAPÍTULO 16

ESTUDO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE BARES E CASAS NOTURNAS DE FREDERICO WESTPHALEN - RS

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 20/01/2020

Bianca Johann Nery
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Frederico Westphalen - RS, http://lattes.cnpq.br/1560007428677337

Carine Andrioli
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Frederico Westphalen - RS, http://lattes.cnpq.br/4026311005782768

Marcelle Martins
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Frederico Westphalen - RS, http://lattes.cnpq.br/0337165856639161

Eduardo Antônio de Azevedo
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Frederico Westphalen - RS, http://lattes.cnpq.br/5828283184896345

Willian Fernando de Borba
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Departamento de Engenharia e Tecbnologia Ambiental - DETA
Frederico Westphalen - RS, http://lattes.cnpq.br/6186488672746432

Bruno Acosta Flores
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Frederico Westphalen - RS, http://lattes.cnpq.br/8334013672242661

RESUMO: Acrescente industrialização instigada pelo capitalismo gera passivos ambientais a cada segundo, sendo que o intenso consumo se configura como a ação capaz de produzir toneladas de embalagens descartáveis de maneira constante. Um dos comércios que gera passivos significativos na sociedade é o de bebidas, estando presentes em bares, pubs, restaurantes e diferentes eventos, configurando-se como um consumo incessante. Na maioria das vezes, são produtos constituídos de materiais recicláveis (alumínio e vidro), tornando o reaproveitamento conveniente, desde que estejam em bom estado e armazenados de forma correta. Tais aspectos – bem como o manejo adequado dos resíduos não recicláveis – podem ser garantidos se o estabelecimento possuir um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), o qual detém aporte na Lei nº 12.305/2010. A Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen manifestou interesse na regulação dos resíduos sólidos produzidos pelos bares e pubs do seu município, visto que são locais muito procurados pelo público jovem e universitário da região. Os PGRS gerados para cada estabelecimento servirão como base para a construção e implementação de novas normas e diretrizes afins de serem aplicadas nos comércios citados. A linha deste projeto é formada por uma série de visitas técnicas aos estabelecimentos com o intuito de coletar

informações acerca do gerenciamento interno e externo dos resíduos, observando a planta do local, capacidade de lotação, volume de sólidos produzidos, periodicidade de eventos, dentre outros aspectos.
PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento. Lei 12.305/2010. Reciclagem.

STUDY ON THE MANAGEMENT OF SOLID WASTE FROM FREDERICO WESTPHALEN - RS BARS AND NIGHT HOUSES

ABSTRACT: The growing industrialization instigated by capitalism generates environmental liabilities every second, and the intense consumption is configured as the action capable of producing tons of disposable packaging on a constant basis. One of the trades that generates significant liabilities in society is that of drinks, being present in bars, pubs, restaurants and different events, configuring itself as an unceasing consumption. Most of the time, they are products made of recyclable materials (aluminum and glass), making reuse convenient, as long as they are in good condition and stored correctly. Such aspects - as well as the proper handling of non-recyclable waste - can be guaranteed if the establishment has a Solid Waste Management Plan (PGRS), which is provided by Law Number 12.305/2010. The Municipality of Frederico Westphalen expressed interest in the regulation of solid waste produced by the bars and pubs in his municipality, as they are places that are highly sought after by the young and university public in the region. The PGRS generated for each establishment will serve as a basis for the construction and implementation of new standards and guidelines to be applied in the aforementioned businesses. The line of this project is formed by a series of technical visits to establishments in order to collect information about the internal and external management of waste, observing the site plan, capacity, capacity of produced solids, frequency of events, among others aspects.
KEYWORDS: Manegament. Law 12.305/2010. Recycling

1 I INTRODUÇÃO

Resultados de estudos disponibilizados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), informa uma produção nacional de resíduos urbanos de cerca de 79,9 milhões de toneladas no ano de 2015 (219 mil toneladas/dia). Estes dados tornam-se um fator preocupante quando relacionado com os custos relativos a destinação adequada que o montante exige, além de espaço e manutenção da atividade necessária para tanto. É necessária uma educação de consumo, além de comprometimento das administrações municipais acerca do que é produzido em seu espaço.

De acordo com Magera (2003), o principal responsável por este aumento na produção de resíduos é, sem dúvida, o produto descartável (embalagens). Sendo que estes detêm uma vida extremamente curta no ciclo de consumo capitalista.

A geração de resíduos é algo cotidiano, sendo que a procura pela conscientização da população deve ser acentuada. O principal objetivo é mover a sociedade em direção a participação e auxílio nos programas estabelecidos nas cidades, denotando a importância de planejamento e ações contínuas por parte das prefeituras municipais (DOMINGUES, 2013).

Assim, este projeto teve como objetivo estudar e avaliar o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de bares e casas noturnas do município de Frederico Westphalen-RS através de levantamento quali quantitativo dos resíduos gerados por esses estabelecimentos.

2 I METODOLOGIA

O projeto foi realizado pelos discentes da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen - RS, e abrangeu as principais casas de entretenimento da cidade, sendo elas: Black Beer, Bier Haus Pub, King Bull Pub, Camuflado, Maria Lúcia Pub, Country Pub e Berlin Club. Os locais elencados formam uma amostra representativa capaz de reproduzir o atual cenário da cidade de Frederico Westphalen no que diz respeito ao gerenciamento de resíduos sólidos em estabelecimentos dessa natureza. O grupo de acadêmicos contou com o apoio direto da Prefeitura Municipal de Frederico Westphalen.

Para a realização da identificação quali quantitativa dos resíduos foram feitas visitas aos estabelecimentos e aplicação de um questionário elaborado pelos componentes do projeto acerca do gerenciamento que as casas noturnas e bares mantêm, além de observações técnicas sobre a infraestrutura dos locais. Identificou-se e pesou-se os resíduos após o fechamento das atividades do local, sendo que foram escolhidos dias específicos em que houve maior circulação de clientes.

Na maioria dos estabelecimentos foi possível realizar a separação dos resíduos conforme a sua classificação (Alumínio, vidro, plástico e rejeito), exceto em um estabelecimento, Berlin, onde foi necessário fazer o quarteamento segundo ABNT (2004, já que os resíduos não estavam segregados. O grupo foi subdividido para realizar o preenchimento individual de cada plano de gerenciamento de resíduos sólidos dos estabelecimentos analisados.

Os materiais utilizados para a realização das atividades foram os seguintes: balança mecânica, luvas, trena, prancheta e sacos de lixo (100 L).

3 I RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE DOS MESMOS

3.1 Caracterização dos Resíduos Sólidos

Conforme a NBR 10004/04 (ABNT, 2004) pode-se classificar os resíduos presentes nos estabelecimentos em classe II B-Inertes (no caso plástico, vidro e alumínio) e classe II A- não inertes (no caso o papel rejeito). Além disso avaliou-se e analisou-se as quantidades de resíduos sólidos gerados em cada um dos estabelecimentos. Conforme as Figura 1 e 2 que caracterizam o estabelecimento Country Pub, as Figura 3 e 4 que caracterizam o estabelecimento *Black Beer* Pub, as Figuras 5 e 6 que dizem respeito ao estabelecimento Maria Lúcia Pub, as Figuras 7 e 8 que caracterizam o estabelecimento Berlim e, por fim, as figuras 9 e 10 que dizem respeito ao estabelecimento King Bull Pub a seguir, pode-se verificar a porcentagem existente de cada material em cada estabelecimento e a massa total de cada tipo de resíduo.

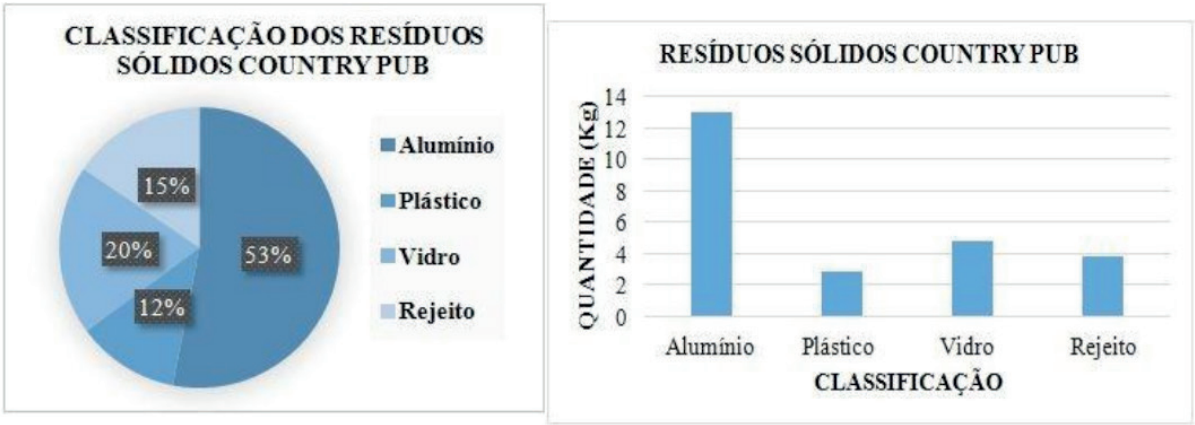


Figura 1 – Classificação dos resíduos sólidos e resíduos sólidos (Kg) Country Pub.

Fonte: os autores.

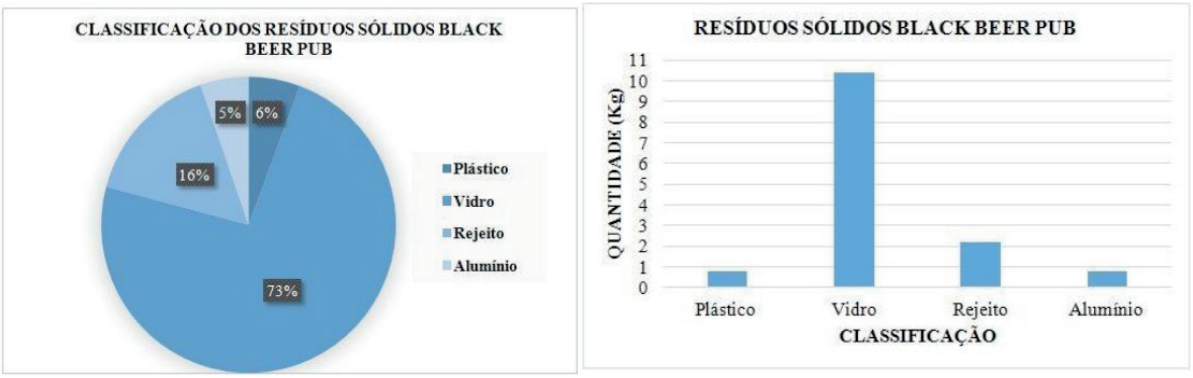


Figura 2 - Classificação dos resíduos sólidos e resíduos sólidos (Kg) Black Beer Pub.

Fonte: os autores.

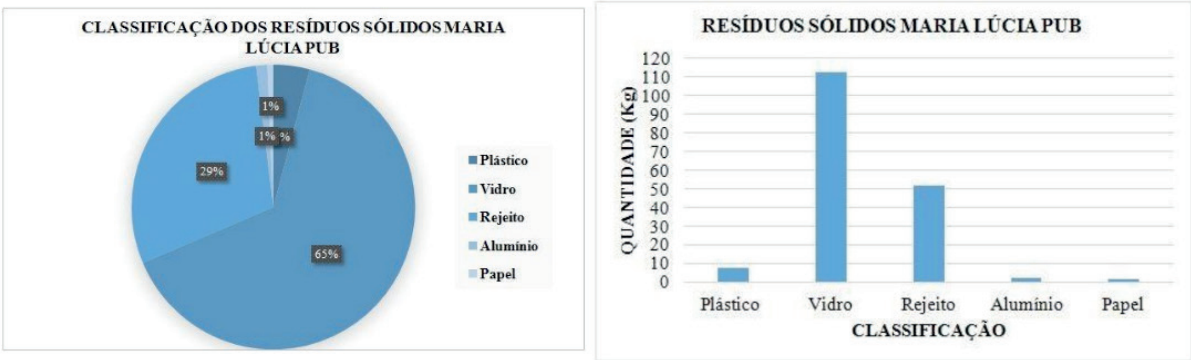


Figura 3 - Classificação dos resíduos sólidos e resíduos sólidos (Kg) Maria Lúcia Pub

Fonte: os autores.

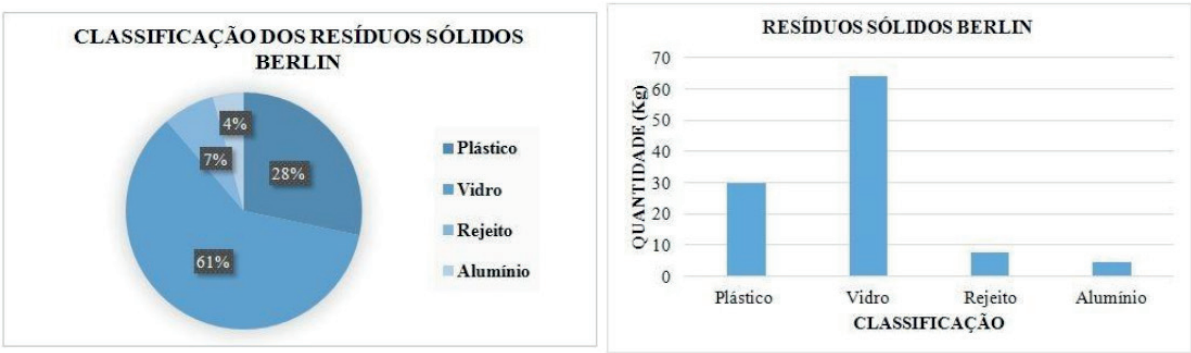


Figura 4 - Classificação dos resíduos sólidos e resíduos sólidos (Kg) Berlin.

Fonte: os autores.

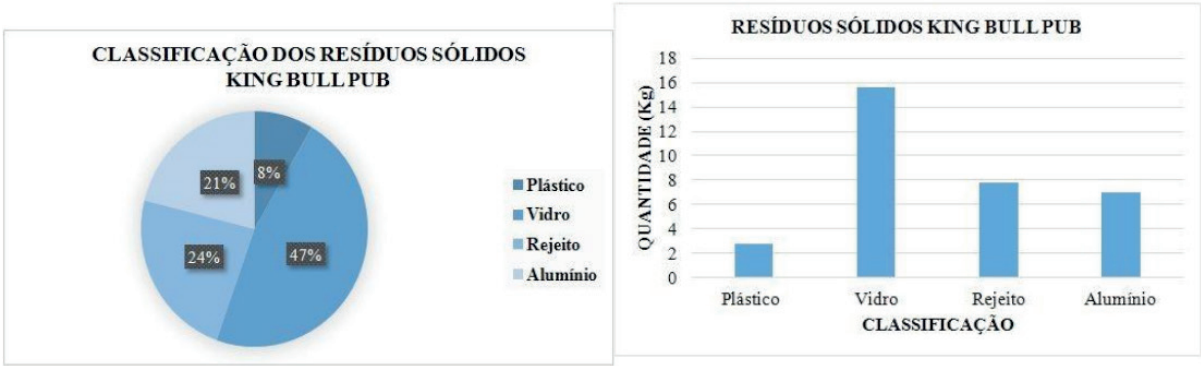


Figura 5 - Classificação dos resíduos sólidos e resíduos sólidos (Kg) King Bull Pub.

Fonte: os autores.

Percebe-se que a maioria dos materiais gerados são resíduos Classe II B Inertes, que podem ser reciclados. O vidro (maioria não retornáveis), identificado com a maior massa gerada nos estabelecimentos (com exceção no Country Pub que teve o alumínio com maior massa), possui um alto custo para reciclagem e, portanto, é descartado e encaminhado à aterros sanitários, o que encarece o custo de descarte ao município, uma vez que esses resíduos contribuem para a diminuição

da vida útil dos aterros. Assim, seria mais interessante a troca das embalagens de vidro por alumínio no comércio de bebidas, já que, a reciclagem do alumínio no país funciona com grande eficácia, acima da média mundial, sendo praticamente com todo o resíduo disponível.

4 I CONCLUSÃO

Conforme os resultados obtidos é possível observar que há maneiras de reduzir os resíduos gerados em todos os estabelecimentos, através de medidas educativas com funcionários e responsáveis da casa ou até mesmo com o público externo. A troca do vidro por alumínio no comércio de bebidas, além da implementação de uma coleta seletiva eficiente, seria uma alternativa viável do ponto de vista econômico ao município e adequado no ponto de vista ambiental. Isso levaria em consideração a implementação de coletoras específicas para vidros, alumínios e plásticos, principalmente.

Através deste estudo foi possível verificar as circunstâncias atuais dos resíduos gerados nas casas de entretenimento de Frederico Westphalen que formam um cenário representativo de um setor que recebe público de várias localidades, impactando diretamente na maneira como o município é visto por grande parte da região. Assim, a Prefeitura Municipal pode julgar as características encontradas, de forma a possibilitar a criação de normas e exigências que auxiliem na manutenção do bem-estar do público frequentador, dos administradores locais, do meio ambiente e da imagem do município

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004: Resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro, RJ. 2004.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de resíduos sólidos no Brasil: 2015**. São Paulo, SP. 2015.

BRASIL. **CONAMA: Resolução nº 001**. MMA – Ministério do Meio Ambiente. Brasil, 23 de janeiro de 1986.

BRASIL. **Lei nº 12.305: Política Nacional de Resíduos Sólidos e outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, 02 de agosto de 2010.

MAGERA, M. **Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade**. Editora Átomo. Campinas, SP. 2003.

DOMINGUES, A. C. R. **Proposta de plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) para um restaurante do município de Campo Mourão – PR.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, PR, 2013.

CAPÍTULO 17

CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DO AUDITÓRIO DO CEAMAZON DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 02/12/2019

Thiago Morhy Cavalcante
Instituto de Ensino Superior da Amazônia
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/0433641064014585

Yves Alexandrinho Bandeira
Universidade Federal do Pará
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/9894777276732303

Thiago Henrique Gomes Lobato
Universidade Federal do Pará
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/9482743501476808

Wellington José Figueirêdo de Lima
Faculdade Faci Wyden
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/8149066497377340

RESUMO: Esta pesquisa consiste em um estudo do comportamento acústico do auditório do CEAMAZON (Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia), localizado na Universidade Federal do Pará, utilizado para aulas, palestras, apresentações de trabalhos e pesquisas. O local foi analisado, primeiramente, a partir de medições com a utilização de equipamentos eletroacústicos do GVA (Grupo de vibrações e acústica) e, baseadas na norma ISO 3382-1:2017. Parâmetros acústicos foram analisados em função dos resultados das medições: Definição (D50); o tempo de reverberação (T30); e por fim, o Índice de transmissão da fala (STI). Para a determinação da distribuição sonora dos parâmetros objetivos pelo auditório, foi feita uma modelagem virtual do ambiente com suas dimensões e configurações aproximadas da sala, utilizando os programas SketchUp e Odeon, se beneficiando da integração deles. A simulação precisou ser validada para uma maior confiabilidade dos resultados. Após isto, foram plotados gráficos ao longo de todo o auditório em forma de malha nos softwares, em que foram visualizados os parâmetros de definição sonora, com uma média de 0,87, e o índice de inteligibilidade da fala, com média de 0,77 (excelente). Ao final, foram discutidas as suas qualidades sonoras, justificando os valores obtidos tanto na medição acústica, como na modelagem computacional.

PALAVRAS-CHAVE: Auditório, definição sonora, modelagem computacional, índice de transmissão da fala e distribuição sonora.

ACOUSTIC CHARACTERIZATION OF THE CEAMAZON'S AUDITORIUM AT UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

ABSTRACT : This research consists in an

acoustic behavior analysis of the CEAMAZON's (Center of Excellence in Energetic Efficiency of Amazon) auditorium, located at Federal University of Pará, utilized for classes, lectures, presentations and researches. The place was first analyzed by measurements with the usage of electroacoustics equipment's of GVA (Group of Vibrations and Acoustics) and, there was based on the standard ISO 3382-1:2017. Results granted determined some objective parameters: Sound definition (D50); the reverberation time (T30); and then, the Speech Transmission Index (STI). The sound distribution of the objective parameters of auditorium were determined by a virtual model of the ambient with its approximated dimensions and configurations, utilizing the software Sketchup and Odeon, benefiting from their inclusion. The simulation needed to be validated for a better reliability. After that, graphs were plotted over the whole auditorium on a grid form in the software, in which the sound definition had an average of 0,87 and speech transmission index had an 0,77 (excellent). In the end, the acoustic qualities were discussed, justifying the data obtained from both the acoustic measurement and from the virtual model.
KEYWORDS: Auditorium, sound definition, computer modelling, speech transmission index and sound distribution.

1 I INTRODUÇÃO

O objetivo em um projeto de acústica de salas é especificar um ambiente com uma característica acústica adequada às atividades desenvolvidas no recinto, para isso, é importante, a priori, a definição dos parâmetros objetivos relevantes e seus valores ótimos, que dependem fundamentalmente do tipo de sinal acústico executado na sala (fala, música) (Brandão, 2016).

A proposta da pesquisa é quantificar, através de parâmetros objetivos, as qualidades e eficiências acústicas do auditório para fala. Isso foi feito a partir do uso de dados que foram obtidos através de medições acústicas baseadas em normas. Posteriormente, foi criada uma modelagem computacional do auditório para que fossem feitas simulações acústicas, sendo assim possível, a análise dos parâmetros objetivos distribuídos ao longo do recinto em uma apresentação por fala por uma fonte sonora natural. Este modelo virtual foi validado com o uso de comparações de parâmetros virtuais e reais em condições similares e aproximadas. Referências que serviram de inspiração por também abordar o tema de caracterização acústica em recintos (Melo *et al.*, 2017; Santana *et al.*, 2013; Henriques, 2014; Pinto, 2013; Oliveira, 2015).

2 I DESENVOLVIMENTO

2.1 Auditório

O auditório avaliado (Figura 1) se localiza no CEAMAZON (Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia), localizado na UFPA (Universidade Federal do Pará), mais precisamente no Parque de Ciência e Tecnologia Guamá. A escolha por este auditório vem primeiramente pelo propósito de uso, que no caso é para apresentações faladas, aulas e palestras. E em conjunto com a sua geometria, materiais utilizados na sala e a sua localização, se teve um grande interesse em sua avaliação. De acordo com o site da instituição (2018), o auditório é um ambiente bem climatizado, dotado de sistema de som com caixas eletroacústicas, microfones e mesa de som, telão para projeção, um palco com mesas diretoras, pedestais e suporte para bandeiras, além de abrigar confortavelmente 150 pessoas sentadas. O auditório possui um volume de aproximadamente 423 m³ (adquirido através de modelagem computacional do mesmo), ou seja, não chega a ser um auditório grande, mas acomoda um bom número de pessoas em relação ao seu volume.

Figura 1 - Auditório do Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia.
Fonte: AUTOR (2017)

2.2 Metodologia

As medições foram feitas com o intuito de conhecer o comportamento acústico do auditório através dos parâmetros objetivos, e com esse conhecimento, determinar o desempenho acústico do recinto com o uso de normas e fundamentos teóricos. Para as medições sonoras, foram utilizados equipamentos do GVA (Grupo de vibrações e acústica) da Universidade federal do Pará, no laboratório de Engenharia Mecânica na própria universidade. Os equipamentos estão ilustrados na Figura 2, na qual estão mostrados: A fonte omnidirecional, o amplificador de potência, conversor de sinais, microfone de campo difuso e o computador utilizado. As medições aconteceram com a presença de três pessoas no auditório (Condição de estúdio (ABNT 2017)), a

temperatura do ambiente era de 30ºC com umidade de 70%.

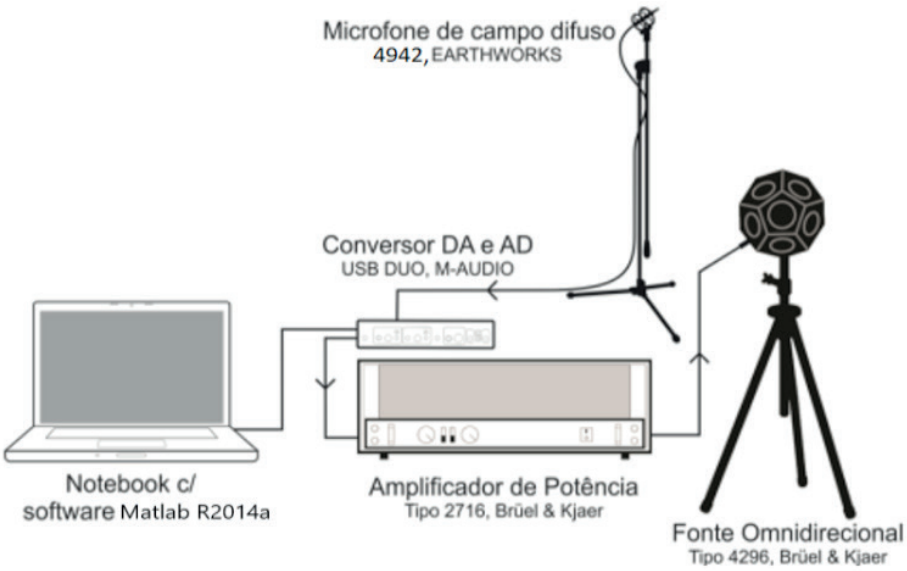


Figura 2 - Equipamentos utilizados na medição acústica.

Fonte: Adaptado de Santana *et al.* (2013) e Henrique (2014).

O ensaio acústico consiste na medição da função resposta da sala para uma excitação sonora causada por um ruído, impulso natural, ou entre outros que possuam uma largura de banda suficiente homogênea e extensa para cobrir toda a faixa de frequências interessadas na avaliação. No caso desta pesquisa, foi utilizado o sinal Sweep ou varredura de senos, na qual consiste em um sinal que excita a sala percorrendo todo o espectro sonoro audível gradualmente, da faixa mais grave até a mais aguda.

O método utilizado para o ensaio acústico é descrito na norma ISO 3382-1:2017. O sinal foi emitido pela fonte sonora omnidirecional para que o resultado não fosse prejudicado pela direcionalidade da mesma. Como o auditório não é muito grande e é destinado para palestras, a fonte foi posicionada na posição mais provável que uma fonte sonora natural (orador) seria utilizada no cotidiano do auditório, ou seja, no meio do palco. A norma pede para que sejam utilizadas, pelo menos, duas posições para a fonte sonora em medições, porém ela também afirma que em ambientes onde o orador normalmente não percorre grandes distâncias em apresentações (pequenos teatros/auditórios destinados a palestras), é aceitável a utilização de apenas uma posição para a fonte na medição. O microfone em contrapartida, seria o receptor do cotidiano, os alunos ou a plateia. Como o número de assentos é grande, não seria possível o posicionamento de microfones em cada lugar de uma só vez, além do que, só estava disponível um microfone para a pesquisa. Então foram feitas seis medições com o receptor em posições diferentes (o mínimo para auditórios de até 500 assentos), distribuídos ao longo do recinto, com intuito de medir uma maior área possível, como mostra a Figura 3. A Figura 4 mostra uma foto do microfone em

uma das posições. O microfone escolhido também era omnidirecional pelo mesmo motivo da fonte.

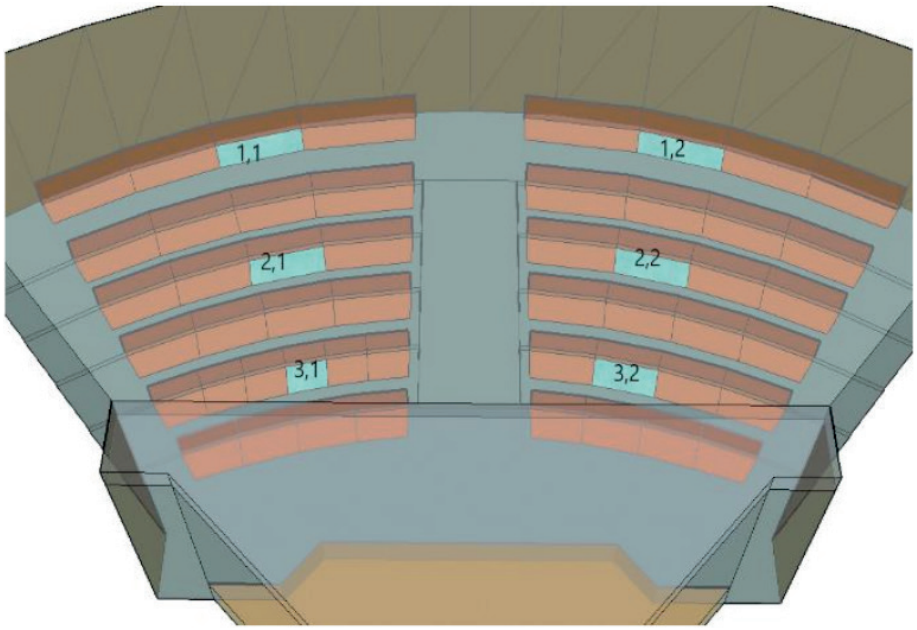


Figura 3 – Posições dos microfones ilustrados no SketchUp. A fonte estaria localizada no centro do palco.

Fonte: AUTOR (2017)

Figura 4 - Microfone posicionado. Posição (3,2).

Fonte: AUTOR (2017)

Tal sinal foi criado em um computador no programa *Matlab*, utilizando o ITA *Toolbox* (ferramenta aberta para acústica desenvolvida pelo Instituto de acústica técnica da universidade de *Aachen* RWTH) (site da ferramenta nas referências), e então, o mesmo é enviado para a fonte sonora com o auxílio de um amplificador de potência e um conversor de sinais, com o intuito de ser emitido acusticamente na sala.

O microfone recebe o sinal direto e suas reflexões, e os envia para o computador. O próprio programa em conjunto com a ferramenta interpreta o sinal influenciado pela sala e plota gráficos para cada parâmetro objetivo desejado. No caso, foram analisados os parâmetros T_{30} (tempo de reverberação), STI (índice de Transmissão da Fala) e D_{50} (definição sonora).

2.3 Resultado dos parâmetros objetivos

Foram obtidos dados dos parâmetros acústicos para cada posição do microfone, lembrando que, em cada uma delas, foram medidas três vezes a função resposta da sala. Os dados de cada posição representam uma média dos parâmetros objetivos obtidos pela resposta impulsiva para um menor erro possível. Como essa é uma avaliação de um auditório para apresentações faladas, os parâmetros objetivos medidos serão utilizados para definição da inteligibilidade da fala, que é um parâmetro subjetivo. Então para a pesquisa, foi definida a faixa de frequência a ser medida. Ballou (2015) afirma que a faixa de 300 Hz até 4000 Hz é de suma importância para a inteligibilidade; já Halkosaari, Vaalgamaa e Karjalainen (2001) utilizaram a faixa de 150 até 7000 Hz; Monson, Hunter e Story (2012) afirmam que existem evidências que as bandas de 8000 Hz e 16000 Hz possuem significância e afetam a inteligibilidade; porém foram utilizadas as 7 bandas de oitavas (125 Hz até 8000 Hz), pois elas abrangem bem o espectro sonoro da fala (Bistafa, S. R, 2011) e porquê a norma (ABNT, 2017) não possui coeficientes de absorção para todo o espectro (63, 8000 e 16000 Hz). A banda de 8000 Hz foi considerada, pois ela é necessária para o cálculo do Índice de transmissão da fala. Os valores dos coeficientes de absorção sonora para essa banda foram extrapolados seguindo o comportamento padrão de cada material.

O tempo de reverberação é, em segundos, o que leva para a densidade energética decair a 1 milionésimo do referente no estado estacionário, ou seja, o tempo que leva para o nível de pressão sonora estacionário da sala diminuir em 60 dB após a fonte sonora parar de emitir som (Brandão, 2016). Ele é o parâmetro objetivo mais antigo para acústica de salas e está ligado com a maioria deles. A influência dele é determinante para comunicação e apresentações, tanto musicais como faladas. Quando o som sessa rapidamente após o fim da emissão sonora, o tempo de reverberação é curto, como deve ser em lugares onde a inteligibilidade é essencial ou onde as reflexões sonoras são indesejadas (câmara anecoica). Já em ambientes em que o tempo de vida da onda sonora se prolonga mais: Igrejas, salas de concerto e câmaras reverberantes, o tempo de reverberação tende a ser mais elevado. A determinação do tempo de reverberação adequado para a sala se deve primeiramente ao tipo de utilização em que o recinto será utilizado. Para

fala, é desejado um T_{30} menor, já para música, ele é mais abrangente, dependendo bastante do estilo musical a ser apresentado no local, mas em geral, é desejado um tempo maior. (Brandão, 2016; Ballou, 2015; Bistafa, 2015).

A Figura 5 mostra os valores do tempo de reverberação para cada uma das sete bandas de frequência, representadas em uma média das seis posições distribuídas pelo auditório (T_{30} médio). Brandão (2016) e ABNT (1992) demonstram que existe uma relação de um ótimo tempo de reverberação com um certo volume de ar para vários tipos diferentes de aplicações ou usos. Esses valores desejáveis para o auditório do CEAMAZON estão demostrados também na Figura 5 (T_{30} ideal). Em 500 Hz, o auditório possui um T_{30} médio medido de 0,45 segundos. Se comparado com um ótimo tempo de reverberação para uma sala de conferência com volume de ar de 423 m³ (cerca de 0,66 segundos), o T_{30} médio medido do auditório se mostra inferior. O que não significa que seja algo ruim, devido que essa relação de valores ótimos não leva em conta a geometria do ambiente, temperatura, umidade, topologia, número de pessoas na sala, ruído de fundo do ambiente e direcionalidade da fonte sonora. Porém, este baixo tempo de reverberação pode significar excesso de absorção, devido que a medição aconteceu com três pessoas, longe de sua total capacidade (quando o recinto está ocupado, o nível de absorção sonora aumenta, em consequência, o tempo de reverberação diminui (Brandão, 2016)).

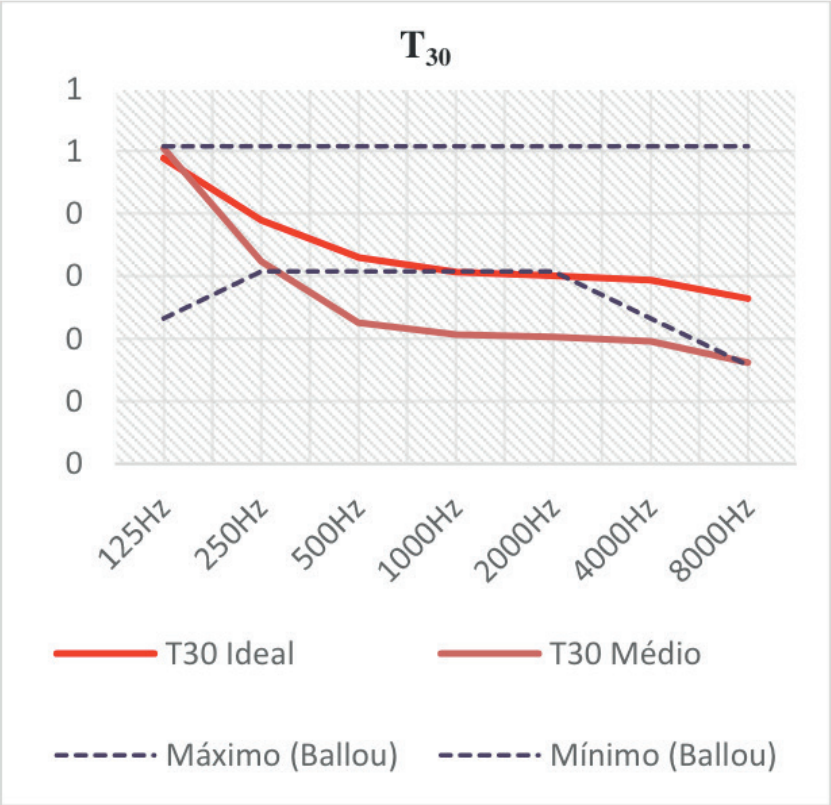


Figura 5 - Valores do tempo de reverberação médio em comparação com valores ideais para o seu respectivo volume e uso.

Fonte: AUTOR (2017)

Como também pode ser visto na Figura 5, a média do tempo de reverberação, em praticamente todo o seu espectro sonoro medido, é menor que o valor ótimo para auditório com o uso da fala, apenas na banda de 125 Hz, onde este valor é aproximadamente ideal. Essa inferioridade de até 200 ms na comparação pode prejudicar a inteligibilidade, causada pela a diferença considerável entre os valores. Inclusive, com o auditório ocupado em 80~100% de sua capacidade, Ballou (2015) explicita uma relação de um valor T30 médio desejado (valor da média das frequências de 500 Hz e 1000 Hz) para fala, que com este volume do auditório, esse valor é de 0,815 segundos, bem maior do que o 0,636 segundos de que o auditório possui. Porém, o autor também demonstra uma faixa de valores desejáveis, com valores máximo e mínimos, apresentados também na Figura 5, no qual mostra que com o auditório no estado em que foi medido (3 pessoas), ele continua não se encontrando em condições ideais para seu funcionamento na maioria de sua faixa de frequências (500 até 4000 Hz). Isto também demostra que com o auditório com sua capacidade máxima (80~100%) o som na sala tende a se tornar mais seco, devido que o seu tempo de reverberação médio diminui.

A definição sonora, um parâmetro objetivo vastamente utilizado para medir ou relacionar a capacidade subjetiva de distinguir sons em sequência (inteligibilidade), resulta na razão entre a energia que chega ao receptor até 50 milissegundos após a chegada do som direto e toda a energia sonora medida. Ballou (2015) afirma que o parâmetro deve ter uma curva padrão e que para alcançar um ideal de 85% de inteligibilidade de sílabas, deve-se ter pelo menos um D50 de 0,5 (mínimo ideal). Isto é identificado na Figura 6 em conjunto com os valores médios medidos. A definição sonora é altamente influenciada pelas reflexões sonoras iniciais, pois são essas que chegam ao receptor nos primeiros milissegundos da medição, além de que essas reflexões são as que possuem uma maior quantidade de energia sonora, muito importante para a compreensão da fala. Brandão (2016) afirma que com o aumento da absorção sonora, é provocado um decaimento energético mais rápido dentro da sala, o que leva a uma maior concentração da energia na parte inicial do decaimento (primeiras reflexões), ou seja, um aumento da definição sonora.

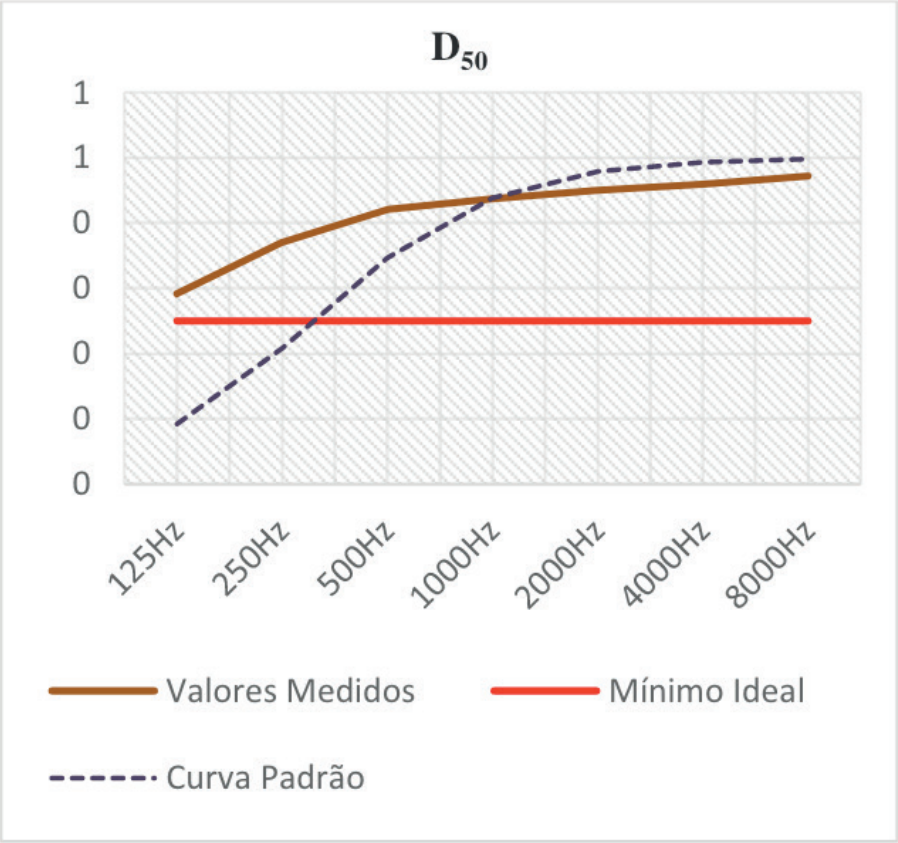


Figura 6 - Valores da definição sonora média da sala em comparação com o mínimo ideal (0,5) e o padrão de curva citado por Ballou (2015).

Fonte: AUTOR (2017)

2.4 Modelagem Computacional e Simulações

Com os resultados das medições acústicas e com o conhecimento geométrico e espacial do ambiente, é possível a criação de uma modelagem computacional do auditório em softwares especializados. Isto é feito para se criar um ambiente virtual aproximado da sala, possibilitando a realização de simulações, e assim tendo uma melhor avaliação e um maior conhecimento do comportamento acústico na sala, de uma maneira mais prática e menos custosa. No caso, esta modelagem será utilizada para a visualização dos parâmetros objetivos ao longo do auditório. Referencias que utilizaram modelagem computacional para o auxílio de pesquisa (Melo *et al.*, 2017; Santana *et al.*, 2013; Henriques, 2014; Pinto, 2013; Oliveira, 2015; Christesen e Rindel, 2013).

2.4.1 Softwares

Para a simulação acústica da sala, temos que ter a sala em si, virtualmente, e para isso é necessário o conhecimento espacial e geométrico do ambiente. O software utilizado para a modelagem computacional do recinto foi o SketchUp, devido ter uma interface simples, prática e possuir integração com softwares de simulações acústicas. As dimensões do auditório foram medidas com auxílio de uma trena a

laser. O auditório no software pode ser visto na Figura 3. Aproximações foram feitas nas cadeiras e nas cortinas para diminuir o custo operacional, isto pode afetar um pouco os resultados (Christesen e Koutsouris (2013) recomendam essa simplificação, explicando o procedimento, pois afirmam que não se altera consideravelmente a qualidade do resultado).

Para a simulação acústica foi utilizado o software Odeon. Christesen e Koutsouris afirmam que este utiliza uma modelagem híbrida da acústica geométrica com o método de raios e o de fontes virtuais para o funcionamento da simulação. A simulação consiste da seguinte maneira: Utilizar uma sala virtual criada por algum software de modelagem (SketchUp); localizar a fonte sonora e o receptor, e configurá-los do jeito que for desejado, no caso para a validação da sala virtual, a fonte e o microfone foram configurados omnidirecionais para igualar a medição real; e por fim, selecionar materiais para cada superfície da sala, pois cada uma possui um comportamento diferente à incidência do som. A obtenção dos valores certos de absorção sonora específicos de cada material para cada banda de frequência do auditório é de difícil acesso, é mais provável que eles nem tenham sido medidos, o que poderia comprometer os resultados. Devido a isto, foram utilizados os coeficientes de absorção sonora por incidência difusa normalizados na NBR 12179:1992. A Tabela 1 mostra os coeficientes de absorção adotados para cada material das superfícies do recinto. É válido lembrar que a norma não contém dados para o teto micro-perfurado, aproximações foram feitas utilizando os dados de um forro perfurado.

Material	Coeficientes de absorção sonora por incidência difusa						
	125 Hz	250 Hz	500Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Parede	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07	0,09
Palco	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	0,08
Carpete	0,09	0,18	0,21	0,26	0,27	0,47	0,55
Cortina	0,14	0,35	0,55	0,72	0,70	0,65	0,60
Assento	0,13	0,14	0,15	0,11	0,07	0,05	0,04
Teto P.	0,25	0,37	0,64	0,55	0,60	0,54	0,56

Tabela 1: Coeficiente de absorção sonora por incidência difusa retirados da ABNT (1992).

2.4.2 Validação

Esta etapa é de suma importância, pois serve para autenticar o ambiente virtual com o real. São utilizados os parâmetros objetivos obtidos da medição acústica para compará-los com os obtidos da simulação computacional, se eles forem relativamente próximos, a modelagem virtual é validada. Desta maneira, a análise da distribuição sonora resultada da simulação se torna confiável para ser utilizada como parâmetro

do auditório real. Na simulação, a fonte virtual foi posicionada no centro do palco e os receptores virtuais na plateia da mesma maneira que está explícito na Figura 3. Como já dito, o objetivo do uso dos programas é simular ao máximo o auditório real, a fonte e os receptores também se incluem nesse quesito.

Segundo a norma ISO 3382-1:2017, cada parâmetro objetivo possui uma diferença no limiar do observável (ou jnd, *just noticeable difference*). O jnd apresenta, portanto, a menor variação no valor de um parâmetro objetivo que um ser humano médio consegue perceber. Ou seja, na comparação entre a simulação e a medição no recinto, os resultados que possuírem diferenças menores que o jnd são considerados aproximados e, portanto, é possível considerar os parâmetros virtuais como aproximadamente iguais aos reais. Se todas as diferenças entre os resultados medidos resultarem em valores menores que o jnd, o recinto virtual é validado. A tabela 2 mostra os valores do jnd para cada parâmetro.

As Figuras 7 e 8 demonstram as diferenças entre os valores medidos do ensaio no auditório e os obtidos da simulação computacional, para uma comparação mais clara, é mostrado também o valor de jnd para cada banda de frequência. Como pode-se observar, as diferenças entre os tempos de reverberação de todas as bandas de frequência estão dentro da faixa do jnd, ou seja, não há divergências subjetivas perceptíveis. O mesmo não se pode falar para a definição sonora em toda sua faixa de frequências, o valor resultado da simulação computacional na banda de 125 Hz se difere consideravelmente do medido, essa divergência fica explícita quando comparada com o jnd do parâmetro, em que ela ultrapassa o limite da faixa. No caso, como o programa Odeon não utiliza a acústica ondulatória em sua modelagem, ele não considera o som como uma onda e por isso acaba por ignorar o comportamento modal da acústica de salas, é cabível então, considerar que os resultados abaixo da frequência de Schroeder (frequência onde o comprimento da onda começa a interferir da homogeneidade acústica da sala, 377 Hz no caso deste auditório) são resultados comprometidos e podem estar equivocados.

Parâmetros	JND
Tempo de Reverberação	5%
Definição Sonora	0,05

Tabela 1: Valores de jnd.

A modelagem virtual resultou em um índice de transmissão de fala de cerca de 0,80, valor bem próximo do medido (0,8139), o que também o encaixa na configuração excelente. Este parâmetro também foi validado, mesmo que a suposta influência equivocada da faixa de 125 Hz possa ter divergido o valor, a diferença entre os

valores virtuais e reais é tão pequena que isto não iria comprometer a análise do auditório.

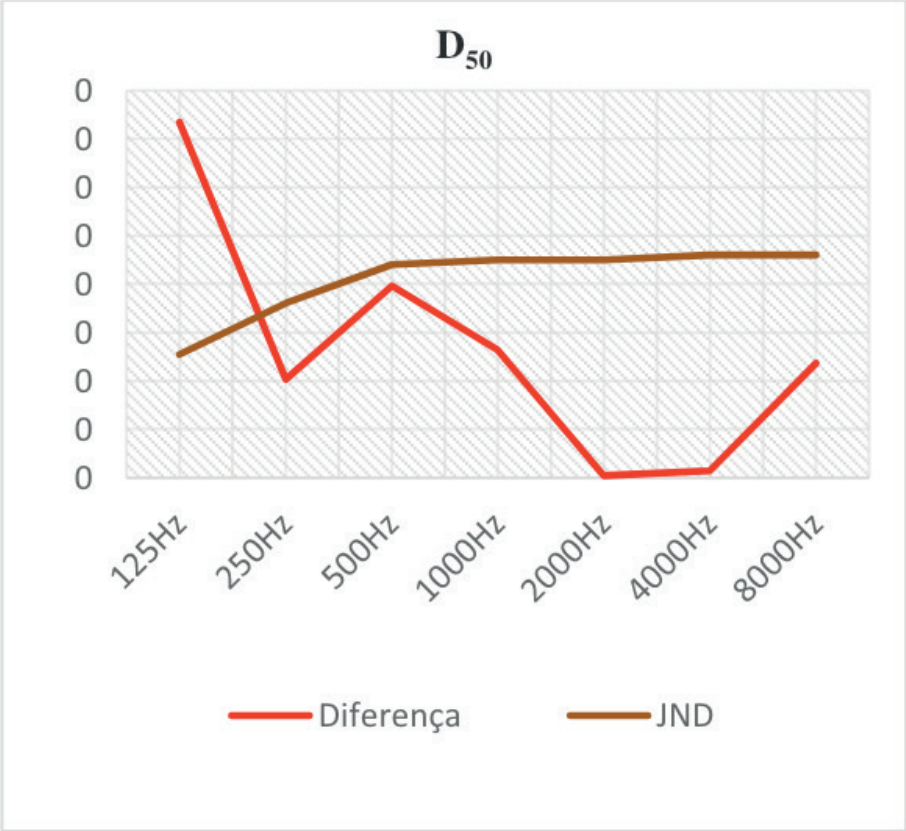


Figura 7 – Diferença dos valores da definição sonora na medição com os da simulação; e os valores de jnd para este parâmetro.

Fonte: AUTOR (2017)

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Distribuição Sonora

Um dos objetivos de um bom tratamento acústico é a boa distribuição sonora ao decorrer do auditório, ou pelo menos, onde a plateia se situará. Essa homogeneidade pode ser feita a partir de: Uma boa reflexão difusa para espalhar a energia sonora ao longo do recinto; as reflexões especulares em áreas desfavoráveis, aumentando a definição sonora e inteligibilidade da fala, devido ao aumento de energia sonora nas reflexões iniciais; a minimização de concentrações energéticas, causadas por superfícies côncavas; os modos acústicos nas baixas frequências; e também evitando obstáculos ao longo do auditório e assim não havendo zonas de sombra acústica (estas ocorrem quando os receptores estão posicionados atrás ou abaixo de obstáculos e a difração não consegue suprir tais barreiras) (Brandão, 2016; Ballou, 2015). A direcionalidade da fonte também influencia nesse quesito, porém ela não está ligada a sala.

Figura 8 - Diferença dos valores do tempo de reverberação na medição com os da simulação; e os valores de jnd para este parâmetro.

Fonte: AUTOR (2017)

Após a validação da modelagem computacional, as configurações da fonte sonora foram alteradas para simular uma fonte sonora natural de um orador, e assim, visualizar como seria a distribuição sonora ao longo do auditório com uma direcionalidade de uma pessoa que, no caso, é o tipo de fonte sonora que é normalmente utilizada no cotidiano do recinto. Foram utilizados os fatores de direcionalidade horizontais das referências (Halkosaari *et al.*, 2001; Monson, 2012), e para os verticais, foram utilizados os já definidos do Odeon para uma fonte sonora natural com intensidade sonora normal, para mais informações (Christesen e Koutsouris, 2013). Oliveira (2015) afirma que as bandas de frequências de oitava mais importantes da inteligibilidade da fala se encontram em 2000 Hz e 4000 Hz.

As Figuras 9 e 10 demonstram, respectivamente, as médias das distribuições sonoras de definição em 2000 Hz e do índice de Transmissão Sonora ao longo do auditório. Onde, nessas frequências, a definição sonora possui uma média de 0,87, com o mínimo de 0,64 nas partes com cores mais claras e amareladas, e máximo de 0,92 nas partes com vermelho mais forte. Já o Índice de Transmissão da Fala possui um máximo de 0,80 nas áreas mais amareladas, mínimo de 0,70 (bom) nas áreas mais azuladas e uma média de 0,77 (excelente).

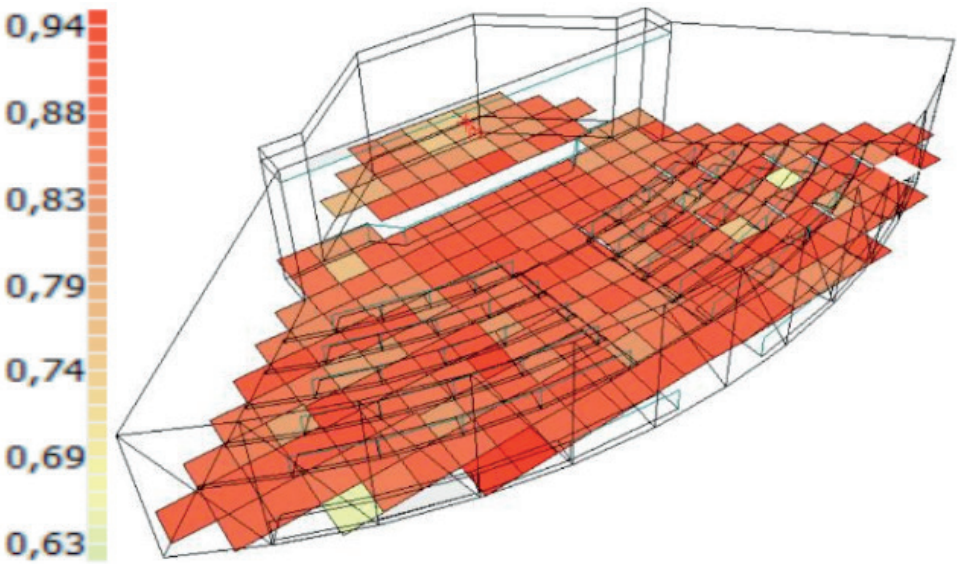


Figura 9 - Gráfico em malha da definição sonora na banda de 2000 Hz ao longo do auditório.

Fonte: AUTOR (2017)

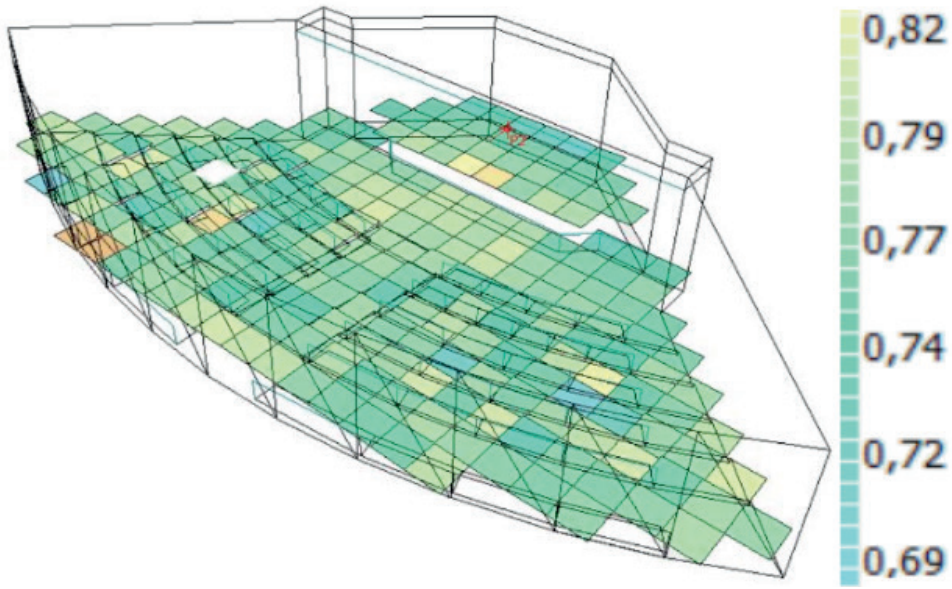


Figura 10 - Gráfico em malha do índice de transmissão da fala ao longo do auditório.

Fonte: AUTOR (2017)

4 I CONCLUSÕES

Devido a sua geometria em leque, na qual a distância entre o primeiro e o último assento da plateia é reduzido; a topografia dos assentos também é um dos aspectos que beneficia a acústica do ambiente, possuindo uma elevação de 85 mm a cada fileira (Brandão (2016) recomenda entre 80 e 120 mm), aumentando a visão dos ouvintes e sua recepção a ondas sonoras diretas; paredes laterais e traseiras com absorção sonora por toda sua extensão para reduzir ecos e as reflexões laterais, aumentando assim a localização da fonte; a distância máxima entre a fonte e o

ouvinte ser menor que 12m (~10m) e o volume do auditório por assento ser entre 2,3 e 4,3m³ (2,82m³ no caso do auditório); ao ótimo tratamento acústico feito no projeto do mesmo, com materiais de absorção bem distribuídos pela sala e nas frequências em questão; e ao fato do teto ser um absorvedor sonoro de forro micro-perfurado, criando uma sensação de intimidade no som (Ballou, 2015), o auditório do CEAMAZON possui uma qualidade sonora de boa para excelente em apresentações faladas, onde até os últimos ouvintes conseguem uma ótima qualidade sonora. Isto está explícito no parâmetro de definição sonora e índice de inteligibilidade da fala possuindo valores altos por toda sua extensão, mesmo tendo um T30 inferior a um valor ótimo referenciado em (Brandão, 2016; Ballou, 2015; Bistafa, 2011). É importante notar que a definição sonora possui bom desempenho em bandas de frequências médias e altas, onde o som possui uma grande contribuição para a inteligibilidade da fala.

Algumas ressalvas foram observadas, como por exemplo, o possível excesso de absorção sonora quando o auditório está em lotação máxima (80~100%), o que pode resultar em uma diminuição da inteligibilidade para fala do local. As frequências baixas não foram analisadas na modulagem computacional, devido a sua limitação no comportamento sonoro. Futuras pesquisas devem ser feitas para analisar os auditórios observando tais ressalvas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR *ISO* 3382-1:2017**: Acústica - Edição de parâmetros de acústica de salas, Parte 1: Salas de espetáculos. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR *ISO* 12179:1992**: Tratamento acústico em recintos fechados - Procedimento. 1992.

BALLOU, G.; **Handbook for sound engineers**. 5nd ed. Oxford: Focal press, 2015.

BISTAFA, S. R.; **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BRANDÃO, E.; **Acústica de Salas: Projeto e Modelagem**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2016.

CHRISTESEN, C. L.; KOUTSOURIS, GEORGIOS.; **Odeon Room Acoustics Software**, user manual: Basic, Industrial, Auditorium and Combined editions. 2nd ed. V. 12, Lyngby, 2013.

CHRISTESEN, C. L; RINDEL, J. H.; **Room acoustic simulation and Auralization – How close can we get to the real room?** In: *The Eighth Western Pacific Acoustic Conference*, WESPAC 8, Melborne, Vic, 2003.

HALKOSAARI, T.; VAALGAMAA; M.; KARJALAINEN, M.; **Directivity of Artificial and human speech**. *Journal of the Audio Engineering Society*, v. 53, n. 7/8, p. 620–631, 2001.

HENRIQUES, N. J. M.; **Qualidade acústica do auditório da faculdade de engenharia mecânica do instituto de tecnologia Da UFPA**. 2014. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do

Pará, Belém, PA.

IEC, I. E. C. **IEC 60268-16**: International Standard: Sound system equipment - Part 16: Objective ranting of speech intelligibility by speech transmission index. Suíça, 2011.

MELO, V. S. G.; LIMA, P. G.; SANTOS, T. G.; TENENBAUM, R. A.; **Validação de realidade virtual acústica via testes de articulação em salas ruidosas e reverberantes**. *Acústica e Vibrações*, v. 49, p 51-57, 2017.

MONSON, B. B.; HUNTER, E. J.; STORY, B. H.; **Horizontal directivity of low- and high-frequency energy in speech and singing**. *Acoustic Society of America*, v. 132, n. 1, p. 433–441, 2012.

OLIVEIRA, G. K.; **Avaliação do comportamento acústico de auditórios com ênfase nos critérios da inteligibilidade da fala**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

PINTO, M. H. A.; **Caracterização Acústica De Grandes Auditórios**, 2012. Dissertação de mestrado. Universidade de Porto, Porto, Portugal.

SANTANA, A. L. S.; OHANA, G. J.; SOEIRO, N. S.; MELO, V. S. G.; LIMA.; **Estudo da Acústica de Salas Voltadas ao Ensino de Música em Belém-Pa**. *Acústica e Vibrações*, v. 45, p 23-32, 2013.

CEAMAZON; **Site do auditório do CEAMAZON**, http://www.ceamazon.com.br/servicos/auditorio.

INSTITUTO DE ACÚSTICA TÉCNICA; **Site do ITA-Toolbox**. Universidade RWTH Aachen. http://www.ita-toolbox.org.

CAPÍTULO 18

APLICAÇÕES ANTIFÚNGICA E ANTIBACTERIANA IN VITRO DE ÓLEOS ESSENCIAS DE CITRUS SPP.: UMA BREVE REVISÃO

Data de aceite: 17/03/2020

Mayker Lazaro Dantas Miranda
Professor e Pesquisador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberlândia Centro, Uberlândia, MG, Brasil.

Cassia Cristina Fernandes
Professora e Pesquisadora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, Brasil.

RESUMO: Óleos essenciais (OEs) são metabólitos secundários produzidos pelos vegetais e possuem diferentes propriedades biológicas, dentre elas, atividade contra microorganismos de grande interesse para as indústrias de alimentos e farmacêuticas. Neste trabalho de revisão, os óleos essenciais extraídos das folhas de *Citrus aurantifolia*, *C. latifolia* e *C. limonia* e das cascas dos frutos de *C. aurantifolia*, *C. reticulata*, *C. sinensis* e *C. deliciosa* foram obtidos por hidrodestilação em aparelho Clevenger. Os óleos essenciais foram avaliados *in vitro* observando-se o potencial inibitório do crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* e sua ação contra bactérias cariogênicas. Os óleos essenciais de *Citrus* spp. revelaram atividades antibacteriana e antifúngica promissoras.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrus* spp.; patógenos orais; fitopatógenos.

ABSTRACT: Essential oils (EOs) are secondary metabolites of plants with different biological properties, among them, the activity against microorganisms being of interest to the food and pharmaceutical industries. In this review work, the essential oils from the leaves of *Citrus aurantifolia*, *C. latifolia* and *C. limonia* and *C. aurantifolia*, *C. reticulata*, *C. sinensis* e *C. deliciosa* fruit peels were obtained by hydrodistillation in a Clevenger-type apparatus. The EOs were evaluated on the mycelial growth of *Sclerotinia sclerotiorum* and against cariogenic bacteria. EOs of *Citrus* spp. displays promising antibacterial and antifungal activities.
KEYWORDS: *Citrus* spp.; oral pathogens; phytopathogens.

1 I INTRODUÇÃO

A cárie dentária é uma doença com alta prevalência em todo o mundo, sendo considerada pela organização mundial da saúde como um grave problema de saúde pública que afeta pessoas de todas as idades. O procedimento mais eficiente na prevenção da cárie é a remoção do biofilme através da escovação e uso do fio dental; no entanto, a

maioria das pessoas não consegue manter um suficiente nível de controle através da remoção mecânica (MELO et al., 2017). Atualmente, o clorexidina é considerado padrão como anticariogênico, porém seu uso regular em produtos de higiene bucal muitas vezes incorre em outros efeitos não benéficos (MELO et al., 2017). Como resultado, a busca de novos potenciais agentes quimioterápicos que possam ser incorporados em produtos de higiene bucal tem aumentado nos últimos anos.

O fungo Sclerotinia sclerotiorum, causador do mofo branco, é um dos patógenos de maior ocorrência e responsável por danos expressivos às diversas culturas economicamente importantes, como por exemplo, do feijoeiro e da soja, acarretando grandes prejuízos aos produtores brasileiros (ETHUR et al., 2014). O controle dessa doença pelo uso de produtos químicos, além de mostrar-se ineficaz, contraria a tendência atual de busca por sistemas agrícolas ecologicamente mais equilibrados, estáveis e livres de resíduos tóxicos (ETHUR et al., 2014).

Os óleos essenciais são misturas voláteis de substâncias lipofílicas, geralmente odoríferas, produzidas por plantas aromáticas como parte de seu metabolismo secundário. A volatilidade e o odor característicos desses óleos tornam possível que eles atuem como sinais de comunicação química com outras plantas, como meio de defesa contra animais, sobretudo insetos, como inibidores da germinação e do crescimento de outras plantas, como antimicrobianos em relação a alguns fungos e bactérias, e como atrativos de polinizadores. A produção desses óleos ocorre em estruturas de secreção especializadas, podendo permanecer armazenados em vários órgãos da planta, como folhas, frutos, sementes ou raízes (SILVEIRA et al., 2012).

As espécies do gênero Citrus destacam-se por serem ricas em os óleos essenciais que são muito versáteis e geralmente utilizados como aromatizantes em bebidas, sabonetes, cosméticos, produtos domésticos entre outros. Estes óleos essenciais são também utilizados em tratamentos médicos por exibirem propriedades antimicrobianas, antifúngica, antibacteriana, antiviral e antiparasitária (DOSOKY & SETZER, 2018; LEMES et al., 2018).

Este trabalho objetivou reunir de maneira sintética os resultados obtidos em estudos anteriores realizados pelo nosso grupo de pesquisa, nos quais foram avaliados o efeito dos óleos essenciais de espécies de Citrus sobre o crescimento micelial de Sclerotinia sclerotiorum e sua ação contra bactérias cariogênicas. Os resultados revelaram que os óleos essenciais das espécies de Citrus estudadas possuem promissoras atividades antibacteriana e antifúngica in vitro.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material Vegetal

Folhas e cascas dos frutos de todas as espécies de *Citrus* foram coletadas no município de Rio Verde, Goiás, em julho de 2015 e janeiro de 2018, respectivamente. As espécies vegetais foram identificadas pela botânica e mestre Erika Amaral. As amostras foram depositadas no Herbarium Jataiense Professor Germano Guarim Neto com os seguintes números de registro: HJ 7444 (*C. aurantifolia*), HJ 7445 (*Citrus reticulata*), HJ 7446 (*Citrus sinensis*), HJ 7447 (*Citrus deliciosa*), HJ 7521 (*C. latifolia*) e HJ 7522 (*C. limonia*).

2.2 Extração dos Óleos Essenciais

Para extração dos óleos essenciais de *Citrus* spp., foi empregado o método de hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger, por um período de 2 a 3 horas a partir da ebulição. Foram utilizadas 100 g das amostras *in natura* (folhas e cascas dos frutos). Após o tempo de extração, o hidrolato foi recolhido em um funil de separação, onde foram adicionados 30 mL de diclorometano (CH_2Cl_2) com três repetições (Partição líquido-líquido). Logo em seguida, foi adicionado sulfato de sódio anidro PA (Na_2SO_4) para retirada de água que, eventualmente, poderia ter passado pelo funil de separação. Os óleos essenciais foi acondicionados em vidro âmbar, e mantidos sob refrigeração a -5°C.

2.3 Atividade Antifúngica

O isolado de *Sclerotinia sclerotiorum* Ss12 (BRM 29673) foi fornecido pela Embrapa Arroz e Feijão, cuja sede é em Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil. Os ensaios foram realizados no laboratório de microbiologia agrícola do IF Goiano - Campus Rio Verde e a atividade antifúngica dos óleos essenciais de *Citrus* spp. foi avaliada de acordo com o método de disco-difusão descrito por Xavier et al., (2016). Doses dos óleos essenciais utilizadas foram: 12,5 - 50 μL para todos os óleos estudados. Controles negativos foram colocados sem adição de óleo essencial (testemunha) enquanto o controle positivo utilizado foi o fungicida Frowncide 500 SC, a 10 μg/mL do princípio ativo. O tratamento foi realizado em quadruplicado e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de Scott-Knott a 5 % de significância pelo software ASSISTAT.

2.4 Atividade Anticariogênica

As cepas testadas foram obtidas junto a *American Type Culture Collection* (ATCC, RockvilleMD, EUA). Os micro-organismos usados na avaliação da atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Citrus* spp. foram: *Streptococcus mitis* (ATCC 49456), *Streptococcus mutans* (ATCC 25175), *Streptococcus sanguinis* (ATCC

10556), *Streptococcus sobrinus* (ATCC 33478) e *Bacteroides fragilis* (ATCC 25285). Os valores de concentração inibitória mínima (CIM) dos óleos essenciais foram determinados em triplicata pelo método de microdiluição, em microplacas com 96 poços (TPP, EUA). As amostras foram dissolvidas em dimetilsulfóxido (DMSO, Synth, São Paulo, Brasil; 8000 µg/mL), diluídas em caldo de soja tríptica (Difco, Detroit, MI, EUA) para bactérias aeróbias e Schaedler Caldo (Difco), suplementado com hemina (5,0 µg/mL) e vitamina K (10,0 µg/mL) para as bactérias anaeróbias, com a finalidade de atingir concentrações variando de >400 a 20 µg/mL. A concentração de DMSO final foi de 4% (v/v), e esta solução foi usada como um controle negativo. O inóculo foi ajustado para cada organismo a fim de se obter uma concentração de células de 5×10^5 unidades formadoras de colônias por mL, de acordo com o *National Committee for Clinical Laboratory Standard* (NCCLS). O dicloridrato de clorexidina (DCC, Sigma, Poole, Dorset, Reino Unido) foi utilizado como controle positivo, e as concentrações variaram de 0,0115 µg/mL a 5,9 µg/mL. Foram realizados os controles de esterilidade dos caldos TSB e SCHAEDLER, esterilidade do dicloridrato de clorexidina, esterilidade da amostra, controle da cultura (inóculo) e o controle do DMSO. As microplacas (96 poços) com os micro-organismos aeróbios foram fechadas com um vedante de placa estéril e incubadas aerobicamente a 37 °C durante 24 h. Os micro-organismos anaeróbios foram fechados com um vedante de placa estéril e incubados de 48 a 72 horas numa câmara anaeróbia (Don Whitley Scientific, Bradford, Reino Unido), a 37 °C, com 5 % a 10 % de H_2, 10 % de CO_2 e 80 % a 85 % de N_2. Logo depois, resazurina (Sigma, 30 μL) em solução aquosa (0,01 %) foi adicionada para indicar viabilidade de micro-organismos. Os valores de CIM foram determinados a partir da concentração mais baixa dos óleos essenciais de *Citrus* spp., capazes de inibir o crescimento de micro-organismos.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Especificamente para as espécies *C. sinensis, C. reticulata* and *C. deliciosa*, o melhor potencial inibitório dos óleos contra crescimento micelial do fungo *S. sclerotiorum* foi obtido na dose de 300 μL, em que observou-se uma inibição de 82.91 % para o óleo de *C. deliciosa*, 65.82 % para o óleo de *C. sinensis* seguido pelo óleo essencial de *C. reticulata* que exibiu 63.46 %. Destaca-se deste modo, que os três óleos essenciais extraídos das cascas dos frutos destas três espécies de *Citrus* inibiram o crescimento do fungo em mais de 50 % na maior concentração testada.

Em adição, destaca-se que o óleo essencial das cascas do fruto de *C. deliciosa* foi o mais ativo, fato que pode ser justificado pela maior variabilidade química de compostos que podem atuar de maneira sinérgica aumentando assim sua atividade biológica (SRIWATTANACHAI et al., 2018).

Sabe-se que os óleos essenciais são formados por uma mistura de constituintes químicos voláteis contidos em muitos órgãos vegetais, e, estão relacionados com diversas funções necessárias à sobrevivência vegetal, exercendo papel fundamental na defesa contra microrganismos. É descrito cientificamente que cerca de 60 % dos óleos essenciais possuem propriedades antifúngicas e 35 % exibem propriedades antibacterianas (LIMA et al., 2006). Em relação à atividade antifúngica, alguns autores discutem que a ação dos óleos essenciais testados advém, provavelmente, do resultado da penetração de quitina na parede das hifas, prejudicando a lipoproteína da membrana citoplasmática, levando ao extravasamento do citoplasma, bem como ao esvaziamento e murchamento das hifas (MAIA et al., 2015).

A atividade antibacteriana dos óleos essenciais das folhas de *C. latifolia*, *C. limonia* e das folhas e casca do fruto de *C. aurantifolia* foi determinada com a finalidade de se verificar sua atividade frente a alguns micro-organismos anaeróbicos e aeróbicos orais (Tabela 1).

Micro-organismos	**CIM**				
	C. latifolia	***C. limonia***	***C. aurantifolia* - folhas**	***C. aurantifolia* - casca do fruto**	**DCC**
Streptococcus mutans[a] (ATCC 25175)	100	200	20	20	0,922
S. mitis[a] (ATCC 49456)	200	100	200	100	1,844
S. sanguinis[a] (ATCC 10556)	100	>400	200	100	0,922
S. sobrinus[a] (ATCC 33478)	>400	>400	100	200	0,922
Bacteroides fragilis[b] (ATCC 25285)	>400	>400	>400	>400	0,737

TABELA 1. Atividade antibacteriana dos óleos essenciais de Citrus spp., frente a bactérias cariogênicas

[a]Bactéria gram-positiva; [b]Bactéria gram-negativa; CIM: Concentração Inibitória Mínima (CIM) – *µ*g/mL; DCC: Dicloridrato de clorexidina (controle positivo)

De acordo com Lemes et al. (2018), amostras que exibiram valores de CIM inferiores a 100 µg/mL tiveram atividade antibacteriana considerada boa; de 100 a 500 µg/mL moderada; de 500 a 1000 µg/mL fraca e acima de 1000 µg/mL inativa.

Vários mecanismos são propostos para explicar a atividade antimicrobiana dos óleos essenciais. Entende-se que a inibição do crescimento microbiano pela ação de óleos essenciais é devida ao dano direto causado à integridade da membrana celular pelos componentes lipofílicos do óleo essencial, o que afeta diretamente a manutenção do pH celular e o equilíbrio de íons inorgânicos (LEMES et al., 2018).

Uma explicação possível para as diferenças observadas quanto a sensibilidade bacteriana aos óleos pode ser a existência de diferenças na estrutura da parede bacteriana, como por exemplo a presença de lipopolissacarídeo nas bactérias Gram negativas e ausência nas Gram positivas, que permite ou não a entrada de substâncias na bactéria. Além disto, alguns óleos essenciais podem conter substâncias que penetram mais facilmente por essa camada lipídica, interferindo assim na ação sobre o microrganismo (SILVA et al., 2009).

4 I CONCLUSÃO

Os óleos essenciais de *Citrus* spp. avaliados possuem atividades antifúngica e antibacteriana *in vitro* satisfatórias contra *S. sclerotiorum*, um fungo fitopatogênico que causa danos a muitas plantas de interesse econômico e também contra bactérias causadoras de cárie dentária e doenças periodontais. Sugere-se que os resultados das atividade biológica obtidos sejam justificados pelo sinergismo dos compostos que constituem os óleos essenciais destas espécies de *Citrus* spp. Entretanto, fazem-se necessários estudos mais aprofundados (*in vivo*) para elucidar o mecanismo de ação deste óleos bem como o isolamento de seus constituintes ativos.

5 I AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

DOSOKY, N. S., & SETZER, W. N. (2018). **Biological activities and safety of *Citrus* spp. essential oils**. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(1), 1966.

ETHUR, L. Z., COPATTI, A. S., FIPKE, G. M., CALVANO, C. C. A., & PAZINI, J. B. (2014). **Micobiota parasitária de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* isolada de solos da fronteira oeste do Rio Grande do Sul**. *Arquivos do Instituto Biológico*, 81(1), 62-67.

LEMES, R. S., ALVES, C. C. F., ESTEVAM, E. B. B., SANTIAGO, M. B., MARTINS, C. H. G., SANTOS, T. C. L., CROTTI, A. E. M., & MIRANDA, M. L. D. (2018). **Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Citrus aurantifolia* leaves and fruit peel against oral pathogenic bacteria**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2), 1285-1292.

LIMA, I. O., OLIVEIRA, R. A. G., LIMA, E. O., FARIAS, N. M. P., & SOUZA, E. L. (2006). **Atividade antifúngica de** óleos **essenciais sobre espécies de *Candida***. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16(2), 197-201.

MAIA, T. F., DONATO, A., & FRAGA, M. E. (2015). **Atividade antifúngica de** óleos **essenciais de plantas**. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 17(1), 105-116.

MELO, D. C., MIRANDA, M. L. D., JÚNIOR, W. G. F., ANDRADE, P. M., ALCOBA, A. E. T., SILVA, T.

S., CAZAL, C. M., & MARTINS, C. H. G. (2017). **Anticariogenic and antimycobacterial activities of the essential oil of *Siparuna guianensis* Aublet (Siparunaceae)**. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 9(1), 55-60.

SILVA, M. T. N., USHIMARU, P. I., BARBOSA, L. N., CUNHA, M. L. R. S., & FERNANDES JUNIOR, A. (2009). **Atividade antibacteriana de** óleos **essenciais de plantas frente a linhagens de *Staphyloccocus aureus* e *Escherichia coli* isoladas de casos clínicos humanos**. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 11(3), 257-262.

SILVEIRA, J. C., BUSATO, N. V., COSTA, A. O. S., & JUNIOR, E. F. C. (2012). **Levantamento e análise de métodos de extração de** óleos **essenciais**. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, 8(15), 2038-2052.

SRIWATTANACHAI, S., SADIQ, M. B., & ANAL, A. K. (2018). **Synergistic antifungal effects of thyme essential oil and *Lactobacillus plantarum* cell-free supernatant against *Penicillium* spp. and *in situ* effects**. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e-13400.

XAVIER, M. N., ALVES, J. M., CARNEIRO, N. S., SOUCHIE, E. L., SILVA, E. A. J., MARTINS, C. H. G., AMBROSIO, M. A. L. V., EGEA, M. B., ALVES, C. C. F., & MIRANDA, M. L. D. (2016). **Composição química do óleo essencial de *Cardiopetalum calophyllum* Schltdl. (Annonaceae) e suas atividades antioxidante, antibacteriana e antifúngica**. *Revista Virtual de Química*, 8(5), 1433-1448.

CAPÍTULO 19

A ORIGEM DA ENERGIA DO SOL

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 13/01/2020

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 – Campus Dois Irmãos.
Recife – PE
http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4485036U5

RESUMO: Procurando contribuir para a divulgação da Astronomia vislumbramos estudar a origem da energia do Sol. A nossa estrela constitui um importante laboratório, inclusive para os cientistas que pesquisam plasma de altas energias cujos experimentos são impossíveis de serem realizados em laboratórios terrestres. Depois de determinarem a luminosidade do Sol os cientistas depararam com um novo problema: qual é a sua fonte de energia? Várias hipóteses foram apresentadas, mas a teoria mais consistente e aceita pela comunidade científica foi a do físico alemão Hans Albrecht Bethe. Ele propôs, em 1937, que a energia do Sol tinha como origem as reações termonucleares. Nessas "reações" a fusão de quatro prótons produz um núcleo de hélio e proporciona a liberação de energia. Para que os estudantes adquiram melhor compreensão sobre como se origina essa energia e o percurso que ela terá de percorrer até chegar à superfície do Sol, eles começam conhecendo a estrutura interna da nossa estrela através de um modelo tridimensional construído na escala 1:2784000000 com todas as partes removíveis. Ministrou-se oficinas sobre o tema desse trabalho para estudantes do IFPE – Campus Ipojuca e foi possível observar grande motivação e interação, favorecendo assim o processo ensino-aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Astronomia. Fusão. Modelo tridimensional. Sol.

THE ORIGIN OF THE ENERGY OF THE SUN

ABSTRACT: Seeking to contribute to the dissemination of Astronomy we envision studying the origin of the sun's energy. Our star is an important laboratory, including scientists who research high-energy plasmawhose experiments are impossible to be carried out in terrestrial laboratories. After determining

the luminosity of the Sun scientists came across a new problem: what is their energy source? Several hypotheses were presented, but the most consistent theory accepted by the scientific community was that of the German physicist Hans Albrecht Bethe. He proposed in 1937 that the sun's energy originated thermonuclear reactions. In these "reactions" the fusion of four protons produces a helium nucleus and provides the release of energy. In order for students to acquire a better understanding of how this energy originates and the path it will have to travel until they reach the surface of the Sun, they begin by knowing the inner structure of our star through a three-dimensional model built in the 1:27840000000 scale with all removable parts. Workshops were taught on the theme of this work for students from IFPE - Campus Ipojuca and it was possible to observe great motivation and interaction, thus favoring the teaching-learning process.
KEYWORDS: Astronomy. Fusion. Three-dimensional model. Sun.

1 I INTRODUÇÃO

O epistemólogo Thomas S. Kuhn (2009, p.62) afirma que, "dentre os vários tópicos incluídos nas ciências físicas, 'a Astronomia é a sua componente mais antiga e a mais desenvolvida'."

Diante dessa perspectiva, é relevante que se busquem estratégias para o ensino da Astronomia não apenas num ensino formal, mas também em ambiente não formal para que se possa promover uma alfabetização científica na sociedade. Corroborando com tais estratégias já existem algumas publicações, dentre elas Jogos para o Ensino de Astronomia, onde Bretones (2013, p.16) afirma:

> Um grande obstáculo epistemológico é quando o estudante não sabe se situar dentro do seu espaço, identificar dimensões e conexões. Compreender o que é coabitar um planeta com outros sete bilhões de indivíduos e saber que junto ao Sol, existem outras centenas de bilhões de estrelas. Todo este cenário passa a constituir um espaço diferente do físico, um espaço virtual.

Promover nos estudantes e na sociedade como um todo, o interesse pela Astronomia levando-os a compreender, por exemplos, a importância da Lua para nossa existência, as dimensões do sistema solar em relação à Via Láctea, as dimensões do Sol em relação às outras estrelas e que os elementos químicos que formam a tabela periódica e constituem os nossos corpos foram produzidos a partir do hidrogênio contido no interior das estrelas e que estas ao explodirem espalharam seu conteúdo pela galáxia.

Mais ainda, que o aprofundamento das pesquisas, feito pelos cientistas, sobre o Sol tem como objetivo entendê-lo melhor para que possam entender outras estrelas e consequentemente ter uma melhor compreensão do resto do universo astronômico.

Por isso, deve-se esclarecê-los que as pesquisas envolvendo plasma de altas energias são impossíveis de serem realizadas em laboratórios terrestres então os

cientistas utilizam o Sol como laboratório (VÁLIO, 2014, p.01).

Assim se buscou adentrar nesse grande laboratório que é o interior de uma estrela e por razões óbvias se escolheu o Sol como tema desse trabalho. Mas possivelmente alguns estudantes não consigam abstrair o interior do Sol assim se utilizou como recurso didático o modelo tridimensional.

De acordo com Orlando, T.C. et al. (2009):

> [...] esses modelos permitem que o estudante manipule o material, visualizando-o de vários ângulos, melhorando, assim, sua compreensão sobre o conteúdo abordado. [...] Os modelos despertam um maior interesse nos estudantes, uma vez que permitem a visualização do processo.

O modelo tridimensional do Sol foi construído com toda estrutura removível (Figura 01) de forma que cada parte possa ser utilizada individualmente durante as atividades que serão desenvolvidas na oficina.

Figura 01 – Estrutura interna do Sol (da esquerda para à direita): núcleo, camada radiativa, tacoclina e camada convectiva.

Fonte: Autoria Própria

Para suas dimensões utilizou-se uma escala de 1:2 784 000 000 onde se buscou contextualizar os conhecimentos sobre utilização de escalas e proporções, que é uma das recomendações do PCN+.

É relevante esclarecer que foi ministrada uma oficina sobre o tema desse trabalho para um grupo de estudantes do IFPE – Campus Ipojuca, em caráter não formal, pois a Astronomia não faz parte dos componentes curriculares da referida instituição.

2 I O SOL

Considerado, até o momento, o objeto mais esférico da natureza, a matéria que o constitui é o plasma. O Sol possui diâmetro da ordem de 1392000 km, massa de $1,989 \times 10^{30}$ kg e sua composição química principal é 91,2% de hidrogênio, 8,7% de hélio e o restante de outros elementos (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2017, p.130).

O estudo do seu interior pode ser feito por modelos de estrutura estelar ou

através de medidas de heliossismologia. A heliossismologia é considerado atualmente o melhor método para comprovar os modelos teóricos (JATENCO-PEREIRA, 2011, p.159). A propósito, foi através de um instrumento do satélite SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) que se obteve, em 1996, a primeira detecção de um sismo solar (ibidem).

A determinação da luminosidade do Sol proporcionou um novo problema para os cientistas: a fonte de energia do Sol. Dentre as várias propostas, o colapso gravitacional, apresentada pelo físico alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, em 1854, indicava que a energia gravitacional era capaz de suprir a luminosidade do Sol por 20 milhões de anos. Tal proposta não teve consistência porque pesquisas geológicas indicam que o Sol tem idade de bilhões de anos. Por fim, no ano de 1937 o físico alemão Hans Albrecht Bethe propôs que a energia do Sol tinha como origem as reações termonucleares. Nessas "reações" a fusão de quatro prótons produz um núcleo de hélio. Essa é a teoria aceita pela comunidade científica (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2017, p.136).

1) Explicando as dimensões da estrutura interna

De acordo com Válio (2014, p.01) a estrutura interna do Sol é dividida em:

Núcleo → corresponde aproximadamente a 25% do raio solar;

Camada radiativa → corresponde aproximadamente a 45% do raio solar, começando a partir da borda do núcleo;

Interface: tacoclina → espessura menor que 1% do raio solar, estando situada entre a camada radiativa e a camada convectiva;

Camada convectiva → corresponde a um valor menor que 30% do raio solar visto que antes dela tem a tacoclina. Essa camada se estende até a superfície do Sol.

2) Explicando a geração de energia

Núcleo → temperatura na ordem de 15 milhões de kelvins o que permite a ocorrência das reações nucleares. Essa temperatura possibilita a transformação de hidrogênio em hélio a qual ocorre principalmente pelo Ciclo próton-próton (Figura 02).

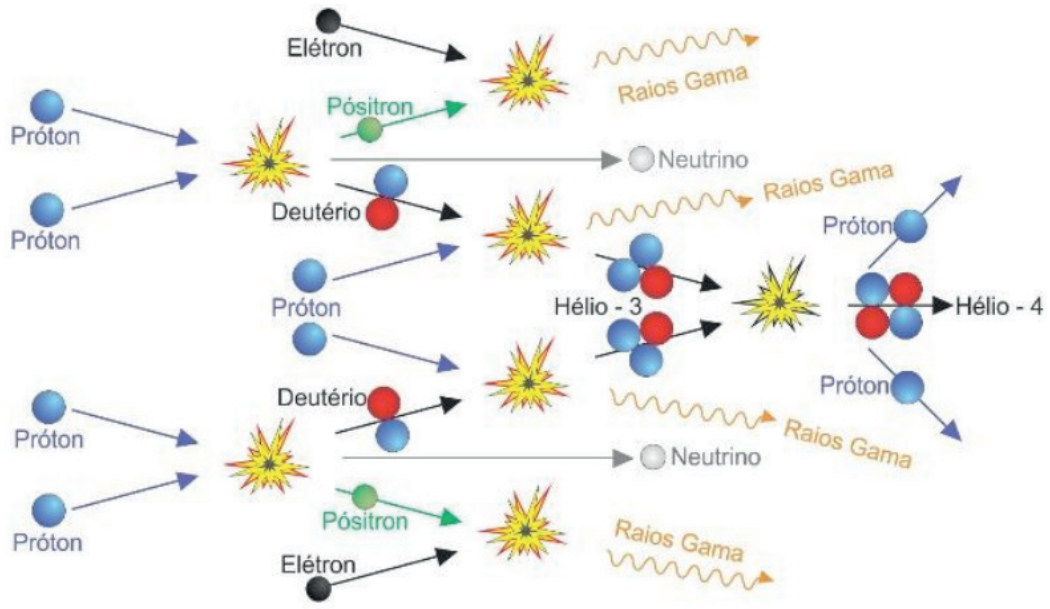


Figura 02 - Ciclo próton-próton.

Fonte: http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/termo_nuclear.jpg

2.1 Primeira etapa

A colisão entre dois prótons produz simultaneamente um núcleo de deutério (^2H), um pósitron e um neutrino. O pósitron encontra um elétron livre e ambos se aniquilam produzindo, com sua energia de repouso, dois raios gama.

A probabilidade de dois prótons colidirem e formarem um deutério é uma em 10^{26} colisões, pois na maioria dos casos eles simplesmente ricocheteiam (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p.356).

2.2 Segunda etapa

O deutério produzido na etapa anterior colide com um próton produzindo um núcleo de trítio (^3He).

2.3 Terceira etapa

Num intervalo de aproximadamente 10^5 anos, dois núcleos de trítio (^3He) colidem e formam uma partícula alfa (^4He) e dois prótons (HALLIDAY e RESNICK, 2016, p.356). Segundo Jatenco-Pereira (2011, p.158), “A cada segundo, 600 milhões de toneladas de hidrogênio são convertidas em 596 milhões de toneladas de hélio e quatro milhões de toneladas são eliminadas sob a forma de energia.” Ou seja, aproximadamente 1% da massa do hidrogênio é convertida em energia, conforme relação massa-energia de Einstein ($E = m.c^2$).

Por fim, esse ciclo apresenta como resultado $4H \rightarrow {}^4H_e + 2e^+ + 2_e +$, ocorrendo a produção de aproximadamente 26,7 mega elétron-volt (MeV). Desse total cerca de 0,5 MeV é levado para fora do Sol pelos neutrinos e o restante permanece no

seu interior como energia térmica. Observa-se que no ciclo próton-próton tem-se 6 núcleos de hidrogênio envolvidos nas “reações”. No entanto apenas 4 núcleos de hidrogênio são utilizados para formar o núcleo de hélio.

Assim a energia do Sol é produzida no seu núcleo e os neutrinos que escapam levam informações sobre o seu interior.

Camada radiativa → a temperatura vai diminuindo de dentro para fora de 7 para 2 milhões de kelvins. A energia produzida no núcleo é transportada pelos íons do plasma num processo de absorção e reemissão de fótons. Isso faz com que a energia proveniente do núcleo demore de 100 mil a um milhão de anos para chegar à superfície (VÁLIO, 2014, p.03).

Tacoclina → nessa interface ocorre grande variação da velocidade de escoamento do plasma. Diante disso Válio (2014, p.03) afirma “[...]acredita-se que estas sejam responsáveis pela geração do campo magnético solar através de um processo de dínamo.”

Camada convectiva → ocorre uma diminuição de temperatura do plasma de dentro para fora de 2 milhões para 6400 kelvins (JATENCO-PEREIRA, 2011, p.160).

Essa brusca queda de temperatura proporciona a formação de íons de hidrogênio, carbono, nitrogênio e ferro, os quais são grandes absorvedores de radiação proveniente do núcleo. Como consequência, a radiação é impedida de fluir livremente, tornando o plasma instável à convecção. As células convectivas de plasma que se movem nessa camada são as responsáveis pelo transporte da energia (VÁLIO, 2014, p.03).

3 I OBJETIVOS

Envolver os estudantes em trabalho de grupos no estudo das dimensões da estrutura interna do Sol, fazendo medições, comparações e descobrindo a escala que estão utilizando para proporcionar maior interação com o tema em estudo. Com o modelo tridimensional se busca representar uma situação concreta para que os estudantes adquiram condições de abstrair o interior do Sol de maneira mais significativa. Como consequência ocorrerá, possivelmente, um melhor entendimento do processo de geração de energia da nossa estrela e todo o seu “caminho” até chegar à superfície da mesma, atendendo assim as expectativas dos PCNs quando recomendam “E essa Física que há de servir aos estudantes para compreenderem a geração de energia nas estrelas [...]” (BRASIL, 2002).

4 I METODOLOGIA

A oficina é dividida em duas partes: explicação da estrutura interna e origem da energia do Sol. Inicialmente os estudantes, divididos em grupos de 05, recebem instrumentos de medições, um modelo da Terra, os valores das dimensões reais de cada modelo e as orientações necessárias para as atividades que serão desenvolvidas.

1) ESTRUTURA INTERNA

Nessa primeira parte os subgrupos recebem instrumentos de medições, um modelo da Terra, os valores das dimensões reais de cada modelo, as orientações necessárias para as atividades que serão desenvolvidas e os seguintes elementos:

Grupo A: modelo do núcleo do Sol;

Grupo B: modelo da camada radiativa;

Grupo C: modelo da interface (tacoclina);

Grupo D: modelo da camada convectiva.

Então cada subgrupo responde quantas vezes os modelos em estudo são menores que o tamanho real, compara o tamanho dos componentes da estrutura interna do Sol com o tamanho da Terra e finalmente determina a escala que estão trabalhando. Em seguida os resultados obtidos em cada subgrupo são socializados entre todos os participantes.

2) ORIGEM DA ENERGIA

Os estudantes são informados que a temperatura no núcleo do Sol é da ordem de 15×10^6 K e que essa temperatura possibilita a fusão nuclear. Em seguida eles começam a se apropriar do que seja fusão nuclear e que é através dela que o Sol produz sua energia.

Durante a explicação do ciclo próton-próton e a quantidade de energia produzida em cada ciclo, é enfatizado que a colisão entre dois prótons nem sempre resulta em fusão, pois isso só acontece uma vez em 10^{26} colisões próton-próton ocorrendo assim a produção de um deutério. Diz-se que essa lentidão no processo acaba por funcionar como uma “válvula de segurança” regulando a taxa de produção de energia e impedindo a explosão do Sol.

Como essa energia chega até a superfície do Sol?

Retoma-se mais uma vez ao modelo tridimensional para mostrar o “percurso” que essa energia terá de percorrer e em seguida começa a explicação sobre o que ocorre em cada “trecho”.

Informa-se sobre a queda de temperatura que ocorre na camada radiativa e que nela, a energia flui por radiação sendo absorvida e reemitida pelos íons do plasma, ou seja, ocorre absorção e reemissão de fótons.

A próxima etapa da “viagem” dos fótons é a interface (tacoclina) que separa

a camada anterior da camada convectiva. Na tacoclina “é observada” uma grande variação de velocidade de escoamento do plasma o que, acredita-se, proporciona a geração do campo magnético do Sol.

A última região é a camada convectiva onde é observada outra brusca queda de temperatura. Como resultado ocorre formação de íons de elementos bons absorvedores da radiação proveniente do núcleo o que torna o plasma instável à convecção. Assim, nessa região a energia é transportada pelas células convectivas de plasma.

Por fim informa-se que a energia produzida no núcleo demora de 100 mil a um milhão de anos para chegar à superfície do Sol.

Nessa última parte da oficina os participantes recebem materiais que apresentam a quantidade de energia produzida pelo Sol a cada segundo e a energia que o Brasil gera através de usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares. Uma das atividades é calcular o tempo necessário para que todas usinas brasileiras produzam a mesma quantidade de energia que a nossa estrela produz a cada segundo.

4.4 RESULTADOS

Os participantes da oficina se envolveram por completo no tema em debate. Sempre buscavam comparar as dimensões dos elementos que constituem a estrutura interna do Sol com as dimensões da Terra como também ficaram perplexos com a origem da energia produzida através da fusão nuclear.

1º) Houve unanimidade nos seguintes tópicos:

- Entendimento da produção de energia do Sol a partir da fusão nuclear;
- Surpresos com o tempo que os fótons produzidos no núcleo levam para chegar à superfície do Sol.

2º) Perplexidade ao conhecerem a quantidade de energia produzida pelo Sol a cada segundo (Gráfico 01).

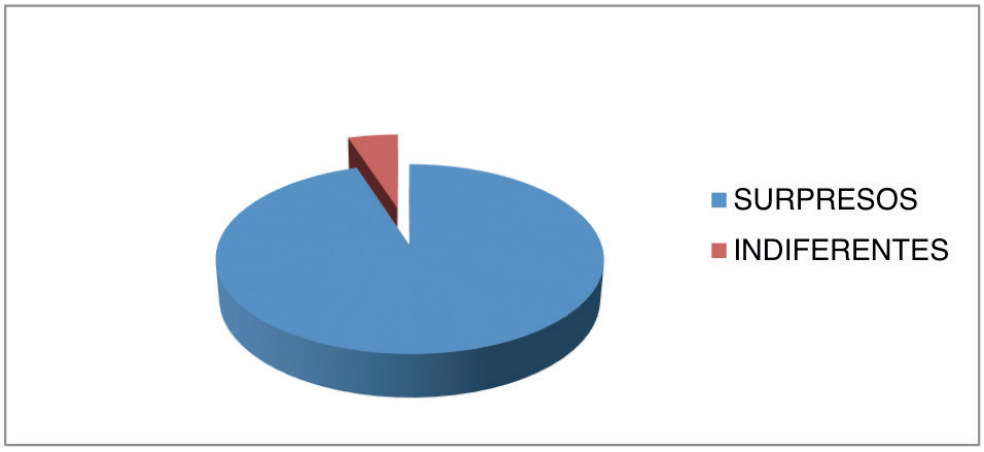


Gráfico 01-Estudantes ao conhecerem a quantidade de energia produzida pelo Sol.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo tridimensional mostrou ser um excelente recurso didático para ensinar o tema abordado. Observamos uma grande motivação e interação durante a explanação onde estudantes fizeram muitos questionamentos e através das atividades solicitadas manuseavam os elementos do modelo e diziam: “imagina que esse pedacinho é quase 3 bilhões de vezes menor que o tamanho real”. As várias intervenções feitas pelos estudantes durante a oficina e a segurança com que responderam perguntas feitas logos após, nos credenciam a afirmar que o resultado foi satisfatório. Portanto, a estratégia utilizada para explicar a origem da energia do Sol estudando primeiramente sua estrutura interna através de um modelo tridimensional nos dão respaldo a afirmar que o objetivo foi alcançado.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Ministério da Educação**. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio. PCN+. Brasília, 2002.

BARBOSA, V.V. et al. **A produção de maquetes como instrumento facilitador da aprendizagem no desenvolvimento dos conceitos de espaço e território**. In: anais da 64ª reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, São Luís – MA – 2012.

BRETONES, P.S. (org.). **Dificuldades no ensino**. In: Jogos para o ensino de astronomia. São Paulo: Átomo, 2013.

Educar para Crescer. Disponível em:
http://educarparacrescer.abril.com.br/aprendizagem/estudos-astronomia-623930.shtml . Acesso em: 29/02/2016.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**. 10 ed. v.4. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

JATENCO-PEREIRA, V. **Sol**. In: O céu que nos envolve. 1 ed. São Paulo: 2011.

KUHN, S.T. **A Tensão Essencial**. 1 ed. Lisboa: Edições 70, 2009.

Orlando, T.C. et al. **Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas.** Disponível em: http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/33/29 Acesso em: 22/03/2016.

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

VÁLIO, A. B. M. **O Sol como estrela**. In: Aperfeiçoamento em Astronomia para a Docência. São Paulo: IAG – USP, 2014.

CAPÍTULO 20

POLÍMEROS HIPERRAMIFICADOS COMO CARREADORES DE FÁRMACOS: UMA VISÃO SOBRE SÍNTESE, PROPOSTAS DE MECANISMOS, CARACTERIZAÇÃO E APLICABILIDADES

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 02/12/2019

Diego Botelho Campelo Leite
Instituto Federal do Maranhão, Campus São João dos Patos.
São João dos Patos – Maranhão, Brasil.
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3045202680534743

Edmilson Miranda de Moura
Universidade Federal do Piauí, Departamento de Química.
Teresina – Piauí, Brasil.
Lattes: http://lattes.cnpq.br/0624348825872858

Carla Verônica Rodarte de Moura
Universidade Federal do Piauí, Departamento de Química.
Teresina – Piauí, Brasil.
Lattes: http://lattes.cnpq.br/8314351279360798

RESUMO: Este capítulo aborda uma visão sobre polímeros hiperramificados e sua utilização principalmente na área de farmacologia e medicina. Pesquisas sobre sistemas poliméricos para carreamento de fármacos vem sendo muito exploradas nas últimas décadas. Tais sistemas de polímeros possibilitam o controle tanto espacial, como temporal, na administração de medicamentos e promovem liberação controlado dos fármacos. Este feito é importante pois, problemas como a pouca dissolução, toxicidade e altas dosagens dos fármacos podem ser corrigidos com o uso de polímeros hiperramificados como carreadores. Nesse capítulo será discutido a síntese de tais polímeros, a identificação das unidades dendríticas, lineares e terminais pela técnica de RMN, proposta de mecanismo de obtenção e suas aplicabilidades no uso como carreadores de medicamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Polímeros, hiperramificados, dendrímeros, poliglicerol, carreadores de fármacos.

HYPERBRANCHED POLYMERS AS DRUG CARRIERS: AN OVERVIEW ON SYNTHESIS, PROPOSED MECHANISM, CHARACTERIZATION AND APPLICABILITY

ABSTRACT: This chapter deals with an overview of hyperbranched polymers and their use, primarily, in the field of pharmacology and medicine. Research on polymeric based “drug delivery systems” has been extensively explored in recent decades. Such polymer systems enable, both spatial and temporal, control in drug administration and promote controlled drug release. This properties are important because problems, such as, poor drug dissolution, toxicity, and high dosages can be corrected by using hyperbranched polymers as carriers.

In this chapter, we will discuss the synthesis of such polymers, the identification of dendritic, linear and terminal units by the NMR technique, proposed mechanisms in obtaining and their applicability in the use as drug carriers.
KEYWORDS: Polymers, hyperbranched, dendrimers, polyglycerol, drug carriers.

1 I APRESENTAÇÃO

Nas últimas décadas, pesquisas com sistemas poliméricos de carreamentos de fármacos tem crescido,pois possibilitam o controle, tanto espacial, quanto temporal, na administração de medicamentos convencionais, promovendo um ambiente de liberação "controlada" (PILLAI; PANCHAGNULA, 2001). Estes veículos poliméricos permitem, essencialmente, que as drogas sejam liberadas em um tempo prolongado e diretamente ao sítio local de ação. Além disso, são projetadas para aumentar a segurança e eficiência das drogas e para melhorar a adesão ao paciente (HARRISON, 2007).

Sistemas de liberação controladafuncionam permitindo que as propriedades cinéticas inerentesao fármaco,sejammanipuladas pela propriedade do carreador polimérico. Estes sistemas permitem que drogas potentes com meia-vida curta sejam administradas com o mínimo de variação sobre um longo período de uso com menor potencial de incidência de toxicidade (TYLE, 1988). Várias vantagens foram observadas em comparação aos sistemas convencionais, os quais destacam-se a diminuição de ocorrência e intensidade de efeitos adversos, toxicidade, redução da frequência de dosagem, uma concentração mais uniforme na circulação sistêmica, efeito terapêutico prolongado e uma maior seletividade de ação farmacológica (GAVASANE, 2014).

Váriostipos de polímeros são utilizados parasistema de entrega de fármacos, do inglês chamados de "drug delivery", pois, acomodam uma enorme diversidade de estruturas químicas compatíveis com os fármacos e sistemas de liberação necessários. Dentre eles, polímeros sintéticos biodegradáveis são preferíveis, em relação aos polímeros naturais, pois é possível controlar variáveis como, cristalinidade, massa molecular e caráter hidrofóbico, que são parâmetros que afetam diretamente o grau de degradação (WINZENBURG et al., 2004). A grande aceitabilidade desses polímeros é devidoao fato de a biodegradabilidade poder ser manipulada,incorporando uma grande variação de grupos funcionais, como: éster, anidridos,amida, ureia e uretanos. A maioria dos polímeros biodegradáveis dependem da clivagem hidrolítica da ligação éster ou derivados, por conta disso, poliácido lático, poliácido glicólico e poli(ε-caprolactona) são os mais pesquisados (LIECHTY et al., 2010).

Nas últimas duas décadas, classes poliméricas de arquitetura tridimensional,

como os dendrímeros e os polímeros hiperramificados, foram bem estabelecidos e ampliados em termos de síntese e funcionalização. A literatura mostra que tais polímeros foram promissores para sistemas de liberação de fármacosno tratamento contra o câncer, por exemplo(ZHANG et al., 2017). Os dendrímeros representam uma classe inovadora que diferem dos polímeros tradicionais lineares pela sua arquitetura geométrica complexa. Estes são compostos altamente ramificados com repetidas unidades que emanam de um núcleo central em uma estrutura tridimensional organizada. Por conta de suas características únicas, aplicações na área biológica, em ciência dos materiais e na catálise homogênea vem sendo estudadas (KOLHE et al., 2003). Os dendrímeros são obtidos em síntese de múltiplas etapas e apresentam uma purificação complexa, por isso seu uso é menos comum. Entretanto, os polímeros hiperramificados podem ser uma alternativa interessante, uma vez que apresentam propriedades semelhantesàs dos dendrímeros e suas sínteses são mais simples. (ROKICKI et al., 2005).

Ao contrário dos dendrímeros, os polímeros hiperramificados são preparados emuma única etapa sintética.Para isso, monômeros do tipo ABn(com n >1) são usados. Tais monômeros possuem um sítio ativo “A” e “n” grupos complementares “B”. A maioria dos monômeros estudados possuem valor de n = 2 e a formação do polímero segue um mecanismo de policondensação. O glicidol é um monômero AB2amplamente usado na síntese de poliéteres hiperramificados originando a formação do poliglicerol hiperramificado (HPG, do inglês “Hyperbranched polyglycerol”) (ROKICKI et al., 2005).

Os poliglicerois hiperramificados mostraram-se interessantes como carreadores de fármacos devido a suas propriedades biocompatíveis, alta funcionalidade, e um longo tempo de circulação sanguínea. Essas propriedades, levaram a indústria e pesquisadores a avaliarem suas aplicações biomédicas (MOHAMMADIFAR et al., 2017a).

Nesse contexto, diferentes estratégias, incluindo ainserção de ligação com acetais ou cetais, no esqueleto estrutural do poliglicerol foram usadas para melhorar sua biodegradabilidade(MOHAMMADIFAR et al., 2017b). Esse método mostrou-se interessante,resultando em uma alta biodegradabilidade, no entanto, a estabilidade polimérica tornou-se um problema em pHneutro (SON; SHIN; KIM, 2015). Além disso, estudos mostram que a presença da enzima esterase e as condições ácidas dentro das células vivas juntamente com a incorporação de ligações ésteres no esqueleto polimérico do HPG melhora sua degradabilidade intracelular, enquanto torna-se estável no meio extracelular. Consequentemente, a incorporação de segmentos de ϵ-caprolactona deve melhorar a biodegradabilidade dos polímeros, ao mesmo tempo que leva a formação de uma estrutura anfifílica que resulta numa ampliação na capacidade de encapsulamento de fármacos

(MOHAMMADIFAR et al., 2017b; NAMGUNG et al., 2014; ZHANG et al., 2011).

Diante do exposto, opresente trabalho destacará conceitos sobre polímeros hiperramificados e seus derivados e sua aplicabilidade como carreadores de fármacos na área medicinal e farmacêutica.

2 I POLÍMEROS HIPERRAMIFICADOS

Polímeros hiperramificados são macromoléculas derivadas da classe dos dendrímeros. No início de 1980, o termo "dendrímero" foi introduzido pelos pioneiros Robert G. Denkewalter, Donald A. Tomalia e George R. Newkome, em seguida, no fim da década de 80, o conceito sobre polímeros hiperramificados foi apresentada por Kim e Webster na síntese de polifenilênos hiperramificados por homopolimerização de monômeros do tipo AB_x (CAMINADE; YAN; SMITH, 2015; MAHMOODI et al., 2014).

Os dendrímeros são moléculas altamente ramificadas com unidades repetidas ancoradas à uma molécula central ("*core*") formando uma estrutura tridimensional regular e organizada. A arquitetura perfeita dos dendrímeros são obtidas em sínteses de várias etapas com um grau de controle muito grande e representam uma classe de polímeros monodisperso (Mn = 1). A síntese dos dendrímeros envolve múltiplas etapas de proteção/desproteção e uma purificação complexa, o que se torna uma justificativa para o uso não tão comum desse tipo de polímeros (BOAS; HEEGAARD, 2004; ROKICKI *et al.*, 2005).

Em contrapartida, os polímeros hiperramificados são sintetizados em uma etapa única. Possuem uma estrutura tridimensional randômica com dimensões compactas que se assemelham em relação à sua estrutura, propriedades, grande número de grupos funcionais terminais, alta solubilidade, aos dendrímeros e apresentam-se com baixa viscosidade quando comparados com os polímeros de cadeias lineares (KIM; WEBSTER, 1988; PAULUS *et al.*, 2013). A figura 1 mostra a diferença estrutural entre dendrímeros e polímeros hiperramificados.

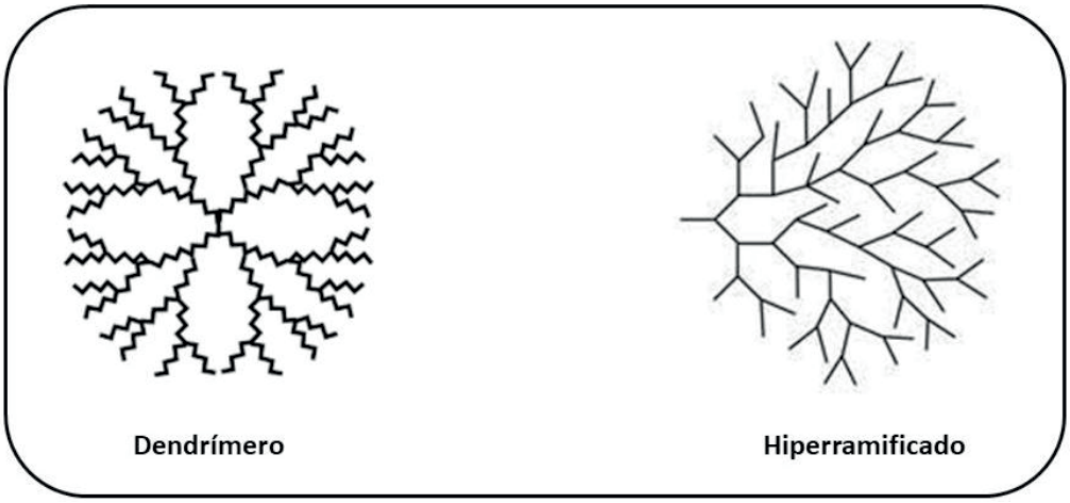


Figura 1. Representação estrutural da diferença entre um dendrímeros (monodisperso) e hiperramificado (polidisperso). Adaptado de (GAO; YAN, 2004)

Em sua maioria, a síntese de polímeros hiperramificados ocorre por meio da policondensação de monômeros do tipo AB_n. Estruturalmente, este tipo de monômero apresenta um grupo funcional "A" e "n" grupos funcionais "B". Flory, em 1952, demonstrou grande interesse em reações de policondensação e propôs um mecanismo descrito por meio de um monômero AB_n a partir de um ponto de vista teórico que serviu como base para o entendimento da obtenção desses polímeros. De forma simplificada, assumiu-se que (i) apenas são permitidas as reações entre os grupos funcionais A e B, (ii) nenhuma reação intramolecular de condensação ocorre, e (iii) a reatividade dos grupos funcionais independem do tamanho da cadeia do polímero e previu que tais polímeros terão estruturas altamente ramificadas e múltiplos grupos terminais. No entanto, tais considerações levam a formação de moléculas infinitas com distribuição de massa molecular crescente de forma exponencial, o que não foi observado na prática por causa das reações indesejadas, como, por exemplo, a interação entre um grupo "B" com outro grupo "B", o que reduz o crescimento da molécula e diminui a distribuição de massa molecular (FLORY, 1953; HUIT; JOHANSSON; MALMSTRÖM, 1999).

Dentre os vários tipos de monômeros AB_n, os mais comuns são aqueles com n=2 (AB_2 ou B_3), sendo que, este último quando todos os grupos funcionais são iguais). O glicidol se destaca como um monômero do tipo AB_2, no qual é amplamente utilizado na síntese e obtenção de poliglicerois hiperramificados. Entretanto, esse polímero não é ambientalmente correto, por ser muito tóxico.

3 I POLIGLICEROIS HIPERRAMIFICADOS (HPG)

Nos últimos anos, poliglicerois hiperramificados têm sido usados em várias aplicabilidades por conta de sua estabilidade térmica, biocompatibilidade e baixa

toxicidade (MOHAMMADIFAR *et al.*, 2017b).

De forma geral, HPGs são sintetizados por polimerização por abertura de anel, catiônica ou aniônica, do glicidol. Em 1999, Frey e colaboradores demonstraram a obtenção de tais polímeros a partir da polimerização por abertura de anel de monômeros cíclicos do tipo AB_2-latente, o glicidol. Este mecanismo é conhecido como polimerização com abertura de anel multiramificado (ROMPB, do inglês "*ring-opening multibranching polymerization*") (MOHAMMADIFAR *et al.*, 2017b; SUNDER *et al.*, 1999)1,1-Tris(hydroxymethyl.

De forma geral, a polimerização ocorre em três etapas. A primeira, chamada de iniciação, ocorre por um alcóxido de metal alcalino e um álcool como core/iniciador. A unidade de álcool parcialmente deprotonado são usadas, desde que permitam controlar a concentração de sítios ativos na polimerização. A etapa seguinte é a propagação, que ocorre por meio da adição lenta do monômero. Assim, o alcóxido reage com o anel epóxi do monômero através de seu grupo terminal não-substituído, formando um alcóxido secundário. No entanto, uma rápida transferência intra- e intermolecular ocorre resultando a formação de um alkóxi primário, gerando as unidades de ramificações dendríticas, lineares e terminais. Por fim, com a completa adição do monômero, permite-se a continuação da polimerização até que todo o monômero seja consumido. O término da polimerização do HPG envolve o uso de uma resina de troca iônica para neutralizar os alkóxis existentes. A figura 2 demonstra o mecanismo descrito (LEITE; MOURA; MOURA, 2019; MOORE; THISSEN; VOELCKER, 2013)

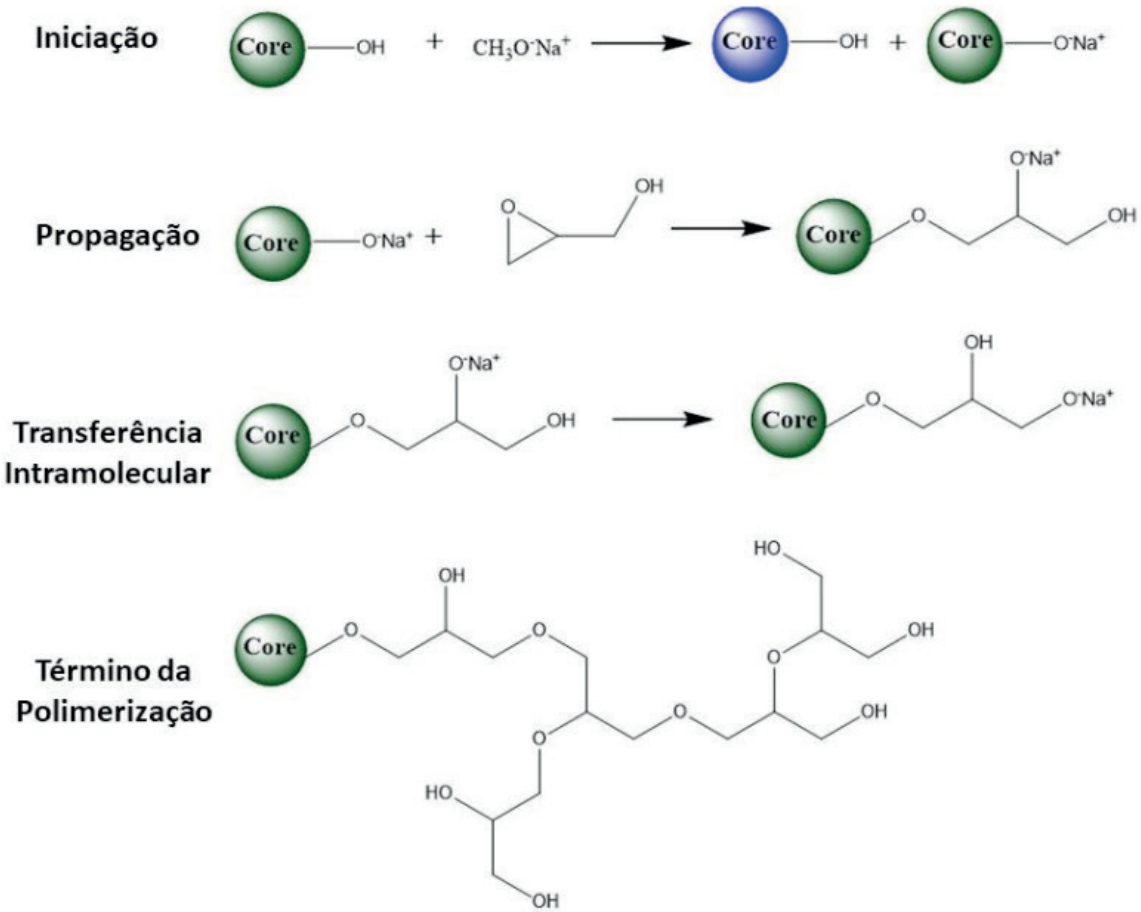


Figura 2. Representação do mecanismo de polimerização ROMPB do glicidol na formação de HPG. Adaptado de (MOORE; THISSEN; VOELCKER, 2013)l

No entanto, apesar do glicidol ser a escolha primária na síntese de HPG por sua alta reatividade, o mesmo é classificado como um composto químico de grande impacto ambiental, além de ser uma molécula potencialmente cancerígena (BAI *et al.*, 2011). Dessa forma, Rokicki e colaboradores mostraram a obtenção de HPG por uma rota sintética menos nociva utilizando o carbonato de glicerol (CG), também um monômero cíclico do tipo AB_2-latente. O CG, de nome 4-hidroximetil-1,3-dioxolan-3-ona, pode ser facilmente obtido a partir do glicerol e carbonato de dimetila sob condições brandas (ROKICKI *et al.*, 2005).

O carbonato de glicerol é estável, incolor e pode ser utilizado como solvente, aditivo ou intermediário químico. Como intermediário químico, reage rapidamente com álcoois, fenóis e ácidos carboxílicos com a perda de CO_2. Industrialmente, o CG é originado a partir do glicerol com carbonato de etileno ou carbonatos dialquílicos por transesterificação. No entanto, obtém-se também, como subproduto, o etilenoglicol que dificulta a separação dos produtos devido à alta temperatura de ebulição de ambos produtos. Uma alternativa para as indústrias é a rota sintética proposta por Rokicki e colaboradores através do carbonato de dimetila, pois este carbonato linear é fabricado industrialmente por métodos ambientalmente seguros a partir do CO_2 com fontes renováveis (OCHOA-GÓMEZ *et al.*, 2011; ROKICKI *et al.*, 2005).

Logo, a obtenção de poliglicerois hiperramificados por meios de compostos ambientalmente aceitos, tanto monômero, quanto core, tem-se tornado bastante promissor. Mohammadifar e colaboradores pesquisaram o uso de ácido cítrico como alternativa de core iniciador na síntese de HPGs, pelo fato de ser uma molécula doadora de prótons, baixo custo, biodegradável e um agente ativante do glicidol para uma polimerização por abertura catiônica do anel, em condições brandas (MOHAMMADIFAR *et al.*, 2017b). Recentemente, Leite e colaboradores relataram a obtenção de HPGs a partir do uso do glicerol como precursor, tanto como core, quanto monômero, em uma rota sintética mais "verde" evitando o uso do glicidol (LEITE; MOURA; MOURA, 2019).

Para melhor entendimento da síntese e sucesso na obtenção de poliglicerois hiperramificados necessita-se identificar as unidades dendríticas, lineares e terminais deste tipo de polímero que se originam na fase de propagação do mecanismo de ROMPB.

4 I UNIDADES DENDRÍTICAS, LINEARES E TERMINAS DO HPG

Estruturalmente, HPGs são divididos em três partes: dendrítica, linear e terminal. A unidade dendrítica (D) considera que todos os sítios ativos dos monômeros tenham reagido fazendo parte da cadeia polimérica e propagando-o em todas as direções possíveis. Já a unidade linear (L) é composta por, no mínimo, dois sítios ativos polimerizados para que seja possível o crescimento da cadeia polimérica. Por fim, a unidade terminal (T) é onde o monômero finaliza a propagação da cadeia tendo seus sítios ativos não reagidos (ROKICKI *et al.*, 2005). A Figura 3 mostra o desenho sistemático de um polímero hiperramificado calculado teoricamente por Garamus e colaboradores (GARAMUS *et al.*, 2004).

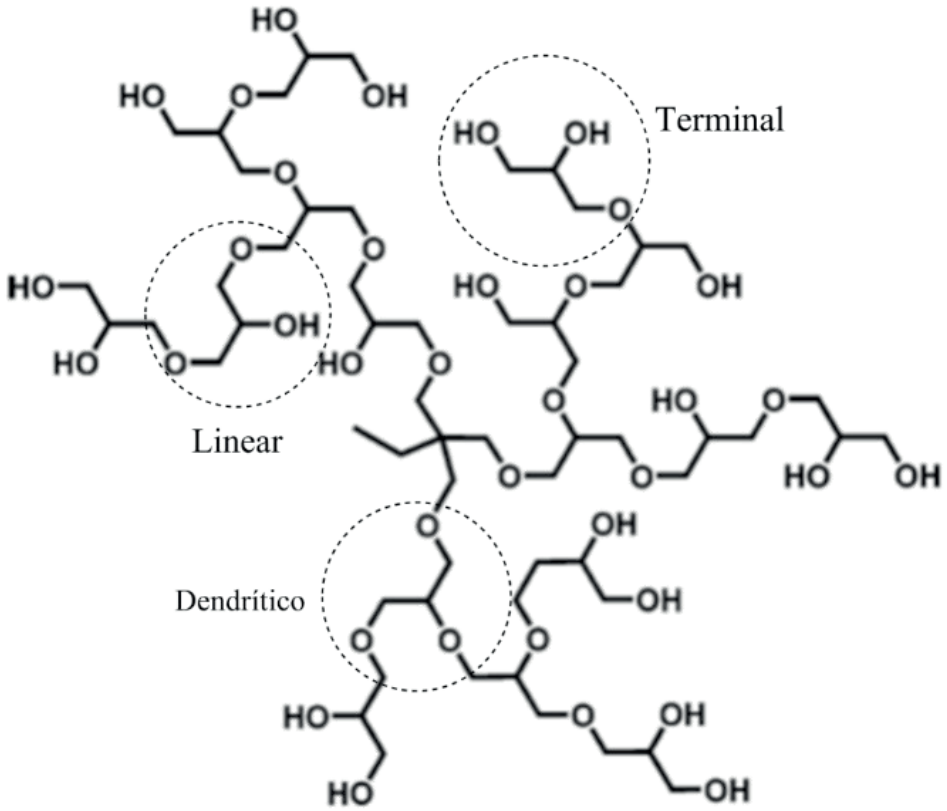


Figura 3. Representação estrutural de um poliglicerol obtido com core 1,1,1-tris(hidroximetil) propano destacando suas unidades dendríticas, lineares e terminais. Adaptado de (GARAMUS et al., 2004).

Para a determinação destas variações estruturais é necessário o uso de análises por RMN. Entretanto, em alguns casos de polímeros AB_n com cadeia longa ou unidades fenílicas, as análises por RMN torna-se difícil devido ao fato de átomos similares não serem facilmente distinguidos no espectro. Além disso, quando $n > 2$, ou seja, quanto maior o número de sítios ativos, a análise por RMN torna-se complicada, pois as possibilidades dos grupos lineares e terminais crescem proporcionalmente (CHEN *et al.*, 2014).

Para os poliglicerois, duas unidades lineares e duas terminais são observadas pela ocorrência de transferência de próton intramolecular seguida da transferência intermolecular, levando ao crescimento simultâneo de todos os grupos hidroxilas presentes no sistema. Dessa forma, dependendo de qual grupo hidroxila possa reagir, destaca-se as unidades lineares, $L_{1,3}$ e $L_{1,4}$, e, consequentemente, as unidades terminais, $T_{1,2}$ e $T_{1,3}$, figura 4. Tais unidades podem ser favorecidas em relação as outras dependendo do método de síntese (BHAT; AHMADI; AHMAD, 2018; HÖLTER; BURGATH; FREY, 1997)imperfectly branched, dendritic and terminal units in hyperbranched polymers based on AB2, AB3 and AB, (m 2 2.

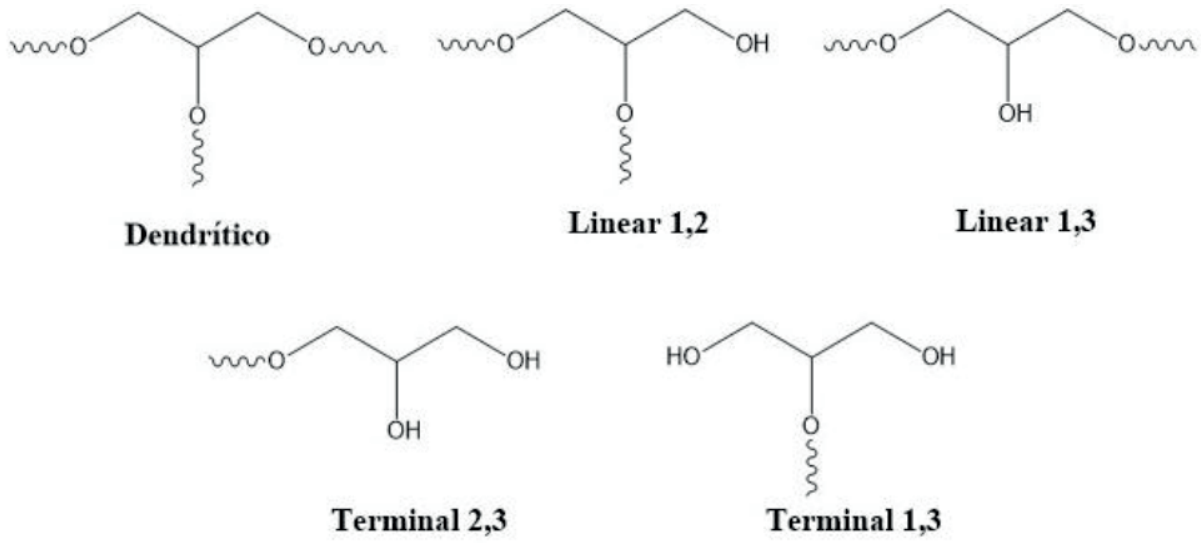


Figura 4. Representação esquemática das unidades dendríticas, lineares $L_{1,3}$ e $L_{1,4}$ e terminais $T_{1,2}$ e $T_{1,3}$ de um poliglicerol hiperramificado. Adaptado de (LEITE; MOURA; MOURA, 2019).

A espectroscopia de RMN é comumente usada para determinar o grau de ramificação (DB, do inglês "*Degree of branching*") de tais polímeros a partir de modelos bases com pequena massa molecular que possua uma estrutura semelhante para as unidades dendríticas, lineares e terminais. O DB é obtido pela comparação das intensidades dos sinais de cada unidade de acordo com a seguinte equação:

$$DB = \frac{D+T}{D+L+T} \quad (1)$$

onde, D, T e L são as quantidades relativas das unidades dendríticas, terminais e lineares, respectivamente, do monômero resultante da integração dos respectivos sinais pelo espectro RMN. Ressalta-se que a equação 1 é válida, somente, para sistemas do tipo AB_2 e que o valor normalmente encontrado para DB varia de 0,4 a 0,8 (FREY; HÖLTER, 1999).

Para que o cálculo do grau de ramificação seja verdadeiro, imagina-se que cada unidade terminal pode se tornar linear pela adição do monômero AB_2 e que, consequentemente, torna-se uma unidade dendrítica pela presença de outra unidade de monômero. Assim, fica claro que para cada unidade dendrítica formada a partir da unidade linear, um novo grupo terminal é gerado. Logo, o número de unidades terminais (t) e unidades dendríticas (d) é relatada pela fórmula 2, desde que a polimerização tenha iniciada com a unidade terminal, o que se torna óbvio. Dessa forma, em polímeros com alta massa molar, a intensidade de sinais de tais unidades deve ser semelhante (HÖLTER; BURGATH; FREY, 1997)imperfectly branched, dendritic and terminal units in hyperbranched polymers based on AB2, AB3 and AB, (m 2 2.

$$t = d + 1 \quad (2)$$

Onde t e d são valores absolutos de unidades terminais e dendríticas de uma

prolongação do polímero.

Outro fator que deve ser considerado é que a reação do grupo “A” com o grupo “B” do mesmo monômero, seja desprezada e que em moléculas hiperramificadas com alta conversão no decorrer da reação, as unidades t e d tornam-se praticamente idênticas em uma molécula. Logo, o grupo terminal separa-se do grupo dendrítico por uma quantidade randômica de grupos lineares. Portanto, o número de unidades lineares (*l*) é independente do grupo *d* e *t* e constitui um fator importante para determinado o grau de ramificação de uma estrutura hiperramificada (FREY; HALTER, 1999)imperfectly branched, dendritic and terminal units in hyperbranched polymers based on AB2, AB3 and AB, (m 2 2.

5 I APLICABILIDADES DOS POLIGLICEROIS HIPERRAMIFICADOS NA MEDICINA

Até o presente momento, artigos de revisões de excelência sobre HPGs foram publicados destacando área de síntese, caracterizações, propriedades, funcionalizações, automontagem supramolecular e potenciais aplicações. HPGs são um dos tópicos mais pesquisados, atualmente, na ciência dos polímeros e com grande interesse em ciência dos materiais, principalmente em nanociência e nanotecnologia, assim como em ciência biomedicinal (WANG et al., 2015)an important subclass of dendritic macromolecules, are highly branched, three-dimensional globular nanopolymeric architectures. Attractive features like highly branched topological structures, adequate spatial cavities, numerous terminal functional groups and convenient synthetic procedures distinguish them from the available polymers (the linear, branched, and crosslinking polymers. Muitas aplicações em potencial e práticas foram descobertas para os HPGs, como, *“coatings”*, resinas, aditivos de polímeros, crosslinkers, nanoreatores, nanocapsulas e plataformas multifuncionais, por exemplo (GAO; YAN, 2004; JIN et al., 2012).

Os poliglicerois hiperramificados ganharam bastante atenção por se tornarem uma alternativa ao polietileno glicol (PEG), um poliéter análogo de uso industrial. Os HPGs mostraram-se mais biocompatíveis e vantajoso que o PEG, pelo fato de ser sinteticamente fácil e de estrutura controlável, ter maior estabilidade oxidativa, além de possuir múltiplos grupos funcionais (SON; SHIN; KIM, 2014). A sua alta biocompatibilidade é alvo de grande estudo pois alavancou novas estratégias para a Medicina Molecular, apresentando várias possibilidades de aplicação nas áreas de diagnóstico e terapia, bem como, aumento de eficiência e amplificação de concentração locais de fármacos (FREY; HAAG, 2002). Na área de nanotecnologia, estes estudos são ainda mais pesquisados, uma vez que influenciam diretamente em propriedades biológicas importantes, tais como: melhora de biodisponibilidade,

diminuição de efeitos adversos, aumento de efeito terapêutico de fármacos e a diminuição da rápida eliminação pelo sistema fagocitário mononuclear (MPS, do inglês "*Mononuclear phagocity system"*) (DENG et al., 2014)we examined hyperbranched polyglycerols (HPG. Por isso, pesquisas em sistemas de "*drug delivery"* associado com nanotecnologia são, constantemente, desenvolvidos para melhorar problemas encontrados na administração de fármacos, que são, a baixa ou não-solubilidade em água para aplicação intravenosa, a irritabilidade gastrointestinal por via oral devido à rápida degradação pelas enzimas e problemas de nefrotoxicidade por exemplo (RIZVI; SALEH, 2018)Esta linha de pesquisa já destacou importantes propriedades, como, aumento da solubilidade, diminuição na toxicidade, alta resistência contra digestão enzimática e contra a eliminação pelo MPS, maior estabilidade comparada as drogas não-tratadas, que facilitam a liberação do fármaco nas regiões desejadas no organismo e melhorando a biodisponibilidade (MISRI et al., 2015; SINGH; LILLARD, 2009). Kainthane colaboradores estudaram a versatilidade de HPGsfuncionalizados hidrofobicamentes para o uso como substituto de albuminas sintéticas e veículos para o carreamento de fármacos(KAINTHAN et al., 2008).

6 I CONCLUSÂO

Diante do exposto, o presente trabalho destaca conceitos sobre polímeros hiperramificados e seus derivados, desde a síntese, mecanismos, estudos de identificação das unidades dendríticas, lineares e terminais, além de sua aplicabilidade como carreadores de fármacos na área medicinal, nanotecnologia e farmacêutica.

REFERÊNCIAS

BAI, R. et al. Synthesis of glycerol carbonate from glycerol and dimethyl carbonate catalyzed by KF modified hydroxyapatite. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 17, n. 4, p. 777–781, 2011.

BHAT, S. I.; AHMADI, Y.; AHMAD, S. Recent Advances in Structural Modifications of Hyperbranched Polymers and Their Applications. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, 2018.

BOAS, U.; HEEGAARD, P. M. H. Dendrimers in drug research. **Chemical Society Reviews**, v. 33, n. 1, p. 43–63, 2004.

CAMINADE, A. M.; YAN, D.; SMITH, D. K. Dendrimers and hyperbranched polymers. **Chemical Society Reviews**, v. 44, n. 12, p. 3870–3873, 2015.

CHEN, H. et al. A simple and general method for the determination of content of terminal groups in hyperbranched polymers derived from ABn monomers. **Polymer Testing**, 2014.

DENG, Y. et al. The effect of hyperbranched polyglycerol coatings on drug delivery using degradable polymer nanoparticles. **Biomaterials**, v. 35, n. 24, p. 6595–6602, 2014.

FLORY, P. J. **In Principles of polymer chemistry**. [s.l: s.n.].

FREY, H.; HAAG, R. Dendritic polyglycerol: A new versatile biocompatible material. **Reviews in Molecular Biotechnology**, v. 90, n. 3–4, p. 257–267, 2002.

FREY, H.; HALTER, D. Degree of branching in hyperbranched polymers. 3 Copolymerization of AB/H-monomers with AB and AB7,-monomers. **Acta Polymerica**, v. 50, n. 2–3, p. 67–76, 1999.

FREY, H.; HÖLTER, D. Degree of branching in hyperbranched polymers. 3 Copolymerization of ABm-monomers with AB and ABn-monomers. **Acta Polymerica**, v. 50, n. 2-3, p. 67–76, 21 abr. 1999.

GAO, C.; YAN, D. Hyperbranched polymers: From synthesis to applications. **Progress in Polymer Science (Oxford)**, v. 29, n. 3, p. 183–275, 2004.

GARAMUS, V. M. et al. Hyperbranched polymers: Structure of hyperbranched polyglycerol and amphiphilic poly(glycerol ester)s in dilute aqueous and nonaqueous solution. **Macromolecules**, 2004.

GAVASANE, A. J. Synthetic Biodegradable Polymers Used in Controlled Drug Delivery System: An Overview. **Clinical Pharmacology & Biopharmaceutics**, 2014.

HARRISON, K. Introduction to polymeric drug delivery systems. In: **Biomedical Polymers**. [s.l: s.n.].

HÖLTER, D.; BURGATH, A.; FREY, H. Degree of branching in hyperbranched polymers. **Acta Polymerica**, v. 48, n. 1-2, p. 30–35, 1997.

HUIT, A.; JOHANSSON, M.; MALMSTRÖM, E. Hyperbranched polymers. **Advances in Polymer Science**, 1999.

JIN, H. et al. **Biocompatible or biodegradable hyperbranched polymers: From self-assembly to cytomimetic applicationsChemical Society Reviews**, 2012.

KAINTHAN, R. K. et al. Hydrophobically derivatized hyperbranched polyglycerol as a human serum albumin substitute. **Biomaterials**, 2008.

KIM, Y. H.; WEBSTER, O. W. **Hyperbranched polyphenylenes**. American Chemical Society, Polymer Preprints, Division of Polymer Chemistry. **Anais**...1988Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0024072842&partnerID=40&md5=0f05952f0fe052266cac26f75bf9840c>

KOLHE, P. et al. Drug complexation, in vitro release and cellular entry of dendrimers and hyperbranched polymers. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 259, n. 1–2, p. 143–160, 2003.

LEITE, D. B. C.; MOURA, E. M. DE; MOURA, C. V. R. DE. Application of Glycerol in the Synthesis of Hyperbranched and Highly Branched Polyethers: Characterization, Morphology and Mechanism Proposal. **Materials Research**, v. 22, n. suppl 1, 2019.

LIECHTY, W. B. et al. Polymers for Drug Delivery Systems. **Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering**, 2010.

MAHMOODI, R. et al. Hyperbranched polymers: A promising new class of key engineering materials. **Key Engineering Materials, Volume 1: Current State of the Art on Novel Materials**, v. 26, p. 133–142, 2014.

MISRI, R. et al. Investigation of hydrophobically derivatized hyperbranched polyglycerol with PEGylated shell as a nanocarrier for systemic delivery of chemotherapeutics. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine**, v. 11, n. 7, p. 1785–1795, 2015.

MOHAMMADIFAR, E. et al. One-pot and gram-scale synthesis of biodegradable polyglycerols under

ambient conditions: Nanocarriers for intradermal drug delivery. **Polymer Chemistry**, v. 8, n. 47, p. 7375–7383, 2017a.

MOHAMMADIFAR, E. et al. Green synthesis of hyperbranched polyglycerol at room temperature. **ACS Macro Letters**, v. 6, n. 1, p. 35–40, 2017b.

MOORE, E.; THISSEN, H.; VOELCKER, N. H. Hyperbranched polyglycerols at the biointerface. **Progress in Surface Science**, v. 88, n. 3, p. 213–236, 2013.

NAMGUNG, R. et al. Poly-cyclodextrin and poly-paclitaxel nano-assembly for anticancer therapy. **Nature Communications**, 2014.

OCHOA-GÓMEZ, J. R. et al. Synthesis of glycerol carbonate from 3-chloro-1,2-propanediol and carbon dioxide using triethylamine as both solvent and CO2 fixation-activation agent. **Chemical Engineering Journal**, 2011.

PAULUS, F. et al. Anionic Ring-Opening Polymerization Simulations for Hyperbranched Polyglycerols with Defined Molecular Weights. **Macromolecules**, v. 46, n. 21, p. 8458–8466, 12 nov. 2013.

PILLAI, O.; PANCHAGNULA, R. **Polymers in drug deliveryCurrent Opinion in Chemical Biology**, 2001.

RIZVI, S. A. A.; SALEH, A. M. Applications of nanoparticle systems in drug delivery technology. **Saudi pharmaceutical journal : SPJ : the official publication of the Saudi Pharmaceutical Society**, v. 26, n. 1, p. 64–70, jan. 2018.

ROKICKI, G. et al. Hyperbranched aliphatic polyethers obtained from environmentally benign monomer: Glycerol carbonate. **Green Chemistry**, v. 7, n. 7, p. 529–539, 2005.

SINGH, R.; LILLARD, J. W. **Nanoparticle-based targeted drug deliveryExperimental and Molecular Pathology**, 2009.

SON, S.; SHIN, E.; KIM, B.-S. Redox-Degradable Biocompatible Hyperbranched Polyglycerols: Synthesis, Copolymerization Kinetics, Degradation, and Biocompatibility. **Macromolecules**, v. 48, n. 3, p. 600–609, 10 fev. 2015.

SON, S.; SHIN, E.; KIM, B. S. Light-responsive micelles of spiropyran initiated hyperbranched polyglycerol for smart drug delivery. **Biomacromolecules**, 2014.

SUNDER, A. et al. Controlled synthesis of hyperbranched polyglycerols by ring opening multibranching polymerization. **Macromolecules**, v. 32, p. 4240–4246, 1999.

TYLE, P. Controlled drug delivery: Fundamentals and applications. Edited by Joseph R. Robinson and Vincent H. L. Lee. Marcel Dekker, Inc., New York. 1987. 739 pp. 16 × 23.5 cm. ISBN 0-8247-7588-0. $125.00. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 77, n. 1, p. 94, 1 jan. 1988.

WANG, D. et al. Bioapplications of hyperbranched polymers. **Chemical Society Reviews**, v. 44, n. 12, p. 4023–4071, 2015.

WINZENBURG, G. et al. Biodegradable polymers and their potential use in parenteral veterinary drug delivery systems. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 2004.

ZHANG, L. et al. Preparations of hyperbranched polymer nano micelles and the pH/redox controlled drug release behaviors. **Materials Science and Engineering C**, v. 79, p. 116–122, 2017.

ZHANG, W. et al. Nuclear entry of hyperbranched polylysine nanoparticles into cochlear cells. **International Journal of Nanomedicine**, 2011.

CAPÍTULO 21

PREY-PREDATOR MODELING OF CO2 ATMOSPHERIC CONCENTRATION

Data de aceite: 17/03/2020

Data de Submissao. 02/12/2019

Luis Augusto Trevisan
Departamento de Matematica e Estatistica, Universidade Estadual de Ponta Grossa
http://lattes.cnpq.br/3351295324944747

Fabiano Meira de Moura Luz
Universidade Norte do Paraná, Unopar Ponta Grossa.
http://lattes.cnpq.br/1021402054841361

ABSTRACT: In this work we propose a mathematical model, based in a modified version of the Lotka-Volterra prey-predator equations, to predict theincreasing in CO_2 atmospheric concentration, denoted by Ca. We consider how the photosynthesis rate has changed with the increase of the Ca and howthis affects plant reproduction and CO_2 absorptions rates. Total CO_2 emissions (natural and manmade) and numericalfactor related to biomass are considered. It is shown that the atmospheric system can be in equilibrium under some specific conditions, and alsosome comparisons with historical data and predictions are done. A striking feature of the model is to adjust data with a small number of parameters.

KEYWORDS: Prey-predator model, CO_2 atmospheric concentration, photosinthesis rate.

ADAPTAÇÃO DO MODELO PRESA-PREDADOR PARA DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO CO2 ATMOSFÉRICO

RESUMO: Neste trabalho foi feito uma adaptacao do modelo presa-predador de Lotka-Volterra paa previsao da concentracao do CO_2 atmosferico. No modelo apresentado aqui , as plantas são predadoras do CO_2 atravez da fotossintese. Com os paramentros ajustados foram feitas algumas projecoes mediante possíveis cenarios.

PALAVRAS-CHAVE : modelo presa-predador, taxa de fotossintese, CO_2 atmosferico.

1 I INTRODUCTION

Several billion of years ago, special terrestrial conditions made the formation of life possible. Since its formation, the biosphere has played an active role in controlling environmental conditions. An interaction has developed between the evolution of living species and the environment. Changes inenvironmental conditions modified the biosphere and vice-versa. When life began, the Earth''s atmosphere was not similar to the present air. The main peculiarity of our atmosphere - the presence of oxygen – is the result of the biospheres evolution (Meszaros

2000). Natural changes in atmosphericcomposition and climate are slow processes when compared with typical human time scales. During the last 8.000 to 10.000 years, the climate has been stable. Such stability has been favorable for humans and made social and economicdevelopment possible. In the present industrial era, this development has reached such a level that human activities have become able to modify environmental conditions on a time scale ($ \gg 100 $years) that is quite shorter than periods of natural changes. It is well known thatthe CO_2 emission due to human activities has contributed to cause the greenhouse effect, a warning in the Earth mean temperature. Another important effect of the increase of the CO_2 concentration is acceleration in the photosynthesis rate, a subject widely studied (Kirsshbaum 1994)(Laisk and Edwards 2000).

With a higher photosynthesis rate, plants can absorb more CO_2, and have a faster growing and reproduction rate, again consuming more CO_2. In this work we present a model to predict the increaseof CO_2 atmospheric concentration, considering the plant-atmospheric carbon interaction. Basically, we consider the increase of photosynthesis rates, that is a consequence of the increase of Ca (CO_2 atmospheric concentration), and apply a modified version of Lotka-Volterra (Lotka 1931) predator-prey model todescribe a possible time evolution of Ca (the concentration of CO$_2$ in the atmosphere, given in part per million,ppm) and a function of plant biomass P. This function includes all life beings that use photosynthesis, even if they are not vegetables. In the section method we show the adapted Lotka-Volterra model, in the section results there are comparisons with the data. In discussion some points to be improved are considered. The main goal of the present paper is to show that the adapted prey-predator model works.

2 I METHODS

The original model by Lotka-Volterra (Lotka 1931) was proposed in the twenty's, and have been widely used in ecological studies and also in another fields of knowledge. In our model, adapted to the problem of plants CO_2 interaction, we will consider the CO_2 as the inorganic prey (not reproducing) and plants are predator. The CO_2 molecule does not reproduce by itself, therefore its concentration, denoted by Ca, depends only on emissions (i.e. combustion reactions) denoted by Q(t), and absorptions (i.e photosynthesis), assumed to be proportional to vegetal biomass surface, denoted by P(t) and also to the relative photosynthesis rate A(Ca , T), where T is the temperature. The relative (in comparison with the maximum possible) photosynthesis rate is given, at some temperature is given by (Kirshbaum 1994)

$$A(Ca,T) = \frac{V_j(C_a - 1.5\Gamma_*)}{C_a + 3\Gamma_*}$$

where A(Ca,T) is the relative photosyntheses rate (in comparison to the possible maxima value, at a given temperature. V_{j} is set to one, is a value that depends on the temperature range:

$A(Ca;\ T) = 0;$ if;$T \cdot 00$

$A(Ca;\ T) = T{=}20;$ if;$0o < T < 20o$

$A(Ca;\ T) = 1;$ if;$20o \cdot T \cdot 30o$

$A(Ca;\ T) = (40\ ¡\ T){=}10;$ if;$30o < T \cdot 40o$

$A(Ca;\ T) = 0;$ if.T ¸ $40o$

The Γ_* factor depends on the foliar temperature T, in the following way:

$$\Gamma_* = 42e^{9,46(T_l - 25)/(T_l + 273.2)}$$

where 42ppm is the value of Γ at 25°C.

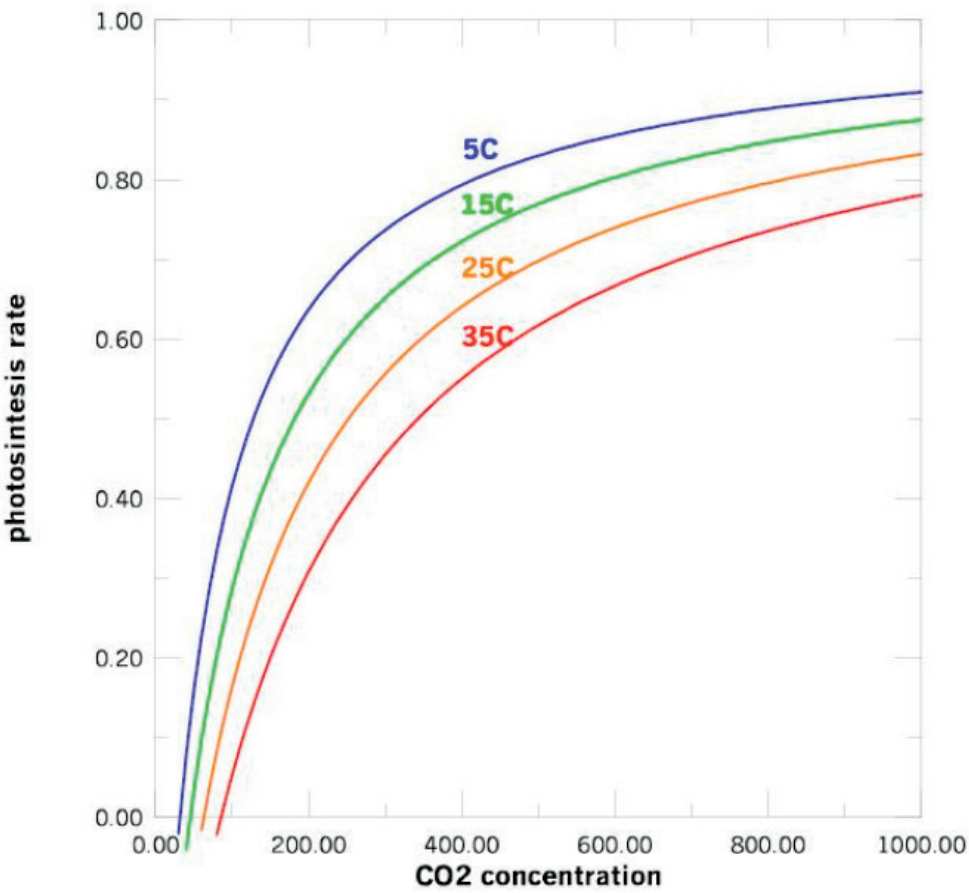


Fig 1: The relative photosyntheses rates x CO_{2} concentration,at different temperatures (in Celsius). The straight line is for T=5 , the long dashed line is for T=15, the short dshed line is for $T=25$, the long and short dasshed line is for T=35.

In this way, we have the set of equations to be solved:

$$\frac{dC_a}{dt} = -A(C_a, T) * P + kQ(t) \tag{1}$$

$$\frac{dP}{dt} = -e * P + f * P * A(C_a, T) \tag{2}$$

To estimate k, we consider the work by P.Tans, F.Y.Inez and T.Takahashi (Tans et al. 1990) , that studied emissions andconcentration during the 80's, the value is obtained considering the annual average increase on concentration of 1.4ppm and difference between emissions and absorption, which the mean value is 3GtC/ year. The ratio (1.4/3.0) reads k= 0.47. This means that for each 1GtC emitted more than consumed , the Ca increases 0.47 ppm. We also consider that the oceans are a balanced system, that absorbs all the CO_2 they emit and is also able to absorb around 30\% of human emission (Sabine et.al 2004). The Global emission of CO_2 has 3 sources : the ocean- which contributes with 100GtC, but absorbs all; the terrestrial, divided in natural with 90GtC and human, variable. We also consider that the oceans are also able to absorb around 30\% of human emission (Sabine et.al 2004).

Equation 1 says that the growing of the numerical value for P is proportional to itself and also to photosynthesis rate. The last equation is rewritten:

$$\frac{dP}{dt} = f * P(-b + A(C_a, T))$$

where b=e/f. The b factor is related to the vegetal death rate, and it is interesting to consider two hipothesis:

a) bis constant, that is an approach valid for short time analysis (10 or 20 years) ;

b) b may be set as a time function (depends on the historical moment).

Separating the sources,

$$Q(t) = Q_n + Q_h(t)$$

where Q_{n} are the natural emissions of CO_2 and Q_{h}(t) are the one made by man. Note that if

$$b = A(C_a, T)$$

the derivative is zero, so we get a stabilized system.

We have important remarks about the balance in the system. First, we note that if the system is balanced, b = A(Ca ,T) , the photosynthesis rate is equal to vegetable death rate (b factor). Then, a condition to the system get balanced, after sometime is b < 1.

In fact, if b>1 the system will never be stabilized, because the derivative of the vegetal population parameter always will be negative.

This fact is explored in this work, to show how we can use the parameter b to study possible stabilization scenarios in the atmospheric CO_2 concentration.

Besides, the f value can be used to help to fit desirable value of the derivative. In this way, the model has only two free parameters, b(t) and f that could be estimate using environmental data.

To better understand the role of the b factor, we should observe the figures 2 below:

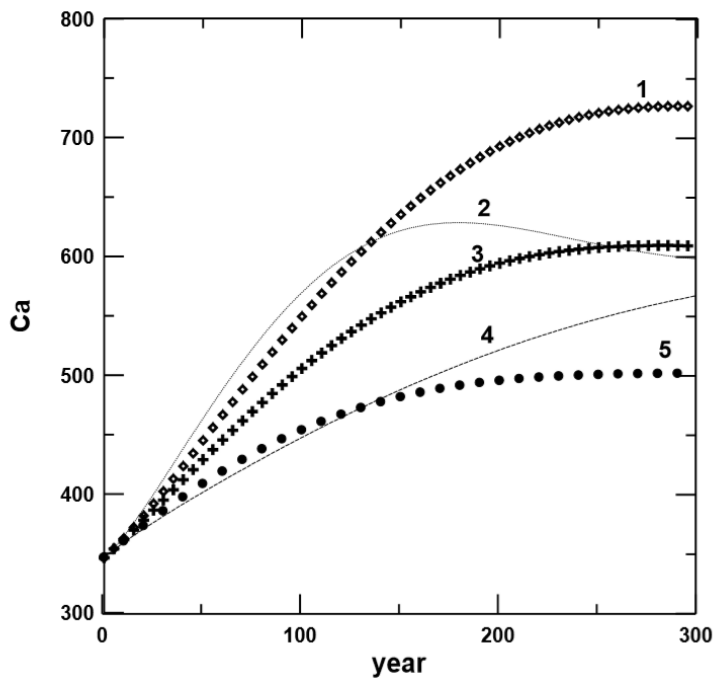


Figure 2. CO2 concentration versus time for different b and f constant values. Curve 1: b= 0.77, f = 0.0185 ; curve 2: b= 0.74 , f = 0.03, curve 3: b= 0.74 , f = 0.0185 , curve 4: b= 0.74 , f = 0.01; curve 5 :b= 0.70 , f = 0.0185 .

In figure 2, we use the same human emissions ($Qh = 7.5GtC/Y$)(Giga ton of CO_2 by year), which taking into account ocean absorption, should be

read $0.7x7.5=5,25GtC/Y)$. In cases 1, 3 and 5 we have used the same f value (f =0.0185), the value of the b factor is supposed constant and fitted to given three different final CO_2 concentrations; 500ppm; 600ppm and 700ppm, corresponding to b=0.70; b=0.74 and b= 0.77 respectively. The initial

concentration is Ca = 345ppm. Therefore there is a relationship between the vegetal death rate (b) and the final carbon dioxide atmospheric concentration (Caf):

$$b = A(Caf, T)$$

Besides this, in curves 2 and 4 , we have used the same b value of curve 3, b=0.74, with different values for f (f= 0.03 in curve 2 and f=0.01 in curve 4, while f=0.0185 in curve 3). We observe that, using the values f=0.0185, and b=0.74 (which corresponds to final concentration of 600ppm) we may fit thedata between 1985 (345ppm, jan) and 1995 (360ppm, jan) .

We emphasize that one important difference of the present model to the IPCC (www.ipcc.ch) is the way the absorptions are considered The system can reach a stable concentration even with constant emissions when the bfactor is less than unity (the greatest value the relative photosynthesis rate can reach)

3 I RESULTS

The model parameters are adjusted to give results near the data of CO_2 concentration in the 1800-2000a.c. period, when the concentration increased from approximately 282 ppm (Neftel et al 1985) up to 370ppm (2000), and with the recent annual average increase of 1.4 ppm (in the80's)(Tans,Ynez,Takahashi 1990). We also suppose the human emissions (Qh) to have an exponential growing, from nearly zero up to the present level. The function to represent the emissions is obtained from the data of CDIAC , with 20 points for each century (we have used the BRoffice).The emission function is:

$$Qh= 0.01*1.04^t$$

where t= year-1800.

$$b = b_i * exp[t * ln(b_f/b_i)/195]$$

The initial b value is: bi = A(282 ppm;25ºC) , that is, the initial b factor was equal to photosynthesis rate because, at that time, the system has been supposed to be balanced. And the final b value, combined with emissions, gives the increase of concentration that is close to 1.4 ppm/year, at 80's and a concentration near to the present one.so, if t = 195, b = bf (b final) ; and, if t=0, b=bi (b initial)) The value for bf and f$ are also obtained by the statistical methods, minimizing the Qi^2. As an important information, in the model, the natural emission (Qn) and absorption of CO_2 are initially supposed equal, 90GtC/year (the same of nowadays), where we consider only terrestrial absorptions and emissions. The absorptions by the oceans may occur also due to physical-chemical process, not only by photosynthesis

We consider that oceans take around 30\% of human emissions, so we

multiply the human emissions by 0.7. The initial value for the P parameter is fixed by:

$$P = k90/A(282, 25)$$

The value of T=25 is an anzats, it may represents the mean temperature in which photosyntheses may occurs. This temperature must be different of the mean temperature of the planet.

The results are bf=0.579, f=0.0822 and Qi^2=1.06603

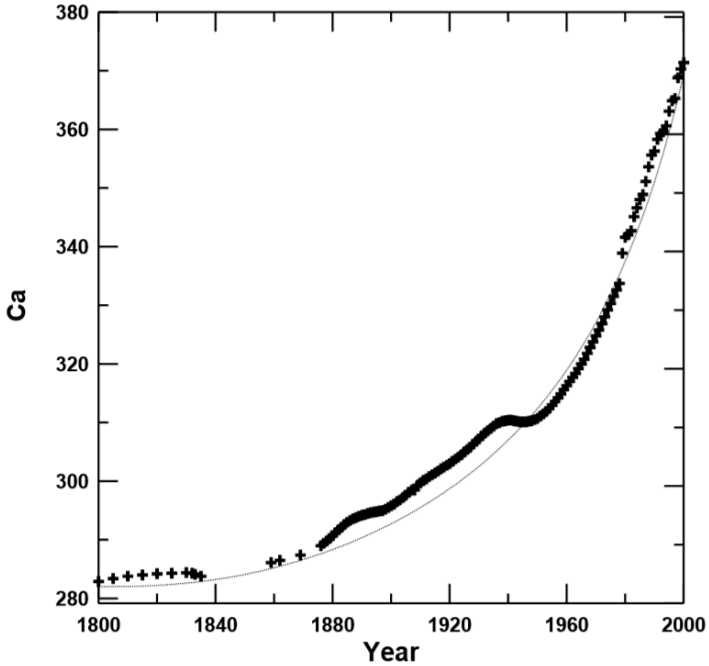


Fig.3 Comparison between the data from (Keeling et al 1989) (Wahlen et al 2000) and the fit of the model.

In the figure 4 below, we fit a short time evolution for the concentration, considering the mean value of emissions (9.43 GtC/y)- according to the scenario A1 AIM proposed by the IPCC for the decade 2000-2010, ocean absorption around 30\% of the human emission. The A1 storyline and scenario family describes a future world of very rapid economic growth, global population that peaks in mid-century and declines thereafter, and the rapid introduction of new and more efficient technologies. The comprehensive description of all scenarios may be found at http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf.

The initial value for the vegetal parameter is calculated in a way to fit the variation rate of the CO_{2} equal to the data.

To turn it explicit, the computer code lines are copied below:

1- The natural emissions, including the k factor:

Qn= 90*(1.4)/(3.0)=42

2-The human emission, considering the IPCC scenario A1 AIM in 1999

qh=9.43*(1.4/3.0)

3- The CO_{2} consumption

consu=Qn +0.7*qh -1.17

\where the factor 1.17 is the growing of the CO_2 atmospheric concentration between 1999 and 2000.

The initial CO_2 atmospheric concentration is Cai=368.31 ppm.

The initial photosynthesis rate is (T=25°C) A=0.618

and the populacional parameter

P= consu/A

with vegetal death rate b=0.683 and f =0.100 and Qi^2=0.02814$

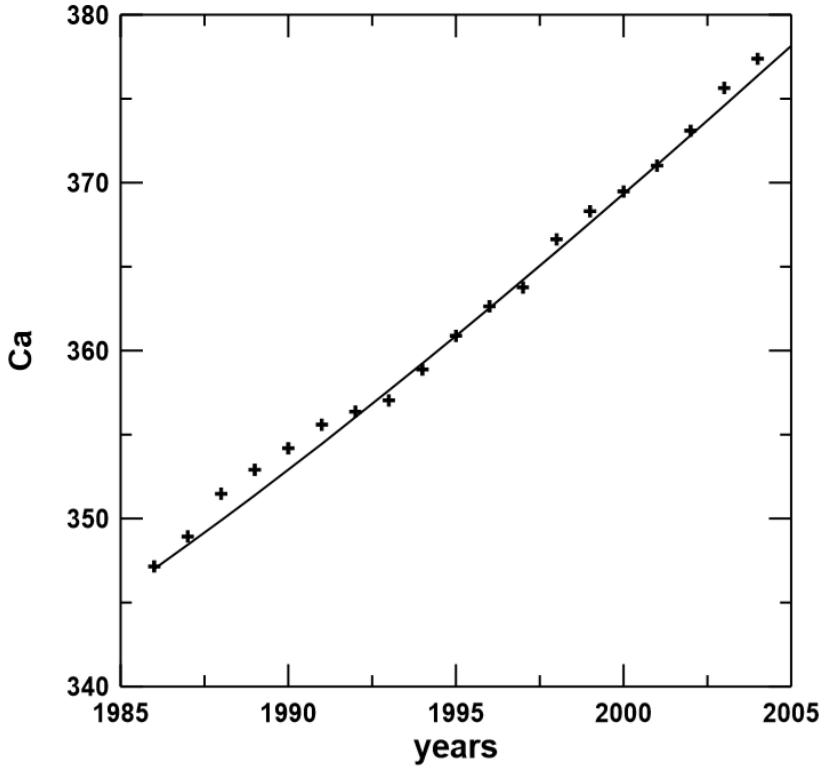


Fig 4: Concentration in a short time scale . We notice an almost linear evolution.

year	Ca Model const.	Ca Model ext	Exp Data	Linear
1990	352.48	353.46	354.88	353,24
1995	360.93	360.84	360.88	362,09
2000	370.10	369.26	369.48	370,94
2005	379.78	378.94	379.91	379,79
2010	389.83	390.13	389.68	388,64
2015	400.15	403.16	400.83	397,49
2020	410.67	418.43	408.53 (0ct/19)	406,34

Table 1 Ca predictions, according to the present model and historical data. The supposed model conditions are qh=7.53$GtC/y between 1990 and 2000, and qh=9.43between 2000 and 2025 (first column); on the second column, the conditions used to generate the figure 3 are considered on the extrapolation, on the third column, we show the observed data. We notice that there is an almost linear evolution. To compare with the linear approx and extrapolation, given by Ca= 1,77*(year-1990)+ 353,24, it's included the last column}

The dashed line in Fig. 3 corresponds to an exponential increase in the emissions, takes into account a variation in the absorptions due the increase of the b factor, and also the increase of the photosynthesis rate. So with the b factor being "`time dependent"', growing exponentially fromthe equilibrium with photosynthesis rate to the present value, constant f parameter and with simulated exponential emissions (not free, they should comes from (historical data) we obtain a smooth fit to historical data. We must note, in the historical data, the period 1938-1946, when a constant value of Ca is observed. Another important point is that only with raising emissions it is not possible to fit the data curve completely. Only considering variations in absorptions, due the vegetable death, the curve may be reasonably fitted. This means, for example, that burning forest contributes twice, by one side Ca increases due to emissions (burning) and by the other side it also increases due to reduced absorption (deforesting). As an additional remark about the features of the model, we notice that the parameters to fit short range data may be different to those needed to fit a long historical period, this is intrinsic to the non-linearity of the set of coupled equations.

4 I DISCUSSION

In this work we presented a mathematical model, based on prey-predator equations, to estimate the time evolution of the atmospheric CO_2 concentration.

We consider the effect of a growing photosynthesis rate when CO_2 atmospheric concentration increases. In order to simplify, we study only one kind of photosynthesis (C3) and the ambient temperature was kept constant. Using the photosynthesis rate function in a adapted Lotka-Volterra system of equations, where CO_2 where prey and plants are predators we simulated several scenarios and show that the parameters can be choice to reproduce the historical data and the made some predictions It is important to note that our model has only two free parameters f (related to the derivative dP/dt) and the most relevant b, vegetable death rate. We note that if $0 < b < 1$ and when $A(Ca,T) = b$ we have equilibrium. That is, the photosynthesis rate in the equilibrium is equal to vegetable death rate. This is the reason because it is easy to fit the initial an final values in the model. With f we fit the derivatives, and with b the end concentration (stabilization). We also observe that the model consider a different way to compute only the absorptions of CO_2 keeping the emissions as an external input. The model in fact, is an initial value problem, where the parameters (b,f) are used to fit the initial values of the functions (P,Ca) and the respective derivatives. The IPCC prediction for 2010,made at 1990, under the scenario bussines as usual was Ca=390 ppm. This is also the result obtained on the present work.

Here is a crucial point to be discussed in a future work: the difference between the adapted prey-predator model and the IPCC model, also known as Bern model(Siegenthaler and Joos, 1992). The detailed comparison will be presented in a further work. As another future extension of this study, we intend to consider other effects, like temperature variation, different photosynthesis models and climate forcing. Applications of the model on the different scenarios are a very issue problem and will be present soon. In conclusion, this very simple model, with only two free parameters and equations (or eventually, exponential functions to emission and vegetal death rate) works very well on reproduce the historical data.

REFERENCES

CDIAC- **Carbon doixide information analysis** -www.cdiac.ornl.gov

Keeling C.D., Bacastow R.B ., Carter A. F., Carter S. C., Whorf T.F. , Heimann M.., Mook W.G, and Roeloffzen H (1989) - DC (1989) – **Atmospheric carbon dioxid record from Mauna-Loa.** Geophysical Monograph, 55, AGU, Washington, 165

Kirschbaum, M.U.F (1994). **The sensitivity of C3 photosynthesis to increasing CO_2 concentration: a theoretical analysis of its dependence on temperature and background CO_2 concentration** Plant, Cell and Environment.,17-7:747

Laisk A , Edwards G.E ,. (2000) **A mathematical model of C4 photosynthesis: The mechanism of concentrating CO_2 in NADP-malic enzyme type species** . Photosynthesis Research 66 N3 , 199 and references there in Meszaros E. , **Global and Regional changes in Atmospheric Composition** (2000) Lewis publisher, Boca Raton, Pg 1,2 15

Neftel, A., Moor, E., Oeschger, H. and Stauffer, B. (1985) **Vostok Ice core provides 160000 year record**

of atmospheric CO_2 Nature 315, 45-47

Sabine C.L et al, , (2004) , **The Oceanic sink for anthropogenic CO_2** Science 305, n 5682 , 367- (2004)

Siegenthaler U., Joos F., **Use of a simple model for studying oceanic tracer distribuition and global carbon cycle**, Tellus,44B, 186-207,1992.

Tans P. P. , Inez F.Y. , Takahashi T , (1990) - **Observational Contrains on the Global Atmospheric Co 2** Budget Science 247 , . no. 4949, pp. 1431 - 1438 DOI:10.1126/science.247.4949.1431

Volterra A. , V.,Mark Kot (editor) (1931) **Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living toghether.** In Animal ecology, MacGraw-Hill , Elements of Mathematical Ecology; Cambridge University Press

Wahlen M,.,.Fischer H., Smith J., Mastroianni D. ., Deck B. ,., 2000, **Vostok Ice Core CO_2 Data,** 1105-2856m., IGBP PAGES/World Data Center-A for Paleoclimatology data Contribution Series 2000-003. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA

CAPÍTULO 22

EXPERIMENTOS PARA A FEIRA DE CIÊNCIAS MEDIADOS PELO DIAGRAMA V

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 30/11/2019

Lucas Antônio Xavier
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Vitória – Espírito Santo
https://orcid.org/0000-0002-0211-7259

Breno Rodrigues Segatto
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Vitória – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/2380353135803549

RESUMO: Este artigo se propõe apresentar os resultados do uso do Diagrama V na Feira de Ciências, que representa ambiente de aprendizagem para o educando. A produção dos diagramas ocorreu em 2018 na escola professora Filomena Quitiba, localizada no município de Piúma/ES. Foram 10 grupos que fizeram uso da heurística desenvolvida por David Bob Gowin (1981). A inserção do diagrama com seus elementos constitutivos se deu por meio de oficinas pedagógicas, ressignificação o método científico. As análises e quantificação dos diagramas foram adotados os critérios de Gowin e Alvarez (2005) que oscila conforme o item do instrumento heurístico. O uso do recurso heurístico norteador nas atividades experimentais do evento científico da escola pelos membros dos grupos pode-se inferir resultados positivos, pois houve a percepção da relevância do método científico mimetizado no formato do Diagrama V.

PALAVRAS-CHAVE: Método científico, Diagrama V, Feira de Ciências.

EXPERIMENTS OF THE SCIENCE FAIR MEDIATED BY DIAGRAM V

ABSTRACT: This article proposes to present the results of the use of Diagram V in the Science Fair, which represents learning environment for the student. The production of the diagrams occurred in 2018 at the school “Professora Filomena Quitiba”, located in the municipality of Piúma / ES. There were 10 groups that made use of the heuristic developed by David Bob Gowin (1981). The insertion of the diagram with its constituent elements occurred through pedagogical workshops, re-signification of the scientific method. The analysis and quantification of the diagrams were adopted according to the criteria of Gowin and Alvarez (2005) that oscillates according to the item of the heuristic instrument. The use of the heuristic guiding resource in the experimental activities of the scientific event of the school by the members of the groups can be inferred positive results, because there was perception of the relevance of the scientific method mimetizado in the

format of the Diagram V.

KEYWORDS: Scientific method, Diagram V, Science Fair

1 I INTRODUÇÃO

O capítulo traz os resultados obtidos em 2018 na Feira de Ciências desenvolvido juntamente com 10 grupos de alunos da educação básica. O projeto Feira de Ciências completa este ano 36 anos, promovido pela escola estadual professora Filomena Quitiba. Na busca constante por inovação, foi inserido em 2018 o Diagrama V, instrumento propício para planificar e acompanhar projetos como os desenvolvidos para o evento da escola. A Feira de Ciências oportuniza o educando conhecimento em espaço não formal. São consideradas como eventos sociais, científicos e culturais realizados nas escolas ou na comunidade com a intenção de, durante a apresentação dos estudantes, oportunizar um diálogo com os visitantes, constituindo–se na oportunidade de discussão sobre os conhecimentos, metodologias de pesquisa e criatividade dos alunos em todos os aspectos referentes à exibição de trabalhos (Brasil, 2006).

A Figura 1 ilustra o Diagrama V (Prado, 2015), contém elementos para maior entendimento do método científico pelo educando.

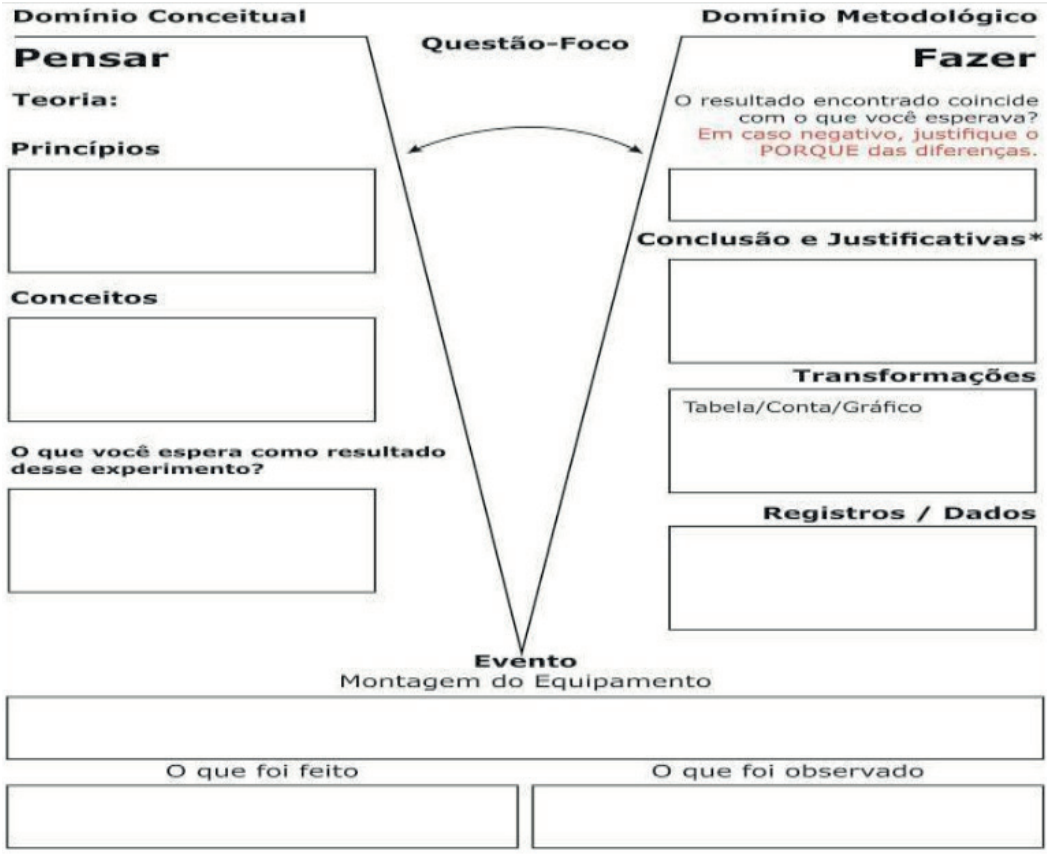


Figura 1: Esquema da organização do Diagrama V (adaptado) para o trabalho de investigação.

Fonte: Prado, 2015.

Afim de popularizar o método científico no evento cientifico que ocorre anualmente na escola se propõe a infusão da heurística de Gowin. Denominada aqui como Diagrama V na preparação dos educandos para os projetos experimentais. O Diagrama V de acordo com Moreira (2007, pp.3-12) é útil porque mostra claramente a produção de conhecimentos como resultante da interação entre dois domínios, um teórico-conceitual e outro metodológico.

Na perspectiva de inovações, introduzir a metodologia de trabalho no evento científico requer que o aluno, além de adquirir determinadas informações e desenvolver habilidades para realizar certas tarefas, deve aprender a aprender, para continuar aprendendo (Brasil, 2013).

A utilização do Diagrama V com os alunos objetiva obter melhor estratégia de aprendizagem científica e alavancar a qualidade e explicitação dos projetos dos grupos de alunos para a comunidade. E a importância das Feiras de Ciências como local de divulgação científica é despertar o interesse pela ciência justificando a hipótese do ensino e aprendizagem em espaços não formais (Corsini e Araújo, 2007).

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa tem um enfoque quali-quantitativo do tipo descritiva baseado na concepção de que a problemática pode ser resolvida e as prática pedagógica pode ser melhorada.

A pesquisa foi desenvolvida na rede pública de ensino, Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professora Filomena Quitiba localizada no município de Piúma/ES. Os sujeitos da pesquisa foram 78 alunos das três séries do ensino médio, com predominância do sexo feminino nos grupos formados e com faixa etária de 15 a 17 anos de idade. O trabalho foi desenvolvido em cumprimento à exigência do curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF vinculado ao Mestrado em Ensino de Física do PPGEnsFis da UFES - ES. Para coleta de dados foram utilizados como instrumentos o Diagrama V (Prado, 2015).

Foram realizadas uma oficina sobre o método científico e outra sobre o Diagrama V, realizada com exposição oral em um tempo de aula de 55 minutos, com a utilização de Datashow. Posteriormente foram marcados os encontros organizados para o preenchimento do diagrama.

A etapa final foi o compartilhamento dos diagramas referentes aos trabalhos ilustrados na Tabela 1, junto com a explicitação dos experimentos no dia da Feira de Ciências momento em que cada grupo, apresentou os conceitos aprendidos.

Grupos	Trabalhos mediados pelo Diagrama V
1	Pressão, pressão atmosférica e densidade
2	Prensa hidráulica - multiplicadora de força de Pascal
3	Vasos comunicantes para determinar a densidade de substâncias
4	O Teorema de Arquimedes – empuxo
5	Stand Up ecológico
6	O Teorema Bernoulli e tubo de Venturi
7	Futebol: um esporte reduzindo as desigualdades
8	Primeira Lei de Ohm em operação
9	Circuito série e paralelo: uma abordagem experimental
10	A Física no Enem: Fontes de geração de energia elétrica

Tabela 1: Temas dos 10 trabalhos estruturados para avaliação

Fonte: Adaptação dos autores, 2018

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

O trabalho abordou o uso do Diagrama V nos projetos submetidos ao evento científico da escola, foi adotada a estratégia de oficinas pedagógicas para a inserção do diagrama e dos seus elementos constitutivos. Esta metodologia representa oportunidade para aprender o processo de sistematização do conhecimento científico na prática. Uma boa porção de conhecimento deverá incluir todos os elementos do "Vê", ilustrar como é que esses elementos se ligam entre si, e ser coerente, compreensiva e significativa (Novak e Gowin, 1984).

São analisados 10 histogramas pontuando os elementos constitutivo do Diagrama V relacionado aos critérios da escala de Gowin e Alvarez (2005). Primeiramente, no Gráfico 1 é apresentado os resultados para o elemento Questão-Foco. Dos 10 grupos, somente um não conseguiu elaborar este item, três grupos conseguiram elaborá-la, mas não inclui o Evento ou o lado Conceitual do V. Os demais grupos apresentaram, incluindo conceitos para serem usados e diretamente relacionados com o Evento.

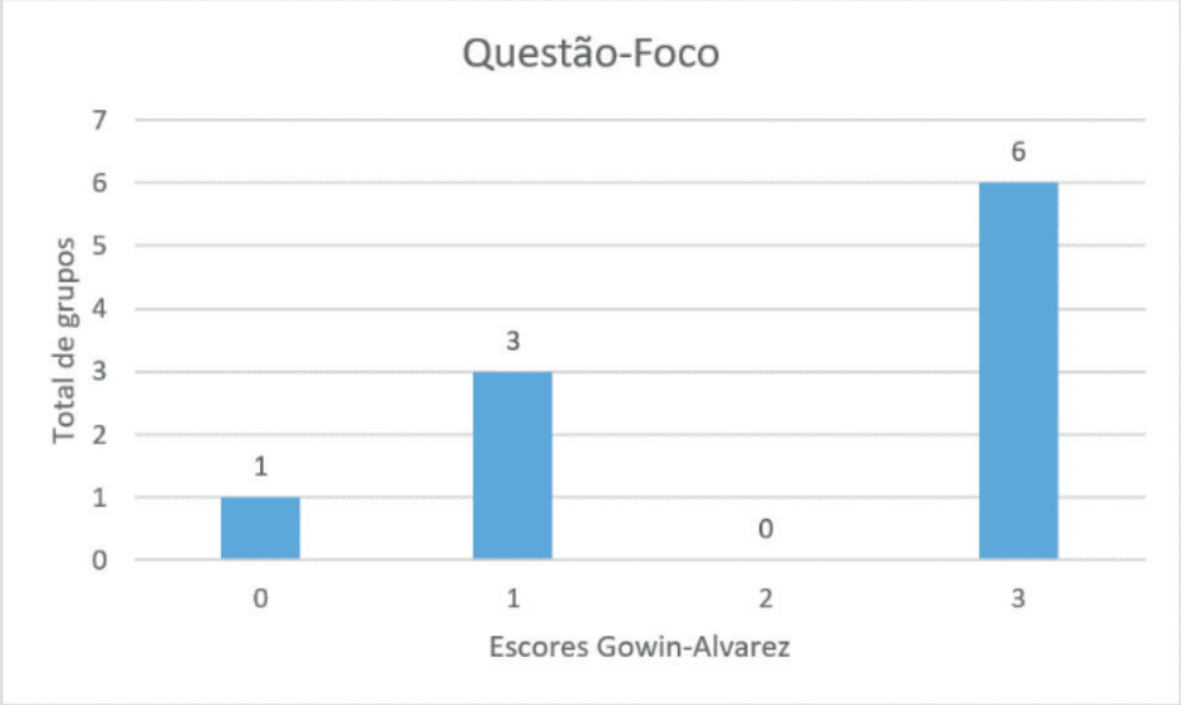


Gráfico 1: *Questão-Foco* dos diagramas.

Fonte: Os autores, 2018

O item Teoria do Diagrama V, cinco grupos tiveram mais facilidade (Gráfico 2). O grupo que apresentou o 'Teorema de Arquimedes – Empuxo' colocou como Hidrostática e Hidrodinâmica, poderia ter colocado somente a primeira, ou simplesmente, Fluidos. Outro grupo 'Stand Up ecológico', também teve dificuldade de relacionar a atividade experimental com a Teoria, foi preciso ajuda do orientador. Um terceiro grupo 'Circuito série e paralelo: uma abordagem experimental', disse que a Teoria era o Eletromagnetismo, o mais correto seria Eletrodinâmica.

Um quarto grupo foi certeiro na Teoria, mas sem relação com a Questão-Foco e o Evento.

Gráfico 2: *Teoria* nos diagramas

Fonte: Os autores, 2018

O Gráfico 3, mostra que dois grupos, nenhum Princípio ou Lei são identificados. Os demais grupos foram certeiros neste item.

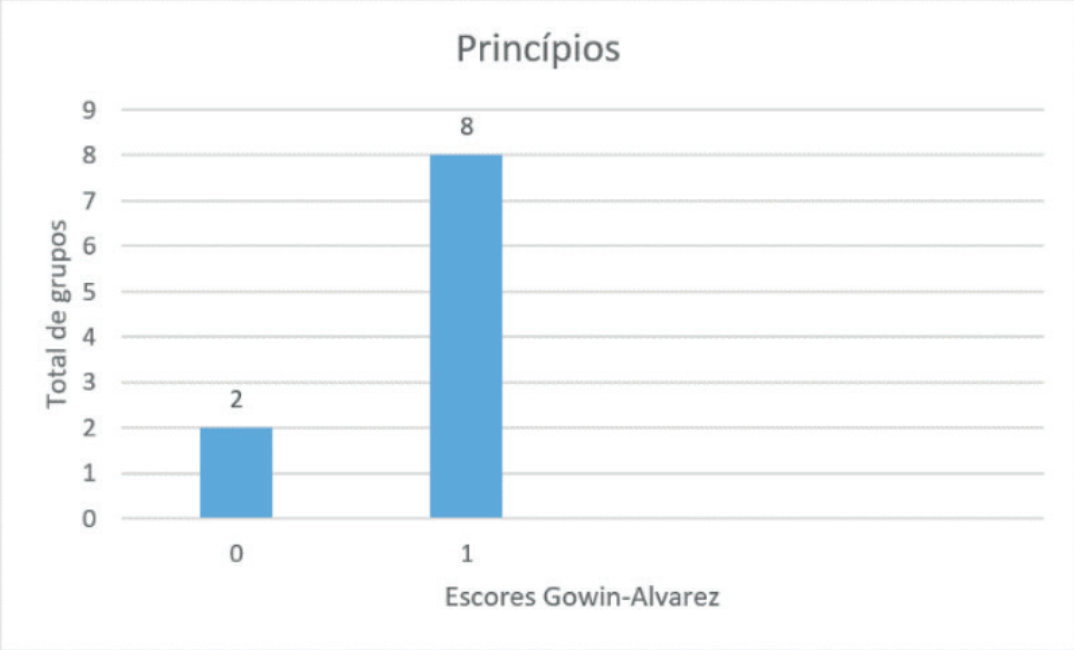


Gráfico 3: *Princípios* nos diagramas

Fonte: Os autores, 2018

O item Conceitos, retratado no Gráfico 4, mostra que dois grupos apresentam, mas sem relação com a Questão-foco e/ou os Evento. O quinto grupo 'Stand Up ecológico', nenhum Conceito é identificado, não tiveram a preocupação com a parte

teórica, ou seja, a Física do experimento. Durante a feira os integrantes

desse grupo tiveram a percepção da importância da preparação do trabalho e de seguir um método. Outro grupo conseguiu identificar os Conceitos, mas não estão relacionados com a Questão-foco e/ou os Eventos.

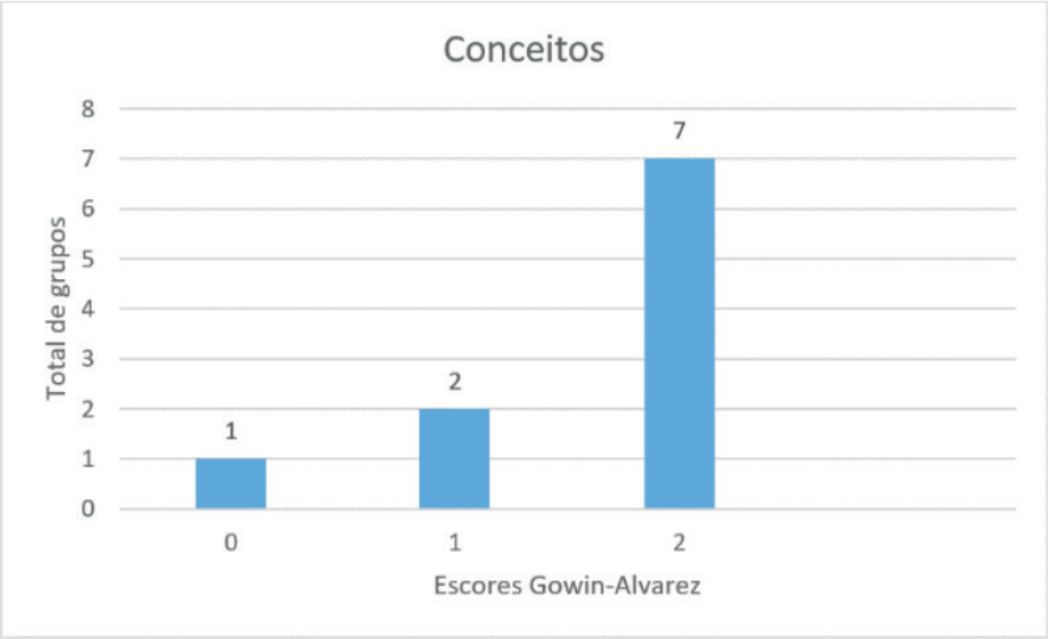


Gráfico 4: *Conceitos* nos diagramas

Fonte: Os autores, 2018

O item O que você Espera como Resultado deste Experimento? não consta na obra de Gowin e Alvarez (2005), foi importado por Prado (2015) para poder realizar a avaliação. O Gráfico 5 mostra que, seis grupos conseguiram apontar expectativas do experimento, relacionadas com a Questão-foco e/ou ao Evento, para os demais grupos, as expectativas são identificadas, mas sem relação com a Questão-foco e/ou ao Evento.

Gráfico 5: *Espectativa do resultado* do experimento

Fonte: Os autores, 2018

O Gráfico 6 é representado com informações sobre o Evento, dois grupos conseguem identificá-lo, mas é inconsistente com a Questão-foco. Oito grupos conseguiram fazer o Evento e relacioná-lo com Questão-foco.

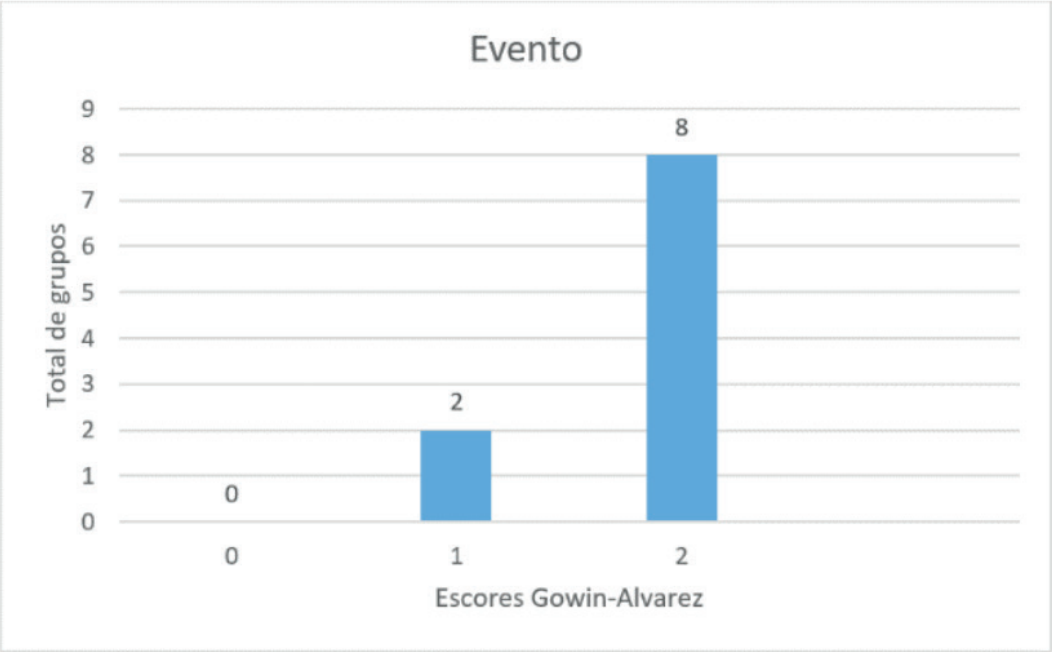


Gráfico 6: *Evento* nos diagramas

Fonte: Os autores, 2018

Em um trabalho o item Registros/Dados (Gráfico 7) não foi identificado. Quatro grupos apresentaram Registros/Dados, mas inconsistentes com a Questão-foco ou com o Evento. Cinco grupos foram coerentes com este item ao relacioná-lo ao Evento

e a Questão-Foco. Os elementos constitutivos do Diagrama V funcionam de forma normativa para estabelecer os critérios de valor. Uma boa porção de conhecimento deverá incluir todos os elementos do "Vê", ilustrar como é que esses elementos se ligam entre si, e ser coerente, compreensiva e significativa (Novak e Gowin, 1984).

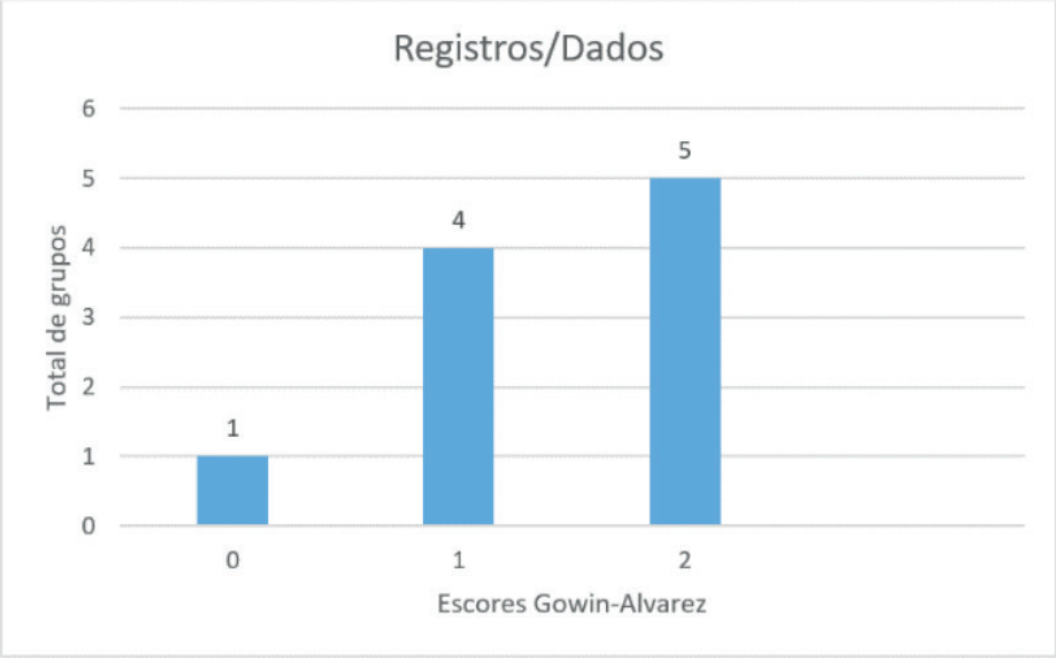


Gráfico 7: *Registro/Dados* nos diagramas

Fonte: Os autores, 2018

Podemos observar no Gráfico 8, as Transformações apresentaram bom desempenho para sete grupos, pois estava em consonância com a Questão-Foco. Três grupos não tiveram a mesma facilidade. Registros muito incompleto e as Transformações incoerentes com a Questão-Foco.

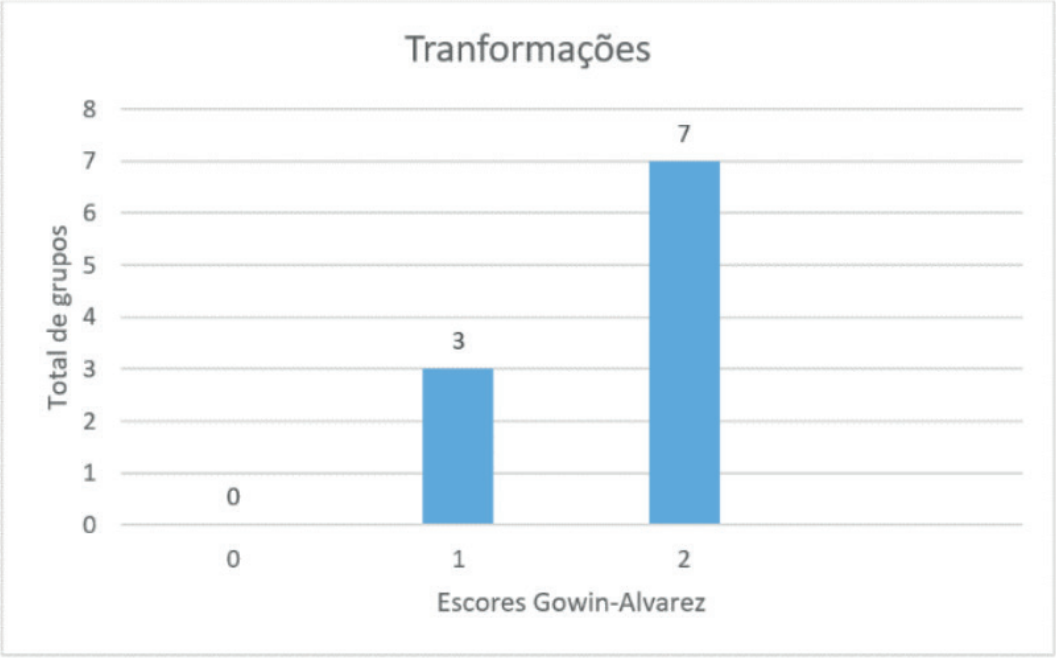


Gráfico 8: *Transformações* nos diagramas

Fonte: Os autores, 2018

O item Conclusões e Justificativas (Gráfico 9), traz resultado satisfatório, apesar que um dos grupos, não apresentou a conclusão do trabalho. Outro grupo apresenta Conclusões, mas inconsistentes com a Questão-foco. Dois grupos apresentam Conclusões, derivadas dos Registros e Transformações. Quatro grupos apresentam Conclusões consistentes com os dados coletados nos Registros e representados nas Transformações. Dois grupos trazem as Conclusões, que contêm os componentes com os dados coletados nos Registros e representados nas Transformações e sugerem novas Questão(ões)-foco.

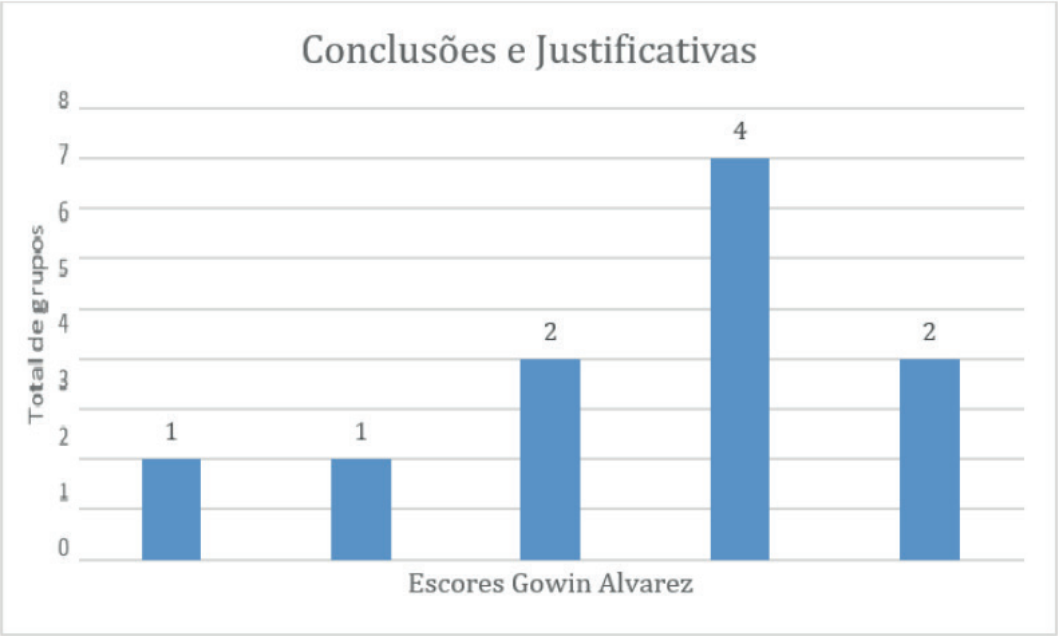


Gráfico 9: *Conclusões e Justificativas* nos diagramas

Fonte: Os autores, 2018

O item o Resultado encontrado coincide com o que você esperava? Um grupo não apresentou nenhum Resultado (Gráfico 10). Três grupos mostraram seus Resultados, mas não está relacionado com a Questão– Foco e/ou o Evento. Para os demais grupos foram, o Resultado é identificado e está relacionado com a Questão– Foco e/ou o Evento.

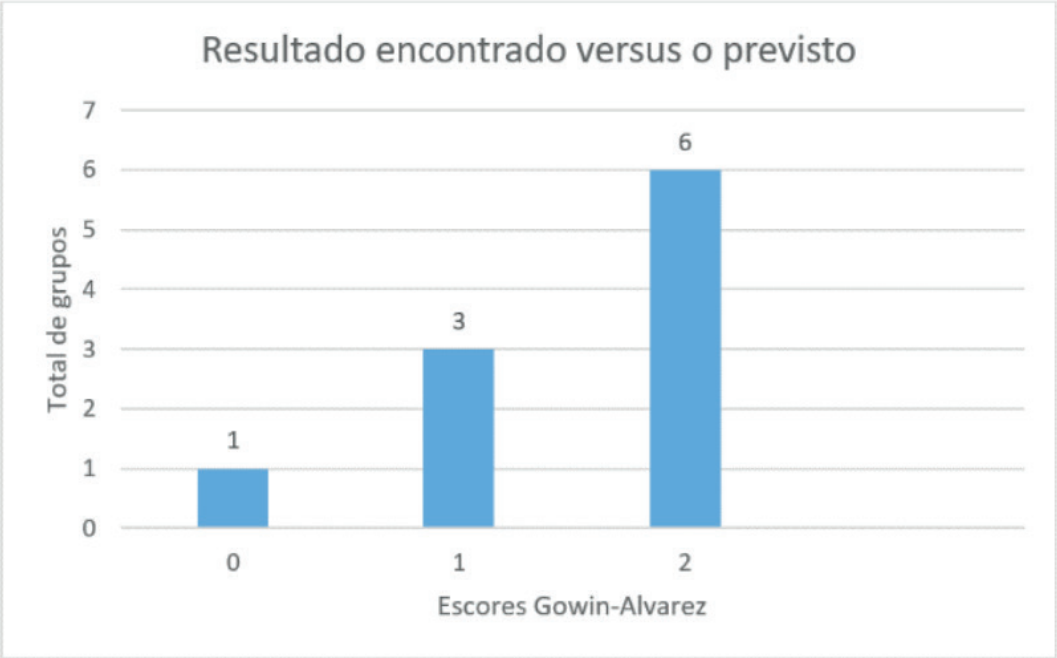


Gráfico 10: *Resultado* encontrado versus o esperado

Fonte: Os autores, 2018

Com relação ao elemento do Diagrama V, Questão-Foco, os alunos não têm o hábito em seus experimentos para a Feira de Ciências partir de um problema (Porque?). O evento científico da escola precisa passar por reformulação e trazer a linguagem científica para os educandos. O Diagrama V (Figura 2), como método de pesquisa, é necessário bom planejamento, boa técnica, amostra, instrumento de coleta de dados e critérios de análise.

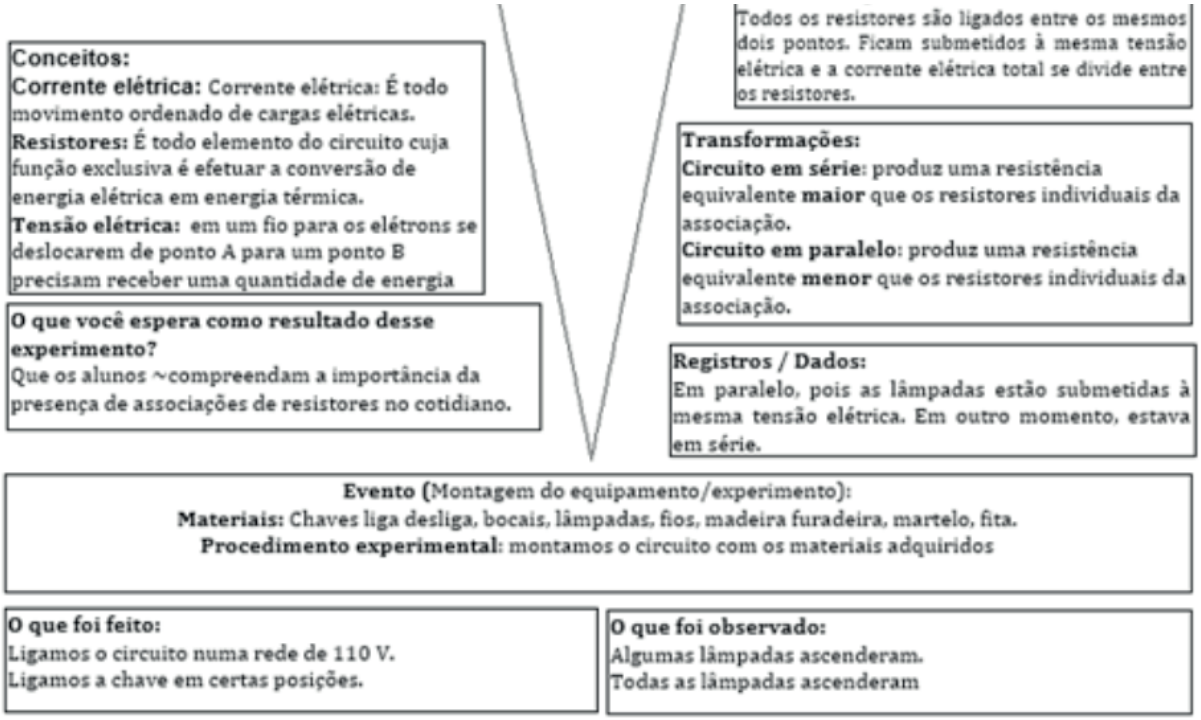


Figura 2: Diagrama V do grupo Associação de resistores: abordagem experimental.

Fonte: Os autores, 2018

A infusão do Diagrama V nas atividades experimentais para a Feira de Ciências teve o propósito de facilitar a construção do conhecimento científicos contidos nos experimentos.

4 I CONCLUSÃO

Para efeito de conclusão, o uso do Diagrama V como recurso instrucional adotado no evento científico promovido anualmente pela escola como alternativa foi assertivo ao promover capacitação dos estudantes por meio de oficinas pedagógicas.

Com os experimentos concretizados e Diagrama V devidamente preenchido pelos membros dos grupos, pôde-se perceber que eles se sentiram mais confiantes e com argumentos plausíveis da atividade realizada. Com relação ao preenchimento do diagrama, eles tiveram dificuldade com o lado direito (Domínio Metodológico) e de relacionar os elementos com a Questão-Foco ou Evento.

As oficinas realizadas a fim de explorar o método científico à luz do Diagrama V, se mostraram estratégica. Os integrantes dos grupos concordaram com o recurso heurístico e querem a sua implementação no evento da escola. Pois, ajuda a identificar os componentes do conhecimento, clarificar suas relações e apresentá-los de modo claro e visualmente compacto (Cappelletto, 2009).

As implicações teóricas deste trabalho apontam para caminhos a serem percorridos no projeto Feira de Ciências para potencializar a aprendizagem dos

educandos e capacitá-los a seguirem no campo da ciência. E, para os próximos trabalhos discutir o Diagrama V, infundir em outras tarefas escolares, com a finalidade de aproveitar as potencialidades que ele traz agregando conhecimento para o educando.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica/ Ministério da Educação**. Secretária de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. – Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Programa Nacional de Apoio às Feiras de Ciências da Educação Básica**. Fenaceb. Brasília, DF, 2006.

CORSINI, A.M.A.; ARAÚJO, E.S.N.N. **Feira de Ciências como espaço não formal de ensino: um estudo com alunos e professores do ensino fundamental**. In: VI ENPEC Encontro Nacional em Pesquisa e Educação para Ciências, 2007, Florianópolis-SC.

CAPPELLETTO, E. **O Vê de Gowin conectando teoria e experimentação em física geral: questões didáticas, metodológicas e epistemológicas relevantes ao processo**. Porto Alegre, 297 p., 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GOWIN, D.B. **Educating**. Ithaca, Cornel University Press, 1981.

GOWIN, D. B.; ALVAREZ, M. C. **The Art Educating with V Diagrams**. Cambridge University Press, New York, 2005.

MOREIRA, M. A. **Diagramas V e Aprendizagem Significativa**. Revista Chilena de Educación Científica, vol. 6, N. 2, pp. 3-12. 2007. Revisado em 2012.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984.

PRADO, R. T. **Utilização do diagrama v em atividades experimentais de física em sala de aula de ensino médio**. Vitória, 137 p., 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Estado do Espírito Santo.

CAPÍTULO 23

O USO DA COMPUTAÇÃO COGNITIVA NO COMBATE AO CÂNCER

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submisão : 04/12/2019

Fábio Arruda Lopes
Centro Universitário de Adamantina
Adamantina – SP
http://lattes.cnpq.br/4270879559272320

RESUMO : O mundo vem sofrendo com a falta de profissionais de computação no mercado de trabalho, a tecnologia tem um avanço muito rápido para a pouca procura de pessoas interessada em ingressar nessa área. A supremacia de profissionais de computação voltado a solução de sistemas é um paradigma a ser quebrado, introduzindo nos cursos de graduação a importância de outras áreas e mostrar que áreas que muitas vezes parece voltada a apenas uma área também pode ser aplicada na computação. Este artigo tem como objetivo mostra a área da computação voltada a saúde, mostrando um sistema inteligente que se aplica a diversas áreas da informática. O que muitas pessoas pensam é que a área da saúde é voltada apenas para pessoas do eixo de ciências biológicas, este artigo mostra que a área da saúde não está apenas voltada para esses profissionais, programação, segurança de informação, pesquisas, metodologias cientifica, banco de dados e diversas áreas da computação estão aplicadas diretamente a área da saúde. A computação desde seu início vem auxiliando as mais diversas áreas, trazendo um avanço rápido e eficaz, com essa área podemos trazer para os seres vivos uma melhor qualidade de vida.

PALAVRAS-CHAVE: Ciência da Computação, Medicina, Computação Cognitiva, Câncer

THE USE OF COGNITIVE COMPUTING IN CÂNCER TREATMENT

ABSTRACT : The world suffers from a lack of computer professionals in the labor market, technology has a very fast low demand for people interested in joining this area forward. The supremacy of computer professionals that the dispute settlement system is facing a paradigm to break through the introduction of undergraduate courses of the importance of other areas and demonstrate that the areas that often seems focused on one area can also be applied in computing. This article aims to show the area of health-oriented computing, showing an intelligent system that applies to many areas of computing. What most people think is that health care is directed only to people from the axis of the life sciences, this article shows that health is not only focused on these professionals, programming, information security, research, methodologies scientific, bank data and many

areas of computing are applied directly to the area of health. Computing since its inception has several areas to help, bringing a rapid and effective progress in this area can give life to a better quality of life.
KEYWORDS: Computer Science, Medicine, Cognitive Computing, Cancer.

1 I INTRODUÇÃO

Segundo Xavier (2002), desde seu início, a informática vem auxiliando todas as áreas de trabalhos e estudos. Uma das áreas mais beneficiadas foi a da saúde. Com os avanços da Inteligência Artificial nos últimos anos e o desenvolvimento de sistemas especialistas a área da saúde ganhou uma ajuda de eximia importância. A fusão de profissionais da informática com de outras áreas, dando origem a novas áreas voltadas para o desenvolvimento de soluções mais especializadas. Segundo o Professor Filho (2012), a chamada computação cognitiva trouxe um avanço importante, um sistema baseado no aprendizado e experiência, deixando de lado o tradicionalismo da computação baseada em programação sequenciada, vem concedendo ao profissional da área da saúde acesso a informações que eles não possuiriam dependendo apenas da computação convencional. Os benefícios não são exclusivos apenas para pacientes, mas também dos profissionais que acabam ganhando experiência em áreas que eles não teriam acesso, usufruindo da experiência e aprendizado adquiridos com profissionais de outras áreas que também utilizam o sistema. A importância da propagação dessas informações em faculdades é de tentar trazer mais alunos para as áreas da computação voltada a saúde, com mais profissionais voltados a essa área, oferecendo melhorias nas pesquisas e desenvolvimento de métodos que possam ajudar não só os seres humanos, mais o seres vivos em gerais a ter uma melhoria na qualidade de vida e um maior controle sobre doenças, mostrar também que não se aplica apenas nas áreas de pesquisa e biologia, mas que programação, segurança de informação, banco de dados e diversas áreas que a maioria tem tendência a seguir também pode estar voltada para a área da computação aplicada a saúde.

2 I OBJETIVOS GERAIS

Este artigo tem como objetivo geral uma proposta de disseminar informação para que sirva de base de conhecimento para outros trabalhos, apresentando o conceito de câncer, a ciência da computação, a ciência da computação voltada a área da saúde, computação cognitiva e aplicações reais já existentes sobre o tema deste artigo.

3 I OBJETIVOS ESPECIFICOS

Por se tratar de uma revisão bibliográfica foi buscado para este artigo representações do conceito teórico dos temas centrais já citados, Ciência da computação voltada para a saúde e sua aplicação no tratamento do câncer e outras doenças crônicas.

4 I CÂNCER

O câncer é uma doença crônica, não se sabe ao certo quando essa doença surgiu na sociedade. Segundo Prata (2012), há registro de um maxilar humano com sinais de linfoma datado como 4000 A.C. O que seria o primeiro registro de um tumor. Segundo Teixeira (2007), em sua publicação para o Instituo Nacional de Câncer, o câncer é um crescimento anormal descontrolado das células, elas nascem se dividem e morrem, de forma ordenada. No início da vida as células se dividem rapidamente, mas com o tempo essa divisão tende a diminuir, chegando apenas a se dividir apenas para reparos e substituição de células mortas na fase adulta. Quando há um crescimento excessivo das células de algum órgão é quando se inicia o câncer, mas ao invés dessas células em excesso morrerem ao se dividir, essa divisão cria outras células anormais, o que pode atingir outros órgãos e tecidos dando origem ao câncer. Isso ocorre devido a um dano genético, os genes do DNA que são responsáveis pela divisão (Oncogenes) e os genes supressores do tumor são responsáveis para o retardo da divisão e morte das células no momento certo. Esse erro genético pode ser hereditário ou por danos que o DNA sofre durante o desenvolvimento ou ainda por exposição a algum elemento do ambiente (Exposição à radiação, fumo passivo, tabaco, álcool, carne processada, etc).

5 I CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO VOLTADA À SAÚDE

O computador surgiu da necessidade de uma máquina que fosse capaz de fazer cálculos com números extensos (GUGIK, 2009). Segundo Nogueira (2000) desde seu lançamento comercial na década de 1950 a informática vem sendo utilizada para dar apoio na área da saúde. Desde então a ciência da computação vem desenvolvendo métodos que tem ajudado muitos profissionais da área da saúde, não só na parte de guardar informação do paciente e na agilidade administrativa, mas também desenvolvendo sistemas inteligentes para trazer maior agilidade e eficácia no trabalho dos profissionais.

6 I INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (COGNITIVA)

O primeiro conceito de máquina inteligente surgiu na década de 1950, Allan Turing escreveu um artigo intitulado "*Can Machine think?*" (Máquinas podem pensar?), nesse artigo Turing desenvolveu o seu "Jogo da Imitação", nesse jogo, uma pessoa conversa através de texto com dois desconhecidos e o objetivo é diferenciar quem é o humano e quem é a máquina (GODOY, 2016). Em 2011 a IBM chamou a atenção quando sua máquina batizada de Watson, derrotou os dois maiores campeões do programa de televisão Joepardy. O Watson é um supercomputador baseado na computação cognitiva (Inteligência Artificial), de acordo com Crivelini (2012), o Watson não segue linhas de comandos sequencias, ele toma suas decisões baseadas na experiência.

7 I APLICAÇÕES DA COMPUTAÇÃO COGNITIVA NA MEDICINA

Uma das aplicações da computação cognitiva é na medicina. O objetivo é ajudar no tratamento de doenças, como o câncer por exemplo. Um oncologista precisa analisar diversos dados para chegar a uma conclusão de um tratamento especifico para o paciente e segundo Gonçalves (2016) a computação cognitiva pode ajudar deixando os diagnósticos mais rápidos e eficazes. O Watson Oncology é um sistema desenvolvido pela IBM que auxilia o oncologista. Ele é treinado com uma base de dados com milhares de informações sobre o câncer, tipos de tratamentos que já forma feitos, tanto os que deram resultados como os que não. Segundo Mark (2014), um dos responsáveis pelo projeto do Watson Onlogy, esse sistema pode ser alimentado por smartphones, tablets e outros dispositivos com dados do paciente, esses dados podem ser a quantidade de passos que dão em um dia, batimentos cardíacos, se dormiram bem, etc. Ele ainda afirma que dentro de cinco anos a computação cognitiva será a chave para a evolução da medicina.

8 I BENEFÍCIOS DOS ESTUDOS DA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO VOLTADA AO TRATAMENTO DO CÂNCER

Segundo o hospital de câncer de Barretos, atualmente não se pode mais especificar o tipo de câncer pelo órgão que ele afeta, existe vários tipos de câncer de pulmão, de estomago, de pele, etc. A vasta extensão de informação disponível em banco de dados, dá ao especialista informações que ele não teria acesso dependendo de um sistema comum, segundo o hospital Bumrungrad, em Bangkok na Tailândia. Outro benefício de sistemas cognitivos é que aprendem mais a cada dia, assim as informações não se perderiam na troca de turnos ou quando algum especialista se aposenta, por exemplo, pois seu conhecimento ficou na base de

dados do sistema, assim ajudando o próximo especialista. Reunindo a extensa base de dados, o conhecimento do especialista e cálculos matemáticos e computacionais já se cogita a hipótese de prever doenças mesmo antes delas se manifestarem no organismo.

9 I EXEMPLO PRÁTICO

Um médico no Brasil possa se deparar com um tipo de doença que a medicina brasileira ainda não tem conhecimento, porém essa doença já tem destaque em outro país, como no Japão, por exemplo. Dependendo de um sistema comum esse médico brasileiro teria o desafio de entender a doença e como ela age em certos tipos de organismos, o que atrasaria o tratamento, o que não seria bom para a cura do paciente. Com um sistema cognitivo, esse médico conseguiria obter informações sobre essa doença disponível no banco de dado, poderia fazer uma análise genética desse paciente e o sistema inteligente escolheria o melhor tipo de tratamento baseado na experiência que obteve com os médicos no Japão.

10 I RESULTADOS

Apesar de se tratar de um artigo de revisão bibliográfica com o intuito de apenas disseminar informação, obteve um resultado de forma prática, onde uma empresa situada em Dracena no interior do Estado de São Paulo chamada 3K Tecnologia se interessou pelo tema e decidiu aplicar recursos para que houvesse um sistema parecido com o descrito desenvolvido pela própria empresa. Deste investimento surgiu vertentes denominadas pela empresa 3K saúde, onde pode-se obter um novo projeto, utilizando um sistema cognitivo aplicado na saúde pública, enfatizando a integração do sistema e sua portabilidade, este projeto obteve o interesse da pasta de Planejamento do Estado de Minas Gerais, desenvolveu-se um assistente inteligente para sistemas de saúde e outros sistemas voltados para clinicas médicas. Atualmente o desenvolvimento tecnológico utilizado no sistema público de saúde é concebido conforme a demanda prescrita, segundo Grava (2016), mais de 150 milhões de brasileiros dependem exclusivamente do SUS (Sistema Único de Saúde) onde os números de procedimentos superam os dois bilhões.

11 I DISCUSSÃO

Ao analisar a proposta deste artigo é percebível o resultado inesperado de uma aplicação prática obtendo um investimento partindo de uma iniciativa privada, causando o impacto de uma região remotamente afastada do desenvolvimento

tecnológico, assim atingindo o objetivo central da disseminação da informação na qual através de entrevistas com profissionais da área o sistema pode ser melhorado e com uma funcionalidade mais aplicável a realidade vivida não apenas no sistema de saúde público mas também no privado. Diferentemente do esperado, o investimento não se fundamentou à alguma lei de incentivo de redução de impostos, o empresário percebeu a oportunidade da aplicação prática no segmento de sua companhia e por assim investir neste artigo o transformando-o em um projeto. O empreendimento elaborado em conjunto com a empresa visou o que segundo Tovoli (1980) é fundamental para que haja uma execução funcional entre a tecnologia da informação e a interação humana, sendo elas a disseminação do conhecimento de que as máquinas não irão operar de forma semelhante aos humanos, as competências dos sistemas informatizados se limitam apenas ao apoio a tomadas de decisões, que todos os envolvidos, tantos funcionários de informática quanto os profissionais de saúde cheguem a um entendimento mutuo do sistema a ser utilizado e principalmente que não se opte por um sistema de base genérica, assim sendo, cada local necessitou de um desenvolvimento personalizado de acordo com a demanda exigida. O projeto prático não se encontra atualmente com um resultado, pois ainda está em processo de desenvolvimento.

12 | CONCLUSÃO

Na maioria dos países desenvolvidos, o câncer é a principal causa de morte em crianças a partir de um ano de idade (Beer,2007). De acordo com TGen, um instituto sem fins lucrativos especializado a tratar doenças como câncer e diabetes, com a computação aplicada na área da saúde, estima-se que sete em cada dez crianças já estejam obtendo resultados positivos em seu tratamento de câncer. Um grande passo para o futuro da computação cognitiva foi o desenvolvimento do Watson Oncology da IBM, uma parceria junto com a MSK, não ajudara apenas na manipulação dos dados dos pacientes, mas sua análise genética e sua capacidade de aprendizado baseado na experiência, já se cogita a possibilidade de achar tratamentos para doenças antes delas se manifestaram no organismo.

REFERÊNCIAS

BEER, Raquel. Dados que curam. São Paulo, jun-2016. Tecnologia. Disponível em <http://veja.abril.com.br/tecnologia/dados-que-curam/>. Acesso em 19 de setembro de 2016.

CREVELINI, Wagner. Watson e a Computação Cognitiva. Campinas, out-2012. IBM Developer Works Premium. Disponível em <https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/ibmacademiccell/entry/watson_e_a_computa_c3_a7_c3_a3o_cognitiva?lang=en>. Acesso em 21 de Setembro de 2016.

FILHO, Carlos R. R. A evolução do projeto computacional para uma inteligência artificial e as novas perspectivas oferecidas pelos avanços da cognação enativa. 2012. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2012.

GODOY, Alan. A história da computação Cognitiva. Campinas, ago-2016. Computação Cognitiva. Disponível em: <https://www.cpqd.com.br/blog/computacao-cognitiva/historia-da-computacao-cognitiva/ >. Acesso em 21 de setembro de 2016.

GONÇALVES, Carol. A medicina na era da computação cognitiva. São Paulo, set-2016. Noticias. Disponível em: < http://www.revistahospitaisbrasil.com.br/noticias/a-medicina-na-era-da-computacao-cognitiva-parte-1/ >. Acesso em 21 de setembro de 2016.

GRAVA, Marília; FERREIRA, Lisiane Seguti; PALHARES, Dario; MOTA, Eduardo Luiz Andrade. Incorporação da tecnologia da informação na Atenção Básica do SUS no Nordeste do Brasil: expectativas e experiências. Mar-2016. Brasília. Scielo. Disponível em < https://doi.org/10.1590/1413-81232015213.01062015 >. Acesso em 21 de setembro de 2016.

GUGIK, Gabriel. A história dos computadores e da computação. São Paulo, mar-2009. Tecnologia da Informação. Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/tecnologia-da-informacao/1697-a-historia-dos-computadores-e-da-computacao.htm>. Acesso em 21 de Setembro de 2016.

MARK, Kris. IBM Watson for Oncology. New York, ago-2014. Watson Health. Disponível em <http://www.ibm.com/watson/health/oncology/>. Acesso em 13 de setembro de 2016.

NOGUEIRA, Liliane P. A informática e sua aplicação na área de enfermagem. 2000. 4p. Monografia (Graduação em Enfermagem). Universidade Santo Amaro, Santo Amaro. 2000.

PRATA, Henrique. Câncer: uma doença e sua história. Revista Hospital de Câncer de Barretos. Barretos. V.1, n.29, p 18-19, mar-abr. 2012.

TEIXEIRA, Luiz A. FONSECA, Cristina O. De doença desconhecida a problema de saúde pública: O INCA e o controle do câncer no Brasil. Brasília, nov-2007. Ministério da Saúde: Biblioteca Virtual da saúde. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/php/level.php?lang=pt&component=51&item=38>. Acesso em 21 de setembro de 2016.

TOVOLI, José; GRAJEW, Jakow. A informática e a tomada de decisões na empresa: perspectiva para os anos 80. Scielo. Disponivel em**: <** http://dx.doi.org/10.1590/S0034-75901980000400004 **>.** Acesso em 21 de setembro de 2016.

XAVIER, Antonio C. S. O Hipertexto na Sociedade da Informação: a constituição do modo de enunciação digital. 2002. 214p. Tese (Doutorado em Linguística). Instituto de Estudos da Linguagem, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003.

CAPÍTULO 24

FERMENTAÇÃO SEMI - SÓLIDA PARA PRODUÇÃO DE LIPASE POR *Geotrichum candidum* UTILIZANDO TORTA DE MILHO

Data de aceite: 17/03/2020

Janaína dos Santos Ferreira
Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC/EQA, Florianópolis-Santa Catarina, http://lattes.cnpq.br/2133864300816072.

Elizama Aguiar-Oliveira
Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC), Ilhéus, Bahia, http://lattes.cnpq.br/4845203698377260

Sílvio Aparecido Melquides
Faculdade Municipal Professor Franco Montoro (FMPFM), Mogi Guaçu-São Paulo.

Mariana Fronja Carosia
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo (FZEA/USP), Pirassununga-São Paulo, http://lattes.cnpq.br/7322895394625421

Eliana Setsuko Kamimura
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo (FZEA/USP), Pirassununga-São Paulo, http://lattes.cnpq.br/8839348384607836

Rafael Resende Maldonado
Colégio Técnico de Campinas, Universidade Estadual de Campinas (COTUCA/UNICAMP), Campinas-São Paulo, http://lattes.cnpq.br/2586202325653230

RESUMO: O aproveitamento de resíduos agroindustriais através das mais diferentes tecnologias é uma forma de reduzir os impactos ambientais e agregar valor a este tipo de produto, amplamente produzidos no Brasil. Uma alternativa bastante estudada é a aplicação desses resíduos como substratos para produção de enzimas por fermentação em estado sólido. O objetivo deste estudo foi avaliar a produção de lipase de *Geotrichum candidum* por fermentação semi-sólida em torta de milho (subproduto do processamento do milho) suplementada com NH_4Cl e óleo de milho. A melhor condição para obtenção da enzima foi com 60 g de torta de milho suplementada com NH_4Cl, óleo de milho e água, para atingir 5% m/m de nitrogênio, 15 % m/m de lipídeos e 40 % m/m de umidade, que resultou em 29,4 U lipase/g substrato seco após 48 horas de fermentação a temperatura de 35°C. Este resultado é semelhante aos dados de produção de lipase relatados na literatura para o mesmo fungo utilizando outros substratos e é bastante relevante, uma vez que não há estudos relatando a produção de lipase de *Geotrichum candidum* por fermentação semi-sólida.

PALAVRAS-CHAVE: lipase, fermentação semi-sólida, torta de milho, óleo de milho

SEMI - SOLID FERMENTATION FOR LIPASE PRODUCTION BY GEOTRICHUM

ABSTRACT: The use of agro-industrial waste through different technologies is a way to reduce environmental impacts and add value to this type of product, largely produced in Brazil. A widely studied alternative is the application of these wastes as substrates for enzyme production by solid-state fermentation. The aim of this study was to evaluate the production of Geotrichum candidum lipase by semi-solid fermentation in corn bran (corn byproduct) supplemented with NH4Cl and corn oil. The best condition for obtaining the enzyme was 60 g of corn bran supplemented with NH4Cl, corn oil and water, to reach 5% w/w nitrogen, 15% w/w lipids and 40% w/w humidity, which resulted in 29.4 U lipase/g of dry substrate after 48 hours of fermentation at 35°C. This result is similar to the lipase production data reported in the literature for the same fungus using other substrates, and it is quite relevant once there are not studies reporting the production of Geotrichum candidum lipase by semi-solid fermentation.
KEYWORDS: lipase, semi-solid fermentation, corn bran, corn oil.

1 I INTRODUÇÃO

Lipases (triacilglicerol acil-hidrolases EC 3.1.1.3) são enzimas de grande interesse industrial e tem sido amplamente investigada devido a sua capacidade de realizar hidrólise reversível de triacilgliceróis e de catalisar reações de esterificação, transesterificação e interesterificação em interfaces óleo/água. Do ponto de vista econômico e industrial, fungos e leveduras são as fontes produtoras de lipases mais utilizadas industrialmente devido à facilidade de produção e de recuperação das enzimas a partir do meio fermentado, uma vez que normalmente são enzimas extracelulares (ARAÚJO, 2009; BAADHE et al., 2014; FERNANDES, 2007; MALDONADO et al., 2016; SALIHU et al., 2015; STERGIOU et al., 2013; TREICHEL et al., 2010; ZHANG et al., 2014). Além disso, destaca-se que as lipases produzidas por microrgaismos apresentam propriedades versáteis, atividade em ampla faixa de pH, estabilidade em temperaturas relativamente altas, facilidade de produção em massa (JÚNIOR et al., 2016). Como exemplo, a produção de lipases pelo fungo *Geotrichum candidum* tem sido investigada e tem-se apresentado como um bioprocesso de grande potencial (ASSES et al., 2009; BRABCOVÁ et al., 2013; BURKET et al., 2004 and 2005; MALDONADO et al., 2012A, 2012B, 2014A, 2014B, 2015).

BRABCOVÁ et al. (2013) estudaram 3 diferentes tipos de lipases purificadas produzidas a partir de *Geotrichum candidum* e verificaram que todas apresentaram propriedades catalíticas para serem usadas no âmbito biotecnológico. A lipase produzida por *G. candidum* foi reconhecida pela sua especificidade para ácidos graxos insaturados com ligação dupla na posição cis-9, como ácidos oleico e linoléico, o que levou sua investigação para aplicações industriais como produção de produtos

químicos especiais a partir de gorduras e óleos (MAZZEU et al., 2015).

O cultivo de microrganismos e a produção de suas enzimas de interesse pode ser conduzido de três formas: fermentação submersa em meio líquido (FSm), fermentação em estado sólido (FES) ou fermentação em estado semi-sólido (FSS). A diferença entre FES e FSS é relativa à quantidade de água livre presente. Enquanto na FES os microrganismos crescem em um suporte sólido sem água de fluxo livre, na FSS, o teor de água livre é aumentado para promover uma melhor distribuição de substratos (GERVAIS & MOLIN, 2003; PANDEY et al, 2000). No processo de fermentação submersa, para produção eficiente de lipases é necessário ter disponibilidade de fontes de carbono, nitrogênio e vitaminas para o metabolismo dos microrganismos (JÚNIOR et al., 2016).

A fermentação em meio sólido pode apresentar alguns grandes desafios com relação a homogeneidade dos substratos, limitações nos processos de transferência de massa e dificuldades operacionais em geral. Entretanto, a possibilidade de aplicação de diversos materiais como subprodutos agroindustriais de baixo custo torna este tipo de tecnologia muito interessante. O aumento do conteúdo de água livre no meio de fermentação também é um fator que pode reduzir possíveis inconvenientes do processo.

As técnicas de FES e FSS vêm sendo amplamente empregadas nos mais variados processos de obtenção de enzimas microbianas como hidrolases (CASTRO et al., 2015), tanases (NI et al., 2015), peroxidases de manganês (LI et al., 2014), proteases (ABRAHAM et al., 2014), etc. A produção de diversas lipases por tecnologias semelhantes também tem sido aplicada com os mais variados substratos sólidos como produtos do processamento de suco de laranja (OKINO-DELGADO & FLEURY, 2007), sementes de *Leucaena leucocephala* (SINGH et al., 2014), farelo de cacau (AMORIM et al., 2013), farelo de soja, farelo de arroz e bagaço de cana (FERRAZ et al., 2012; RIGO et al., 2010), resíduo de mamona (GODOY et al., 2009), bolo de óleo de babaçu (GUTARRA et al., 2009; GOMBERT et al., 1999), resíduo de melão (ALKAN et al., 2007), farinha de amêndoa (IDREES & RAJOKA et al., 2002) dentre vários outros substratos.

Microrganismos do gênero *Geotrichum* também vem sendo aplicados em diferentes processos de fermentação semi-sólida, tais como: detoxificação (SUN et al., 2008), aumento de valor nutricional (ZHANG et al., 2006), produção de enzimas como inulinase e poligalacturonase (CANIL & KURBANOGLU, 2012; IIIKOVÁ et al, 2012), produção de etanol (WANG & LIU, 2009), crescimento celular (ALDARF et al., 2004 e 2005), bioconversão de lipídeos (KHORAMMIA et al., 2014), dentre outros. Entretanto não foram encontrados relatos na literatura até o momento da aplicação da FES com *Geotrichum candidum* para produção de lipases.

Diante das diversas aplicações em fermentação semi-sólida citadas tanto para

lipases como para cultivo de *Geotrichum*, o presente estudo teve como objetivo avaliar as condições para produção de lipase por fermentação semi-sólida (FSS) por *Geotrichum candidum* NRRLY-552 utilizando torta de milho, um subproduto do processamento do milho.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Inóculo

Geotrichum candidum NRRLY-552 foi cultivado em meio Yeast Malt Agar [0,3% m/v de extrato de levedura; 0,3% m/v de extrato de malte; 0,5% m/v de peptona; 1,0% m/v de glicose e 3% m/v de ágar] por 72 horas a 30°C. Após este período, uma área circular (ϕ = 1 cm) do meio sólido contendo esporos do microrganismo foi recortada com auxílio de um tubo de ensaio estéril e transferida para um recipiente contendo água estéril para preparar uma suspensão de esporos (Maldonado et al., 2014A and 2014B). A quantidade de água adicionada variou em cada experimento de acordo com a umidade final fixada para cada condição. Esta suspensão foi utilizada como inóculo sobre o substrato sólido (torta de milho).

2.2 Fermentação Semi-Sólida

O substrato empregado para o cultivo de *G. candidum* e a produção de lipase foi a torta de milho [18,2% (m/m) de proteína, 8,4% (m/m) de óleo e 10% (m/m) de umidade], um subproduto sólido obtido da extração da torta de germe do milho, substrato este gentilmente doado por uma empresa de processamento de milho da região de Mogi Guaçu, São Paulo, Brasil.

Na primeira etapa do estudo foram empregados Erlenmeyers de 400 mL com quantidade total de substrato sólido de 60 g de torta de milho suplementada com NH_4Cl, óleo de milho e água destilada de forma que as concentrações do meio atingissem 5% (m/m) de nitrogênio total, 12,5% (m/m) de óleo de milho e 30% (m/m) de umidade (em base seca). Após a inoculação, os frascos foram mantidos em estufa a 35°C, sem agitação, por 48 horas e foram coletadas amostras de 2 g do material fermentado em 24 e 48 horas para determinação da atividade lipolítica.

Com base nos resultados apresentados na primeira etapa, foi realizado um delineamento fatorial fracionário 2^{4-1} para avaliar as variáveis independentes: concentrações de nitrogênio total (4-6% m/m), de óleo de milho (10-15% m/m), de umidade (20-40% m/m) e quantidade de substrato sólido (20-60 g). Todas as concentrações foram calculadas como sendo a quantidade em massa do nutriente pela quantidade em massa do substrato seco (% m/m). As condições de cada ensaio realizado encontram-se na Tabela 2. Para atingir as concentrações indicadas no

delineamento, a torta de milho foi suplementada com quantidades suficientes de NH_4Cl, óleo de milho e água. As fermentações foram realizadas em Erlenmeyers de 400 mL acondicionados em estufa a 35°C sem agitação. Foram coletadas amostras de 2 g do fermentado nos tempos de 24, 48 e 72 horas para determinação da atividade de lipase.

Na terceira etapa, foram realizados novos experimentos variando-se apenas a concentração de nitrogênio total no meio em 6, 8 e 10% (m/m) com as demais variáveis fixas em 15% m/m de óleo, 40% m/m de umidade e 60 g de substrato. Estas fermentações foram realizadas em triplicata em Erlenmeyers de 400 mL acondicionados em estufa a 35°C, sem agitação, e foram coletadas amostras de 2 g do material fermentado nos tempos de 24, 48 e 72 horas para determinação da atividade de lipase.

2.3 Determinação da atividade de lipase

As amostras de material fermentado (2 g) foram misturadas e homogeneizadas com 10 mL de água destilada e este material foi utilizado para determinação da atividade de lipase, realizada por método titulométrico. Para isto, preparou-se uma emulsão composta por goma arábica (7% m/v) e óleo de oliva, na proporção de 75:25% (v/v), respectivamente. A mistura foi homogeneizada utilizando um mixer por 3 minutos. Em seguida, 5 mL da emulsão foram misturados com 2 mL de solução tampão fosfato 0,1 mol/L (pH = 7,0) e adicionou-se 1 g da amostra preparada conforme descrito anteriormente. O sistema de reação foi incubado a 40°C por 30 minutos em banho termostatizado com agitação de 200 rpm. Após este período a reação enzimática foi paralisada pela adição de 10 mL de uma solução de acetona:etanol (1:1 v/v) e os ácidos graxos liberados foram titulados utilizado-se solução de NaOH 0,05 mol/L e fenolftaleína como indicador. Realizou-se uma determinação em branco e a concentração de ácidos graxos liberados pela enzima foi determinada através de uma curva padrão de ácido oléico. O valor da atividade enzimática foi expresso em U/g de substrato seco, sendo que uma unidade (U) é definida como a quantidade de enzima que libera 1 μmol de ácido graxo por minuto de reação (Macedo & Pastore, 1997, Maldonado et al., 2012A and 2014A).

2.4 Análise estatística dos resultados

Para o delineamento fatorial fracionário 2^{4-1} os resultados obtidos foram analisados através dos efeitos principais das variáveis estudadas. Nos experimentos univariáveis os dados foram analisados por análise de variância e através do teste de média de Tukey com nível de confiança de 95% ($p<0,05$) com o auxílio do programa Statistica 8.0 - StatSoft®.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no primeiro experimento para produção de lipase por *Geotrichum candidum* NRRLY-552 usando fermentação semi-sólida em torta de milho estão apresentados na Tabela 1. A partir destes resultados, foi possível verificar que *G. candidum* foi capaz de produzir lipase utilizando torta de milho suplementada como substrato dentro das condições analisadas.

	Atividade da lipase (U/g)*	
Experimento	24 h	48 h
1	2,89	13,06
2	20,51	16,81
3	20,51	15,88

Tabela 1 – Produção de lipase em fermentação semi-sólida (FSS) por Geotrichum candidum com 60 g de torta de milho suplementada até uma composição final (m / m) de: 5% de nitrogênio, 12,5% de óleo de milho e 30% de umidade. Os experimentos foram realizados a 35° C sem agitação.

*1 μmol de ácido graxo livre liberado por minuto por grama de peso seco do substrato

Uma vez confirmada a capacidade de produção de lipase em torta de milho, foi realizado um delineamento fatorial fracionário (2^{4-1}) para avaliar as variáveis independentes: concentração de nitrogênio total, concentração de óleo de milho, umidade e quantidade de substrato sendo a atividade lipolítica a variável resposta analisada, a matriz do planejamento e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2. A partir dos dados obtidos foi possível calcular o efeito de cada uma das variáveis sobre a produção de lipase. A Tabela 3 apresenta os efeitos calculados para os tempos de 24 e 48h, em que foram observadas maiores atividades lipolíticas.

Corrida	**Nitrogênio (% m/m)**	**Óleo de milho (%m/m)**	**Umidade (%m/m)**	**Torta de milho (g)**	**Atividade da lipase (U/g)***		
					24h	**48h**	**72h**
1	4,0(-1)	10(-1)	20(-1)	20 (-1)	8,29	7,09	2,27
2	6,0 (+1)	10 (-1)	20 (-1)	60 (+1)	11,86	3,46	9,46
3	4,0(-1)	15(+1)	20 (-1)	60 (+1)	5,84	5,84	0,00
4	6,0 (+1)	15(+1)	20 (-1)	20 (-1)	11,79	14,18	7,03
5	4,0(-1)	10 (-1)	40 (+1)	60 (+1)	8,15	3,99	3,99
6	6,0 (+1)	10 (-1)	40 (+1)	20 (-1)	16,37	10,85	6,72
7	4,0(-1)	15(+1)	40 (+1)	20 (-1)	5,32	9,42	5,32
8	6,0(+1)	15(+1)	40 (+1)	60 (+1)	18,92	21,64	16,19
9	5,0 (0)	12,5 (0)	30 (0)	40 (0)	11,42	7,57	5,00
10	5,0 (0)	12,5 (0)	30 (0)	40 (0)	10,13	5,00	5,00
11	5,0 (0)	12,5 (0)	30 (0)	40 (0)	8,85	6,28	7,57

Tabela 2 - Delineamento Fatorial Fracionário 2^{4-1} para produção de lipase por fermentação semi-sólida (FSS) por Geotrichum candidum, com a composição (% m/m) de nitrogênio total, óleo

de milho, umidade e torta de milho (como substrato sólido) as quatro variáveis independentes estudadas e a atividade da lipase a variável resposta analisada. Os experimentos foram realizados a 35° C sem agitação.

*1 μmol de ácido graxo livre liberado por minuto por grama de peso seco do substrato

Variáveis (% m/m)	24h				48 h			
	Efeito (U/g)*	Erro padrão (U/g)*	t(6)	*p*	Efeito (U/g)*	Erro padrão (U/g)*	t(6)	*p*
Média	10,59	0,71	14,97	<0,01*	9,21	1,08	8,46	<0,01*
Nitrogênio	7,84	1,63	4,80	< 0,01*	5,94	2,51	2,37	0,05*
Óleo de milho	-0,43	1,63	-0,27	0,79	6,82	2,51	2,84	0,03*
Umidade	2,74	1,63	1,68	0,14	3,82	2,51	1,52	0,18
Torta de milho	0,74	1,63	0,46	0,66	-1,66	2,51	-0,66	0,53

Tabela 3 – Análise do efeito da composição do meio na atividade da lipase após 24 e 48 h de fermentação a partir do Delineamento Fatorial Fracionário 2^{4-1} com Geotrichum candidum na fermentação semi-sólida em torta de milho como substrato sólido.

1 μmol de ácido graxo livre liberado por minuto por grama de peso seco do substrato

[a]Valores estatisticamente significativos para $p \leq 0,05$.

A análise dos efeitos (Tabela 3) mostrou que, em média, a produção de lipase foi maior no tempo de 24 horas do que em 48 horas. Após 24 horas de fermentação apenas a concentração de nitrogênio apresentou um efeito positivo e estatisticamente significativo ($p < 0.05$) de 7.84 U/g. Já para o tempo de 48 horas de fermentação, além da concentração de nitrogênio, também a concentração de óleo de milho apresentou um efeito positivo e estatisticamente significativo ($p = 0.03$) de 6.82 U/g.

De posse destes resultados, foram estabelecidas novas condições para a produção de lipase por Geotrichum candidum utilizando a torta de milho suplementada como substrato. Foram avaliadas as concentrações de 6, 8 e 10% (m/m) para o nitrogênio total tendo em vista seu efeito positivo e significativo nos dois tempos de fermentação analisados. O óleo de milho teve sua composição fixa no nível +1 (15 % m/m) devido ao seu efeito significativo em 48 h; já a umidade e a quantidade de torta de milho foram fixadas nas condições que resultaram no maior valor de atividade lipolítica (ensaio 8): 40% (m/m) de umidade e 60 g de torta de milho. Os resultados obtidos nesta etapa de estudo univariável estão apresentados na Tabela 4.

Nitrogênio Total (% m/m)	Atividade lipolítica (U/g)*		
	24 h	48h	72h
6	9,2 ± 2,1	12,4 ± 3,6	7,4 ± 3,9
8	6,9 ± 1,4	11,0 ± 2,7	6,9 ± 3,6
10	17,3 ± 4,1	29,4 ± 2,1	26,2 ± 3,4

Tabela 4 – Influência da concentração total de nitrogênio (% m/m) na produção de lipase por

Geotrichum candidum em fermentação semi-sólida (FSS) com torta de milho como substrato sólido. Os experimentos foram realizados em triplicata, a 35° C sem agitação e com as composições fixas (% m/m) de 15% de óleo de milho e 40% de umidade.

*1 μmol de ácido graxo livre liberado por minuto por grama de peso seco do substrato

De acordo com a Tabela 4, verificou-se que as maiores produções de lipase ocorreram depois de 48 horas de fermentação, fato este que está de acordo com o que foi observado na melhor condição do delineamento fracionário (ensaio 8, Tabela 2). Sendo assim, para comparar as três condições avaliadas foi feita a análise de variância (ANOVA) para produção de lipase no tempo de 48 horas de fermentação conforme apresentado na Tabela 5.

Fonte de variação	Grau de liberdade	SQ	SQM	F-value	*p*-value
Ensaios	2	628,81	314,41	26,52	<0,01*
Replicas	2	1,62	0,81	0,07	0,93
Resíduo	4	47,42	11,85		
Total	8	677,84			

Tabela 5 – Análise de variância (ANOVA) para a produção de lipase por Geotrichum candidum em fermentação semi-sólida (SSF) com torta de milho.

*Valor estatisticamente significativo a $p \leq 0,05$

A análise de variância (Tabela 5) demonstrou que existe diferença significativa ($p < 0,01$) entre as três concentrações de nitrogênio avaliadas (6, 8 e 10 %) e que não há diferença significativa entre as replicatas realizadas em cada condição ($p = 0,93$). A partir disso foi feito um teste de média de Tukey para determinar a menor diferença significativa (MDS) com $p < 0,05$. O resultado obtido foi MDS = 10,02, o que indica que as condições 6% e 8% são estatisticamente iguais (diferença de média = 1,4) e a condição 10% é estatisticamente diferente tanto da condição 6% (diferença de média = 17) quanto da condição 8% (diferença de média = 18,4).

Dessa forma, a melhor condição para produção de lipase de *Geotrichum candidum* por fermentação semi-sólida utilizando torta de milho suplementada foi de 10% (m/m) de nitrogênio total, 15% (m/m) de óleo de milho, 40% (m/m) de umidade e 60 g de torta de milho como substrato, que levou a uma produção de 29,4 U/g de substrato seco após 48 horas de fermentação a 35°C sem agitação, dentro das condições avaliadas.

Comparativamente, a produção de lipase obtida por *Geotrichum candidum* em fermentação semi-sólida usando torta de milho foi menor do que a obtida com *Penicillium simplicissimum* usando torta de babaçu (90 U/g), com *Penicillium* sp. utilizando farelo de soja (140 U/g) e com *Aspergillus niger* utilizando borra de milho (329 U/g) (Gutarra et al., 2009; Rigo et al., 2010). Entretanto, os resultados obtidos

são comparáveis aos obtidos com *Penicillium simplicissimun* utilizando resíduo de mamona (44,8 U/g), *Penicillium restrictum* utilizando resíduo de babaçu (30,3 U/g) e maior do que com *Aspergillus* niger utilizando farelo de cacau (11,67 U/g) (GODOY et al., 2009; GOMBERT et al., 1999; AMORIM et al., 2013).

Em relação aos substratos utilizados, FERNANDES (2007) verificou um aumento na produção de lipase utilizando a torta de milho suplementada com óleo de milho por *Burkholderia cepacia* com o aumento da concentração de óleo de milho de 0 para 5% na fermentação semi-sólida com 55% de umidade e temperatura de 29°C. Em outro trabalho, DAMASO et al. (2008) obtiveram uma produção de 62,7 U/g de lipase de *Aspergillus niger* utilizando borra de milho como indutor em fermentação em estado sólido.

A respeito do microrganismo utilizado, não foram encontrados na literatura relatos da utilização do *Geotrichum candidum* para produção de lipase por fermentação semi-sólida. No entanto, os resultados obtidos nesse estudo foram superiores ou similares aos valores encontrados para produção da lipase de *Geotrichum candidum* em fermentação submersa, que de acordo com a literatura consultada variaram entre 11 e 31 U/mL (JÚNIOR et al. 2016; RIBEIRO & MALDONADO, 2014; MALDONADO et al., 2015, 2014A e 2014 B; MALDONADO et al., 2012A e 2012B; ASSES et al., 2009; BURKERT et al., 2005).

4 I CONCLUSÃO

O estudo trouxe como novidade a aplicação da fermentação semi-sólida na produção de lipase por *Geotrichum candidum*, ainda não relatada na literatura. A produção de lipases por *Geotrichum candidum* utilizando torta de milho suplementada como substrato mostrou ser um processo viável do ponto de vista da obtenção da enzima. A melhor condição para produção da enzima foi obtida utilizando-se 60 g de torta de milho suplementada com NH_4Cl, óleo de milho e água para atingir as concentrações de 10% m/m de nitrogênio, 15% m/m de lipídeos e 40% m/m de umidade que levou a produção de 29,4 U/g de lipase após 48 horas de fermentação a 35°C. A produção de lipase obtida foi comparável aos dados citados na literatura tanto para produção de lipase utilizando *Geotrichum* candidum quanto para processos de produção de lipase por FSS.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, J.; GEA, T. & Sánchez, A. **Substitution of chemical dehairing by proteases from solid-state fermentation of hair wastes**. *Journal of Cleaner Production*, v. *74*, p. 191-198,2014.

ALDARF, M.; FOURCADE, F & AMRANE, **A. Solid-state culture of *Geotrichum candidum* and**

***Penicillium camembertii* on a glutamate and lactate based medium**. *Enzyme and microbial technology*, v. *36*(2-3), p. 159-167, 2005.

ALDARF, M.; FOURCADE, F.; AMRANE, A. & PRIGENT, Y. **Diffusion of lactate and ammonium in relation to growth of *Geotrichum candidum* at the surface of solid media.** *Biotechnology and Bioengineering*, v. *87*(1), p. 69-80, 2004.

ALKAN, H.; BAYSAL, Z.; UVAR, F & Dogru, M. **Production of lipase by a newly isolated Bacillus coagulans under solid-state fermentation using melon wastes**. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. *136*(2), p. 183-192, 2007.

AMORIM, G. M.; DOS SANTOS, T. C.; PACHECO, C. S. V.; BARRETO, I. M. A.; FREIRE, D. M. G. & FRANCO, M. **Fermentação de farelo de cacau por Aspergillus niger para obtenção de lipase.** *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, *8*(1), 24-27, 2013.

ARAÚJO, L.T.C. **Aplicações de lipases. Monografia,** Pós-Graduação em Microbiologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

ASSES, N.; AYED, L.; BOUALLAGUI, H.; REJEB, I. B.; GARGOURI, M. & HA,DI, M. **Use of *Geotrichum candidum* for olive mill wastewater treatment in submerged and static culture.** *Bioresource Technology*, v. *100*(7), p. 2182-2188, 2009.

BAADHE, R.R.; POTUMARTHI, R. & GUPTA, V.K. **Lipase-Catalyzed Biodiesel Production: Technical Challenges. In *Bioenergy Research:* *Advances and Applications*** (pp. 119-129). Elsevier, 2014.

BURKERT, J. F. D. M.; MALDONADO, R. R.; FILHO, F. M. & RODRIGUES, M. I. **Comparison of lipase production by *Geotrichum candidum* in stirring and airlift fermenters.** *Journal of Chemical Technology & Biotechnology,* v. *80*(1), p. 61-67, 2005.

BRABCOVÁ, J., DEMIANOVÁ, Z., VONDRÁSEK, J.; JÁGR, M.; ZAREVÚCKA, M. & PALOMO, J. M. **Highly selective purification of three lipases from *Geotrichum candidum* 4013 and their characterization and biotechnological applications.** *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. *98*, p. 62-72, 2013.

CANI, O. & KURBANOGLU, E. B. **Application of low magnetic field on inulinase production by *Geotrichum candidum* under solid state fermentation using leek as substrate.** *Toxicology and industrial health*, v. *28*(10), p. 894-900, 2012,

CASTRO, A. M.; CASTILHO, L. R. & FREIRE, D. M. **Performance of a fixed-bed solid-state fermentation bioreactor with forced aeration for the production of hydrolases by Aspergillus awamori.** *Biochemical Engineering Journal*, v. *93*, p. 303-308, 2015.

DAMASO, M. C. T., PASSIANOTO, M. A., FREITAS, S. C. D., FREIRE, D. M. G., LAGO, R. C. A. & COURI, S. **Utilization of agroindustrial residues for lipase production by solid-state fermentation**. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. *39*(4), p. 676-681, 2008.

FERNANDES, M.L.M. **Produção de lipases por fermentação no estado sólido e sua utilização em biocatálise**. *Tese de doutorado*, Universidade Federal do Paraná, 2007.

FERRAZ, L. R.; DE OLIVEIRA, D. D. S.; SILVA, M. F.; RIGO, E.; DI LUCCIO, M.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVEIRA, D. & TREICHEL, H. **Production and partial characterization of multifunctional lipases by *Sporobolomyces ruberrimus* using soybean meal, rice meal and sugarcane bagasse as substrates**. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v.*1*(3), p. 243-252, 2012.

GERVAIS, P. & MOLIN, P. **The role of water in solid-state fermentation.** *Biochemical Engineering Journal*, v. *13*(2-3), p. 85-101, 2003.

GODOY, M. G.; GUTARRA, M. L.; MACIEL, F. M., FELIX, S. P.; BEVILAQUA, J. V.; MACHADO, O. L. & FREIRE, D. M. **Use of a low-cost methodology for biodetoxification of castor bean waste and lipase production.** *Enzyme and Microbial Technology*, v. *44*(5), p. 317-322, 2009.

GOMBERT, A. K.; PINTO, A. L., CASTILHO, L. R. & FREIRE, D. M. **Lipase production by *Penicillium restrictum* in solid-state fermentation using babassu oil cake as substrate**. *Process Biochemistry*, v. *35*(1-2), p. 85-90, 1999.

GUTARRA, M. L., GODOY, M. G., MAUGERI, F., RODRIGUES, M. I.; FREIRE, D. M. & CASTILHO, L. R. **Production of an acidic and thermostable lipase of the mesophilic fungus *Penicillium simplicissimum* by solid-state fermentation.** *Bioresource Technology*, v. *100*(21), p. 5249-5254, 2009.

IDREES, S. & RAJOKA, M. I. **Production of lipases by *Rhizopus oligosporous* by solid-state fermentation.** *Process Biochemistry*, v. *37*(6), p. 637-641, 2002.

IIIKOVÁ, K.; ZEMKOVÁ, Z., FLODROVÁ, D.; JAGER, J.; BENKOYSKÁ, D.; OMELKOVÁ, J. & STRATILOVÁ, E. **Production of *Geotrichum candidum* polygalacturonases via solid state fermentation on grape pomace.** *Chemical Papers*, v. *66*(9), p. 852-860, 2012.

JÚNIOR, W.G.M.; KAMIMURA, E. S.; PESSELA, B. C.; CARDOSO, V. L. & de RESENDE, M. M. **Optimization of the production and characterization of lipase from *Candida rugosa* and *Geotrichum candidum* in soybean molasses by submerged fermentation.** *Protein Expression and Purification*, *123*, 26-34; 2016.

LI, H.; ZHANG, R.; TANG, L.; ZHANG, J. & MAO, Z. **Manganese peroxidase production from cassava residue by Phanerochaete chrysosporium in solid state fermentation and its decolorization of indigo carmine.** *Chinese Journal of Chemical Engineering*, v. *23*(1), p. 227-233, 2015.

MACEDO, G. A. & PASTORE, G. M. **Lipases microbianas na produção de ésteres formadores de aroma.** *Food Science and Technology (Campinas)*, 17(2), 115-119, 1997.

MALDONADO, R. R.; LOPES, D. B.; AGUIAR-OLIVEIRA, E., KAMIMURA, E. S. & MACEDO, G. A. **A review on geotrichum lipases: production, purification, immobilization and applications.** *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, v. *30*(4), p. 439-454. 2016.

MALDONADO, R. R., AGUIAR-OLIVEIRA, E., POZZA, E. L., COSTA, F. A. A., MAZUTTI, M. A., MAUGERI, F. & RODRIGUES, M. I. **Application of yeast hydrolysate in extracellular lipase production by *Geotrichum candidum* in shaken flasks, stirred tank, and airlift reactors.** *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, v. *93*(9), p. 1524-1530, 2015.

MALDONADO, R. R.; AGUIAR-OLIVEIRA, E., POZZA, E. L., COSTA, F. A. A., MAUGERI FILHO, F., & RODRIGUES, M. I. **Production of lipase from *Geotrichum candidum* using corn steep liquor in different bioreactors.** *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. *91*(12), p. 1999-2009, 2014A.

MALDONADO, R. R., MACEDO, G. A. & RODRIGUES, M. I. **Lipase production using microorganisms from different agro-industrial by-products**. *International Journal of Applied Science and Technology*, v. *4*(1), p.108-115, 2014B

MALDONADO, R. R., BURKET, J. F. M., MAZUTTI, M. A., MAUGERI, F. & RORDRIGUES, M. I. **Evaluation of lipase production by *Geotrichum candidum* in shaken flasks and bench-scale stirred bioreactor using different impellers**. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. *1*(2), p. 147-151, 2012A.

MALDONADO, R. R.; PANCIERA, L. A.; MACEDO, A. G.; MAZUTTI, M. A.; MAGERI, F. & RODRIGUES, I. M. **Improvement of lipase production from *Geotrichum* sp. in shaken**

flasks. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly/CICEQ*, v. *18*(3), p. 459-464, 2012B.

MAZZEU, C. J., RAMOS, E. Z., DA SILVA CAVALCANTI, M. H., HIRATA, D. B. & VIRTUOSO, L. S. **Partitioning of *Geotrichum candidum* Lipase from fermentative crude extract by aqueous two-phase system of polyethylene glycol and sodium citrate**. *Separation and Purification Technology*, v. *156*, p. 158-164, 2015.

NI, H.; CHEN, F.; JIANG, Z. D.; CAI, M. Y.; YANG, Y. F.; XIAO, A. F. & Cai, H. N. **Biotransformation of tea catechins using *Aspergillus niger* tannase prepared by solid state fermentation on tea byproduct**. *LWT-Food Science and Technology*, v. *60*(2), p. 1206-1213, 2015.

OKINO-DELGADO, C. H. & FLEURI, L. F. **Obtaining lipases from byproducts of orange juice processing. *Food Chemistry*,** v. *163*, p. 103-107, 2014.

PANDEY, A.; SOCOOL, C. R., & MITCHELL, D**. New developments in solid state fermentation: I-bioprocesses and products. *Process Biochemistry***, v. *35*(10), p.1153-1169, 2000.

RIBEIRO, E., MALDONADO, R.R. **Produção de lipase de *Geotrichum candidum* por fermentação submersa utilizando subprodutos do processamento do milho**. *Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química*, Faculdade Municipal Professor Franco Montoro, 2014.

RIGO, E.; NINOW, J. L.; DI LUCCIO; M., OLIVEIRA, J. V.; POLLONI, A. E., REMONATTO, D., & Treichel, H. **Lipase production by solid fermentation of soybean meal with different supplements. *LWT-Food Science and Technology*,** v.*43*(7), p.1132-1137, 2010.

SALIHU, A. & ALAM, M. Z. **Solvent tolerant lipases: a review.** *Process Biochemistry*, v. *50*(1), p. 86-96, 2015.

SINGH, M. K.; SINGH, J.; KUMAR, M. & THAKUR, I. S. N**ovel lipase from basidiomycetes *Schizophyllum commune* ISTL04, produced by solid state fermentation of *Leucaena leucocephala* seeds.** *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. *110*, p. 92-99, 2014.

STERGIOU, P. Y.; FOUKIS, A.; FILIPPOU, M.; KOUKORITAKI, M.; PARAPOULI, M.; THEODOROU, L. G. & PAPAMICHAEL, E. M. **Advances in lipase-catalyzed esterification reactions.** *Biotechnology Advances*, v. *31*(8), p. 1846-1859, 2013.

SUN, Z. T.; LIU, C. & Du, J. H. **Optimisation of fermentation medium for the detoxification of free gossypol in cottonseed powder by *Geotrichum candidum* G07 in solid-state fermentation with response surface methodology**. *Annals of Microbiology*, v. *58*(4), p.683, 2008.

TREICHEL, H.; DE OLIVEIRA, D.; MAZUTTI, M. A.; DI LUCCIO, M. & OLIVEIRA, J. V. **A review on microbial lipases production.** *Food and bioprocess technology*, v. *3*(2), p. 182-196, 2010.

WANG, F. & LIU, C. Z. **Development of an economic refining strategy of sweet sorghum in the Inner Mongolia region of China**. *Energy & Fuels*, v. *23*(8), p. 4137-4142, 2009.

ZHANG, J.; SHI, H.; WU, D.; XING, Z.; ZHANG; A.; YANNG, Y. & LI, Q. **Recent developments in lipase-catalyzed synthesis of polymeric materials**. *Process Biochemistry*, v. *49*(5), p. 797-806, 2014.

ZHANG, Y.; LIN, S. M., ZHU, Y. J; LIU, C. J.; DONG, Y.; LI, F. F. & ZHANG, J. H. **Protoplast fusion between *Geotrichum candidium* and *Phanerochaete chrysosporium* to produce fusants for corn stover fermentation.** *Biotechnology Letters*, v. *28*(17), p.1351-1359, 2006.

CAPÍTULO 25

ANÁLISE SOBRE AS CARACTERÍSTICAS E O DESEMPENHO DO MREC

Data de aceite: 17/03/2020

Data de Submissão: 03/12/2019

Matheus Amaral da Silva
Universidade Estadual de Maringá
Maringá - Paraná
http://lattes.cnpq.br/1529997249873748

Kevin Levrone Rodrigues Machado Silva
Universidade Estadual de Maringá
Maringá - Paraná
http://lattes.cnpq.br/7787132740257909

RESUMO: Neste trabalho foi realizada uma análise das principais funcionalidades do sistema mrec na construção e avaliação de recomendações. Para avaliá-lo, foram reunidas todas as informações disponíveis referentes ao processo de recomendação. Com o intuito de avaliar o seu comportamento e desempenho, foi realizado um experimento com o conjunto de dados *MovieLens*, em que o sistema o divide em subconjuntos de treino e teste, utilizados para a criação/treinamento de modelos geradores de recomendações e para a avaliação dos modelos, respectivamente. O módulo de avaliação do mrec classifica as recomendações que forem geradas pelos modelos. A investigação das características e a análise de desempenho do mrec permitiram a obtenção de um veredito. Concluiu-se que é um *software* que cumpre sua proposta, possui funcionalidades que beneficiam os usuários, mas também, fatores negativos que influenciam desfavoravelmente na sua preferência e notoriedade.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas; recomendação; python; mrec.

ANALYSING THE CHARACTERISTICS AND PERFORMANCE OF THE SYSTEM

ABSTRACT : In this work we analyzed the main features of the mrec system in the construction and evaluation of recommendations. To evaluate, we collected all the available information regarding the recommendation process. In order to evaluate behavior and performance, we performed an experiment with the MovieLens dataset, which the system divided it into training and test subsets, used for the creation/training of recommendation models and to test them, respectively. The system's evaluation module classifies the recommendations that are generated by the models. The characteristic investigation and performance analysis of mrec allowed us to obtain a verdict. We concluded that it is a software that fulfills its proposal, it has features that benefit users, but also negative factors that may adversely influence its preference and notoriety.

KEYWORDS: Systems; recommendation; python; mrec.

1 I INTRODUÇÃO

Com o avanço do desenvolvimento e da demanda de novos *softwares* e sistemas *web*, surgiu a necessidade de implementar funcionalidades que evidenciassem tais serviços e, ao mesmo tempo, conquistasse a confiança do cliente. Desde então, uma das principais aplicações feitas com tal intuito envolve a integração de um serviço com um sistema de recomendação.

De acordo com (XIAO, BENBASAT, 2007), sistemas de recomendação são agentes de *software* que suscitam os interesses e preferências de um usuário e, com esses dados, fazem uma ou mais recomendações ao mesmo. Ao utilizar um sistema de recomendação robusto, há uma potencial melhora no suporte e na qualidade das decisões que os consumidores podem realizar enquanto buscam ou selecionam itens em algum serviço *online*.

Atualmente, encontram-se disponíveis quatro paradigmas de sistemas de recomendação personalizados que podem ser implementados nas mais diversas aplicações. Eles são classificados como Baseado em Filtragem Colaborativa, Baseado em Conteúdo, Baseado em Conhecimento e Híbridos. A maioria dos *frameworks* utilizados para o desenvolvimento de sistemas de recomendação já possuem uma implementação nativa de um ou mais dos paradigmas citados, cujos conceitos e funcionamentos são discutidos em detalhes no trabalho de Jannach, Zanker e Felfernig (2010).

O sistema de recomendação escolhido como objeto de estudo deste trabalho é o mrec (MREC, 2013). Com o desenvolvimento da pesquisa, foram reunidas todas as informações referentes ao seu funcionamento, criação e usabilidade, com o intuito de analisar suas funcionalidades e relevância na geração e avaliação de recomendações ao usuário. Para avaliar o seu desempenho e robustez, foi realizado um experimento com o conjunto de dados *MovieLens*. Ele foi escolhido como *dataset* para esse trabalho por se tratar do conjunto de dados utilizado como exemplo na documentação do mrec, além de ser um dos mais usados no meio acadêmico para realização de experimentos com sistemas de recomendação. Maiores detalhes sobre a composição do *MovieLens* são discutidos na Seção 3 e na sua página oficial (MOVIELENS, 2019).

O restante deste artigo está organizado como segue. Na Seção 2 é apresentado o sistema mrec. Os resultados da sua avaliação são apresentados na Seção 3. Por fim, na Seção 4, são apresentadas as considerações finais deste trabalho.

2 I SOBRE O MREC

O mrec é um sistema de recomendação desenvolvido na linguagem de

programação Python, e cuja elaboração foi realizada no gerenciador de referências Mendeley[1] para facilitar o desenvolvimento e a avaliação de recomendações.

O sistema possui funcionalidades que ainda lhe dão destaque entre outros sistemas semelhantes. Uma delas é a implementação nativa de ferramentas simples para a realização de avaliações consistentes e reproduzíveis de sistemas de recomendação. Outra funcionalidade consiste em utilitários para treinar modelos e fazer recomendações em paralelo via *IPython*. A presença de tais utilitários é incomum em *softwares* similares ao mrec, assim como materiais com exemplos de combinação de uso do *IPython* com outras bibliotecas científicas da linguagem Python.

Para os processos de geração e avaliação de recomendações, o mrec possui algoritmos que seguem o paradigma Híbrido ou o paradigma de Filtragem Colaborativa. Os pertencentes ao primeiro paradigma suprem limitações consequentes do uso individual de entradas e componentes de mecanismos de outros paradigmas nessas tarefas, fazendo com que combine algumas dessas entradas e componentes. Já os que se enquadram no segundo utilizam como entrada uma matriz de avaliações usuário-item e, para recomendar um determinado item a um determinado usuário, consideram as avaliações de todos os usuários que tiverem preferências semelhantes a ele em relação a outros itens que já foram avaliados anteriormente por esse mesmo indivíduo.

2.1 Algoritmos Nativos

Nesta seção são apresentados os algoritmos de recomendação do sistema mrec.

Popularity: Um algoritmo que gera as mesmas recomendações para todos os usuários, e que, de acordo com a documentação do mrec, pode ser útil para a etapa de avaliação (JANNACH, ZANKER, FELFERNIG, 2010) .

K-Nearest Neighbours (KNN): O algoritmo é utilizado na geração de modelos tradicionais de similaridade de itens (DUDA, HART, STORK, 2012) .

Sparse Linear Method (SLIM): É um algoritmo de recomendação top-n especializado na geração rápida de recomendações (NING, KARYPIS, 2011). Ele constrói uma matriz de coeficiente esparso para os itens que estão no sistema ao utilizar apenas os perfis de compras ou avaliações de usuários (o que é possível por meio da resolução de um problema de otimização regularizada). Em seguida, é introduzida esparsidade na matriz de coeficiente, o que permite uma geração eficaz de recomendações. Ademais, o algoritmo SLIM também pode ser usado para efetuar recomendações top-n por meio de avaliações de itens.

Weighted Approximate-Rank Pairwise (WRMF): É modelo de fatoração

1 https://www.mendeley.com

de matriz de peso utilizado para conjunto de dados de feedbacks implícitos (HU, KOREN, VOLINSKY, 2008).

Weighted Approximate-Rank Pairwise loss (WARP loss): Algoritmo proposto originalmente para aplicação em conjuntos de dados de anotação de imagens, com o intuito de predizer a anotação das mesmas. Consome menos memória e possui desempenho superior a métodos mais comuns que realizam funções semelhantes (WESTON, BENGIO, USUNIER, 2010). O mrec possui a implementação de um modelo híbrido de matriz de fatorização que otimiza o WARP loss.

2.2 IPYTHON

Em 2001, o *IPython* surgiu como um projeto que almejava a criação de ferramentas para expandir as capacidades interativas da linguagem Python e, desde então, continua a ser desenvolvido como uma camada de base para novos ambientes interativos. A utilidade do *IPython* neste trabalho foi a de paralelização do treinamento de modelos, da geração e da avaliação de recomendações durante os experimentos com o mrec. Maiores informações sobre o projeto *IPython* e os seus recursos são apresentados na obra de Pérez e Granger (2007).

2.3 INSTALAÇÃO

A documentação oficial do mrec apresenta duas maneiras de instalá-lo em sistemas operacionais do tipo UNIX. A primeira necessita do gerenciador de pacotes pip, seguida da instalação do mrec pelo mesmo. Todavia, como foi removido dos repositórios do pip, tornou-se obrigatória a instalação por meio do seu código-fonte, que representa a forma alternativa de instalação.

Para instalar o mrec na distribuição Ubuntu 16.04 do Linux e no sistema operacional Os X v10.14.5, é preciso inicialmente instalar algumas de suas dependências:

- Python: 2.7
- Cython: 0.20
- Numpy: 1.11.0
- Scipy: 0.17.0
- scikit-learn: 0.20.3
- IPython: 4.0.0
- pyzmq: 18.0.1
- psutil: 3.4.2

Além disso, pode ser necessário realizar o *downgrade* da versão mais recente

da dependência Cython (3.0) para o funcionamento correto do mrec.

2.4 MEDIDAS DE AVALIAÇÃO

De acordo com a documentação, para gerar e avaliar recomendações o mrec realiza, primeiramente, a divisão do conjunto de dados em subconjuntos de treino e de teste. Em seguida, é realizado o treinamento do(s) modelo(s) de recomendação com base no(s) subconjunto(s) de treino. Logo após, são geradas recomendações com base no(s) modelo(s), cujas avaliações serão baseadas no(s) subconjunto(s) de testes com base nas métricas *Mean Reciprocal Rank,* sendo esta uma medida estatística que avalia qualquer processo resultante na lista de probabilidade ordenada por precisão e pode ser descrita matematicamente da seguinte forma.

$$\mathrm{MRR} = \frac{1}{|Q|} \sum_{i=1}^{|Q|} \frac{1}{\mathrm{rank}_i}.$$

Outro método de avaliação é o *Precision@k*, onde *k* é o número de recomendações geradas pelo modelo. Um exemplo de uso, baseado na metodologia apresentada, é descrito a seguir na seção 3 onde é relatado o experimento e a sua avaliação.

2.5 USO

Nesta seção é descrita a forma de execução do sistema e os comandos necessários para operá-la, é importante observar que este ainda não é o relato do experimento feito, trata-se de um *overview* das opções que o desenvolvedor tem ao escolher o mrec para utilizar em seus softwares.

Primeiramente, é necessário encontrar um conjunto de dados que possua as informações e formatações suportadas pelo mrec: tsv (valores separados por tabulação), csv, mm (*matrix market*) ou fsm (*fast sparse matrix*). Os valores normalmente podem ser organizados em uma tabela de avaliação item por usuário nos conjuntos de dados.

Em seguida, é preciso dividir o conjunto de dados em subconjuntos para treinar e testar o recomendador. O mrec seleciona alguns itens que o usuário avaliou positivamente e os move para o subconjunto de teste. Os itens restantes para cada usuário são reunidos no subconjunto de treino, utilizado para o treinamento do recomendador. O seguinte comando deve ser executado em um terminal do sistema operacional para realizar a divisão de um conjunto de dados (isto é, um *dataset*) com a formatação tsv:

mrec_prepare --dataset diretório_do_dataset dataset.tsv

Como apresentado na documentação do mrec, caso um utilizador do mrec sinta

a necessidade de definir parâmetros adicionais para a divisão, é possível determinar o diretório de saída dos subconjuntos, quais itens serão divididos (com base na filtragem de um valor mínimo de avaliação pelo usuário), qual o tamanho desejado do subconjunto de testes, entre vários outros parâmetros. Antes de iniciar o treinamento do recomendador, é preciso inicializar a quantidade desejada de motores do *IPython* com o comando a seguir:

ipcluster start -n4 --daemonize

No caso do comando anterior, serão inicializados 4 motores. Caso não seja inserido um número na frente da opção -n, será iniciado um motor para cada núcleo existente no computador que estiver executando o experimento. O número de recomendadores que serão treinados em paralelo para cada divisão treino/teste é diretamente proporcional ao número de motores em execução. O treinamento de cada recomendador é realizado por meio do comando:

mrec_train -n4 --input_format tsv --train "splits/dataset.tsv.train.* --outdir models"

Após o término da execução, os modelos treinados são salvos no diretório *models* para serem utilizados na geração e avaliação de recomendações, ambas concebidas por meio do comando a seguir:

mrec_predict --input_format tsv --test_input_format tsv --train "dataset.tsv.train.* --modeldir models --outdir recs"

Os modelos obtidos no diretório *models* são usados para criar e avaliar as recomendações. Ao término da execução, os resultados da avaliação das recomendações são apresentados. Como mencionado anteriormente, informações detalhadas sobre o uso de parâmetros e outras opções disponíveis na preparação de dados de treino, treinamento de recomendadores ou geração e avaliação de recomendadores estão disponíveis na documentação do mrec (MREC, 2013).

2.6 Principais Vantagens e Desvantagens

Nesta seção são apresentadas as principais vantagens e desvantagens do mrec.

2.6.1 VANTAGENS

Conforme mencionado, o funcionamento do mrec segue o paradigma híbrido de sistemas de recomendação. Com a disponibilidade dos cinco algoritmos citados na Seção 2.1, o mrec consegue gerar e avaliar recomendações com praticidade por meio de alguns comandos de execução no terminal, como descrito na Seção 2.5.

Por se tratar de um *software* de código-livre, qualquer usuário pode alterar funcionalidades existentes ou contribuir para a correção de *bugs*. Empresas podem

integrar o mrec com os seus serviços sem muitas dificuldades uma vez que os dados de entrada e saída são arquivos que podem ser facilmente extraídos de uma base de dados e formatados para o padrão que o mrec reconhece. Como os comandos do mrec podem ser executados pelo terminal, é possível também a criação de *scripts* de recomendação para servidores passando os arquivos de dados formatados como parâmetro, além de permitir a inserção de novos algoritmos e novos comandos de execução.

Em adição, o mrec utiliza o *IPython* para treinar modelos e gerar recomendações em paralelo; e possui um exemplo na documentação sobre como executá-lo em um *cluster* de computadores utilizando o programa *StarCluster* em conjunto com o *IPython*.

2.6.2 DESVANTAGENS

A ausência de suporte e divulgação acarretou na sua descontinuação e possivelmente na sua remoção do gerenciador de pacotes pip. Mesmo que a última atualização do seu repositório tenha ocorrido em 2016, o programa em si estagnou na versão 0.3.0, lançada em 2013.

A documentação está desatualizada e, portanto, pode induzir a erros no momento de instalação. Apesar de possuir um tutorial de uso e listagem dos módulos, funções e comandos, faltam exemplos e detalhes mais específicos sobre os seus algoritmos e métricas de avaliação.

3 I EXPERIMENTO REALIZADO

Nesta seção é avaliado o desempenho do mrec por meio da execução de um experimento que envolve as suas principais tarefas e segue as indicações de uso da documentação do mrec. O algoritmo escolhido para a geração e treinamento de modelos foi o SLIM, que é a opção padrão de execução. No experimento foi utilizado o conjunto de dados *MovieLens 100k*[2]. Este, por sua vez, consiste em 100.000 avaliações de 1000 usuários para 1700 filmes, além de informações sobre gênero dos filmes e dados sobre os usuários que estão contidos em arquivos de texto organizados em formato tsv:

u.user: Todos os usuários e suas informações pessoais;

u.occupation: Todas as ocupações (profissões) dos usuários do conjunto de dados;

u.info: O total de usuários, filmes e avaliações que estão no conjunto de dados;

u.item: Todos os itens (filmes) que estão no conjunto e seus respectivos dados.

2 https://grouplens.org/datasets/movielens/latest

u.genre: Todos os gêneros de filmes que estão no MovieLens.

u.data: Tabela de avaliações usuário-item.

Neste experimento, como foi utilizado o algoritmo SLIM, a única entrada necessária foi a u.data, que consiste dos seguintes dados ordenados em colunas: código do usuário, código do filme, nota que o usuário forneceu ao filme e o timestamp. Os outros arquivos não foram necessários para a realização do experimento.

O experimento foi executado em uma máquina com o sistema operacional Os X v10.14.5. A instalação e o uso do mrec ocorreu com base nos passos definidos na Seção 2.5, onde são descritos os comandos para os processos de preparação do conjunto de dados, geração e treino de modelos, predição e também avaliação de recomendações.

Na etapa de preparação do conjunto de dados foram usados parâmetros para separar todos os filmes que os usuários deram notas iguais ou superiores ao valor 4 em subconjuntos de treino e teste de mesmo tamanho. As notas feitas pelos usuários foram substituídas pelo valor 0 caso fossem menor que 4, ou 1 se fossem maior.

Os parâmetros definidos no comando de execução da fase de geração e treino de modelos permaneceram praticamente idênticos aos apresentados na Seção 2.5. O mesmo pode ser dito em relação à fase de criação e avaliação de recomendações.

O Gráfico 1 mostra a informação de *Precision@k*, onde *k* representa os valores 5, 10, 15 e 20. Por exemplo, o valor de precisão *Precision@5* presente no Gráfico 1, indica que a cada 5 filmes recomendados, são encontrados em média dois deles no subconjunto de teste, ou seja, o recomendador sugeriu dois filmes que o usuário gostou e avaliou positivamente.

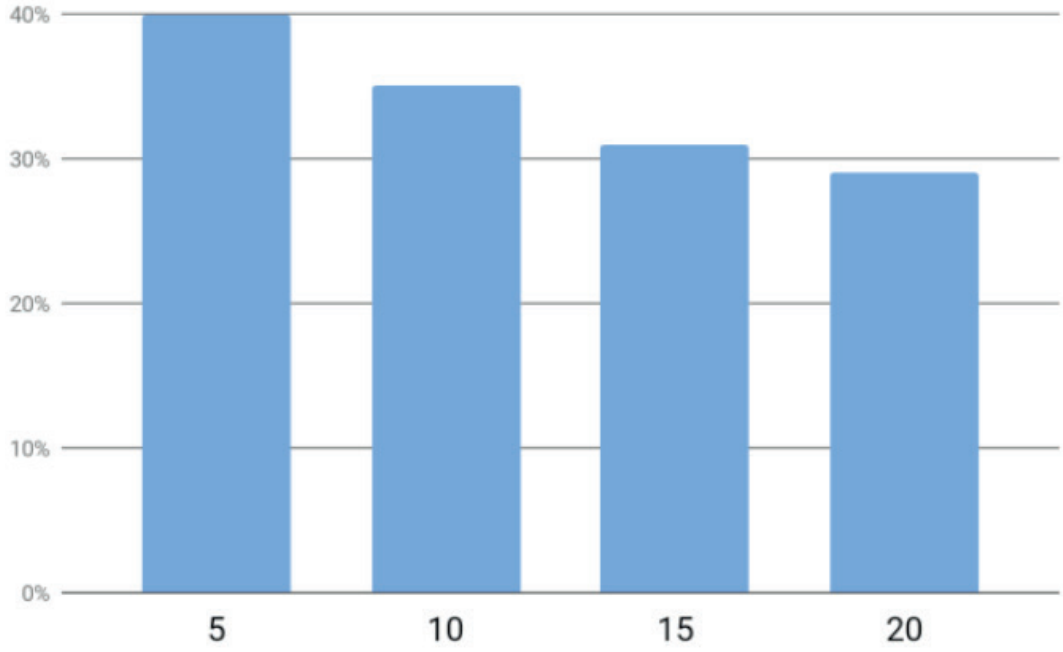


Gráfico 1. Precisão para 5, 10, 15 e 20 recomendações.

O gráfico também mostra que a precisão das recomendações diminui conforme o número de itens recomendados aumenta, o que pode ser um problema para recomendações de muitos itens onde a predição tem mais chances de não estar correta.

Após o término da execução do mrec foram obtidas as recomendações geradas diretamente pelo modelo treinado. Esses dados são exibidos no terminal após a execução como uma lista contendo o identificador de usuário, identificador do filme e o *score* de predição para as melhores recomendações. Os valores do *score* são organizados em ordem decrescente e, conforme apresentado na Tabela 1, o algoritmo entendeu que o usuário tem interesse pelos gêneros drama, ação ou aventura e recomendou filmes que contém um ou mais destes gêneros. Levando em consideração que o usuário para qual foram feitas as recomendações avaliou positivamente filmes como Amadeus (1984) e Jejum de Amor (1940) é possível perceber que o sistema acertou ao identificar o seu interesse por filmes de drama, e sugeriu filmes que se encaixam nesse e em outros gêneros com chances relativamente boas de de aceitação, por exemplo o filme Fargo (1996) que se encaixa no gênero de drama e também drama policial foi recomendado com uma probabilidade de 38,2% de ser bem avaliado pelo usuário.

Filme	Score
Fargo (1996)	38,2%
Os Caçadores da Arca Perdida (1981)	27,5%
Golpe de Mestre (1973)	20,6%
A Lista de Schindler (1993)	20,2%
Um Estranho no Ninho (1975)	19,0%
O Exterminador do Futuro (1984)	18,8%
Intriga Internacional (1959)	16,8%
A Primeira Noite de um Homem (1967)	16,7%
O Retorno de Jedi (1983)	16,6%
Todos a Bordo (1996)	16,4%

Tabela 1. Predição do score de preferência.

Com o experimento, é possível verificar que as ações necessárias para a sua execução foram relativamente simples de realizar. Em adição, o tempo de processamento do experimento foi curto, e os resultados obtidos foram satisfatórios e devidamente armazenados após o término do processamento. Portanto, é possível afirmar que o sistema é capaz de realizar as suas principais tarefas (preparação, treino, predição e avaliação) com robustez.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento deste trabalho, dados sobre as características, uso e funcionamento do mrec foram reunidos e descritos, enquanto um experimento para avaliação de desempenho foi realizado. A análise dos resultados obtidos no experimento em união com as informações analisadas na Seção 2 permitiram a definição de um veredito para o mrec.

Ao analisar a Seção 3, é possível afirmar que o sistema executa com robustez as funcionalidades esperadas de um sistema de recomendação, já que é capaz de gerar recomendações de qualidade e possui boas medidas para a avaliação das mesmas. Em adição, ainda fornece o recurso de paralelismo para o treinamento de modelos e avaliação de recomendações.

Entretanto, o mrec já não possui suporte por parte dos desenvolvedores. Desde 2013 que o mesmo continua na versão 0.3.1 e, consequentemente, a sua documentação também encontra-se desatualizada. Ademais, por ter sido removido dos repositórios do gerenciador de pacotes pip, é altamente provável que o seu desenvolvimento foi descontinuado.

Mesmo sendo um sistema de recomendação descontinuado, foi possível perceber que que ele possui funcionalidades que o destacam de sistemas de recomendação semelhantes como Pandas, Scikit-Surprise ou CaseRecommender, por exemplo a sua forma de integração, que não obriga o programador a alterar o software que está desenvolvendo para utilizar o mrec, ao invés disso é possível executar o mrec separadamente e obter apenas os resultados das recomendações, isso faz com que os softwares a serem integrados com o mrec sejam menos dependentes dele e tenham uma manutenibilidade melhor.

Os fatores negativos não inviabilizam o seu uso para qualquer finalidade ou a sua integração com outros sistemas. O mrec ainda é um sistema de recomendação prático, robusto e de fácil usabilidade. O código-fonte e a documentação, embora datados e sem suporte, continuam funcionais e disponíveis para qualquer indivíduo cujas necessidades possam ser correspondidas pelo sistema.

Dado o custo de projetar e desenvolver um sistema de recomendação e de acordo com o conhecimento adquirido durante o experimento, ao invés de desenvolver um novo sistema com as características e vantagens do mrec, é mais vantajoso que ele seja atualizado para novas versões do python e usado em meios acadêmicos ou comerciais, se tornando uma boa opção para programadores que utilizam do recurso de recomendações em seus softwares.

REFERÊNCIAS

DUDA, Richard O.; HART, Peter E.; STORK, David G. **Pattern classification**. John Wiley & Sons, 2012.

HU, Y.; KOREN, Y.; VOLINSKY, C. **Collaborative filtering for implicit feedback datasets**. Citeseer, 2008.

JANNACH, D.; ZANKER, M.; FELFERNIG, A.; FRIEDRICH, G. **Recommender systems: an introduction**. Cambridge University Press, 2010.

MOVIELENS. **MovieLens Dataset** https://grouplens.org/datasets/movielens/, 2019, acessed: 2019-08-22.

MREC. **mrec recommender systems library** http://mendeley.github.io/mrec/, 2013, accessed: 2019-06-11.

NING, X; KARYPIS, G. **Slim: Sparse linear methods for top-n recommender systems in 2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining**. IEEE, 2011, pp. 497–506.

PÉREZ, F.; GRANGER, B. E. **IPython: a system for interactive scientific computing**. Computing in Science and Engineering, vol. 9, no. 3, pp. 21–29, May 2007. [Online]. Available: https://ipython.org.

WESTON, J.; BENGIO, S.; USUNIER, N. **Large scale image annotation: learning to rank with joint word-image embeddings**. Machine learning, vol. 81, no. 1, pp. 21–35, 2010.

XIAO, B.; BENBASAT, I. **E-commerce product recommendation agents: use, characteristics, and impact**. MIS quarterly, vol. 31, no. 1, pp. 137–209, 2007.

CAPÍTULO 26

AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE MINERAIS EM AMOSTRAS DE FARINHAS SEM GLÚTEN

Data de aceite: 17/03/2020

Data de submissão: 02/12/2019

Júlia de Oliveira Martins
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul
Ijuí – RS
http://lattes.cnpq.br/1006311085585131

Rudinei Moraes Junior
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul
Ijuí – RS
http://lattes.cnpq.br/9260572217830662

Anagilda Bacarin Gobo
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul
Ijuí – RS
http://lattes.cnpq.br/8220510086440860

Alessandro Hermann
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul
Ijuí – RS
http://lattes.cnpq.br/7689734526802182

RESUMO: A intolerância permanente ao glúten é característica principal de pessoas que possuem a Doença Celíaca e está diretamente ligada a uma predisposição genética. Por conseguinte, o celíaco busca alimentos alternativos e que possam suprir suas demandas nutricionais, logo, as farinhas de chia, milho, quinoa, e trigo sarraceno surgem como aliadas na produção de uma alimentação totalmente isenta da proteína prolamina, responsável pela Doença Celíaca. Nesse contexto, o presente estudo aborda a determinação e quantificação dos minerais cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco nas farinhas anteriormente citadas, fazendo uso de digestão em forno micro-ondas e quantificação por meio da Espectrometria de Absorção Atômica.

PALAVRAS-CHAVE: Doença Celíaca; Espectrometria de Absorção Atômica; Micro-ondas.

EVALUATION OF MINERAL COMPOSITION IN SAMPLES OF GLUTEN-FREE FLOURS

ABSTRACT: Permanent gluten intolerance is a major feature of people who have Celiac Disease and is directly linked to a genetic predisposition. Therefore, the celiac seeks alternative foods that can meet their nutritional demands, so the flours of chia, quinoa, corn and buckwheat emerge as allies in the production of a diet completely free of protein prolamine, responsible for Celiac Disease. In this context, the present study addresses the determination and quantification of calcium, copper, iron, magnesium, manganese and zinc minerals in the aforementioned flours, making use of

microwave digestion and quantification by Atomic Absorption Spectrometry.
KEYWORDS: Celiac Disease; Atomic Absorption Spectrometry; Microwave.

1 I INTRODUÇÃO

A doença celíaca vem acometendo muitas pessoas ao longo dos últimos anos, ela é caracterizada por uma inflamação crônica da mucosa e submucosa do intestino delgado, causando diarreias (enteropatia) a partir da ingestão de alimentos que contenham glúten (NOBRE *et al*, 2007). O tratamento da doença celíaca é fundamentalmente dietético, ou seja, consiste determinantemente na exclusão do glúten da dieta alimentar (ARAÚJO *et al*, 2010).

Desse modo, surge a necessidade da produção de alimentos sem glúten, utilizando farinhas, produzidas a partir de grãos isentos da proteína prolamina, como as farinhas de chia, quinoa, trigo sarraceno, milho, entre outras. Vale destacar que alimentação adequada é um direito básico essencial, havendo então a necessidade de que os governos garantam e promovam a segurança alimentar e nutricional da população. Dito isso, percebe-se a importância da leitura dos rótulos alimentares pois, são eles que mostram a composição dos mesmos, como por exemplo, a composição dos minerais (MORAES, *et al*, 2010).

Para a determinação desses minerais em farinhas, é necessário um preparo da amostra, para a decomposição da matéria orgânica, geralmente é realizado através da digestão por via seca ou digestão por via úmida (SOUSA, *et al*, 2015). De acordo com TARANTINO, a decomposição através da digestão por via úmida por radiação de micro-ondas é muito utilizada, sendo possível o controle de temperatura e pressão no frasco, em tempo relativamente curto e com menores quantidades de reagentes. Para a quantificação dos minerais, é utilizada a Espectrometria de Absorção Atômica, a qual tem como princípio a medida da intensidade da radiação eletromagnética, proveniente de uma fonte de radiação primária por átomos na fase gasosa em seus estados fundamentais (MESQUITA, 2014). Portanto, esse trabalho tem por objetivo determinar e quantificar os minerais cálcio, cobre, magnésio, manganês, zinco e ferro em amostras de farinhas de chia, milho, quinoa e trigo sarraceno, através da digestão em forno micro-ondas e quantificação através da Espectrometria de Absorção Atômica.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matéria Prima

Foram utilizadas amostras de farinhas de chia, milho, quinoa e trigo sarraceno,

produzidas a partir de grãos cultivados no sistema orgânico e/ou agroecológico no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

2.2 Reagentes

Para o preparo das soluções analíticas e das amostras foi utilizado água com resistividade de 18,2 MΩ, purificada em sistema MilliQ® da Milipore, ácido nítrico 65% (v/v), peróxido de hidrogênio 30% (v/v), ambos da marca Química Moderna e padrões analíticos de cálcio, cobre, magnésio, manganês, zinco e ferro em concentração variando entre 998,0 a 1003,0 mg/L da marca SpecSol.

2.3 Preparo das Soluções Analíticas

A parir da solução analítica concentrada de cada metal foram efetuadas diluições em solução de ácido nítrico 5% (v/v) para a construção da curva analítica.

2.4 Equipamentos

As amostras de chia, milho, quinoa e trigo sarraceno foram pesadas com auxílio de balança analítica (SHIMADZU, modelo AUX320). A digestão das farinhas foi realizada em micro-ondas marca Perkin Elmer (Norwalk, CT, EUA, modelo TITAN MPS) com vasos de 75 mL.

A determinação e quantificação dos minerais foi através do Espectrômetro de Absorção Atômica com Chama, marca Perkin Elmer (Norwalk, CT, EUA, modelo PinAAcle 900F), equipado com lâmpada de cátodo oco específica para cada metal, como fonte de radiação.

2.5 Decomposição das Amostras de Farinhas

Para as farinhas de milho, trigo sarraceno e quinoa foi utilizado a massa de 0,4000 g e para a farinha de chia foi pesado 0,3000 g. As amostras foram transferidas para os frascos de politetrafluoretileno - PTFE - de 75 mL e adicionados diferentes volumes de água, ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, conforme apresentado na tabela 1. O volume total foi mantido em 7,0 mL para todos os procedimentos. Os parâmetros operacionais avaliados para o micro-ondas, conforme orientações do fabricante estão apresentados na tabela 2.

Procedimento	Água Purificada (mL)	Ácido Nítrico 65% (v/v) (mL)	Peróxido de Hidrogênio 30% (v/v) (mL)
1	2	3	2
2	2	2	3
3	1	2	4
4	1	3	3

Tabela 1- Volume dos reagentes utilizados na otimização do procedimento para o preparo de amostra.

Etapa	Temperatura (^{0}C)	Pressão (Bar)	Aquecimento (min)	Tempo (min)	Potência (%)
1	170	30	2	5	80
2	190	35	5	20	90
3	120	35	2	5	90
4	50	35	2	-	-

Tabela 2- Programas avaliados para a decomposição das amostras no micro-ondas.

2.6 Determinação e Quantificação dos Minerais nas Farinhas

A determinação e quantificação dos minerais nas amostras de farinha após a etapa de abertura de amostra foi através do Espectrofotômetro de Absorção Atômica em Chama, utilizando a lâmpada de cátodo oco específica, obtendo-se valores de absorbância para as soluções analíticas e para as amostras das farinhas.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a quantificação dos minerais, foi construído uma curva analítica para cada mineral a partir da concentração *versus* absorbância das soluções analíticas, obteve-se a equação de regressão linear e coeficiente de determinação (R^2), com auxílio do programa Microsoft Office® Excel, conforme dados apresentados na tabela 3.

Mineral	Concentração (mg L^{-1})	Equação de Regressão Linear	Coeficiente de Determinação (R^2)
Cálcio	0,0120 - 0,162	Y= 2,4122x +0,0027	0,997
Cobre	0,0125 - 0,162	Y= 3,538x + 0,0185	0,999
Magnésio	0,0120 - 0,162	Y= 11,685x + 0,4442	0,993
Manganês	0,0121 - 0,162	Y= 3,2701x + 0,1048	0,995
Zinco	0,0120 - 0,125	Y= 9,4415x + 0,3036	0,997
Ferro	0,0125 - 0,160	Y= 2,4291x + 0,108	0,999

Tabela 3- Parâmetros obtidos para os metais em solução de ácido nítrico 5% (v/v)

Para o preparo das amostras, a massa da farinha de chia foi menor que as demais, em virtude da quantidade significativa de lipídios, o que interfere no processo de digestão. Na etapa da digestão, os melhores resultados foram obtidos

com os seguintes volumes de reagentes: 3 mL de ácido nítrico, 3 mL de peróxido de hidrogênio e 1 mL de água purificada. Para quantificação dos minerais em cada amostra de farinha considerou-se apenas a massa seca, devido ao teor de umidade existente nas mesmas, sendo de 9,7% na farinha de chia, de 11,7% na farinha de milho, de 11,4% na de quinoa e de 13,2% na farinha de trigo sarraceno. A tabela 4 apresenta a concentração dos minerais nas amostras de farinha.

Mineral	Chia (mg/Kg)	Milho (mg/Kg)	Quinoa (mg/Kg)	Trigo Sarraceno (mg/Kg)
Cálcio	401,31 ± 32,72	14,15 ± 0,64	35,00 ± 3,15	38,07 ± 5,37
Cobre	N.D	N.D	N.D	N.D
Magnésio	540,30 ± 4,10	262,74 ± 7,97	402,71 ± 8,29	425,56 ± 5,89
Manganês	N.D	N.D	N.D	N.D
Zinco	N.D	N.D	N.D	N.D
Ferro	142,66 ± 13,27	13,68 ± 1,43	26,95 ± 2,57	103,53 ± 10,76

Tabela 4- Composição mineral determinada em massa seca das farinhas.

Médias ± desvio padrão, N=3. N.D. não determinada.

Baseado nos dados experimentais, a farinha de chia apresenta maior concentração de cálcio, magnésio e ferro, enquanto a farinha de milho concentrações menores. Esses dados se comparam aos estudos de avaliação da composição mineral da farinha de chia, milho e quinoa, e trigo sarraceno realizados por FERREIRA, ASCHERI e FRANCISCHI. Porém as concentrações dos minerais obtidas nesse estudo são menores se comparadas ao estudo dos autores citados. Além disso, difere também quanto a existência de cobre, manganês e zinco, sendo que em nosso caso, nenhuma das quatro farinhas apresentou esses minerais em sua composição.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse estudo apontam que a farinha de chia, quinoa, e trigo sarraceno, consideradas não convencionais em nossa região, podem ser boas fontes dos minerais cálcio, ferro e magnésio quando comparadas com a farinha de milho. O uso dessas farinhas na formulação de novos produtos alimentares para pessoas celíacas pode contribuir com a ingestão dos minerais, os quais são de extrema importância em relação às diversas funções do organismo humano.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. M. et al. **Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida.** Revista de Nutrição, [S.l.], v. 23, n. 3, p. 467-474, maio. 2010. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/13947/1/ARTIGO_DoencaCeliacaHabitos.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2018.

ASCHERI, J. L. R. et al. **Composição Química Comparativa de Farinha Instantânea de Quinoa, Arroz e Milho**. Rio de Janeiro, 2002.

FERREIRA, T. R. R. **Caracterização nutricional e funcional da farinha de chia (Salvia Hispanica) e sua aplicação no desenvolvimento de pães.** São Paulo, 2013.

FRANCISCHI, M. L. P**. Avaliação química, nutricional, biológica e reológica das farinhas de trigo sarraceno (Fagopyrum Esculentum) com e sem prolamina e viabilidade de seu emprego na alimentação de pessoas portadoras de doença celíaca.** São Paulo, 1991.

MESQUITA, G. M. **Metodologias de preparo de amostras e quantificação de metais pesados em sedimentos do Ribeirão Samambaia, Catalão-GO, empregando Espectrometria de Absorção Atômica.** 2014. Dissertação (Mestre em Química) - Universidade Federal de Goiás, 2014. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/4128/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Glenda%20M%C3%A1ris%20Mesquita%20-%202014.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2019.

MORAES, A. C.; COSTA, L. S.; MORAES, M. M.; OLIVEIRA, R. M. B. F. d.; SDEPANIAN, V. L. **Guia orientador para celíacos.** FENACELBRA: Federação Nacional das Associações de Celíacos do Brasil. São Paulo: Escola Nacional de Defesa do Consumidor, Ministério da Justiça, 2010.

NOBRE, S. RITO; SILVA, T.; CABRAL, PINA. **Doença celíaca revisitada**. 2007. 10 p. Artigo (Serviço de Gastrenterologia dos Hospitais da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal) - Unidade de Gastrenterologia do Centro Hospitalar de Cascais, Cascais, Portugal., Universidade de Coimbra, [S.l.], 2007. 14. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/ge/v14n4/v14n4a02.pdf>. Acesso em: 17 out. 2018.

SOUSA, R. A; CAMPOS, N. S; ORLANDO, R. **Preparação de amostras para análise elementar.** Juiz de Fora, 2015.

TARANTINO, T. B. **Desenvolvimento de um Procedimento alternativo para determinação de elementos traço em arroz empregando digestão assistida por micro-ondas com ácido nítrico diluído**. 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal da Bahia, [S. l.], 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.ufba.br:8080/ri/bitstream/ri/11755/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_definitiva_Taiana%20Tarantino.pdf>. Acesso em: 2 set. 2018.

CAPÍTULO 27

LEVANTAMENTO DO PERFIL SOCIOECONÔMICO E A VLNERABILIDADE AMBIENTAL DOS ATINGIDOS POR INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE JAGUARI - RS

Data de aceite: 17/03/2020

Thomás Lixinski Zanin
Centro de Ciências Naturais e Exatas (CCNE).
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).
Prédio 17, Av Roraima nº 1000
thomaslixinski@gmail.com

RESUMO: As enchentes são eventos extremos de precipitação, que têm produzido consequências devastadoras por força da mudança climática em escala global, e pela falta de planejamento territorial em nível regional. Tais eventos manifestam-se rapidamente, principalmente em bacias hidrográficas formadas por micro bacias de relevo montanhoso e jusantes em várzeas aluviais. Regiões ribeirinhas em planícies de inundação são mais propensas aos impactos das grandes cheias, que influenciam a classe média e alta a se afastarem das áreas definidas como área de risco, elevando o valor dos imóveis sobre as áreas mais nobres da cidade e obrigando a população menos favorecida a ocupar os ambientes impróprios para moradia como as áreas de susceptibilidade as inundações. Nessas áreas as enchentes causam grandes prejuízos às pessoas atingidas, dificultando a saída dos flagelados e seus pertences para locais mais seguros, consolidando uma expansão urbana caracterizada por desigualdades sócio territoriais, caracterizando uma segregação espacial da população de baixa renda. Neste contexto o presente trabalho buscou fazer o Levantamento do Perfil Socioeconômico dos moradores residentes na área urbana do município Jaguari, localizado na Região Centro-Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, onde foi realizado um mapeamento das áreas susceptíveis às inundações. Para realizar a delimitação das áreas susceptíveis as inundações foram feitas visitas às áreas de bordas do rio, conversação com os órgãos municipais e população da região, georreferenciamento das marcas de enchentes com o Real Time Kinemact (RTK) com o auxílio de GPS de navegação, Google Earth. A base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul utilizada para geração de mapas foi disponibilizada na escala de 1:50.000 pelo laboratório de ecologia da UFRGS. Foi elaborado um Modelo Numérico do Terreno com o uso do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de 90m disponibilizado pelo USGS Earth Explorer. Mapas da rede hidrográfica, solos, uso dos solos, geologia, área urbana foram gerados no ArcGis T10.2.2 e interpolados no Software Vista Saga desenvolvido pela UFRJ gerando assim mapas das áreas susceptíveis a inundações. A pesquisa que antecedeu este trabalho analisou documentos da defesa civil municipal, rádio

municipal, biblioteca municipal, Museu municipal e acervo pessoal de moradores que registraram as inundações no município no período de 1941 até 2015, onde se fez uma análise temporal e espacial dos processos de inundações que ocorreram na área urbana do município de Jaguari. Através dos mapas gerados, foram delimitadas e conhecidas às áreas e a população vulnerável, possibilitando à realização de um estudo da população que reside nas áreas suscetíveis a inundação. Sendo assim, o Levantamento do Perfil Socioeconômico dos moradores residentes nessas áreas serviu para uma análise estatística do perfil das pessoas que ali residem, e para um melhor gerenciamento dessas áreas pelos órgãos municipais da cidade de Jaguari.
PALAVRAS-CHAVE: Perfil socioeconômico; inundações; população; microbacia.

ABSTRACT: Flooding is an event of extreme precipitation, which have been producing disastrous consequences by the power of climate change on global scale, and by the lack of territorial planning at regional level. These events occur quickly, especially in watersheds formed by micro-basins on hilly terrains and downstream alluvial plains. Riparian populations living on floodplains are more likely to face the impacts of huge floods, which made the middle and upper classes to move away from the areas defined as risk areas. Therefore, the price of the properties on the noble portions of the city raises, forcing the underprivileged population to occupy environments considered unsafe for living, such as flood susceptible areas. In these zones, the floods cause tremendous damage to the affected people, making it difficult to these people to move to somewhere safer carrying their belongings, consolidating an urban expansion characterized by socio territorial inequalities, symbolizing the spatial segregation of the impoverished population. Given the background, this research aimed to evaluate the socioeconomic profile of urban area residents in the municipality of Jaguari, located in the Midwest region of the Rio Grande do Sul State, where the flood susceptible mapping occurred. To carry out the delimitation of areas susceptible to flooding were made visits to the areas of the river edges, conversasão with municipal bodies and population of the region, georeferencing flood marks with Real Time Kinemact (RTK) with the aid of GPS navigation, Google Earth. Continuous vector cartographic base of Rio Grande do Sul used to generate maps was available on the scale of 1: 50,000 by the UFRGS ecology laboratory. a Template Numerical terrain using the Shuttle Radar Topography Mission was prepared (SRTM) 90m provided by the USGS Earth Explorer. Maps of the river system, soil, land use, geology, urban areas were generated in ArcGis 10.2.2 and interpolated in Software Vista Saga developed by UFRJ generating maps of areas susceptible to flooding. The research previous to this paper analyzed documents from the municipal civil defense, radio, library, museum and personal archives from residents whom registered the floods in the municipality from 1941 to 2015, where a spatial and temporal analysis of the flooding process at the urban area of Jaguari have been done. The generated maps enable the acknowledgment and delimitation the areas and the vulnerable population, allowing the materialization of a study on the population resident on the flood susceptible areas. Thus, the evaluation of the socioeconomic profile of the residents were the basis for a statistical analysis of the people living there, and for a

better management of these areas by the municipal administrators of Jaguari.
KEYWORDS: Socioeconomic profile; flooding; population; micro-basin.

1 I INTRODUÇÃO

As enchentes são eventos extremos de precipitação, que têm produzido consequências devastadoras por força da mudança climática em escala global, e pela falta de planejamento territorial em nível regional. Tais eventos manifestam-se rapidamente, principalmente em bacias hidrográficas formadas por microbacias de relevo montanhoso e jusantes em várzeas aluviais (Miola, 2013). Tucci (1993) interpreta o escoamento superficial em bacias hidrográficas, como uma "produção" de água para escoamento rápido e, portanto, as vertentes seriam as fontes produtoras. A água das vertentes, por sua vez, tem como destino imediato a rede de drenagem, que se encarrega de transportá-la à seção de saída da bacia. Na zona de inundação da bacia há um comportamento ambíguo, ora de produção, quando os rios estão com os níveis de água baixos e as vertentes atuando como fornecedoras de água para esses; ora de transporte, quando os rios estão em cheia, com a zona de inundação usada para o escoamento. Tais efeitos são recorrentes na bacia hidrográfica do Rio Jaguari, abrangendo grande parte da área urbana do Município de mesmo nome, no estado do Rio Grande do Sul (RS).

Dentre os fatores naturais, considera-se a precipitação, o comportamento fluvial, a morfometria e o relevo. Dentre os fatores antrópicos, consideram-se os fatores estruturais, "quando ocorre a modificação do rio" e não estruturais, "quando o homem convive com o rio",(TUCCI-2002). Um local com recorrentes eventos hidrológicos tem sido o município de Jaguari-RS. Foi verificado neste artigo que a bacia é morfometricamente susceptível a ocorrência de enchentes e inundações, e que além das causas climáticas, a forma de urbanização interfere no agravamento dinâmica das cheias. A retirada da cobertura vegetal e as más práticas de utilização da terra aumentaram o escoamento superficial, carreando sedimentos para os cursos d'água, provocando assoreamento e as inundações urbanas gerando prejuízos diversos à população. Tais fatores associam-se ao manejo inadequado e a antropização desordenada das bacias hidrográficas, gerando o impacto das cheias com o pico das chuvas (DIAS, 1999).

Regiões ribeirinhas em planícies de inundação são mais propensas aos impactos das grandes cheias, a incidência das inundações influencia a classe média e alta a se afastarem das áreas urbanas definidas como área de risco, fazendo com que a especulação imobiliária sobre as áreas mais nobres da cidade pressione a população menos favorecida a ocupar os ambientes naturais impróprios para moradia (Coelho, 2001). Nessas áreas as enchentes causam grandes prejuízos às

pessoas atingidas, dificultando a saída dos flagelados e seus pertences para locais mais seguros, consolidando uma expansão urbana caracterizada por desigualdades sócio territoriais, caracterizando uma segregação espacial da população de baixa renda (Miola, 2013).

O entendimento da segregação espacial como fator de exclusão situa-se no âmbito das análises marxistas sobre os fenômenos urbanos, em contraposição às análises ecológicas e envolve, entre outros aspectos, a formação do preço do solo urbano e a consequente geração de renda fundiária urbana (Caiado, 2001). A urbanização é o fenômeno social, econômico e ambiental mais significativo das últimas quatro décadas, afetando significativamente todos os aspectos do planejamento, desenvolvimento e gestão das sociedades humanas. (Bennet et. al, 2002). A área de risco é uma área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que cause efeito adverso, que neste caso corresponde a perdas materiais e de vidas (Brasil, 2007). Quando pessoas passam a ocupar áreas passiveis de enchentes e escorregamentos elas se tornam vulneráveis a estes eventos naturais, vulnerabilidade é o grau de perda para um dado elemento ou grupo dentro de uma área afetada por um processo (Brasil, 2004).

Normalmente no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda ditos assentamentos precários ou subnormais. A Política Nacional de Defesa Civil (Brasil, 2000) aponta alguns tipos de vulnerabilidades dentre elas a vulnerabilidade social que se distingue em aspectos socioeconômicos como: nível de renda e as condições estruturais dos domicílios, os aspectos socioculturais e sociopolíticos. Tal afirmação comprova a carência sócio educacional e socioeconômica da população que é atingida frequentemente pelas inundações. No passado, o processo de transbordamento das águas do rio sobre as áreas adjacentes ao seu leito, chamadas de várzea e planície de inundação, permitiu o desenvolvimento de sociedade. Hoje, no entanto, quando as inundações ocorrem em regiões ocupadas pelo homem, sobretudo nas cidades, geram transtornos e prejuízos socioeconômicos, configurando-se em desastres naturais (Botelho, 2011).

Os desastres naturais resultam da relação entre homem e natureza, ou seja, ocorrem da tentativa do homem em dominar o meio natural, que na maioria das vezes acaba derrotado, causando-lhe danos e prejuízos socioeconômicos (Kobiyama et al., 2006). Esses autores ainda afirmam que quando não são aplicadas medidas para redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos, neste contexto a presente pesquisa se desenvolve junto a população residente nas áreas inundáveis cidade de Jaguari, no Estado do Rio Grande do Sul.

As áreas de riscos de enchentes, pelas suas características naturais e antrópicas, apresentam-se vulneráveis, pois estão sujeitas a fenômenos prejudiciais

à qualidade ambiental (GOES & XAVIERDA- SILVA, 1996). Entende-se como risco as consequências prejudiciais, ou esperadas, resultantes da interação entre perigos naturais e, ou, induzidos pela ação do homem e as condições de vulnerabilidade (UN – ISDR, 2004). Atualmente é considerado como risco como a combinação da probabilidade de um evento e suas consequências negativas (UN-ISDR, 2009). Para se compreender o termo risco, faz-se necessário a compreensão de dois conceitos chaves: susceptibilidade e vulnerabilidade. Enquanto vulnerabilidade é definida como o grau de susceptibilidade do elemento exposto ao perigo. (UNISDR, 2009), a susceptibilidade corresponde à possibilidade de ocorrência do fenômeno, desconsiderando os danos. (UN-ISDR, 2009). Um dos objetivos gerais desta pesquisa foi visualizar as áreas susceptíveis as inundações e quais as combinações de solo, geologia e declividade mais contribuem para esse fenômeno das cheias do Rio Jaguari através de análises ambientais que segundo OLIVEIRA (2006) corresponde ao estudo dos diversos fatores e forças do ambiente, às relações entre eles ao longo do tempo e seus efeitos ou potenciais efeitos sobre a empresa, sendo baseada nas percepções das áreas em que as decisões estratégicas da empresa deverão ser tomadas. Outro objetivo da pesquisa foi quantificar e analisar a população que está nas áreas de risco do município.

A microbacia do Jaguari encontra-se no perímetro urbano de Jaguari, compreendendo 4 bairros sendo eles: Centro, Riveira, Mauá e Sagrado Coração de Jesus, cuja população atingida chega a cerca de 50 famílias, totalizando cerca de 200 pessoas, onde foram aplicados questionários para traçar o perfil socioeconômico dessa população e o monitoramento da microbacia do rio Jaguari.

2 I MÉTODO

Richardson (1989, p. 29) "(...) método em pesquisa significa a escolha de procedimentos sistemáticos para a descrição e explicação de fenômenos". Desta forma, todo trabalho de pesquisa deve ser planejado e executado de acordo com as normas que acompanham cada método.

As duas estratégias de pesquisa, em termos de aplicabilidade, podem ser chamadas de abordagem qualitativa e abordagem quantitativa, utilizando-se uma classificação bastante ampla. Segundo Diehl (2004) a escolha do método se dará pela natureza do problema, bem como de acordo com o nível de aprofundamento. Ademais, estes métodos são diferenciados, além da forma de abordagem do problema, pela sistemática pertinente a cada um deles (RICHARDSON, 1989).

Diehl (2004) apresenta um esboço acerca destas duas estratégias:

A pesquisa quantitativa pelo uso da quantificação, tanto na coleta quanto no tratamento das informações, utilizando-se técnicas estatísticas, objetivando

resultados que evitem possíveis distorções de análise e interpretação, possibilitando uma maior margem de segurança;

Já a pesquisa qualitativa, por sua vez, descrevem a complexidade de determinado problema, sendo necessário compreender e classificar os processos dinâmicos vividos nos grupos, contribuir no processo de mudança, possibilitando o entendimento das mais variadas particularidades dos indivíduos. De modo geral quantitativa é passível de ser medida em escala numérica e qualitativa não. (ROSENTAL; FRÉMONTIER-MURPHY, 2001).

O método com melhor aplicabilidade nesse contexto é o quantitativo, com melhor visualização dos dados coletados e sua melhor interpretação.

3 I QUANTITATIVA

Este método caracteriza-se pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento dessas através de técnicas estatísticas, desde as mais simples até as mais complexas. Conforme supra mencionado, ele possui como diferencial a intenção de garantir a precisão dos trabalhos realizados, conduzindo a um resultando com poucas chances de distorções.

De uma forma geral, tal como a pesquisa experimental, os estudos de campo quantitativos guiam-se por um modelo de pesquisa onde o pesquisador parte de quadros conceituais de referência tão bem estruturados quanto possível, a partir dos quais formula hipóteses sobre os fenômenos e situações que quer estudar. Uma lista de conseqüências é então deduzida das hipóteses.

A coleta de dados enfatizará números (ou informações conversíveis em números) que permitam verificar a ocorrência ou não das conseqüências, e daí então a aceitação (ainda que provisória) ou não das hipóteses. Os dados são analisados com apoio da Estatística (inclusive multivariada) ou outras técnicas matemáticas. Também, os tradicionais levantamentos de dados são o exemplo clássico do estudo de campo quantitativo (POPPER, 1972).

Também, entre os tipos de estudos quantitativos, segundo Diehl (2004) pode-se citar os de correlação de variáveis ou descritivos (os quais por meio de técnicas estatísticas procuram explicar seu grau de relação e o modo como estão operando), os estudos comparativos causais (onde o pesquisador parte dos efeitos observados para descobrir seus antecedentes), e os estudos experimentais (que proporcionam meios para testar hipóteses).

No planejamento deste tipo de estudo, o primeiro passo a ser dado é no sentido de identificar as variáveis específicas que possam ser importantes, para assim poder explicar as complexas características de um problema (RICHARDSON, 1989).

Em Tripoldi (1981, p. 48), enquadra estudos quantitativos-descritivos como uma categoria dentro da pesquisa. Esta categoria, ainda possui sub-divisões, ou como cita o autor propósitos, bem como de modo geral a "verificação de hipóteses e a descrição de relações quantitativas entre variáveis especificadas".

O primeiro propósito se destina a hipóteses de causa-efeito ou então as hipóteses que inter relacionam duas ou mais variáveis. O segundo propósito serve para correlacionar várias variáveis específicas para responder as questões específicas da pesquisa.

O autor Tripoldi (1981, p. 51) ressalta que características experimentais de busca aleatória e o trabalho em cima de variáveis independentes não podem fazer parte de estudos quantitativo-descritivos. A pesquisa classificada, desde que, se tenha controle sobre as variáveis podem assumir papel importante em estudos quantitativo-descritivos.

4 I MATERIAL

Para este estudo utilizou-se como ferramenta o geoprocessamento, através dos softwares: SAGA/UFRJ (Sistema de Análise Geoambiental), Quantum GIS e Spring. Os dados vetoriais e matriciais foram disponibilizados pelo Laboratório de Ecologia da UFRGS e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Os dados sobre a geologia e solo foram disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e os dados sobre o município foram disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O uso de geoprocessamento como metodologia de pesquisa ambiental, apresentam procedimentos analíticos denominadas avaliações ambientais, para áreas de riscos de enchentes, necessários à obtenção de informações confiáveis para o apoio à tomada de decisão quanto ao controle ambiental. As estimativas de riscos fornecem áreas sujeitas ao processo de inundações e o uso de geoprocessamento permite estimar áreas com altas possibilidades de enchentes (BERGAMO, 1999).

Foram realizadas as seguintes etapas na pesquisa:

1ª. Etapa: Diagnóstico a partir de um levantamento bibliográfico, com aquisição e elaboração de mapas temáticos, para fim de localização e conhecimento da área em estudo. Aquisição de imagens de satélite do Sensores OLI a bordo da Plataforma Landsat 8, com resolução espectral de 30 metros, base cartográfica vetorial continua do Rio Grande do Sul disponibilizado pelo Laboratório de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e SRTM de 30 metros obtido do site da USGS, para gerar o modelo numérico do terreno da bacia e um modelo 3D do município de Jaguari conforme figura 1 e 2. Após a geração do modelo 3D realizou-se uma ida

a de campo para a verificação e conhecimento das áreas de risco no município de Jaguari-RS conforme figura 3.

Através do SRTM, foi elaborado mapa de declividade e reclassificado utilizando-se da metodologia proposta por DE BIASE (1992). Também foi gerado o mapa de solos, sendo identificado na área de estudo 3 tipos de solos, sendo eles Argissolo Vermelho, Neossolo Litólico e Planossolo Háplico.

Após o mapa de solos, foi gerado o mapa de Geologia, sendo identificado 6 diferentes tipos de formações geológicas no município, sendo elas as formações: Botucatú, Caxias, Depósitos Aluviais, Gramado, Guará e Sanga do Cabral. Foi gerado também o mapa de declividade pela reclassificação de DE BIASE:

CLASSES DE DECLIVE (%)
0% - 5%
5% – 12%
12% – 30%
30% - 47%
Maior 47%

Posteriormente foi gerado no Spring o mapa de Uso da Terra, com a composição RBG 654 imagem Landsat OLI 8, disponibilizado pela USGS. Foi utilizado o método da DISTÂNCIA para fazer a classificação. Depois das etapas anteriores vencidas, no Vista Saga foi elaborado toda a análise ambiental da pesquisa, mostrados abaixo nos resultados.

A análise ambiental foi realizada conforme a formulação de média ponderada proposta a seguir:

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^{n} P_{ij(k)} \times N_{ij(k)}$$

Em que:

Ai,j: possibilidade de ocorrência do evento analisado no elemento (pixel) i,j da matriz (mapa) resultante; Pij(k): peso (percentual) da contribuição do parâmetro “k”, em relação aos demais, para a ocorrência do evento analisado; Nij(k): nota, segundo o(s) avaliador(es), dentro da escala de “0 a 10”, da ocorrência do evento analisado, na presença da classe encontrada na linha i, coluna j do mapa k; n: número de parâmetros (mapas) utilizados;

A partir desta formulação de Análise Ambiental, podem ser feitas as seguintes proposições, segundo Xavier da Silva (2001): Ai,j exprime a possibilidade resultante do produto da formulação ambiental, numa escala de 0 a 10, para a ocorrência de um evento, ou entidade ambiental, que seja causado, em princípio, pela atuação convergente dos parâmetros ambientais nela considerados; os dados envolvidos na

avaliação podem ser lançados em uma escala ordinal que varie entre 0 e 10 ou entre 0 e 100, para que seja gerada uma amplitude de variação suficiente a permitir maior percepção da variabilidade das estimativas; a normalização dos pesos, restritos entre os valores 0 e 1, resulta na definição do valor do peso atribuído a um mapa como o valor máximo que qualquer das classes daquele mapa pode assumir. Por exemplo: atribuir um peso de 40% ao parâmetro "declividades", numa análise, significa que o máximo que uma determinada classe deste mapa pode contribuir na determinação da probabilidade de ocorrência do evento analisado é de 4, numa escala de 0 a 10 (MARINO et al, 2013).

Foram gerados mapas de Uso da Terra, Malhas como rede viária, rede hidrográfica etc; Mapa de Solo, Geologia e Declividade. Os mapas temáticos exceto o Uso da Terra foram gerados do QGIS 2.6 em escala de 1:50.000. O mapa de Uso da Terra foi gerado no Spring.

As áreas de riscos de enchentes se distribuem basicamente e significativamente no município na área de influência inundada do Rio Jaguari (várzea e baixos terraços), sendo acentuadas pelo abandono de lixo em sangas próximas ao rio e do aumento significativo de um dos bairros mais atingido pela cheia do rio. Convém aqui lembrar que o risco ambiental representado em Mapas Digital Classificatório Simples, cujas classes acham-se registradas em escala nominal, foi distribuído nas seguintes categorias: alto, médio, baixo.

Para o município de Jaguari, as avaliações ambientais para as áreas de riscos de enchentes foram realizadas atribuindo-se a estas classes de cada plano de informação ou parâmetro. A seguir são discutidas as considerações ambientais específicas dos parâmetros influenciadores:

- declividade (peso 40%): as classes que mais influenciaram nas áreas de enchentes foram: 0-5% (nota 10), 5-12% (nota 9) 12-30% (nota 6) e 30-47% (nota 1). A categoria que recebeu nota 10 foi declividade entre 0 a 5%, considerada como baixo gradiente morfométrico. Correspondem às baixas feições geomorfológicas várzeas e terraços fluviais. As demais classes estão associadas aos terraços. A morfometria do relevo tem interferência na hidrodinâmica;

- Solos (peso 15%): as classes de solo que tiveram maior influência para as enchentes no município de Jaguari foram às classes de solos ARGISSOLO VERMELHO NEOSSOLOS LITÓLICO E PLANOSSO HÁPLICO, sendo neossolo apresentando nota 10. Esta classe de solo no período chuvoso apresenta-se com o nível do lençol freático elevado, propiciando afloramento do aquífero, ocasionando o alagamento em algumas áreas.

- Geologia (peso 10%): as classes geológicas identificadas foram 6, sendo elas todas de grande influência nas cheias por sua formação. As classes com (nota 10) foram Depósitos Aluviais e Guará, o tipo de formação corrobora muito para o

escoamento superficial rápido, causando assoreamento em bordas de rio. Já com (nota 9) Gramado em seguida Sanga do Cabral e Caxias com (nota 8). Botucatu é a formação geológica que menos influência nas cheias, recebendo a (nota 1).

- Uso e ocupação da Terra (peso 25%): as classes que mais influenciaram para o flagelo ambiental enchentes, no município de Jaguari, foram vegetação de campos inundáveis (nota 8), solo exposto (nota 10), áreas de água (nota 10), área de lavoura com (nota 6). As áreas de floresta (nota 1) apresentou menor escoamento de água e por sua vez maior infiltração no solo. Das cinco classes ordinais geradas pela combinação dos planos de informações com a aplicação do Sistema de Apoio a Decisão (SAD), foram extraídas informações relevantes sobre as áreas de riscos de enchentes para cada uma das categorias. Está registrada no Mapa Digital de Riscos de Enchentes (Figura 5).

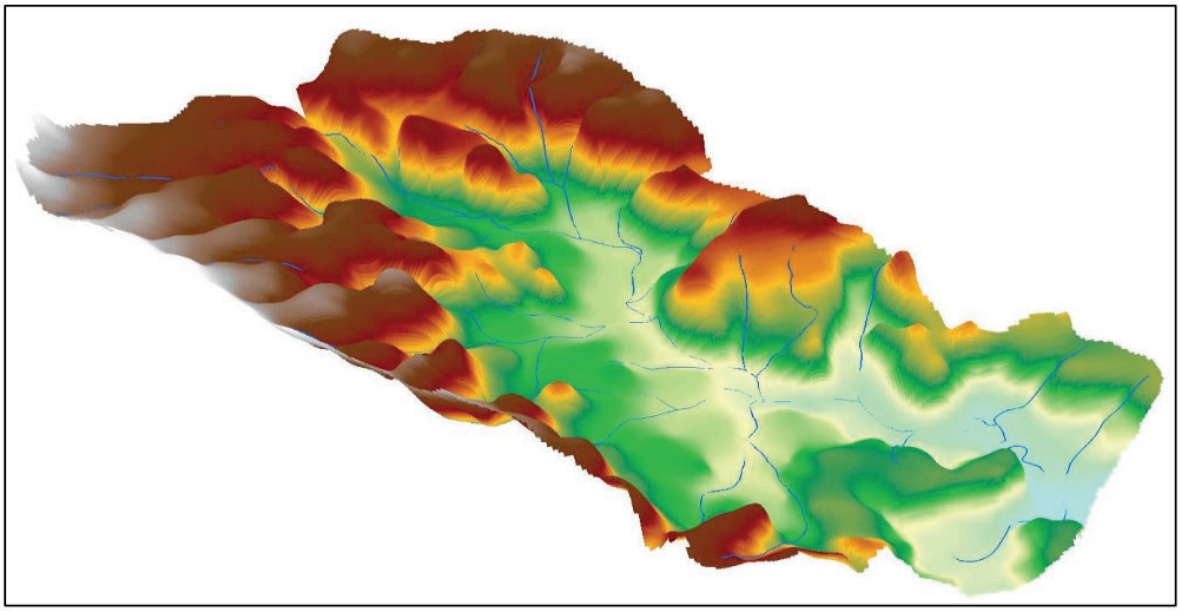


Figura 1– MNT da bacia hidrográfica em estudo. (Fonte: ZANIN. L, T).

Figura 2– Modelo 3D do município de Jaguari-RS. (Fonte: ZANIN. L, T).

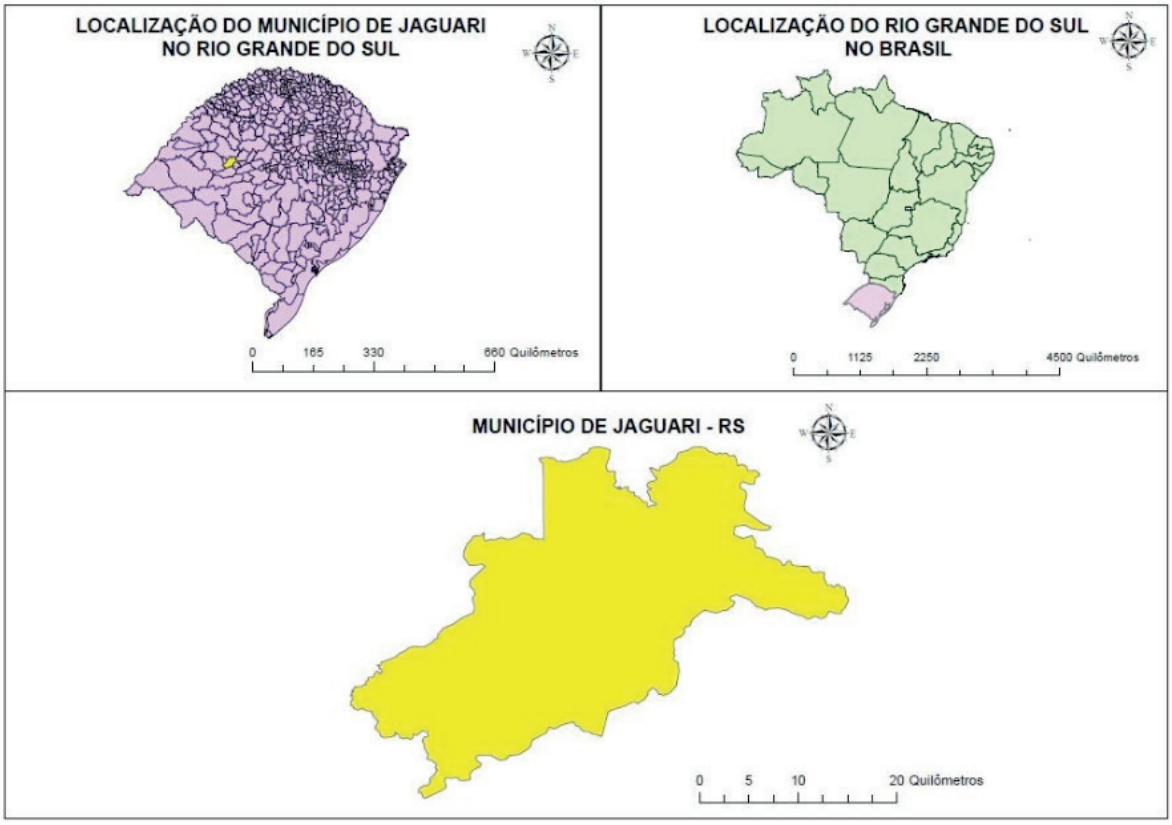


Figura 3– Mapa da localização da área de estudo. (Fonte: ZANIN. L, T).

2ª. Etapa: Monitoramento da área de estudo, localizado mais na porção sul do município, onde a área mais atingida é o bairro Sagrado Coração de Jesus, figura 4, priorizando a observação referente à dinâmica ambiental e hidrológica, com registros dos eventos e acidentes associados aos processos hidrológicos e geração do mapa de risco conforme apresentado na figura 5. Para a elaboração do mapa de

inundação foram utilizados alguns parâmetros como solo, geologia e processos de antropização.

Figura 4 – Localização - Bing Maps / Fonte: (ZANIN.

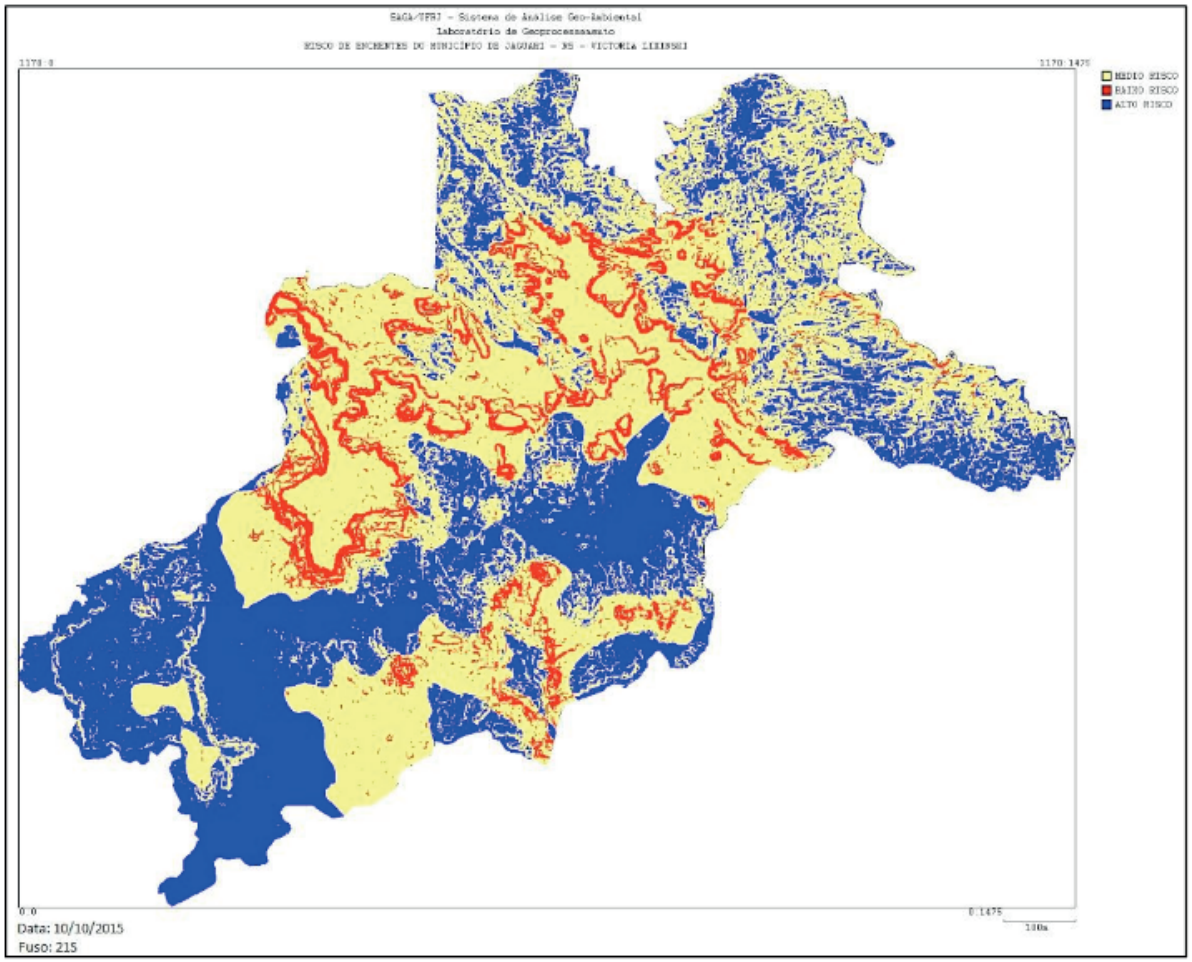


Figura 5 – Mapa do risco de inundação da área de estudo. (Fonte: ZANIN, L. T).

3ª. Etapa: Caracterização socioeconômica, com elaboração e aplicação de questionários aos moradores das áreas identificadas com risco de inundação conforme figura 6. Realizou-se um senso com a população atingida pelas inundações através do questionário apresentado, do tipo fechado, privilegiou questões como: renda familiar, motivação para morar no local, se há intenção ou não de se retirar do local, total de pessoas por casa, escolaridade, benefício social entre outras perguntas importantes. Por último analisou-se a estatística dos dados coletados em campo e construiu-se o perfil socioeconômico, baseado nos resultados adquirido dos questionários da população jaguariense.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLEGIO POLITECNICO DA UFSM
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO
PROJETO DE PESQUISA
LEVANTAMENTO DO PERFIL SOCIOECONOMICO DOS ATINGIDOS POR ENCHENTES DO MUNICIPIO DE JAGUARI – RS Projeto Nº 041697 UFSM

Etnia:_____
Sexo:_____
Bairro:_____
Idade:_____ Anos
Escolaridade:_____
Quanto tempo reside no local:_____
Tem pretensão de sair do local?_____

Quantas pessoas residem na sua casa?_____
Quantas crianças?_____
As crianças frequentam a escola?_____
Alguma das pessoas que residem no local tem alguma necessidade especial?_____ Qual?_____

A residência é própria?_____
Quantos cômodos possui a casa:_____
Tipo de material da residência:_____
Origem da água consumida:_____
Destino do lixo:_____
Destino do esgoto:

Renda familiar:_____
Possui acesso a internet?_____
Possui algum plano de assistência médica?_____
Participa de algum programa social do governo:

- ✓ Sua residência é atingida por inundações?_____
- ✓ Qual a frequência dessas inundações?_____
- ✓ Em caso de inundação, você é amparado por algum órgão público, como assistência na saída rápida do local?_____
- ✓ Recebe ajuda após a inundação, como lonas, comida, roupas, _____
- ✓ Você ou alguma das pessoas que residem na casa já tiveram alguma doença causada pelas inundações?_____ Qual?_____

obs:

Eu_____ autorizo a publicação dos dados estatísticos, assim como o estudo dos referidos dados questionados pelos membros do grupo de pesquisa.

_____ ___/___/2016
Assinatura

Figura 6 – Questionário socioeconômico aplicado as famílias. (Fonte: ZANIN. L. T).

5 I RESULTADOS

No Rio Grande do Sul distinguem-se, basicamente, dois grupos de cursos d'água, os que deságuam no Atlântico e os que deságuam no rio Uruguai. A região do Planalto Médio, hidrograficamente pertence à bacia do rio Uruguai (Vieira, 1984). A microbacia do rio Jaguari pertence à Bacia Hidrográfica do rio Ibicui, a maior bacia da região hidrográfica Uruguai. O rio Jaguari possui aproximadamente 537,14 km de extensão, tem sua nascente no município de Tupaciretã localizada na região Centro do estado do Rio Grande do Sul e sua foz é no rio Ibicuí. A altitude mais elevada da

microbacia nas proximidades da área urbana é de 111 m e a mais baixa de 101m tendo uma altitude média de 105,6m. As inundações do município estão fortemente ligadas ao fenômeno El Niño, sendo que em ano que ocorre o fenômeno tem a incidência de 2 a 3 inundações no município atingido em torno de 50 famílias que são retiradas das suas residências.

No que se refere a características ambientais da área estudada, o cenário é composto pela concentração de habitações ao longo das encostas e bordas do rio. Em alguns trechos as habitações ficam completamente inundadas não apenas pelo rio, mas por um canal chamado Sanga do Curtume, que tem sua foz no rio Jaguari. Quando o rio está sofrendo o transbordamento, acaba empurrando a água da Sanga e fazendo assim o transbordamento da mesma, inundando as moradias que se localizam próximas a sanga.

As ruas e vielas de paralelepípedo apresentam e sulcos resultantes do escoamento das águas e pluviais e pelo esgoto a céu aberto lançado pelas fossas nem sempre são cobertas. O lixo normalmente é coletado por caminhões da prefeitura, de forma semanal, assim evita a proliferação de doenças. Casos de doenças relacionadas às inundações foi baixíssimo, pois a população é ciente do problema do acumulo de lixo.

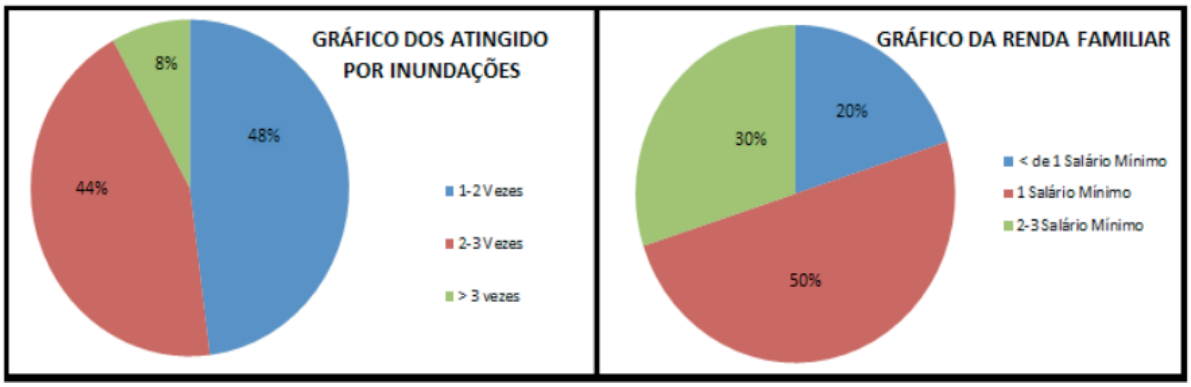
A partir da aplicação dos questionários com os moradores em situação de risco, foram entrevistadas cinquenta famílias, totalizando aproximadamente 200 pessoas nos bairros Sagrado Coração de Jesus, Riveira, Mauá e Centro, sendo possível determinar as características sociais e econômicas da comunidade. No quadro, as questões que foram mais relevantes no estudo: renda, etnia, número de vezes que as famílias foram atingidas pelas inundações e escolaridade. Esses quatro parâmetros são apresentados em forma de gráficos.

Outros parâmetros levantados são apresentados no Quadro 1.

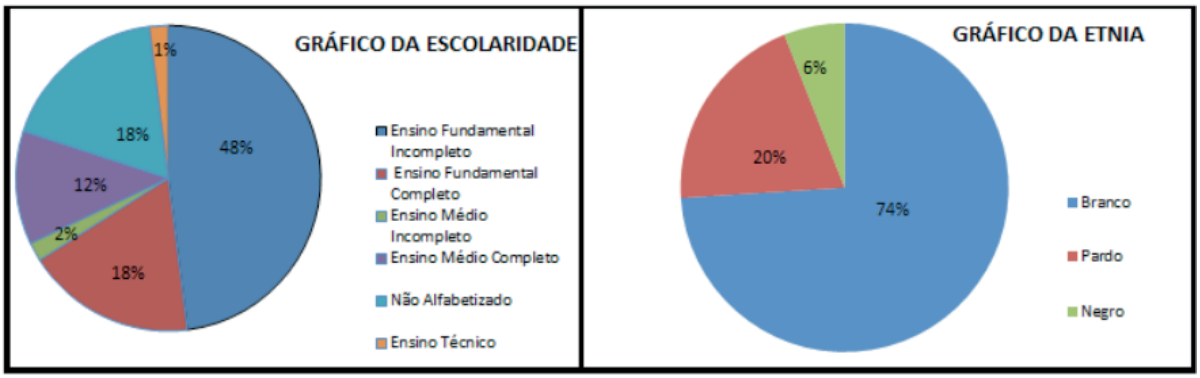
QUESTÕES	VARIÁVEL DE RESPOSTAS	RESULTADOS EM %
ESCOLARIDADE	Ensino Fundamental Incompleto	48%
	Ensino Fundamental Completo	18%
	Ensino Médio Incompleto	2%
	Ensino Médio Completo	12%
	Não Alfabetizado	18%
	Ensino Técnico	2%
RESIDENTES POR CASA	1-3 Pessoa	62%
	3-5 Pessoas	26%
	Mais de 5 Pessoa	12%
TIPOLOGIA DAS MORADIAS	Madeira	28%
	Alvenaria	72%
ORIGEM DA ÁGUA CONSUMIDA	Poço	4%
	Corsan	96%
DESTINO DO ESGOTO	Fossa	90%
	Céu Aberto	10%
RENDA FAMILIAR	Menos de 1 Salário Mínimo	20%
	1 Salário Mínimo	50%
	2-3 Salário Mínimo	30%
CASO DE DOENÇAS	Nenhuma	96%
	1-2 Vezes	2%
	2-3 Vezes	2%
TEMPO DE MORADIA NO LOCAL	0-2 anos	18%
	2-5 anos	8%
	5-10 anos	18%
	10-20 anos	8%
	Mais de 20 anos	48%
DESTINO DO LIXO	Coleta	100%
	Queimado	0%
	Jogado nas encostas	0%
PRETENSÃO DE SAIR DO LOCAL	Sim	22%
	Não	78%
PROGRAMA SOCIAL DO GOVERNO	Sim	32%
	Não	68%

SEXO	Masculino	48%
	Feminino	52%
IDADE	18-25 anos	14%
	25-45 anos	38%
	45-60	24%
	Mais de 60 anos	24%
ETNIA	Branco	74%
	Pardo	20%
	Negro	6%
ATINGIDO POR INUNDAÇÕES	1-2 Vezes	48%
	2-3 Vezes	44%
	Mais de 3 vezes	8%

Quadro 1: Perfil socioeconômico dos moradores. (Fonte: ZANIN. L. V)



Gráficos da renda familiar e dos atingidos por inundações. (Fonte: ZANIN. L. T)



Gráficos da escolaridade e da etnia. (Fonte: ZANIN. L. T)

As áreas classificadas como de risco estão ocupadas por cinquenta famílias composta em média por quatro moradores, totalizando um número de 200 pessoas em perigo constante em meio a inundações.

Analisando o tempo de moradia percebe-se que 48% desta população vivem na área a mais de vinte anos, apenas 18% vivem a menos de dois anos. A tipologia das moradias em 72% são de alvearia, se mostrando mais resistentes as intemperes, 28% das moradias sendo de madeira a expressam a realidade frágil e vulnerável da população, estas dependendo do grau de magnitude da inundação, obviamente as que ocupam moradias menos resistentes são as mais atingidas em termos de perdas materiais e casos mais extremos como risco de vida.

Dentre todos os parâmetros avaliados um dos que mais se destaca é permanência no local, quando indagados sobre a pretensão de retirada a maioria foi contra como aponta o quadro, representando 78 % da população, mesmo que 100 % responderam que convivem com situações de risco por alagamento. Entre as desculpas, colocaram que moram muito tempo no local e alegam que o valor imobiliário em outras áreas da cidade seja muito elevado, acessibilidade de adquirir imóveis baratos e principalmente pela falta de recursos financeiros. A falta de recursos está ligada ao indicador de renda familiar, onde 20% sobrevivem limitados a menos de um salário mínimo e 50% a um salário mínimo, o que torna ainda mais difícil a busca por áreas sem o risco de inundações.

Sabe-se que o crescimento profissional, e a acumulação de bens e renda são devido ao nível de escolaridade e profissionalização. Entretanto a comunidade destas localidades, somando o nível fundamental incompleto ou completo totaliza 66%. Em termos estruturais, o saneamento básico é praticamente insuficiente, 100% dos entrevistados possuem fossa séptica e não têm redes de esgoto, algumas áreas o esgoto corre a céu aberto, porém em contraponto todos recebem água tratada da Companhia Rio-grandense de Saneamento (Corsan). Outro ponto positivo desrespeita a coleta de lixo, 100% da população é favorecida pela coleta de lixo semanal evitando o maior acumulo de detritos jogados nos canais do rio. Quanto à ocorrência de doenças é inexpressiva, apenas 4% dos entrevistados tiveram alguma doença relaciona as inundações.

6 I CONCLUSÃO

Pela análise dos dados foi possível entender como são estruturadas as vidas das famílias que vivem em áreas de riscos. Os resultados mostram que as populações residentes em áreas de risco apresentam condições socioeconômicas e socioculturais relativamente baixas, sem capacidade de sair da situação de risco. Os indicadores considerados, em especial os indicadores de escolaridade e renda

familiar se manifestaram de forma negativa, salientando a carência e necessidade de politicas públicas para essa população.

Perante os ricos observados é de necessidade fundamental a organização dos espaços urbanos bem como o investimento em medidas estruturais e não estruturais a fim de minimizar as diferenças econômicas e sociais nas áreas urbanas. Neste sentido não se pode desvincular o papel do Estado com o papel de aplicar políticas públicas. No que se refere a gestão do solo urbano, cabe ao poder público o controle do planejamento da cidade e do uso da terra, a fim de minimizar os riscos ao meio ambiente, e promover a regularização de áreas ocupadas por populações de baixa renda.

Portanto o cadastro e a análise dos dados socioeconômicos apontados se encontram em um banco de dados eficiente para a aplicação de medidas públicas estruturais no planejamento urbano, bem como na intervenção junto à população para fins de melhoria da qualidade de vida da população menos favorecida nas áreas de riscos a inundação.

REFERÊNCIAS

BERGAMO, R. B. A. ***Diagnóstico ambiental no município de Mangaratiba, RJ****: uma análise por geoprocessamento*. 1999. 237 f. Dissertação (Mestrado em Geologia de Engenharia e Ambiental) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Botelho, R. G. M. 1999. “Erosão e conservação dos solos Conceitos, Temas e Aplicações”. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Botelho, R. G. M. 2011. “Bacias hidrográficas urbanas”. Geomorfologia urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Brasil. Lei n. 4.771 de 15 de setembro de 1965. “Institui o Código Florestal Brasileiro e dá outras providências”. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Disponível em <http://www.ipef.br/legislacao/codigo.html>.

Brasil. “Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil”. 2000. Política Nacional de Defesa Civil. Brasília: SEDEC.

Brasil. Ministério das Cidades/ Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT. 2007 “Mapeamento de Ricos em Encostas e Margens de Rios. Brasília”. Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT.

Brasil. Ministério das Cidade/Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2004. “Mapeamento e Gerenciamento de Áreas de Risco”. IPT/CPEPD/UFSC. Brasília: Ministério das Cidades. Página 222. Impresso.

Caiado, M. C. S. 2001. “Distribuição espacial da população e estruturação do espaço urbano. Campinas”. IFCH/Unicamp, Mimeo.

Coelho, M.C.N. 2001. “Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e método de pesquisa”. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. Páginas 19-45.

CHRISTOFOLETTI, Antônio**. Geomorfologia**. São Paulo: 2 ed. Edgard Blücher, 1980. 188 p.

CHRISTOFOLETTI, A. ***Análise* de *Sistemas* em *Geografia***. 2.ed., São Paulo: HUCITEC, 1974.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Brasília. Disponível em: < http://www.cprm.gov.br>. Acessado em 15 de julho. 2017.

DE BIASE, M. **Carta de declividade de vertentes**: confecção e utilização. *Geomorfologia*, v. 21, p. 8-13, 1970.

DIEHL, Astor Antonio. Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília. Disponível em: < https://www.embrapa.br>. Acessado em 15 jlho.2017.

GOES, M. H. B. ***Diagnóstico ambiental por geoprocessamento do município de Itaguaí***. 1994. 529 f. Tese (Doutorado em Geografia)Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.

GOES, M. H. B.; XAVIER-DA-SILVA, J. **Uma contribuição metodológica para diagnósticos ambientais por geoprocessamento**. *In*: SEMINÁRIO DE PESQUISA SOBRE O PARQUE ESTADUAL DE IBITIPOCA, 1., 1996, Juiz de Fora. *Anais*... Juiz de Fora: Núcleo de pesquisa e Zoneamento Ambiental da UFJF, 1996. p. 13-23.

HASENACK, H.; Weber, E.(org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre:** UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 julho. 2017.

LABGEO – Laboratório de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasília 2015. Disponível em: < http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. Acesso em 15 de julho. 2017.

Kobiyama, M. et al. 2006. “Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos”. 1º ed. Curitiba – PR: Editora Organic Trading.

MIOLA, Alessandro. C. ***Planejamento para comunidades rurais em situação de enchente.*** Tese de doutorado. –Universidade Federal de Santa Maria/ Santa Maria, 2013 ogueira, F.R. 2002. Políticas públicas municipais para gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos em áreas de ocupação subnormal. Rio Claro. 256p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista.

POPPER, Karl. A lógica da pesquisa científica. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1972.

RICHARDSON, Roberto Jarry. Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1989

ROSENTAL, Claude; FRÉMONTIER-MURPHY, Camille. Introdução aos métodos quantitativos em ciências humanas e sociais. Porto Alegre: Instituto Piaget, 2001.

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos. New York. Disponível em: < http://www.usgs.go/>. Acesso em 15 julho. 2017.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J.R. dos. Técnicas de classificação de imagens para análise da cobertura vegetal. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. (Org.). **Sistemas de Informações Geográficas:** Aplicações na Agricultura. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 351-371.

XAVIER DA SILVA, J.; ZIDAN, R. T. **Geoprocessamento e Análise Ambiental**, aplicações. Bertand Brasil, 2011.

XAVIER-DA-SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L. M**. Sistemas de Informação Geográfica: uma proposta metodológica**. *In*: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, IV.

CAPÍTULO 28

ESTABILIZAÇÃO DE UMA EQUAÇÃO COM OPERADOR Δ^{2P} COM TERMO NÃO LINEAR

Data de aceite: 17/03/2020

Ricardo Eleodoro Fuentes Apolaya

RESUMO: Nosso objetivo principal é estudar o problema de controlabilidade exata do sistema seguinte

$$(*)\quad \begin{cases} Lw + w^3 = 0, & \text{em } Q = \Omega \times [0, T] \\ \dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = 0, & \text{em } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ para } j = 0,1,\ldots,2(p-1) \\ w(0) = w_0, \quad w'(0) = w_1 & \text{em } \Omega \end{cases}$$

onde

$$Lw = w'' + \Delta^{2p} w + \sum_{1,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_{ij}(y,t) \frac{\partial w}{\partial x_j}\right) + \sum_{i=1}^{n} b_i(y,t) \frac{\partial w'}{\partial xi} + \sum_{i=1}^{n} d_i(y,t) \frac{\partial w}{\partial xi}$$

Palavras chaves: Equação de placas não linear, solução ultrafraca, controlabilidade exata, ponto fix.

STABILIZATION FOR AN EQUATION WITH OPERATOR Δ^{2p} WITH NON LINEAR TERM

ABSTRACT: Our main ojjective is to study the exact controllability of

$$(*)\quad \begin{cases} Lw + w^3 = 0, & \text{em } Q = \Omega \times [0, T] \\ \dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = 0, & \text{em } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ para } j = 0,1,\ldots,2(p-1) \\ w(0) = w_0, \quad w'(0) = w_1 & \text{em } \Omega \end{cases}$$

Where

$$Lw = w'' + \Delta^{2p} w + \sum_{1,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_{ij}(y,t) \frac{\partial w}{\partial x_j}\right) + \sum_{i=1}^{n} b_i(y,t) \frac{\partial w'}{\partial xi} + \sum_{i=1}^{n} d_i(y,t) \frac{\partial w}{\partial xi}$$

KEYWORDS: Nonlinear plate equation, ultraweak solution, exact controllability, fix point.

1 I INTRODUCTION

Let Ω be a bounded domain of R^n with regular boundary of type C^{4p}, where

$p \geq 1$so that the origin of R^n.

Let us consider K: [0, +∞[® R^{n^2}

The function such that for each t associate na orthogonal matrix

$$K(t) : R^n \text{ ® } R^n$$

We suppose K(t) twice continuously diferentiable for each t.

Define the subsets of R^n, as follows

$$\Omega_t = \{x \in R^n, x = K(t)\, y, y \in \Omega\}$$

With boundary denoted by Γ_t.

We denote by $\hat{Q}$ the noncylindrical domain a set of R^{n+1} defined by $\hat{Q} = \bigcup_{0<t<T} \Omega_t \times \{t\}$ with lateral boundary $\Sigma_t = \bigcup_{0<t<T} \Gamma_t \times \{t\}$

2 I NON LINEAR PROBLEM

Consider the non homogeneous problem

$$\boxed{\begin{array}{l} u''(t) + \Delta^{2p} u(t) + u(t)^3 = 0, \quad \text{in} \quad \hat{Q} = \Omega_t \times [0, T] \\[2ex] \dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = \mathbf{0}, \quad \text{on } \hat{\Sigma} = \partial\Omega_t \times [0, T], \text{ for } j = 0,1,\ldots,2(p-1) \\[2ex] \dfrac{\partial^{2p-1} w}{\partial \nu^{2p-1}} = \mathbf{v}, \quad \text{on } \hat{\Sigma} \\[2ex] w(0) = w_0, \quad w'(0) = w_1 \ \text{ in } \Omega_0 \end{array}} \tag{2.1}$$

Our objective is to solve the problem of exact controllability at the boundary of problem, that is, given $T_0 > 0$ for each pair of initial data $\{u_0, u_1\}$ of problem before in a convenient space on Ω_0 we will a function v in a certain space of controls on $\hat{Q}$ so that the corresponding solution u of problem satisfies the final condition

$$u(x, T_0) = u'(x, T_0) = 0, \ \text{ in } \Omega_{T_0}$$

Therefore, to solve the problem of exact controllability of the problem (*) will, through the transformation, solve the problem of exact controllability of problema (2.1). We will initially approach the study of exact controllability on the boundary of the problem

$$\boxed{\begin{array}{l} Lw + w^3 = 0, \quad \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\[2ex] \dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = \mathbf{0}, \quad \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 0,1,\ldots,2(p-1) \\[2ex] \dfrac{\partial^{2p-1} w}{\partial \nu^{2p-1}} = \mathbf{g}, \quad \textbf{on } \boldsymbol{\Sigma} \\[2ex] w(0) = w_0, \quad w'(0) = w_1 \ \text{ in } \Omega \end{array}} \tag{2.2}$$

2.1 Equivalent Problem

Let the cylindrical problem follows:

$$
\boxed{\begin{array}{ll}
Lw + w^3 = 0, & \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\[2ex]
w = 0, \quad \dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = 0, & \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 1,\ldots,2(p-1) \\[2ex]
\dfrac{\partial^{2p-1} w}{\partial \nu^{2p-1}} = g, & \text{on } \Sigma \\[2ex]
w(0) = w_0, \quad w'(0) = w_1 & \text{in } \Omega
\end{array}}
\tag{2.3}
$$

$$
Lw = w'' + \Delta^{2p} w + \sum_{1,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_j(y,t) \frac{\partial w}{\partial x_j}\right) + \sum_{i=1}^{n} b_i(y,t) \frac{\partial w'}{\partial x_i} + \sum_{i=1}^{n} d_i(y,t) \frac{\partial w}{\partial x_i}
$$

Let L* be the formal adjoint operator of L, defined by

$$
L^*z = z'' + \Delta^{2p} z + \sum_{1,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_j(y,t) \frac{\partial z}{\partial x_j}\right) + \sum_{i=1}^{n} b_i(y,t) \frac{\partial z'}{\partial x_i} + c(y,t)\, z' + \sum_{i=1}^{n} d_i(y,t) \frac{\partial z}{\partial x_i} + f(y,t)\, z
$$

We consider the operator

$$
Rz = z'' + \Delta^{2p} z + \sum_{1,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_j(y,t) \frac{\partial z}{\partial x_j}\right) + \sum_{i=1}^{n} b_i(y,t) \frac{\partial z'}{\partial x_i} + c(y,t)\, z' + \sum_{i=1}^{n} d_i(y,t) \frac{\partial z}{\partial x_i} + f(y,t)\, z
$$

where the operator coefficients verify

$a_j \in C^1(\overline{Q})$ such that $a_j = a_j$ and $a_j \in L^\infty(Q)$, $i,j = 1, 2,\ldots, n$..
b_i, c, d_i $f \in W^{1,\infty}(0,T, L^\infty(\Omega))$, $\dfrac{\partial b_i}{\partial y_i} \in L^\infty(Q)$.
we want to determine a solution to the following problem

$$
\boxed{\begin{array}{ll}
Rz + z^3 = 0, & \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\[2ex]
\dfrac{\partial^j z}{\partial \nu^j} = 0, & \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 0,1,\ldots,2p-1 \\[2ex]
z(0) = z^0, \quad z'(0) = z^1 & \text{in } \Omega
\end{array}}
\tag{2.3}
$$

Theorem 2.1 (Strong Solution) If $\{ z^0, z^1, h \} \in H_0^{2p}(\Omega) \cap H^{4p}(\Omega) \cap L^4(\Omega) \times H_0^{2p}(\Omega) \times W^{1,1}(0,T, L^2(\Omega))$ then exist a unique strong solution $z = z(y, t)$ of the non linear problem in the class

$z \in C([0,T], H_0^{2p}(\Omega) \cap H^{4p}(\Omega) \cap L^4(\Omega)) \cap C^1([0,T], H_0^{2p}(\Omega))$

and satisfies

$Rz + z^3 = h$ a. e. in Q

Proof: Galerkim method and two estimates are used.

Theorem 2.2 (Weak Solution)1 If $\{ z^0, z^1, h \} \in H_0^{2p}(\Omega) \cap L^4(\Omega) \times L^2(\Omega) \times L^1(0,T, L^2(\Omega))$ then exist a unique weak solution z = z(y, t) of the non linear problem

1.- The weak solution check the following equality

$$- \int_T^0 (z'(t),v)\varphi' dt + \int_T^0 (\Delta^{2p} z(t),\Delta^{2p} v)\varphi dt + \int_T^0 (a_{ij} \frac{\partial z}{\partial y_j} . \frac{\partial v}{\partial y_j}, v)\varphi dt - \int_T^0 (b_i z(t), \frac{\partial v}{\partial y_i})\varphi dt +$$

$$\int_T^0 (c(y,t)z'(t),v)\varphi dt + \int_T^0 (d_i \frac{\partial z}{\partial y_i}, v)\varphi dt + \int_T^0 (f(y,t)z(t),v)\varphi dt + \int_T^0 (z^3(t),v)\varphi dt =$$

$\int_T^0 (h(t),v)\varphi dt$, for all $v \in H_0^{2p}(\Omega)$, $\varphi \in D(\Omega)$.

2.- Exist a unique weak solution z = z(y; t) such that

$z \in C([0,T], H_0^{2p}(\Omega) \cap L^4(\Omega)) \cap C^1([0,T], L^2(\Omega))$

3.- The linear application:

$$\{z^0, z^1, h\} \rightarrow z$$

is continuous in their topologies.

4.- The weak solution satisfies

$$E(t) = E(0) - \int_0^t (\frac{\partial}{\partial y_i}[a_j \frac{\partial z(s)}{\partial y_j}] z'(s) ds + \frac{1}{2}\int_0^t (\frac{\partial b_i}{\partial y_i} z'(s) z'(s) ds - \int_0^t (Pz(s) z'(s) ds +$$

$$\int_0^t (h(s), z'(s))ds$$

Where $Pz = c(y, t) z'(t) + d_i(y, t) \frac{\partial z}{\partial y_i} + f(y, t)z$

And $E(t) = \frac{1}{2}(z'(t)|^2 + |\Delta^p z(t)|^2) + \frac{1}{4} |z(t)|^4$

Remark 2.1. For the results of existence, uniqueness and regularity the method of galerkim is used.

3 I LINEAR PROBLEM

We want to determine a solution to the following problem

$$
\begin{aligned}
&Rz = h, \quad \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\
&\frac{\partial^j z}{\partial \nu^j} = 0, \quad \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 0,1,\ldots,2p-1 \\
&z(0) = z^0, \quad z'(0) = z^1 \text{ in } \Omega
\end{aligned}
\tag{3.1}
$$

Theorem 3.1 (Strong Solution)) If $\{ z^0, z^1, h \} \in H_0^{2p}(\Omega) \cap H^{4p}(\Omega) \times H_0^{2p}(\Omega) \times W^{1,1}(0,T, L^2(\Omega))$ then exist a unique strong solution $z = z(y, t)$ of the linear problem in the class

$z \in C([0,T], H_0^{2p}(\Omega) \cap H^{4p}(\Omega)) \cap C^1([0,T], H_0^{2p}(\Omega))$

and satisfies

$Rz = h$ a. e. in Q

Proof: Galerkim method and two estimates are used.

Theorem 3.2 (Weak Solution) If $\{ z^0, z^1, h \} \in H_0^{2p}(\Omega) \times L^2(\Omega) \times L^1(0,T, L^2(\Omega))$ then exist a unique weak solution $z = z(y, t)$ of the linear problem

1.- The weak solution check the following equality

$$
-\int_0^T (z'(t),v)\varphi' dt + \int_0^T (\Delta^{2p} z(t), \Delta^{2p} v)\varphi dt + \int_0^T (a_{ij}\frac{\partial z}{\partial y_j}.\frac{\partial v}{\partial y_j}, v)\varphi dt - \int_0^T (b_i z(t), \frac{\partial v}{\partial y_i})\varphi dt +
$$
$$
\int_0^T (c(y,t)z'(t),v)\varphi dt + \int_0^T (d_i \frac{\partial z}{\partial y_i}, v)\varphi dt + \int_0^T (f(y,t)z(t),v)\varphi dt = \int_T^0 (h(t),v)\varphi dt ,
$$

for all $v \in H_0^{2p}(\Omega)$, j $\in D(\Omega)$.

2.- Exist a unique weak solution $z = z(y; t)$ such that
$z \in C([0,T], H_0^{2p}(\Omega)) \cap C^1([0,T], L^2(\Omega))$

3.- The linear application:

$$\{z^0, z^1, h\} \rightarrow z$$

is continuous in their topologies.

4.- The weak solution satisfies

$$E(t) = E(0) - \int_0^t \left(\frac{\partial}{\partial y_i}\left[a_{ij}\frac{\partial z(s)}{\partial y_j}\right], z'(s)\right)ds + \frac{1}{2}\int_0^t \left(\frac{\partial b_i}{\partial y_i} z'(s), z'(s)\right)ds - \int_0^t (Pz(s), z'(s))ds +$$

$$\int_0^t (h(s), z'(s))ds$$

Where $Pz = c(y, t)\, z'(t) + d_i(y, t)\dfrac{\partial z}{\partial y_i} + f(y, t)z$

And $E(t) = \dfrac{1}{2}\left(|z'(t)|^2 + |\Delta^p z(t)|^2 \right)$

Theorem 3.3 (Direct Inequality). If $z = z(y, t)$ is the weak solution of (3.1) and $h = 0$, then

$$\int_\Sigma |\Delta^p z|^2 \, d\Sigma \le CE(0)$$

If $x_0 \in R^n$, we denoted by

$m(x) = x - x_0 = (x_l - x_l^0) = (m_l)$, $l = 1, 2, \ldots, n$, $R(x_0) = \text{Max} \| m(x) \|$, $x \in \overline{\Gamma}$

and

$$\Gamma(x_0) = \{ x \in \Gamma,\ m(x).\, n(x) > 0 \}$$

where $n(x)$ unit normal vector to Γ, directed towards the exterior of Ω.

We shall sets

$\Gamma^*(x_0) = \Gamma - \Gamma(x_0)$, $\Sigma(x_0) = (0, T) \times \Gamma(x_0)$, $\Sigma^*(x_0) = \Sigma - \Sigma(x_0)$

Theorem 3.4 (Inverse Inequality). If $z = z(y, t)$ is the weak solution of (3,1) with $h = 0$, exist $T_0 > 0$ such that

$$\int_{\Gamma(x_0)} |\Delta^p z|^2 \, d\Gamma \le C(T - T_0)E(0)$$

Now we are interested in studying the solutions of the inhomogeneous problem in the frontier of the type

$$\boxed{\begin{array}{ll} Lz = 0, & \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\ z = 0, \ \dfrac{\partial^j z}{\partial \nu^j} = 0, & \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 1, \ldots, 2(p-1) \\ \dfrac{\partial^{2p-1} z}{\partial \nu^{2p-1}} = g, & \text{on } \Sigma \\ z(0) = z_0, \quad z'(0) = z_1 & \text{in } \Omega \end{array}} \qquad (3.2)$$

Theorem 3.5 (Ultraweak Solution) If $\{ z^0, z^1, g \} \in L^2(\Omega) \times H^{2p}(\Omega) \times L^2(\Sigma)$ then exist a unique ultraweak solution $z = z(y, t)$ of the linear problem such that

$z \in C([0, T, L^2(\Omega)) \cap C^1([0,T], H^{2p}(\Omega))$

Moreover

$$\| z \|_{C(0,T,L^2(\Omega))} + \| z' \|_{C([0,T]\, H^{2p}(\Omega))} \leq C \{ \| z_0 \|_{L^2(\Omega)} + \| z_1 \|_{H^{2p}(\Omega)} + \| g \|_{L^2(\Omega)} \}$$

Theorem 3.6 (Regularity) If $\{ z^0, z^1, g \} \in H_0^{2p}(\Omega) \times L^2(\Omega) \times H_0^2(0, T, L^2(\Gamma))$, then there is a single weak solution w such that

$z \in C([0, T], H^{2p}(\Omega)) \cap C^1([0,T], L^2(\Omega))$

which is also an ultraweak solution.

4 I METHOD THE FIX POINT

Let v is weak solution of

$$\boxed{\begin{array}{l} Lv = -\varphi^3, \quad \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\ v = 0, \quad \dfrac{\partial^j v}{\partial \nu^j} = 0, \quad \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 1,\ldots,2(p-1) \\ \dfrac{\partial^{2p-1} v}{\partial \nu^{2p-1}} = g, \quad \text{on } \Sigma \\ v(0) = 0, \quad v'(0) = 0_1 \quad \text{in } \Omega \end{array}} \tag{4.1}$$

Let w ultraweak solution of

$$\boxed{\begin{array}{l} Lw = 0, \quad \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\ w = 0, \quad \dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = 0, \quad \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 1,\ldots,2(p-1) \\ \dfrac{\partial^{2p-1} w}{\partial \nu^{2p-1}} = g, \quad \text{on } \Sigma \\ w(0) = y_0, \quad w'(0) = y_1 \quad \text{in } \Omega \\ w(T) = -v(T), \quad w'(T) = -v'(T), \quad \text{in } \Omega \end{array}} \tag{4.2}$$

We observe that $y = v + w$ is solution of the

$$
\begin{aligned}
&Ly = -\varphi^3, \quad \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\
&y = 0, \quad \frac{\partial^j y}{\partial \nu^j} = 0, \quad \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 1,\ldots,2(p-1) \\
&\frac{\partial^{2p-1} y}{\partial \nu^{2p-1}} = g, \quad \text{on } \Sigma \\
&y(0) = y_0, \quad y'(0) = y_1 \quad \text{in } \Omega
\end{aligned}
\tag{4.3}
$$

Checking the stability condition $y(T) = y'(T) = 0$ in Ω.
Denote by

$W = \{ w \in C([0, T], H^{2p}(\Omega)), w' \in C([0, T], L^2(\Omega)), w = 0, \text{ on } \Gamma^*(x_0) \}$
With norm

$\| w \|_W = \{ \| w \|^2_{C(0,T,H^{2p}(\square))} + \| w' \|^2_{C([0,T]\, L^2(\square))} \}^{1/2}$
We have define the application in $B_e \square W$ such that

$$\square_e : B_e \text{ ® } B_e$$

$$\square_e(f) = v + w$$

Is a contraction.

We observe, in (4.1) result that

$$E(t) \leq K \int_0^T \phi(t)^3 \; v'(t)\, dt$$

By condition, $\phi = 0$, in $\Gamma^*(x_0)$ we have

$$E(t) \leq K \int_0^T |\nabla \phi(t)|^3 \; |v'(t)|\, dt \leq CT \, \| \phi \|_W^3 \; \| v \|_W$$

If $\| \phi \|_W < \varepsilon$, then $\| v \|_W^2 \leq 2\, C\, T\, \varepsilon^2 \, \| \phi \|_W \, \| v \|_W$

Therefore

$\| v \|_W \leq 2\, C\, T\, \varepsilon^2 \, \| \phi \|_W$

We chose the appropriate e so that $\square_e$ is contraction

$$2\, CT\, \varepsilon^2 < \frac{1}{4} \quad \Leftrightarrow \quad \varepsilon^2 < \frac{1}{8CT}$$

By similar form, $\| w \|_W < \frac{1}{4} \| \phi \|_W$.

REFERENCES

[1] cavalcante m. m. - Controlabilidade Exata da Equação da Onda com condição de Fronteira tipo Neumann, IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. Brasil, 1995.

[2] filho j.p. - Estabilidade do sistema de Timoshenko, IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1995.

[3] fabre c. and puel j. - Comportement au voisinage du bord des Solutions de l´equations des ondes. C.R. Acad. Sci. Paris, 310 s_erie I, pp. 621-6254, 1990.

[4] medeiros l. a. and fuentes r. Exact controllability for a model of the one dimensional elastidty , 36 Seminário Brasileiro de Análise, SBA, 1992.

[5] medeiros l. a. and milla m. Introdução aos espaços de Sobolev e às equações diferenciais parciais, IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1989.

[6] milla m. and medeiros l. a. Exact controllability for Schrodinger equations in non cylindrical domains , 41 Seminário Brasileiro de Análise, RJ, Brasil, 1995.

[7] puel j. Contrôlabilité Exacte et comportement au voisinage du bord des Solutions de equations de ondes , IM-UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.

[8] gamboa p. . Controle exato para a equação Euler-Bernoulli num domínio não cilíndrico , IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1995.

[9] lions j. l. and magenes e. Problèmes aux Limites non homogénes et Applications , Vol. 1, Dunod, 1968.

[10] lions, j. l. - Quelques méthodes de résolution des problémes aux limites non linéares., Dunod-Gauthier Villars, Paris, First edition, 1969.

[11] soriano j. Controlabilidade Exata de Equação de Onda com Coefcientes Variáveis, IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1993.

[12] zuazua e. Lectures Notes on Exact control and stabilization, Instituto de Matemática, UFRJ, Rio de Janeiro,R.J.

SOBRE O ORGANIZADOR

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves - Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em 2018. Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em 2015 e especialista em Metodologia para o Ensino de Matemática pela Faculdade Educacional da Lapa (FAEL) em 2018. Atua como professor no Ensino Básico e Superior. Trabalha com temáticas relacionadas ao Ensino desenvolvendo pesquisas nas áreas da Matemática, Estatística e Interdisciplinaridade

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço inoxidável 17-4 PH 173
Agricultura 356
Análise química 2, 216, 219, 222
Astronomia 146, 254, 255, 256, 262
Aterro sanitário 148, 150
Auditório 231, 232, 233, 234, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246

B

Balística 1, 10

C

Cálculo integral 162
Camada de cobertura 147, 148
Cavidades naturais 132, 146
Ciência da computação 301, 302, 303, 304, 307
Consumo de energia 11, 12, 14, 40, 46, 47, 48
Criança e adolescente 184
Cubo da soma 102, 109, 110, 111

D

Definição sonora 231, 236, 238, 239, 241, 242, 243, 244, 245
Dfa 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 36
Diabetes mellitus 24, 35, 36
Diagrama v 288, 289, 290, 291, 292, 296, 298, 299, 300
Doença celíaca 331, 332, 335, 336

E

Educação estatística 37, 53, 54
Ensino da matemática 65, 112, 162
Ensino de ciências 82, 83, 85, 87, 88, 91, 92, 93, 99
Envelhecimento por precipitação 172, 173, 181
Espectrometria de absorção atômica 3, 331, 332, 336

F

Fermentação semi-sólida 308, 310, 311, 313, 314, 315, 316
Fitopatógenos 247
Formação de professores 56, 63, 96, 165, 170
Fusão 221, 254, 257, 260, 261, 302

G

Gerenciamento 14, 23, 225, 226, 227, 230, 338, 355, 356

H

Hiperramificados 263, 265, 266, 267, 270, 273, 274
Hospitalização 24, 32, 34

I

Inundações 337, 338, 339, 340, 341, 343, 349, 351, 353, 354
Isolamento sonoro 70

L

Lei 12.305/2010 226
Lipase 308, 309, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319

M

Medicina 168, 263, 273, 301, 304, 305, 307
Medidas de dispersão 37, 187
Método alternativo 113, 114, 130
Método científico 288, 289, 290, 299
Modelagem matemática 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69
Modelo presa-predador 277
Monitoramento sismográfico 132, 133, 134, 138

O

Óleo de pracaxi 207, 208, 209, 212, 213

P

Perfil socioeconômico 337, 338, 341, 349, 353
Polímeros 213, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 271, 272, 273, 274

Q

Quadrado da soma 102, 104, 106, 107
Química forense 1, 3
Quitosana 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213

R

Reciclagem 226, 229, 230
Recomendação 26, 320, 321, 322, 324, 325, 326, 329
Ruído de impacto 70, 71, 72, 76, 78, 80

S

Sedimentologia 216, 219

Sistema embarcado 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 22
Sistemas 12, 15, 22, 23, 35, 70, 71, 72, 73, 77, 79, 80, 147, 167, 168, 190, 203, 248, 263, 264, 265, 272, 274, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 320, 321, 322, 323, 325, 329, 356, 357

T

Taxa de fotossintese 277
Teorema 114, 115, 116, 117, 118, 120, 122, 125, 126, 130, 292

U

Uso de recurso tecnológico 82

V

Violência 2, 9, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

Atena
Editora
2020