



**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos  
Nitalo André Farias Machado  
Hosana Aguiar Freitas De Andrade  
(Organizadores)**

# **As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com vários Saberes 2**



**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos  
Nitalo André Farias Machado  
Hosana Aguiar Freitas De Andrade  
(Organizadores)**

# **As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com vários Saberes 2**

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

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 Internazionale delle Figlie di 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. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
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 Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
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  
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. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

C569 As ciências exatas e da terra e a interface com vários saberes 2  
 [recurso eletrônico] / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Nitalo André Farias Machado, Hosana Aguiar Freitas de Andrade. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. – (As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com Vários Saberes; v. 2)

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-85-7247-908-0  
 DOI 10.22533/at.ed.080201301

1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da. II. Machado, Nitalo André Farias. III. Andrade, Hosana Aguiar Freitas de. IV. Série.

CDD 507

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Os grandes avanços tecnológicos e o desenvolvimento no campo das Ciências Exatas e da Terra fizeram com que essa grande área do conhecimento ganhasse uma forte interface com diferentes áreas dos saberes, da agricultura à pedagogia, completando o aspecto da didática-aprendizagem, recursos ambientais e saúde.

O leitor de “As Ciências Exatas e da Terra e a Interface com Vários Saberes 2” terá oportunidade de conhecer as discussões atuais sobre e profundas relações das Ciências Exatas e da Terra permeando com outras áreas do conhecimento, pois esta obra apresenta uma refinada coletânea de trabalhos científicos relacionados a essa temática.

Portanto, esta obra é direcionada a todos os técnicos, acadêmicos e profissionais das áreas das Ciências Exatas e da Terra e das demais áreas que, por ventura, tenham interesse em contemplar as relações e interface das Ciências Exatas e da Terra. Nesse sentido, ressaltamos a importância desta leitura de forma a incrementar o conhecimento dos nossos leitores.

Desejamos uma ótima leitura.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Nítalo André Farias Machado

Hosana Aguiar Freitas de Andrade

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A IMPORTÂNCIA DA VERTENTE FRANCESA DIDÁTICA PROFISSIONAL NO CENÁRIO EDUCACIONAL BRASILEIRO	
Georgyana Gomes Cidrão Italândia Ferreira de Azevedo Francisco Régis Vieira Alves Maria Cleide da Silva Barroso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0802013011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
ALTERAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS NA PLANÍCIE FLÚVIO-MARINHA DO RIO ACARAÚ ENTRE OS ANOS 1993 E 2016	
Francisco Oricélio da Silva Brindeiro Antônio Rodrigues Ximenes Neto Brígida Miola Rocha Francisco José Maciel de Moura Jader Onofre de Moraes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0802013012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>16</b>
APLICAÇÃO DE CONTORNOS ATIVOS NA EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES EM IMAGENS LANDSAT 8 E CBERS 4	
Cleberton Reiz Rodrigo Bruno Zanin Erico Fernando de Oliveira Martins Jordan Luiz Dourado Filgueiras Jader Willian Evaristo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0802013013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>22</b>
AVANÇOS RECENTES NA OXIDAÇÃO DE ÁLCOOL BENZÍLICO SOBRE CATALISADORES DE OURO E PALÁDIO	
Wiury Chaves de Abreu Jean Claudio Santos Costa Carla Verônica Rodarte de Moura Edmilson Miranda de Moura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0802013014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>37</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA PROFISSIONAIS DE FÍSICA MÉDICA	
Eduardo Rossato Alessio Mateus Padoin Brutti Francine Kohls Schumacker Gustavo Stangherlin Cantarelli Ana Paula Schwarz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0802013015</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>46</b>
ELETRODEPOSIÇÃO DE FILMES DE POLIANILINA EM METAIS OXIDÁVEIS A PARTIR DE MEIO AQUOSO CONTENDO ÁCIDO METANOSULFÔNICO	
David Alexandro Graves Andrea Santos Liu Liu Yao Cho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0802013016</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>58</b>
ENSINO DAS GEOCIÊNCIAS NO LABORATÓRIO DE PEDOLOGIA E GEOLOGIA DA UNIOESTE, <i>CAMPUS</i> DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON	
Oscar Vicente Quinonez Fernandez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0802013017</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>70</b>
ENSINO DE ASTRONOMIA E TEORIA QUÂNTICA USANDO O FUNCIONAMENTO DE UMA LÂMPADA FLUORESCENTE	
Márcio Francisco dos Santos Carolina Marla Rodrigues Vanessa Aparecida Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0802013018</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>82</b>
ESTUDO DA SÉRIE DE TAYLOR E APLICAÇÃO	
Jociléa Rodrigues Cardoso José Francisco da Silva Costa Anildo das Chagas Dias Nayara dos Santos Rodrigues Raimundo das Graças Carvalho de Almeida Reginaldo Barros Genivaldo Passos Correa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0802013019</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>108</b>
ESTUDO DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE PROTEÍNAS DE CARNE BOVINA ( <i>BOS TAURUS</i> ), UTILIZANDO PLANEJAMENTO FATORIAL E METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA	
Jane Kelly Sousa de Brito Tiago Linus Silva Coelho Darlisson Slag Neri Silva Jardes Figueredo Rego Naise Mary Caldas Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>121</b>
FERRAMENTA DE REALIDADE AUMENTADA UTILIZANDO KINECT PARA ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	
Bruno dos Santos Belaguarda Alessandro André Mainardi de Oliveira Gustavo Stangherlin Cantarelli Guilherme Chagas Kurtz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130111</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>135</b>
FITÓLITOS DE PLANTAS E SOLOS DA MATA ATLÂNTICA NA ILHA GRANDE, RIO DE JANEIRO	
Heloisa Helena Gomes Coe Yame Bronze Medina Ramos André Luiz Carvalho da Silva Emily Gomes Leandro de Oliveira Furtado de Sousa Kita Damasio Macario Raphaella Rodrigues Dias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>149</b>
MANUAL DE PROTEÇÕES SOLARES: AUXÍLIO NO ENSINO DE CONFORTO AMBIENTAL	
Yuri Viana Loiola Flora Mendes Araújo Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>155</b>
MODELAGEM FENOMENOLÓGICA E OTIMIZAÇÃO DE UM SECADOR DE CAFÉ ROTATIVO	
Uilla Fava Pimentel Gildeir Lima Rabello Willian Melo Poubel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>162</b>
PRAIAS ABRIGADAS NO LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Ana Beatriz Pinheiro André Luiz Carvalho da Silva Maria Augusta Martins da Silva José Antonio Baptista Neto Carolina Pereira Silvestre Jessyca dos Santos Araújo Valéria Cristina Silva Pinto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>176</b>
PROCESSO DE MODELAGEM PARA FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS ACÚSTICOS PARA O MAPEAMENTO DE RUÍDO DE SINOP-MT	
Priscila Maria Gonçalves Guilherme Cristiane Rossatto Candido Emília Garcez da Luz Érika Fernanda Toledo Borges Leão	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130116</b>	

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>190</b>
PROTEÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO 2024 CONTRA CORROSÃO POR FILMES DE POLIPIRROL ELETRODEPOSITADOS EM MEIO DE LÍQUIDO IÔNICO	
Julio Cesar Verli Chagas Andrea Santos Liu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130117</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>194</b>
REFLEXÕES PROJETUAIS: O CASO DA DISCIPLINA DE CONFORTO AMBIENTAL	
Yuri Viana Loiola Thais Carvalho Cardoso Ana Paula Nogueira Vidal Menezes Ana Caroline de Carvalho Lopes Dantas Dias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>198</b>
USO DO MIRITI COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE ANÁLISE COMBINATÓRIA	
Anildo das Chagas Dias Jociléa Rodrigues Cardoso José Francisco da Silva Costa Nayara dos Santos Rodrigues Raimundo das Graças Carvalho de Almeida Reginaldo Barros Genivaldo Passos Correa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>219</b>
VARIABILIDADE MULTITEMPORAL DA LINHA DE COSTA DA PRAIA DO BALBINO, CASCAVEL – CEARÁ	
Francisco Oricélio da Silva Brindeiro Filipe Maciel de Moura Francisco José Maciel de Moura Jader Onofre de Moraes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>227</b>
A OSCILAÇÃO MADDEN-JULIAN	
Renato Ramos da Silva Reinaldo Haas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>239</b>
CRITICALIDADE AUTO-ORGANIZADA EM PROTEÍNAS COM REPETIÇÃO EM TANDEM	
Fernando Santos Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08020130122</b>	

**CAPÍTULO 23 .....249**

**PROPRIEDADES BIOFÍSICAS DO BIOMA PAMPA: O PAPEL DA VEGETAÇÃO NATIVA NA REGULAÇÃO CLIMÁTICA**

Guilherme Goergen

Roilan Hernández Valdés

Débora Regina Roberti

**DOI 10.22533/at.ed.08020130123**

**SOBRE OS ORGANIZADORES.....256**

**ÍNDICE REMISSIVO .....257**

## A IMPORTÂNCIA DA VERTENTE FRANCESA DIDÁTICA PROFISSIONAL NO CENÁRIO EDUCACIONAL BRASILEIRO

Data de aceite: 10/12/2019

### Georgyana Gomes Cidrão

Mestrado no Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECEM), Fortaleza - CE

### Italândia Ferreira de Azevedo

Mestrado no Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECEM), Fortaleza - CE

### Francisco Régis Vieira Alves

Doutor em Educação/ Coordenador do Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECEM), Fortaleza - CE

### Maria Cleide da Silva Barroso

Doutora em Educação/ Professora do Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECEM), Fortaleza - CE

**RESUMO:** A Didática Profissional tem ajudado na formação de professores na França, especificamente no que se concerne à atividade do professor, perante o quadro de aperfeiçoamento na formação inicial ou continuada. Em meio a essa perspectiva, esse trabalho enfatizou-se nessa vertente, perspectivando a formação inicial do professor. O aporte metodológico da pesquisa evidenciou-se nos estudos bibliográficos feitos em artigos, ao qual exibiram que a Didática Profissional compreende a competência profissional docente

em sala de aula, os resultados exibiram que perante a avaliação da Didática Profissional, pôde-se constatar a noção das concepções pragmáticas e epistêmicas que o educador leva durante o seu percurso como profissional. Por fim, como no Brasil se tem poucas pesquisas em torno da Didática Profissional, e visto que essa vertente é muito importante para o campo do trabalho do educador a fim de compreender os processos de aprendizagem no seu meio de trabalho, e que por esse viés a Didática Profissional deve ser mais explorada no cenário educacional brasileiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Didática Profissional. Competência. Formação dos adultos. Professor.

### THE IMPORTANCE OF THE FRENCH VERDENT PROFESSIONAL TEACHING IN THE BRAZILIAN EDUCATIONAL SCENARIO

**ABSTRACT:** Professional Didactics has helped in teacher training in France, specifically with regard to teacher activity, in the face of improvement in initial or continuing education. In the midst of this perspective, this work was emphasized in this aspect, focusing on the initial formation of the teacher. The methodological contribution of the research was evidenced in the bibliographical studies made in articles, which showed that the Professional Didactics comprises the professional teaching

competence in the classroom, the results showed that before the evaluation of the Professional Didactics, the notion of pragmatic and epistemic conceptions that the educator takes during his career as a professional. Finally, as in Brazil there is little research on Professional Didactics, and since this aspect is very important for the educator's field of work in order to understand the learning processes in his work environment, and because of this bias Professional Didactics should be further explored in the Brazilian educational scenario.

**KEYWORDS:** Professional Didactics. Competence. Adult training. Teacher.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Didática Profissional (*Didactique Professionnelles*) - DP é uma vertente francesa que teve seu início em meados de 1990, sendo elaborada por didatas, educadores, psicólogos do trabalho, dentre outros. Emergiu dentre quatro correntes: três teóricas e uma prática (ALVES, 2018). Sendo detalhado melhor na figura 1.

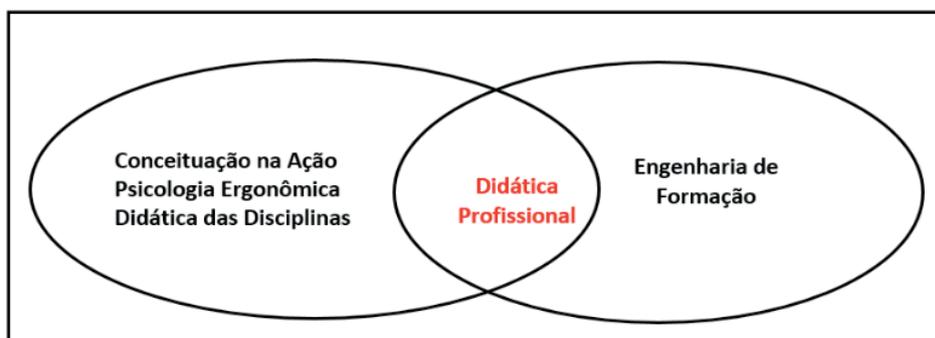


Figura 1. Correntes que formam a Didática Profissional (correntes teóricas à esquerda, corrente prática à direita).

Fonte: Elaboração dos autores

Pastré (2011) principal autor da vertente, cuja desenvolveu-a em sua tese intitulada *Essai pour introduire le concept de didactique professionnelle : rôle de la conceptualisation dans la conduite de machines automatisées*, na década de 90, afirma que inicialmente a DP foi criada para analisar o trabalho, mas não envereda somente isso, a vertente almeja a formação e a aprendizagem dos adultos no trabalho.

Acentuamos que devido a DP está nos arcahouços da psicologia, didatas e educadores a mesma, se apoia nas correntes teóricas tidas como conceituação na ação, didática das disciplinas, e a psicologia ergonômica faz parte do conceito metodológico, contudo, o diferencial da DP está acerca da formação, esta se concentra na engenharia de formação, Pastré (2011, p. 84) argumenta que no campo prático a “Engenharia de Formação averigua as necessidades, define os objetivos, e constroi dispositivos” para a formação profissional contínua.

A conceituação na ação é uma corrente que visa compreender à aprendizagem do adulto no trabalho, usando um conjunto de classes de situações descritas por Vergnaud, que de modo limitante não abordaremos profundamente, todavia, encontra-se nos trabalhos de Pastré, Mayen e Vergnaud (2006); Vergnaud (1990).

Portanto, Vergnaud (1994) inovou suas pesquisas, com a teoria do campo conceitual no trabalho e no treinamento, objetivando modelar a atividade dos profissionais mediante o esquema e dos Invariantes Operatórios (IO). O autor anterior acredita que os IO são ferramentas de pensamento usadas pelo sujeito para adaptar o mundo e tornar entendível, ou seja, os IO é uma construção feita pelo o indivíduo a fim de ter um confronto com a realidade. Sua função é orientar a ação, permitindo um diagnóstico preciso da situação.

Vergnaud (1994) foi orientado por Piaget (1943), assim a relação de Vergnaud (1994) com o construtivismo é correspondente, o mesmo usou alguns conceitos neopieagetianos, expressos no parágrafo anterior, tais como esquema e Invariante operatório, todavia, o foco de Piaget era cerca do desenvolvimento da criança, Vygotski também contribuiu na zona de desenvolvimento proximal, passando a investigar a aprendizagem na linguagem. Contudo, Vergnaud (1990) trouxe os conceitos, adaptando para os adultos perante o trabalho.

Assim, um dos principais objetivos da DP é analisar o trabalho como uma condição prévia para a formação profissional, o que levou a apreender os conceitos e métodos da psicologia ergonômica. Para analisar a tarefa no trabalho, a DP procurou se empenhar nos pressupostos da psicologia do trabalho e da ergonomia (ALVES, 2018). Assim, Leplat (1997) então psicólogo do trabalho francófono, subdividiu a tarefa em duas categorias:

- I) Tarefa prescrita – o que o trabalhador deve fazer
- II) Tarefa real – o que o trabalhador realmente faz

Leplat (1997) ainda enfatiza que a tarefa real excede a tarefa prescrita, ou seja, a tarefa prescrita é muito detalhada e fornece um ponto de partida para acessar a tarefa real. Primeiro tende a analisar o trabalho na tarefa para assim analisar a aprendizagem no trabalho, mediante as classes de situações impostas por Vergnaud.

A DP, além de identificar as situações mediante a tarefa, é notável perceber que para organizar a tarefa é necessário impor o conceito pragmático, esse conceito é importante para organizar à atividade.

Da mesma forma, nos pressupostos da DP, a diferença e ponto forte da mesma está na diferenciação entre a Didática das Disciplinas (conjunto de diversas ciências, Matemática, Física, Química), sendo que a transmissão do conhecimento de ambas são diferentes, a Didática das Disciplinas se concentra na transmissão do conhecimento através do saber científico, e a DP se concentra nas atividades de aprendizagem durante o trabalho.

O principal objetivo da DP é desenvolver a aprendizagem nos adultos na formação profissional contínua (PASTRÉ, 2002). Os autores Pastré, Mayen e Vergnaud (2006) constataram que a DP serve como um alavanque em vistas à análise do trabalho, assim, visando à competência profissional, de modo inicial a DP, teve como foco análise do trabalho, posteriormente, a vertente passou a investigar a aprendizagem no trabalho. Pastré, (2004, p. 186) enfatiza que “o trabalho possui ainda outra função: um instrumento poderoso para as aprendizagens.” Logo, a Didática Profissional tangencia para esse viés, pois ela é uma vertente voltada para a formação dos adultos em seu campo de trabalho, tornando próximo a formação profissional da atividade de trabalho.

Os estudos acerca da Didática Profissional têm-se destacado nos países francófonos (TOURMEN *et al*, 2017). A DP tornou-se referência na França revolucionando a formação docente, motivando os educadores a observarem as situações e problemas do trabalho.

Portanto, a Didática Profissional tem uma objetivação em torno da formação profissional e sobre o desenvolvimento desses formadores, tanto no âmbito de formação quanto no seu âmbito individual de trabalho, perante a operacionalização das suas tarefas. E ao mencionar a ideia de formação profissional, recordamos a relação que a competência profissional tem com a DP.

A concepção efetiva de competência emergiu no âmbito educacional por volta dos anos de 1990, pós período *taylorismo*. Pastré (2004) afirma que durante os anos de 1980 devido uma crise da estruturação do termo trabalho o modelo do *taylorismo* passou por mudanças. A noção de competência tornou-se abrangente em escala progressiva para sua própria identidade, mediante a representação crescente da complexidade dos modos exigidos no campo de trabalho (SAVOYANT, 1974).

Na época do *taylorismo* a competência estava atrelada no saber fazer, ou saber efetuar uma tarefa. Todavia, o saber executar não condiz realmente com o aprendizado no trabalho, o saber fazer pode ser uma cópia de alguma tarefa (PASTRÉ, MAYEN, VERGNAUD, 2006). Esse mecanismo de efetuação no trabalho passou por mudanças, marcando as habilidades no trabalho de forma inteligente, ou seja, a competência de um sujeito se mostra mediante ao modo operatório no trabalho e por enfrentamento de situações não habituais encontradas no trabalho.

Mediante a isso, logo, o termo trabalho chegou para a definir o docente a respeito da noção de competência, que em epítome deduzia-se a capacidade de fazer automaticamente e a efetuar tarefas elaboradas, mormente, com uma atenção voltada para o indivíduo (trabalhador) pessoal (SAVOYANT, 1996).

No campo da investigação desse trabalho, optamos por analisar pesquisas bibliográficas as quais foram escolhidos artigos submetidos a periódicos, aos quais evidenciaram que a Didática Profissional é uma vertente relativamente nova, porém,

se mostra relevante sua utilização por parte dos professores a fim de compreender sua prática de formação no campo de trabalho.

O verdadeiro intuito desse trabalho está em exibir as contribuições que a vertente da DP leva para a formação profissional no campo do trabalho, e de discutir a sua inserção no âmbito educacional brasileiro, pois notamos que existe uma lacuna de pesquisa acerca dessa vertente considerada inovadora no trabalho.

## 2 | METODOLOGIA

A fim de mostrar como a Didática Profissional é relevante para o campo educacional, escolhemos evidenciar esse fato realizando um levantamento bibliográfico de artigos científicos nacionais e internacionais que atendessem a nossa proposta inicial, que é mostrar como a DP é importante para o professor entender seu campo de trabalho.

Portanto as características do nosso trabalho têm a base qualitativa de origem bibliográfica. Escolhemos assuntos que se enquadrassem no objetivo da nossa pesquisa, ao qual exibissem como a Didática Profissional é uma vertente profícua para a Educação. Assim, escolhemos quatro artigos que estão expostos no quadro 1.

Autor	Periódico/Ano	Título	Objetivo Geral
Acioly-Régnier e Monin	Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal/2009 Parte superior do formulário Parte inferior do formulário	Da teoria dos campos conceituais à Didática Profissional para a formação de professores: contribuição da psicologia e da sociologia para a análise de práticas pedagógicas	Evidenciar que a DP tem aporte na Psicologia Ergonômica, e que a DP foi criada para atender a análise da atividade no ensino e a formação do educador também se encontra na experiência profissional
Allain e Gruber	R e v . b r a s . pedagógica/ 2017	A análise do trabalho em Didática Profissional	Exibir como a DP foi construída e seus principais precursores, e como ela tem se desenvolvido perante a construção docente no ambiente de trabalho
Alves	Acta Didactica Naponcesia/ 2018	The Professional Didactics (DP) and Didactics of Sciences (DS) in Brazil: Some implications for the professionalization of the Science Teacher	Expondo os pressupostos da DP e relacionando com a Didática das Disciplinas para acompanhar os obstáculos profissionais que o professor tende a possuir no trabalho
Alves e Catarino	Indagatio Didactica/ 2019	Situação Didática Profissional: Um exemplo de aplicação de Didática Profissional para a pesquisa objetivando a atividade do professor de Matemática no Brasil	Apresenta como a Situação Didática Profissional é importante na Didática Profissional, como também mostra três planos que o professor deve atender perante a competência que o seu cargo prescreve.

Quadro 1. Artigos que abordam a Didática Profissional como uma vertente importante para a Educação.

A construção do quadro se deu em avaliar algumas partes perante os trabalhos, tais como introdução, metodologia e resultados, assim tendo uma visão geral das pesquisas analisadas. Na seção vindoura iremos exibir a síntese dos trabalhos avaliados, aos quais não expomos na tabela passada.

### 3 | DISCUSSÃO

Encontramos pesquisas acerca da DP que envolveram a Pedagogia, Sociologia e a Matemática, como também a análise no campo de trabalho do professor em formação. Na parte da Pedagogia o trabalho dos autores Acioly-Régner e Monin (2009), mostraram que os professores postos a formação se encontram desmotivados perante a sala de aula, devido à desvalorização imposta na formação em que os estágios e as práticas pedagógicas são tidos como as únicas fontes impostas a profissionalização. Essa realidade é vivenciada tanto pelos professores em formação inicial quanto os professores em formação contínua, devido as horas estendidas nos estágios e poucas horas resguardadas para a formação teórica. Assim, Vergnaud (2007) assume que apesar da experiência fazer parte do desenvolvimento da competência do professor, necessita-se adquirir uma organização das ideias, em pôr em prática a abordagem metodológica. E durante a pesquisa os encontros de formação dos professores tiveram vídeografia, entrevistas a fim de verificar se nos estágios como eram abordados os conceitos pragmáticos, e no que se concerne aos resultados o trabalho mostrou que os professores têm que possuir uma certa ação pedagógica no seio da sua formação.

No trabalho de Allain e Gruber (2017) os autores impõem que a Didática Profissional tem aporte na psicologia do trabalho e na psicologia do desenvolvimento, onde são duas correntes distintas e que a DP as conseguiu encaixar no que se concerne à psicologia ergonômica, pois a ação move a competência do professor primordialmente, e que os conceitos pragmáticos são praticamente os organizadores da ação, e as vezes não basta ter o conhecimento epistêmico (conhecimento científico), mas também o uso dos conceitos pragmáticos necessitam ter uma abordagem no trabalho. Logo, os conceitos pragmáticos possuem uma dupla identidade, assim são tidos como objetos de troca no ambiente dos saberes de profissão, adotando uma prescrição ampla, como os repasses dos profissionais mais experientes para os novatos.

No trabalho de Alves (2018) é discutido como a Didática Profissional faz uma relação mediante a Didática das Disciplinas, no trabalho é enfatizado como ambas são diferentes, a Didática das Disciplinas, de início esteve centrada no conhecimento

científico da Didática da Matemática, visando os elementos clássicos que Brousseau investiga: professor/aluno/saber, e dos pressupostos da Física, em especial no trabalho de Bachelard, todavia, por questões não totalmente explícitas no que se concerne à transposição didática e os obstáculos epistemológicos para o professor, a Didática das Disciplinas se tornou insuficiente. A Didática Profissional conseguiu analisar a ação do professor na sua formação (inicial ou continuada). Alves (2018) ainda acrescenta que na pesquisa desenvolvida no Brasil, é possível fazer uma complementaridade entre a Didática das Ciências e a Didática Profissional ambas da França, para investigar como o professor em formação inicial ou continuada devem compreender um repertório de conhecimentos que regem a profissão, que não se limita somente no conhecimento teórico, mas sim, em atenuar como mover a competência profissional mediante a função que exerce.

Alves e Catarino (2019) voltam a pesquisa para o professor de Matemática, mostrando que a DP está centrada nas situações de trabalho, e que o professor de Matemática situa-se a sua atividade perante a situação profissional, definida a partir do desempenho da tarefa prescrita na tarefa real, de *modus operandi*, o professor deve acentuar na ação, para que posteriormente possa definir a situação.

Ainda acrescentamos que o trabalho de Alves e Catarino (2019), apontam uma inovação de pesquisas no Brasil que envolvem a DP na atividade do professor de Matemática, ao impor que a competência do professor deve atender a três planos, tais como: i) sala de aula, ii) posto de trabalho, iii) instituição de ensino ou instituição escolar. No plano i) os autores consideram que os professores mediante as situações profissionais no trabalho devem mostrar um conhecimento profissional pragmático em exuberante na ação, e não somente o professor dever dominar o campo epistêmico (a matemática científica) no campo de trabalho (sala de aula). No plano ii) é considerado que o professor deve ser circunstanciado no posto de trabalho, e o núcleo dessa estrutura está acerca do conhecimento pragmático que o professor deve apresentar perante documentos físicos, ou ofícios que todo trabalho possui. No plano iii) as situações profissionais que os professores atuam devem está situados nas regras institucionais, perante as tarefas oficiais que toda instituição tem.

Portanto, nos quatro artigos ficou nítido que a Didática Profissional é uma vertente muito profícua para o professor, para o mesmo compreender as situações no seu trabalho, como operar na formação inicial ou continuada ao relacionar-se com a competência profissional, como também atender perante os planos: posto de trabalho, sala de aula e instituição. Contudo, identificamos nos trabalhos dos autores Acioly-Régner e Monin (2009); Allain e Gruber (2017), Alves e Catarino (2019), Alves (2018) como a Didática Profissional é uma aliada para avaliar o campo de trabalho do professor. De modo doravante, acentuamos que a DP necessita ser mais discutida nas pesquisas brasileiras e analisadas em cenário investigativo no que se concerne

à atividade, análise, formação e competência do professor.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação do professor em moldes atuais, atenua-se na preocupação em compreender como funciona o trabalho, a Didática Profissional se ocupa nesse quesito, investigando como o trabalhador aprende no trabalho, visando a competência que o mesmo precisa ter.

Assim, trazemos a Didática Profissional no âmbito educacional para elucidar como educadores devem se preocupar em analisar o campo de trabalho, objetivando sua competência em sala de aula. Recordá-lo-emos que no período Behaviorista a competência de um operário era avaliada no saber fazer, ou saber executar, em tempos atuais a competência passou por mudanças, agora é avaliada de diversas maneiras, as quais hoje se chegou em sala. O educador deve estar sincronizado a compreender como avaliar o seu processo de metamorfose no decorrer da sua profissionalização, com o uso de conceitos pragmáticos e epistêmicos no exercício da profissão.

Logo, a Didática Profissional visa compreender melhorias para o campo de trabalho do professor, por esse viés, a educação brasileira deve adentrar a sua atenção, pois, na França a Didática Profissional tornou-se referência por ter um ótimo respaldo por parte dos avaliadores educacionais. Enquanto no Brasil notamos ínfimas pesquisas em torno da Didática Profissional, com isso, impomos uma reflexão aos professores que almejam analisar o campo de trabalho com vistas a melhoria de suas competências, que utilizem a Didática Profissional no decorrer da sua formação.

#### REFERÊNCIAS

ACIOLY-RÉGNIER. N. M; MONIN. M. Da teoria dos campos conceituais à didática profissional para a Formação de professores: contribuição da psicologia e da sociologia para a análise de práticas pedagógicas. **Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal**. v. 13, pp. 5-16, 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/4496/449644448002/>>. Acesso: 25 de julho 2018.

ALLAIN. O; GRUBER. C. Tradução do Texto Pierré Pastré: A Análise do trabalho em Didática Profissional. **Revista Brasileira Pedagógica**. v. 98, pp. 624-637, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.98i250.3368>>. Acesso: 25 de julho 2018.

ALVES, F. R. V. The Professional Didactics (DP) and Didactics of Sciences (DS) in Brazil: Some implications for the professionalization of the Science Teacher. **ACTA Didactica Naponcesia**, v. 11, n. 2, 2018.

ALVES, F. R. V. CATARINO, P. M. M. C. Situação Didática Profissional: um exemplo de aplicação da Didática Profissional para a pesquisa objetivando a atividade do professor de Matemática no Brasil. **Indagatio Didactica**. v. 11, n. 1, pp. 103-129, 2019.

LEPLAT, J. (1997). **Regards sur l'activité en situation de travail**. Contributions à la psychologie ergonomique. Paris: PUF.

PASTRÉ, P. (2002). L'analyse du travail en Didactique professionnelle. **Revue Française de Pédagogie**, 3(138), 9 – 17. Disponível em: <[http://www.formations.philippeclauzard.com/INRP\\_RF138\\_2.pdf](http://www.formations.philippeclauzard.com/INRP_RF138_2.pdf)>. Acesso: 16 de julho, 2018.

PASTRÉ, Pierre. (2004). Les compétences professionnelles et leur développement, 213 – 231, In: Faizon, P. **Ergonomie**. Paris: PUF. Disponível em: <<http://benhur.teluq.quebec.ca/SPIP/inf4018/IMG/pdf/Pastre.pdf>>. Acesso: 15 de julho, 2018.

PASTRÉ, P; MAYEN, P; VERGNAUD, G. La didactique professionnelles. **Revue Française de Pédagogie**, [s.l.], n. 154, p.145-198, 1 mar. 2006. OpenEdition. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4000/rfp.157>>. Acesso: 15 de julho, 2018.

PASTRÉ, P. (2011). La Didactique Professionnelle. **Education, Sciences & Society**, 2(1), 83 – 95. Disponível em: <[https://riviste.unimc.it/index.php/es\\_s/article/view/136/65](https://riviste.unimc.it/index.php/es_s/article/view/136/65)>. Acesso: 20 de julho, 2018.

PIAGET, J. **La Psychologie de l'Intelligence**. Paris: Colin, 1943.

SAVOYANT, A. Eléments pour un cadre d'analyse des situations de résolution de problèmes par des équipes de travail. In: **L'année psychologique** v. 74, n°1. 219-237. 1974.

SAVOYANT, A. **Une approche cognitive de l'alternance**. **Thésaurus CEREQ**, n° 118, 1 – 4. 1996.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques, Grenoble**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. (1994). **Multiplicative conceptual field: what and why?** In Guershon, H. and Confrey, J. (1994). (Eds.) The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics. Albany, N.Y.: State University of New York Press. pp. 41-59.

VERGNAUD, G. (2007). Qu'est-ce qu'apprendre. In: **COLLOQUE IUFM DU POLE NORD-EST DES IUFM**. Les effets des pratiques enseignantes sur les apprentissages des élèves, Besançon, 2007.

TOURMEN, C *et al.* The Piagetian Schème: a Framework to Study Professional Learning Through Conceptualization. **Vocations And Learning**, [s.l.], p.1-22, 10 mar. 2017. Springer Nature. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s12186-017-9174-y>>. Acesso: 20 de julho, 2018

## ALTERAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS NA PLANÍCIE FLÚVIO-MARINHA DO RIO ACARAÚ ENTRE OS ANOS 1993 E 2016

Data de aceite: 10/12/2019

Data de submissão: 13/10/2019

### **Francisco Oricélio da Silva Brindeiro**

Universidade Estadual do Ceará - Uece

Fortaleza – Ceará

Lattes: [Http://Lattes.cnpq.br/0357447890664526](http://Lattes.cnpq.br/0357447890664526)

### **Antônio Rodrigues Ximenes Neto**

Universidade Estadual do Ceará – Uece

Fortaleza – Ceará

Lattes: [Http://Lattes.cnpq.br/3140578236224142](http://Lattes.cnpq.br/3140578236224142)

### **Brígida Miola Rocha**

Universidade de Fortaleza – Unifor

Fortaleza – Ceará

Lattes: [Http://Lattes.cnpq.br/9037000773946588](http://Lattes.cnpq.br/9037000773946588)

### **Francisco José Maciel de Moura**

Universidade Estadual do Ceará – Uece

Fortaleza – Ceará

Lattes: [Http://Lattes.cnpq.br/1315706759935544](http://Lattes.cnpq.br/1315706759935544)

### **Jader Onofre de Moraes**

Universidade Estadual do Ceará – Uece

Fortaleza – Ceará

Lattes: [Http://Lattes.cnpq.br/2171381547908150](http://Lattes.cnpq.br/2171381547908150)

**RESUMO:** A planície flúvio-marinha do Rio Acaraú apresenta-se em constantes modificações espaço-temporais ocasionadas por processos naturais e intervenções antrópicas. O objetivo deste trabalho foi

analisar as alterações no período 1993-2016 associadas às instalações de tanques de carcinicultura e dinâmica dos processos fluviais e marinhos do estuário do Acaraú. Na área de estudo foi realizada uma análise espaço-temporal através das imagens de satélites Landsat 5 TM(1993) e Quickbird(2004), além de imagens obtidas no software Google Earth-Pro(2003,2009 e 2016). Até 1993 os tanques de carcinicultura eram restritos a margem direita do estuário do Rio Acaraú, ocupando um total de aproximadamente 181 hectares. Entre 1993-2003 houve um crescimento de 66,30% e já se verificava tanques na margem esquerda. No período 2003-2009 houve um aumento de 55,14% e entre 2009-2016 o crescimento foi de 62,7%. Ao longo dos 24 anos analisados a área ocupada por tanques aumentou em mais de 580 hectares, mais de 320% em relação a 1993. Destaca-se que a instalação dos tanques ocorreu em setores de topografia relativamente plana associadas às planícies de apicum e alguns setores de manguezais. No estuário e na planície de maré do Acaraú foram verificados processos de avulsão de canais, além da criação e barramento de canais. Desta forma, foi evidenciado que a atividade de instalação de tanques de carcinicultura impacta diretamente nos padrões fluviais e desmatamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estuário, Carcinicultura, Geomorfologia Fluvial.

## SPATIO-TEMPORAL CHANGES IN THE FLUVIO-MARINE PLAIN OF THE ACARAÚ RIVER (1993 TO 2016)

**ABSTRACT:** Fluvial-Marine Plain of the Acaraú River shows several spatio-temporal changes caused by natural processes and anthropic interventions. The aim of this study was to analyze the changes in the period 1993-2016 associated with shrimp farming and natural dynamics of the riverine and marine processes of the Acaraú estuary. A spatio-temporal analysis using Landsat 5 TM (1993) and Quickbird (2004) satellite images and Google Earth-Pro software (2003, 2009 and 2016) was performed. The shrimp farming tanks were restricted to the right margin of the Acaraú River estuary until 1993, occupying approximately 181 hectares. A growth of 66.30% occurred between 1993-2003 and the tanks on the left bank already existed. An increase of 55.14% and 62.7% occurred between 2003-2009 and 2009-2016, respectively. The area of the tanks increased more than 580 hectares over the 24 years analyzed, being 320% compared to 1993. It is noteworthy that the installation of the tanks occurred in sectors of flat topography associated with tidal flats and mangroves. Channel avulsion processes in the estuary and tidal plain of the Acaraú River were verified, as well as the channel creation and damming. The shrimp farming installation directly impacts the river patterns and deforestation.

**KEYWORDS:** Estuary, Shrimp Farming, River Geomorphology.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os setores de baixo curso fluvial, devido à característica peculiar de interação entre água doce (rio, exutórios) e água salgada (mar) formam um ambiente de elevada instabilidade ambiental. De acordo com Souza (2000) as planícies flúvio-marinhas do Ceará possuem uma área de 307,4 km<sup>2</sup>, são ambientes fortemente instáveis com vulnerabilidade alta à ocupação e sustentabilidade de moderada à alta. As planícies flúvio-marinhas formam um importante ecossistema – o manguezal, o qual são berçários naturais; o termo mangue é atribuído à flora vegetal típica deste habitat (THIERS et al., 2016).

Segundo Diniz et al., (2008) o baixo curso do Rio Acaraú apresenta diversos usos da terra – carcinicultura (cultivo do camarão), fruticultura, manguezal, pastagem, culturas de subsistências, lazer. Nascimento (2006) destaca a grande modificação no ecossistema manguezal ocasionada pela atividade da carcinicultura, pois esta causa impactos associados ao desmatamento, canalizações, poluição e contaminação do recurso hídrico, além do conflito pelo uso da terra.

Além destas modificações de natureza antrópica, estas regiões possuem alterações morfosedimentares associadas a avulsões fluviais, processos erosionais e deposicionais, principalmente, associado a eventos extremos, como relacionado a fenômenos de La Niña no baixo curso e na parte litorânea associada a processos de

gênese marinha (PESSOA, 2015).

A área de estudo (figura 01) é delimitada pela planície flúvio-marinha do Rio Acaraú e sistemas lagunares imediatamente associados. O objetivo da pesquisa foi verificar as principais modificações de gênese natural e antrópica durante o período de 1993-2016.



Figura 01-Carta imagem de localização da área de estudo  
Fonte: Elaborado pelos autores.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização desta pesquisa foram adquiridas imagens de satélite do software *Google Earth-PRO* dos anos 2003, 2009 e 2016, uma imagem Landsat 5 - sensor TM (Thematic Mapper) do ano de 1993 adquirida no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE e uma imagem do satélite Quickbird 2004. A escolha deste período de análise se deve em virtude do crescimento da carcinicultura na região a partir dos anos 1990. No software *Qgis* (versão 2.18) ocorreu o georreferenciamento e o recorte das imagens. Neste programa também foi realizado o processo de vetorização das áreas que apresentam tanques de carcinicultura. O tamanho das áreas em hectares foi obtido através da ferramenta calculadora raster. As imagens foram georreferenciadas por meio do sistema de coordenadas UTM, Zona 24 Sul, Datum SIRGAS-2000.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As pressões antrópicas sobre o setor estuarino do rio Acaraú se desenvolveram

de forma mais intensa em meados da década de 1980 e eram relacionadas às atividades de pesca, principalmente a lagosta. No início dos anos 1990 a expansão urbana contribuiu para o desmatamento das áreas de mangue que se intensificou com a introdução da carcinicultura (PESSOA, 2015; SILVA E SANTOS, 2017).

As imagens que foram obtidas para a realização desta pesquisa permitiram identificar a evolução da ocupação pela carcinicultura na área. Na figura 02 é notório que em 1993 a ocupação na área por tanques era restrita ao setor superior da margem direita do estuário, ocupando um total de aproximadamente 181 hectares. Em 2003 o avanço da ocupação se intensificou e já atingia a margem esquerda do estuário, ocupando uma área de 301 hectares, um aumento de 66,30% em relação a 1993.

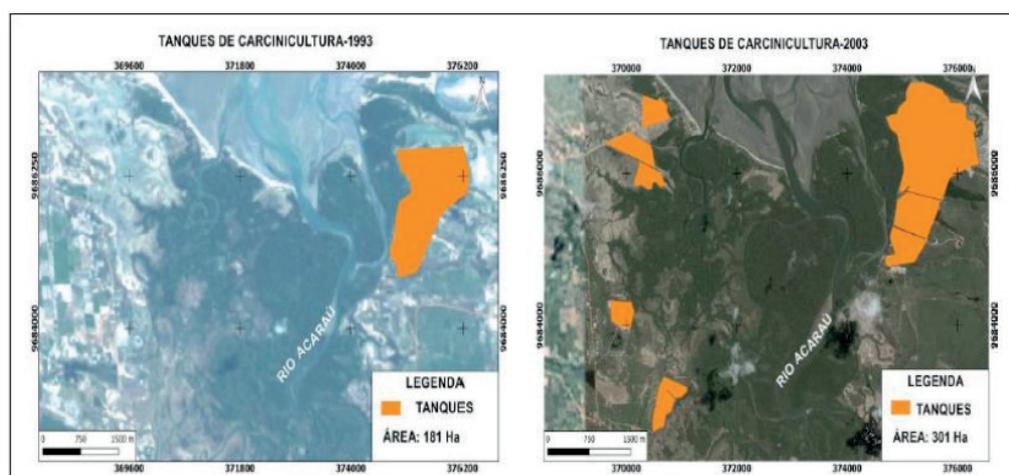


Figura 02- Áreas ocupadas por tanques em 1993 e 2003

Fonte: Imagens obtidas no Google Earth-PRO (2009 e 2016)

Em 2009 a área atingida pela implantação de tanques chegou a um total de 467 hectares, um aumento que corresponde a 55,14%% a mais que 2003. Nesta imagem já é bem nítida a perda de áreas que correspondiam à cobertura vegetal de mangue. Em 2016 a descaracterização da paisagem natural avançou; a ocupação das áreas por tanque chegou a um total de 760,200 hectares, um aumento de 62,7% em relação a 2009. No período analisado (1993-2016) o avanço ultrapassou 580 hectares, mais de 320%.

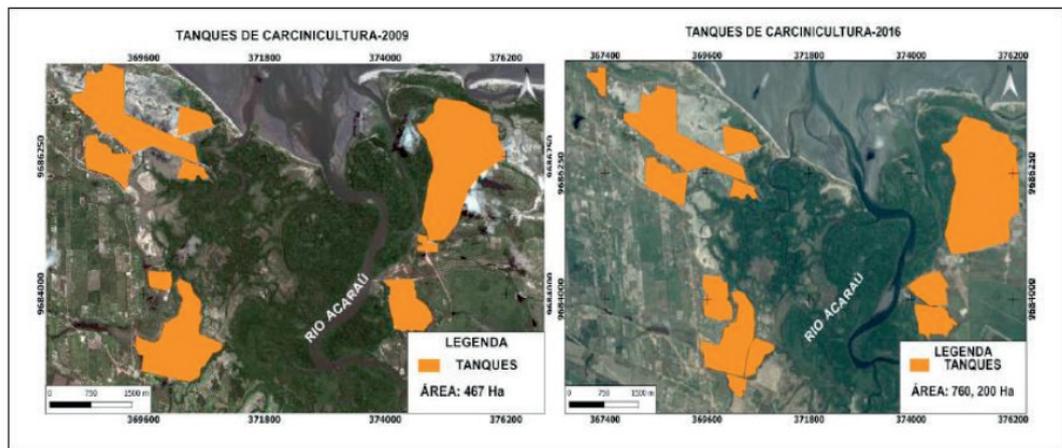


Figura 03- Áreas ocupadas por tanques em 2009 e 2016

Fonte: Imagens obtidas no Google Earth-PRO (2009 e 2016)

É importante destacar que as localizações dos tanques de carcinicultura foram instaladas principalmente em planícies do tipo apicum e outra parte em áreas de manguezais. Para estas instalações foram aproveitados alguns canais pré-existent, além da criação artificial de outros. Ressalta-se que para a construção dos tanques, vias de acesso são construídas, estas aterram e destroem setores de vegetação de mangue e barra alguns córregos, figura 04 (A, B).

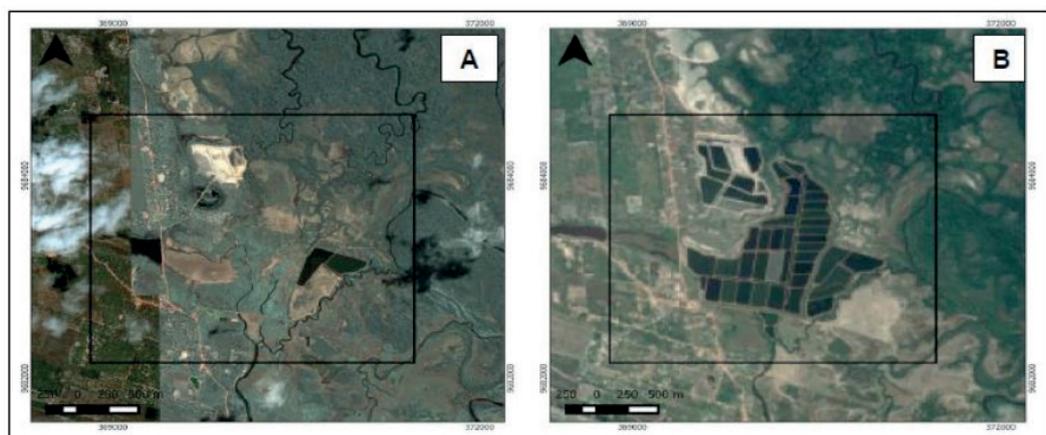


Figura 04- Início da instalação em 2004 (A) e ampliação da instalação em 2016 (B)

Fonte: Quickbird (A) e Google Earth-PRO (B).

O estuário do Rio Acaraú apresenta drenagens do tipo meandantes, sendo que foram evidenciados processos de avulsão fluvial (alterações do curso fluvial), abandono de meandros, migração lateral de canais e criação e erosão de barras em pontais. Destaca-se que as canalizações para os tanques das carciniculturas também influencia neste processo. Na zona litorânea foi verificado um recuo da linha de costa e conseqüente erosão da faixa praial, de mangues e modificações dos percursos dos canais de maré (*tidal inlet*). Os principais processos avulsivos ocorreram na planície de maré devido à morfodinâmica de canais de maré. A avulsão

fluvial são processos fluviais comuns em baixo curso de bacias hidrográficas, sendo, portanto, um importante processo autóctone (TORNQVIST & BRIDGE, 2006).

## 4 | CONCLUSÃO

A atividade de instalação de tanques de carcinicultura foi realizada aproveitando as condicionantes geomorfológicas, associadas a planícies – apicum e manguezal. Desta forma, impactou diretamente nos padrões fluviais e desmatamento. A zona estuarina do Acaraú devido a sua elevada dinâmica espaço-temporal apresenta o fator antrópico como fundamental na configuração da paisagem costeira.

## REFERÊNCIAS

DINIZ, S. F.; MOREIRA, C. A.; CORRADINI, F. A. **Susceptibilidade erosiva do baixo curso do rio Acaraú-CE**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 27, n. 3, p. 355-367, 2008.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação ambiental e desertificação no nordeste brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará**. Tese de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFF, 2006.

PESSOA, P.R.S. **Análise Integrada da evolução da Paisagem no estuário do rio Acaraú**. Tese de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Geografia - UECE, 2015.

SILVA, A.B.F.; SANTOS, C.D. **A carcinicultura em Acaraú: processos, agentes e rebatimentos no espaço urbano e rural**. Anais do III Seminário Regional Comércio, Consumo e Cultura nas Cidades. ISSN: 2318-048X. <http://srccc.com.br>, 2017.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: Lima, L. C; SOUZA, M. J. N; MORAIS, J. O. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Ed. Funece, 268p, 2000.

THIERS, P. R. L.; MEIRELES, A. J. A; SANTOS, J. O. **Ecossistema manguezal na costa oeste cearense: preservação permeada de meias verdades**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016. 126 p.

TORNQVIST, T. E; BRIDGE, J. S. Causes of river avulsion: insights from the late holocene avulsion history of the Mississippi river, U.S.A.—discussion. **Journal of Sedimentary Research**, 2006, v. 76, 959.

## APLICAÇÃO DE CONTORNOS ATIVOS NA EXTRAÇÃO DE FEIÇÕES EM IMAGENS LANDSAT 8 E CBERS 4

Data de aceite: 10/12/2019

**Cleberton Reiz**  
**Rodrigo Bruno Zanin**  
**Erico Fernando de Oliveira Martins**  
**Jordan Luiz Dourado Filgueiras**  
**Jader Willian Evaristo**

Universidade do Estado de Mato Grosso,  
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Sinop – MT

**RESUMO:** As imagens digitais provenientes de plataformas orbitais são a principal fonte de informação para mapeamento e tomada de decisão. Seu uso vêm se popularizando com o passar dos anos e se expandindo para várias áreas. A extração de feições em imagens digitais vem sendo amplamente pesquisada em Análise de Imagens, Fotogrametria e Visão Computacional. Os trabalhos vinculados à extração de feições para geração e atualização de SIG's são, geralmente, divididos nas feições antrópicas como edificações e/ou rodovias e feições naturais como áreas de vegetação ou corpos d'água. Uma das metodologias atrativas para extração de feições e em especial para rios e corpos d'água baseia-se em contornos ativos, formulados com base na evolução de curvas, que podem ter modelos paramétricos (*Snakes*) ou geométricos (*Level set*) (Zanin et al.,

2017). Neste contexto, este trabalho pretende levantar e comparar algumas características dos métodos de contornos ativos paramétricos e geométricos e aplicá-los nas imagens orbitais dos sensores OLI e PAN dos satélites LANDSAT 8 e CBERS 4, para extração de feições, correlacionando essas características com os parâmetros necessários nos modelos matemáticos dos contornos ativos. O presente trabalho faz uso de métodos de Processamento Digital de Imagens (PDI), sendo que a primeira etapa de processamento é conhecida como pré-processamento, no qual consiste em tarefas interconectadas, que podem ser usadas para retirar algumas informações sobre os objetos presentes na cena (QUEIROZ, GOMES, 2001). Posteriormente, na etapa de processamento, as feições de interesse são extraídas com auxílio dos *softwares* Fiji e Icy aplicando *Level Set* e *Snake*, respectivamente. Independente, do método utilizado, os resultados apresentados nesse trabalho apresentam um tempo de extração compatível com as necessidades de aplicações, pois são elaborados de forma semi-automática.

**PALAVRAS-CHAVE:** Contorno ativo; Extração de feições; Sensoriamento remoto

APPLICATION OF ACTIVE CONTOURS  
IN LANDSAT 8 AND CBERS 4 IMAGE  
EXTRACTION

**ABSTRACT:** Digital images from orbital platforms are the main source of information for mapping and decision making. This information has become popular over the years and expanding to various areas. Feature extraction in digital images has been widely researched in Image Analysis, Photogrammetry and Computer Vision. Works related to feature extraction for generation and updating of SIG's are generally divided into anthropogenic features such as buildings and/or highways and natural features such as vegetation areas or water bodies. One of the attractive methodologies for feature extraction and especially for rivers and water bodies is based on active contours, formulated based on the evolution of curves, which can have either parametric (Snakes) or geometric (Level set) models (Zanin et al. al., 2017). In this context, this work intends to study and compare some characteristics of the parametric and geometric active contour methods and apply them to the orbital images of the LANDSAT 8 and CBERS 4 satellites for feature extraction, correlating these characteristics with the parameters. mathematical models of active contours. The present work makes use of Digital Image Processing methods where the first processing step is known as preprocessing, which consists of interconnected tasks that can be used to remove some information about the objects present in the image. scene (QUEIROZ, GOMES, 2001). Later, in the processing stage, the features of interest are extracted using Fiji and Icy software applying Level Set and Snake, respectively. Both methods used in this work have an extraction time compatible with the needs of applications, since they are elaborated semi-automatically.

**KEYWORDS:** Active contour; Feature extraction; Remote sensing

## 1 | INTRODUÇÃO

As imagens digitais provenientes de plataformas orbitais são a principal fonte de informação para mapeamento e tomada de decisão. Os trabalhos vinculados à extração de feições para geração e atualização de SIG's, são geralmente, divididos nas feições antrópicas como edificações e/ou rodovias e feições naturais como áreas de vegetação ou corpos d'água. Uma das metodologias atrativas para extração de feições e em especial para rios e corpos d'água baseia-se em contornos ativos, formulados com base na evolução de curvas, que podem ter modelos paramétricos (*Snakes*) ou geométricos (*Level set*) (Zanin et al., 2017).

Neste contexto, este trabalho pretende levantar e comparar algumas características dos métodos de contornos ativos paramétricos e geométricos e aplicá-los nas imagens orbitais dos sensores OLI e PAN5M dos satélites LANDSAT 8 e CBERS 4, para extração de feições, correlacionando essas características com os parâmetros necessários nos modelos matemáticos dos contornos ativos.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho faz uso de métodos de Processamento Digital de Imagens (PDI), sendo que a primeira etapa de processamento é conhecida como pré-processamento, no qual consiste em tarefas interconectadas, que podem ser usadas para retirar algumas informações sobre os objetos presentes na cena (QUEIROZ, GOMES, 2001).

Neste trabalho utilizou-se cenas que contêm o Rio Teles Pires localizado entre as cidades de Sorriso e Sinop, Mato Grosso, Brasil, que são imagens orbita/ponto 167/113. Para aplicar o modelo de contorno ativo, a referida imagem precisa estar no formato pancromático que é uma imagem em tons de cinza, por este motivo utilizou-se as câmeras pancromáticas dos satélites CBERS 4 e LANDSAT 8. A resolução dessas câmaras são de 5m e 15m, respectivamente. As figuras 1 e 2 apresentam o recorte das imagens utilizadas nas aplicações propostas.

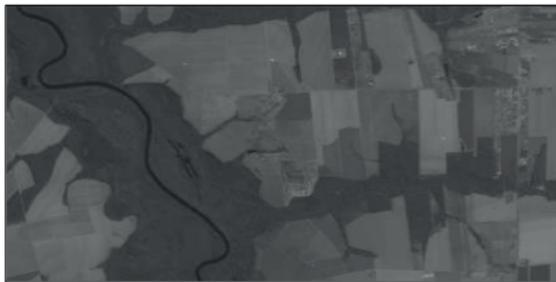


Figura 1 – Imagem PAN do CBERS 4



Figura 2 – Imagem pancromática LANDSAT 8

Entre os modelos de contornos ativos paramétricos, o principal método é a *Snake*, inicialmente propostas por Kass et al. (1988). A *Snake* é definida como “um modelo deformável de segunda ordem (a energia interna do modelo é constituída por derivadas de primeira e segunda ordem), com curva parametrizada pelo seu comprimento  $s$  utilizando dois graus de liberdade de deformação (coordenadas planas da curva  $x(s)$  e  $y(s)$ )” (Zanin et al., 2017). Assim, a energia de deformação da *Snake*  $E(v)$  é:

$$E(v) = \int_a^b (w_1(s)|v_s|^2 + w_2(s)|v_{ss}|^2) ds + \int_a^b w(s)P(v(s)) ds = \lambda E_{\text{inf}}(v) + (1 - \lambda)E_{\text{ext}}(v) \quad (1)$$

A primeira e segunda integral estão relacionadas com a energia interna e externa respectivamente. A primeira controla os parâmetros de elasticidade ( $W_1(S)$ ) e rigidez ( $W_2(S)$ ) da curva no ponto parametrizado por  $s$  enquanto a segunda controla a atração da curva *Snakes* por parte da feição de interesse utilizando a energia da imagem. O parâmetro  $\lambda$  é decorrente das funções dos pesos  $W_1(S)$ ,  $W_2$

( $S$ ) e  $W(S)$  que são utilizados para balancear as energias internas e externas (Zanin et al., 2017).

Os contornos ativos geométricos, também conhecidos como *Level Set* são uma forma alternativa a *Snakes* e pode ser definido com base em uma curva fechada e simples y em um domínio  $\Omega$  onde a evolução dessa curva ocorre em função do parâmetro velocidade, que é aplicado na direção normal à curva, em cada um dos seus pontos. A equação (2) é conhecida como a equação de *Level Set* definida por Osher e Sethian (1988 apud Zanin et al., 2017).

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = V|\nabla \phi| \Rightarrow \frac{\partial \phi}{\partial t} - V|\nabla \phi| = 0 \quad (2)$$

Para comparar os modelos de contornos ativos na extração de corpos d'água, os métodos propostos foram aplicados nos *softwares* Fiji e Icy. O Fiji é um *software open source* de processamento de imagens baseado em uma distribuição do imageJ também utilizado para manipular as cenas (IMAGEJ, 2017). Semelhante ao Fiji, o *software* Icy é uma ferramenta *open source* desenvolvida pelo instituto Pasteur (INSTITUT PASTEUR, 2017).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar a extração das feições de forma semiautomática nas imagens CBERS4 e LANDSAT 8, foram utilizados os *softwares* Fiji e Icy, sendo a aplicação do *Level Set* no Fiji, e o *Snakes* no Icy.

A Figura 3 mostra a imagem pancromática do CBERS4 empregada no Fiji para aplicação do *Level Set*. O algoritmo, que já exige uma imagem 8-bits, também precisa de pontos iniciais, que são chamados de pontos sementes, como é exposto na figura 3. A Figura 4 apresenta o resultado da aplicação de contornos ativos *Level Set*.

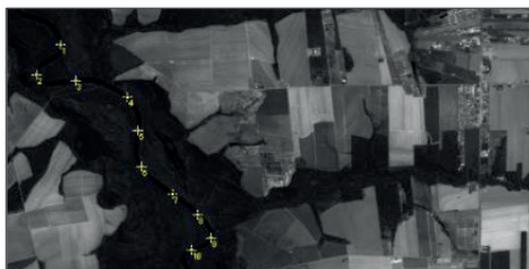


Figura 3 – Sementes implantadas nas ROI's



Figura 4 – Resultado *Level Set*

O mesmo recorte da imagem pancromática do CBERS4 utilizando o *software* Icy com contorno inicial está apresentado na figura 5 e o resultado do *Snakes* está na figura 6.

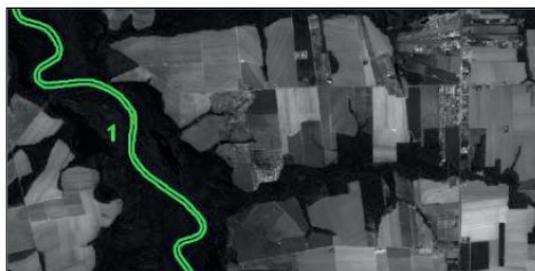


Figura 5 – Extração de feições com *Snakes*

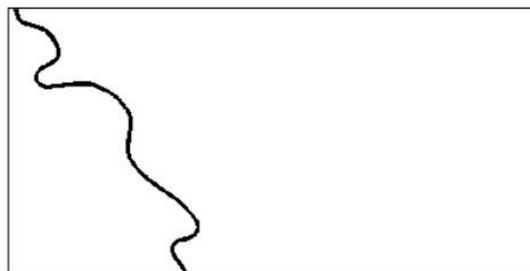


Figura 6 – Resultado *Snakes*

Nota-se, a partir da comparação das figura 4 e 6, que a aplicação com *Snakes* possui melhores resultados visto que na figura 4 os resultados apresentam ruídos no início e final da feição. Um estudo mais rigoroso para definir esse resultado deve ser realizado baseando-se nos parâmetros envolvidos no algoritmo, os quais são: curvatura, limiar de valor cinza, limiar de distância e critério de convergência.

Na aplicação de contornos ativos *Snakes* e *Level Set*, na imagem digital pancromática, advinda do satélite LANDSAT 8 possui próximo ao objeto de interesse níveis de intensidade na escala de tons de cinza muito similar aos níveis da vegetação. Isso implica em uma dificuldade em extrair as feições de interesse. Por esse motivo, na etapa de pré-processamento, é realizado um processo de limiarização. A figura 7 e 8 identificam a aplicação desse processo.

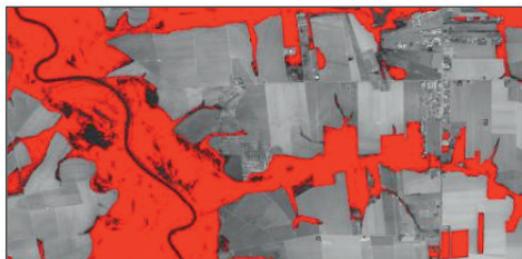


Figura 7 – Aplicação da limiarização



Figura 8 – Resultado da limiarização

As figuras 9 e 10 apresentam respectivamente, os pontos sementes e o resultado da aplicação do *Level Set* e resultados da aplicação na imagem pancromática do LANDSAT 8 após o processo de limiarização indicado na figura 8.



Figura 9 – Extração de feições com *Level Set*

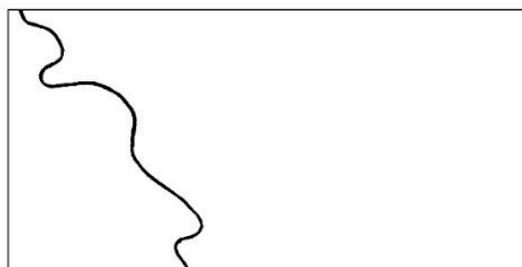


Figura 10 – Resultado *Level Set*

Na figura 11 é apresentado a aplicação da *Snake* com o *software* Icy e na figura 12 é exposto o resultado da aplicação. Fica perceptível, a partir da comparação entre as figuras 10 e 12, que a extração de feições com uso do método *Snakes* proporcionou um resultado impreciso em relação a figura 2, pois o rio é mais espesso do que o resultado apresenta.



Figura 11 – Extração de feições com *Snakes*

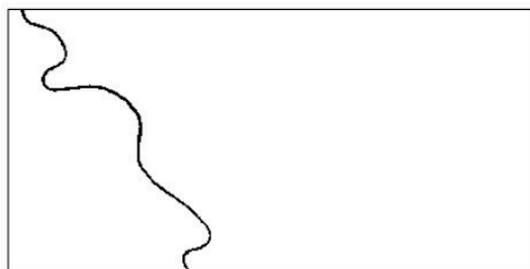


Figura 12 – Resultado *Snakes*

#### 4 | CONCLUSÃO

Os resultados apresentados indicam que ambos os métodos de contornos ativos utilizados geram bons resultados. Na imagem advinda do CBERS4 o método *Snakes* se mostrou mais vantajoso extraíndo o objeto de interesse com poucos ruídos se comparado a mesma imagem extraída com o método *Level Set*. Na imagem LANDSAT 8 a etapa de pré-processamento para extração de feições se tornou mais prejudicada e, neste caso, o método *Level Set* apresentou melhores resultados.

Independente, do método utilizado, os resultados apresentados nesse trabalho apresentam um tempo de extração compatível com as necessidades de aplicações, pois são elaborados de forma semi-automática.

#### REFERÊNCIAS

IMAGEJ. **Software Fiji**, Laboratory for Optical and Computational Instrumentation. Acesso em 01 de julho de 2017, disponível em Projeto Fiji: <<https://fiji.sc/>>

INSTITUT PASTEUR. **Software Icy**, Unidade de Análise Quantitativa de Imagem. Acesso em 01 de julho de 2017, disponível em Comunidade Icy: <<http://icy.bioimageanalysis.org/>>

KASS, M., WITKIN, A., TERZOPOULOS D. **Snakes: Active Contours Models**. International Journal of Computer Vision, v. 1, n.4, p. 321–331, 1988.

OSHER, S., SETHIAN, J. A. **Fronts propagating with curvature-dependent speed: Algorithms based on Hamilton-Jacobi formulations**. Journal of Computational Physics, v. 79, n. 1, p. 12-49, 1988.

QUEIROZ, José Eustácio Rangel de; GOMES, Herman Martins, **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**, Revista RITA, Volume III, 2001.

ZANIN, R. B., MARTINS, E. F. O., DAL POZ, A. P.; **Comparação dos Contornos Ativos Paramétricos e Geométricos na Extração de Corpos D'Águas em Imagens Orbitais**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18., 2017, Santos. **Anais...** Santos: editora, 2017. p. 7574-7581.

## AVANÇOS RECENTES NA OXIDAÇÃO DE ÁLCOOL BENZÍLICO SOBRE CATALISADORES DE OURO E PALÁDIO

Data de aceite: 10/12/2019

Data de submissão: 12/10/2019

### Wiury Chaves de Abreu

Universidade Federal do Piauí – UFPI,  
Departamento de Química  
Teresina-PI

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Maranhão – IFMA  
Buriticupu-MA

orcid.org/0000-0001-9889-7124 / lattes.cnpq.  
br/5621351995306236

### Jean Claudio Santos Costa

Universidade Federal do Piauí – UFPI,  
Departamento de Química  
Teresina-PI

orcid.org/0000-0002-3037-2329 / lattes.cnpq.  
br/1306824345750868

### Carla Verônica Rodarte de Moura

Universidade Federal do Piauí – UFPI,  
Departamento de Química  
Teresina-PI

orcid.org/0000-0002-1192-8336 / lattes.cnpq.  
br/8314351279360798

### Edmilson Miranda de Moura

Universidade Federal do Piauí – UFPI,  
Departamento de Química  
Teresina-PI

orcid.org/0000-0002-5662-7764 / lattes.cnpq.  
br/0624348825872858  
mmoura@ufpi.edu.br

**RESUMO:** Nas últimas décadas os sistemas oxidativos utilizando álcool benzílico e nanopartículas de ouro e paládio foram exploradas significativamente e desempenharam papéis importantes na síntese orgânica. Vários compostos foram sintetizados com controle do tamanho e dispersão das nanopartículas metálicas sobre os suportes, visando a obtenção de materiais cada vez mais ativos. Além disso, as condições reacionais, incluindo temperatura, tempo, quantidade de catalisador, oxidante e solvente foram investigadas para ajustar a conversão e seletividade. A exploração do mecanismo de obtenção dos derivados de álcool benzílico, nos descreve o efeito dos catalisadores heterogêneos e as vias reacionais para obtenção dos compostos benzaldeído, tolueno, eter dibenzílico, benzeno, ácido benzoico e benzoato de benzila. Por fim, essa revisão tem a finalidade de apresentar os principais avanços relacionados a utilização de nanopartículas de ouro e paládio em reações de oxidação do álcool benzílico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ouro; Paládio; Oxidação álcool benzílico.

**ABSTRACT:** In recent decades oxidative systems using benzyl alcohol and gold and palladium nanoparticles have been explored significantly and played important roles in organic synthesis. Several compounds were

synthesized with control of the size and dispersion of metallic nanoparticles on the supports, aiming to obtain increasingly active materials. In addition, reaction conditions including temperature, time, amount of catalyst, oxidant and solvent were investigated to adjust conversion and selectivity. Exploring the mechanism for obtaining benzyl alcohol derivatives describes the effect of heterogeneous catalysts and the reaction pathways for obtaining benzaldehyde, toluene, ether dibenzyl, benzene, benzoic acid and benzyl benzoate compounds. Finally, this review aims to present the main advances related to the use of gold and palladium nanoparticles in oxidation reactions of benzyl alcohol.

**KEYWORDS:** Gold; Palladium; Benzyl alcohol oxidation.

## 1 | INTRODUÇÃO

A reação oxidativa do álcool benzílico (BnOH) em compostos carbonílicos é uma transformação muito atraente e desafiadora, tanto do ponto de vista sintético quanto industrial, os produtos formados (benzaldeído, ácido benzoico e benzoato de benzila) são compostos valiosos e comumente utilizados em produtos farmacêuticos, perfumarias, cosméticos, corantes e agroquímicos (NAIK et al., 2011). Atualmente o processo de oxidação mais utilizado industrialmente envolve catálise na presença de cromatos, brometos e sulfatos em elevadas proporções molares e/ou a presença de solventes orgânicos tóxicos e voláteis (acetona, clorofórmio, tolueno, n-butanol e metanol) (NAIK et al., 2011).

Haja visto os impactos ambientais causados por reações oxidativas usuais, anteriormente citadas, estudos científicos estão sendo realizados com o objetivo de proporcionar condições alternativas e que minimize a formação de resíduos orgânicos indesejáveis (MANDAL; CHOWDHURY, 2017). E como foco principal surge reações livres de solventes, utilização de oxigênio molecular, ar ou peróxido de hidrogênio como agente oxidante e aplicação de catalisadores heterogêneos, que podem ser reutilizados posteriormente e ainda apresentam como vantagens razões reacionais sub-estequiométricas associadas a uma boa capacidade catalítica efetiva (HONG et al., 2012; MANDAL; CHOWDHURY, 2017).

Diversos catalisadores formados por nanopartículas suportadas (por exemplo Au, Pd, Cu, Ni e Al) foram investigados para aumentar a conversão e/ou seletividade da oxidação do álcool benzílico em presença apenas de oxigênio molecular (CHOUDHARY; DUMBRE; BHARGAVA, 2009; NDOLOMINGO; MEIJBOOM, 2017). Sendo que aproximadamente 50% da literatura publicada está relacionada a catalisadores formados por NPs de ouro ou paládio e sistemas bimetálicos com esse metais (DE ABREU et al., 2018). O ótimo desempenho catalítico das nanopartículas de metais nobres estão associados ao processo de obtenção, tamanho, morfologia, valência, propriedades físico-químicas e natureza do suporte utilizado (CHAN-THAW;

SAVARA; VILLA, 2018). Porém a aplicação das partículas pré-formadas diretamente a sistemas de oxidação, não garante boas conversões, sendo necessário a utilização de um suporte que melhore a dispersão dessas nanopartículas e aumente a superfície de contato com o substrato (HARUTA, 2003).

Outro desafio para aplicação das nanopartículas metálicas em reações oxidativas do álcool benzílico é o controle da seletividade (KARIMI et al., 2015). Os produtos mais relatados na literatura são benzaldeído, obtido a partir da reação oxidativa direta do BnOH e ácido benzoico ou benzoato de benzila, sendo esses formados após reações oxidativas sucessivas com os compostos aldeídos e ácidos carboxílicos. Porém, reações paralelas também podem ocorrer e gerar tolueno, água e éter dibenzílico (GALVANIN et al., 2018).

Seguindo o exposto até o presente momento, esta revisão tem o propósito de apresentar uma descrição dos diversos sistemas catalíticos formados por nanopartículas de ouro e paládio utilizados na oxidação de álcool benzílico. A importância do tamanho e da morfologia das nanopartículas individualmente de ouro e paládio será discutido antes de demonstrarmos as vantagens da formação de uma liga dos metais. Em seguida, será discutido a influência das condições experimentais, juntamente com o mecanismo das reações oxidativas.

## 2 | ESTUDO DOS CATALISADORES

A atividade de sistemas catalíticos formados por ouro e paládio é diretamente depende da morfologia, tamanho dessas nanopartículas e natureza do suporte, quando usado. Mostraremos que diversos estudos são realizados para obtenção de métodos de preparação que apresente modificação no tamanho, dispersão e morfologia, após adição de agente estabilizante, agente redutor e suporte. Outro ponto importante é a influência na conversão e seletividade após a interação ouro e paládio em sistemas bimetálicos.

### 2.1 Au

No campo das oxidações de álcoois, os primeiros estudos relatam o uso de nanopartículas de ouro sem a presença de suporte e como resposta foi observado que o aumento na atividade estava associado ao menor tamanho de partícula, porém agregados eram facilmente formados (COMOTTI et al., 2004). Com as Au NPs suportadas em carbono para evitar a agregação das partículas e sem ser observado a interação suporte e ouro, resultados mostraram que maiores nanopartículas foram favoráveis a oxidação até um tamanho ótimo de 7,5 nm (PORTA et al., 2000).

Quando aplicada na oxidação do álcool benzílico, estudos demonstram que as nanopartículas com tamanhos entre 2 e 12 nm apresentam maior efeito catalítico

e melhor seletividade (HARUTA, 1997). Abad *et al.* sintetizaram nanopartículas de ouro com tamanhos variando de 5 a 25 nm e utilizaram como catalisadores após serem suportadas em óxido de cério. Como resultado, observaram que a conversão do álcool benzílico em benzaldeído era inversamente proporcional ao tamanho das nanopartículas, ou seja, a medida que foram sendo realizados testes com Au NPs maiores, menores rendimentos eram obtidos (ABAD; CORMA; GARCÍA, 2008).

Alhumaimess e coautores (2012) realizaram testes catalíticos com nanopartículas de ouro depositadas em diferentes óxidos de cério, sendo realizados experimentos com três catalisadores diferentes, onde dois foram obtidos comercialmente e apresentavam tamanho de 1 a 4 nm para o ouro e um outro sintetizado a partir de espumas de  $\text{CeO}_2$  com Au NPs de 8 nm. Os resultados para oxidação do álcool benzílico mostraram que as nanopartículas com menores tamanhos apresentaram os piores resultados e ao contrário disso as melhores conversões foram observadas para as Au NPs com 8 nm. A seletividade também foi estudada pelos pesquisadores, sendo que em todas reações oxidativas a quantidade de benzaldeído formado foi superior a 94 % (ALHUMAIMESS *et al.*, 2012).

Diferentes da maioria dos estudos para reação de oxidação de álcool benzílico catalisada com nanopartículas de ouro, Ballarin *et al.* pesquisaram a eficiência de Au NPs com tamanhos de 10 a 20 nm suportadas em óxidos de silício, alumínio e titânio. Os resultados apresentados nesse artigo mostram que os catalisadores formados com tamanhos de partículas de  $15 \pm 4$  nm foram os mais eficientes, obtendo conversão de álcool benzílico aos seus respectivos derivados, superior a 84 %. No que se relaciona a seletividade, nas melhores condições experimentais foi obtido quantidades de 74 e 26 % de benzaldeído e ácido benzoico, respectivamente (BALLARIN *et al.*, 2017).

Assim, temos que a síntese de nanopartículas de ouro além de enriquecer a pesquisa no que tange a obtenção de diferentes tamanhos e morfologias do metal, também nos proporciona um entendimento relacionado ao desempenho catalítico e seletivo nas reações de oxidação, principalmente do álcool benzílico.

## 2.2 Pd

No campo das reações oxidativas de álcool o paládio é um catalisador heterogêneo capaz de ser aplicado a uma vasta gama de substratos. No artigo de comunicação publicado por Karimi e colaboradores (KARIMI *et al.*, 2006). Pd NPs com tamanho médio de 7 nm foram suportadas em SBA-15 e aplicadas na oxidação de vinte e dois diferentes tipos de álcoois, com a presença de tolueno como solvente. Os autores afirmam que o catalisador apresentou atividade para oxidação de álcoois alílicos com excelente seletividade para compostos carboxílicos  $\alpha$ - $\beta$ -insaturados. Na oxidação de álcoois alifáticos primários, foi observado a formação

de ésteres correspondentes como produto predominante. E para os álcoois alifáticos secundários, conversões moderadas (<53%) foram alcançadas e compostos cetônicos obtidos majoritariamente.

A utilização de paládio para o processo de oxidação do álcool benzílico passou a receber expressivo empenho científico nas últimas duas décadas. Diferentes estudos indicaram que o tamanho e a morfologia das nanopartículas de Pd são fatores chave na determinação da atividade catalítica e seletividade. Li *et al.* (2008) utilizaram Pd NPs com tamanhos médios ajustáveis em uma faixa de 2,0 a 10,5 nm sobre zeólita NaX. Os resultados catalíticos mostram que as nanopartículas de maiores tamanhos (5,4 e 10,5 nm) tiveram as piores atividades catalíticas e o contrário ocorreu com as partículas de diâmetro menores que revelaram boas atividades, sendo o rendimento máximo obtido com Pd NPs de 2,8 nm. A seletividade também foi relatada pelos pesquisadores, que obtiveram em todos os testes quantidades superiores a 94% de benzaldeído.

Nanopartículas com diâmetro médio de 15 nm suportadas em anatase, foram utilizadas por Liu *et al.* (2015) no processo de oxidação aeróbica na presença de  $H_2O_2$ . Os melhores resultados de rendimento obtidos foram de 65% com seletividade para benzaldeído de 96%). Zamani e Hosseini (2014) realizaram uma pesquisa atípica, utilizando compósito formado por magnetita modificada superficialmente com cisteína para captura de Pd NPs. Os pesquisadores afirmam que a metodologia de modificação superficial com o aminoácido foi fundamental para captura e imobilização das nanopartículas que tiveram tamanho médio de 3 nm. Com relação a oxidação do álcool benzílico, os melhores resultados foram conversão e seletividade para benzaldeído de 84 e 99%, respectivamente.

Apesar de mostrarmos nessa seção, alguns estudos que viabiliza o entendimento da catalise oxidativa frente a Pd NPs, ainda percebemos durante nossas investigações que a aplicação de paládio a sistema de oxidação ainda é algo desafiador e que possivelmente tem muitos conhecimentos a serem descobertos.

### 2.3 Liga AuPd

Materiais catalíticos bimetálicos, compostos de dois elementos metálicos diferentes, possuem maior interesse em determinadas aplicações quando comparado aos monometálicos, isso ocorre porque a bimetalização pode melhorar as propriedades catalíticas (YAN; XIAO; KOU, 2010). Os resultados de melhoramento após a adição do segundo metal está relacionado em termos do efeito ligante ou transferência de elétrons entre os metais (SACHTLER; VAN SANTEN, 1977). Tais aprimoramentos de atividade catalíticas foram observados em diversos sistemas ouro-paládio, e acredita-se que decorre dos efeitos eletrônicos sinérgicos, nos quais os átomos de Au extraem a densidade eletrônica dos átomos de paládio e

consequentemente aumentando a interação dos átomos de Pd com o substrato (DIMITRATOS et al., 2006; SCOTT et al., 2004).

De acordo com Villa e colaboradores (2015) em sistemas oxidativos de substratos alcoólicos, o passo limitante para catalisadores formados por nanopartículas de ouro é a abstração do hidreto, enquanto materiais ricos em paládio tem como dificultador de atividade a transferência do hidrogênio após a formação do intermediário Pd-H. Com isso, a procura por formação de estruturas bimetálicas AuPd tem a finalidade de desenvolver catalisadores capazes de oxidar álcoois sem adição de promotores e em curto tempo reacional.

Hou, Dehm e Scott (2008) realizaram a síntese de ligas metálicas AuPd em proporções molares de 1:3, 1:1 e 3:1 (Au:Pd), utilizando PVP e NaHB<sub>4</sub> como estabilizante e redutor. As liga metálicas apresentaram diâmetros médios  $2,7 \pm 0,7$  nm (Au:Pd = 1:3),  $2,7 \pm 1,2$  nm (Au:Pd = 1:1) e  $4,0 \pm 1,5$  (Au:Pd = 3:1) e foram utilizadas inicialmente na oxidação de álcool benzílico em meio aquoso. Os autores não relatam os rendimentos, porém afirmam a partir da TOF, obtido após 6 horas de reação, que o catalisador AuPd 1:3 apresentou melhor atividade catalítica e seletividade de 97,9 % para benzaldeído. Posteriormente o catalisador AuPd 1:3 foi testado frente aos substratos butan-1-ol, butan-2-ol, but-2-en-1-ol e butano-1,4-diol, sob 1 atm de O<sub>2</sub> e 62 °C. Ambos processos oxidativos apresentaram boas conversões e seletividades quando utilizado a liga AuPd 1:3 e comparados a utilização na nanopartículas puras. É interessante frisarmos que durante esse trabalho os autores não utilizaram materiais para suportar as nanopartículas metálicas.

O álcool benzílico por se tratar de um álcool aromático ativo é bastante utilizado em reação modelo com ligas metálicas AuPd. Embora se tenha uma rica literatura a respeito desses sistemas catalíticos, novos estudos ainda buscam modular as taxas de conversão e seletividade com base na natureza do suporte, condições de síntese das NPs e dos experimentos oxidativos.

## 2.4 Efeito do suporte

Os estudos das nanopartículas de ouro e paládio relatados anteriormente mostraram que o tamanho e morfologia não são os únicos fatores envolvidos nas atividades catalíticas. Várias pesquisas também indicaram que a natureza do suporte e suas interações com as NPs influenciam a atividade catalítica (LI et al., 2013). O suporte normalmente desempenha diversas funções, como aumento da área superficial e do grau de dispersão das nanopartículas ativas, além de melhorar a estabilidade térmica do catalisador e diminuir os custos de síntese. Existem inúmeros tipos de suportes, entre eles os óxidos metálicos, carvão ativo, nanotubos de carbono, zeólitos, polímeros e estruturas organometálicas (HARADA et al., 2007; PRATI et al., 2012; QI et al., 2013).

Fang e colegas de pesquisa (2011), após sintetizarem nanopartículas de ouro menores que 4 nm suportadas nos materiais  $\text{SiO}_2$ , SBA-15, nanotubo de carbono,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{MgO}$  e hidrotalcita, observaram que o caráter ácido ou básico do suporte, influência diretamente na conversão e seletividade das reações de oxidação do álcool benzílico. Os pesquisadores constataram que os suportes de caráter básico oferecem maior seletividade em relação ao benzaldeído, enquanto aqueles com maior acidez são mais ativos para a conversão de álcool benzílico. Os catalisadores neutros ou de baixa acidez e basicidade eram quase inativos e menos seletivos, enquanto que o catalisador a base de hidrotalcita, que apresentou acidez e basicidade forte exibiam alta atividade e excelente seletividade. Ao final foi proposto que a desidrogenação do álcool benzílico prosseguia através da clivagem da ligação O-H para formar um intermediário alcóxido adsorvido que posteriormente sofre eliminação do  $\beta$ -H para produzir benzaldeído. Os locais básicos no suporte facilitam a formação do intermediário alcóxido. E os sítios ácidos participam na transformação de hidreto de Au, formado no passo de eliminação  $\beta$ -H, para molecular  $\text{H}_2$ .

Existem outros fatores que influenciam o papel do suporte nos sistemas catalíticos como por exemplo o estado de oxidação, concentração dos metais, tamanho das partículas, fases cristalinas, entre outras propriedades físico-químicas que não especificamos aqui, porém com os relatos apresentados entendemos que o efeito do suporte ainda estará em debate e necessitara de muitos esforços para compreender completamente sua importância.

### 3 | CONDIÇÕES REACIONAIS

Nesta seção, iremos resumir, a partir de resultados recentes, tentativas de interpretar os efeitos das condições de reação para oxidação do álcool benzílico. As características das nanopartículas quando necessário serão relatadas, porém aqui não consistira no foco principal. Os estudos da influência da temperatura reacional, tempo de reação, quantidade de catalisador, concentração do álcool benzílico, tipo de oxidante e utilização de solvente, apresentaremos logo em seguida.

#### 3.1 Temperatura

O fator temperatura tem sido fortemente pesquisado, pois afeta diretamente na conversão e seletividade do produto. De acordo com a literatura, a tendência geral é obtenção de conversões mais altas ao aumentar a temperatura reacional. Estudos são publicados com diversos patamares de temperatura, mas sempre na faixa de 40 a 120 °C e poucas vezes acima de 140 °C (BEHERA; PARIDA, 2012; ENACHE et al., 2007). Porém, Strukul (1998) afirma que reações oxidativas tendem a diminuir a conversão quando se aumenta a temperatura para valores superiores a 70 °C, mas

vale ressaltar que o pesquisador relacionou tal fato a utilização de  $\text{H}_2\text{O}_2$  que sofria auto decomposição em oxigênio molecular e não poderia participar eficientemente do processo oxidativo.

Em reações livres de solventes é comum a utilização de temperaturas mais elevadas aproximadamente  $100\text{ }^\circ\text{C}$ . Wu, Zhang e Wang (2005) publicaram um comunicado no qual observaram que o aumento da temperatura de  $88$  para  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , aumenta a conversão de  $8$  para  $60\%$ , mas uma leve queda na seletividade ( $96$  para  $90\%$ , respectivamente) ocorre, o catalisador utilizado pelos autores foi  $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$ . O estudo de Cao *et al.* (2011) com catalisador  $\text{AuPd}/\text{TiO}_2$ , mostrou que o aumento de temperatura ocasionava a obtenção de maiores conversões, porém a seletividade foi ligeiramente diminuída.  $20\%$  de conversão foi observado a  $80\text{ }^\circ\text{C}$ , ao passo que a  $140\text{ }^\circ\text{C}$  o álcool era transformado em produtos na quantidade de aproximadamente  $84\%$ . A seletividade para benzaldeído diminuiu de  $81\%$  a  $80\text{ }^\circ\text{C}$  para  $56\%$  a  $140\text{ }^\circ\text{C}$ , enquanto o tolueno aumenta de  $16\%$  a  $40\%$  na mesma faixa de temperatura.

### 3.2 Tempo

O tempo reacional muitas vezes é relatado juntamente com o perfil de saturação da conversão, ou seja, os pesquisadores ao procurarem as melhores atividades catalíticas, acabam promovendo reações de  $6$ ,  $12$  e até  $24$  horas. No grupo de pesquisa de Moura, vários trabalhos foram realizados com a finalidade de obtenção da máxima conversão em função do tempo (DE ABREU *et al.*, 2018; GUALTEROS *et al.*, 2019; MOURA *et al.*, 2015; PEREIRA *et al.*, 2019). Por exemplo, Moura *et al.*, (2015) sintetizaram nanopartículas de ouro suportadas em  $\text{MgO}/\text{MgFe}_2\text{O}_4$  e atingiram máxima atividade, com  $86\%$  de conversão após  $10$  horas de reação. Outra observação foi a alteração da seletividade, que inicialmente era para benzaldeído, mas com o decorrer do tempo passou a ser para ácido benzoico.

### 3.3 Quantidade de catalisador

A dependência da quantidade de catalisador está associada diretamente a proporção molar das nanopartículas metálicas e do álcool benzílico. Frequentemente é usado como quantidade padrão  $4,1\text{ }\mu\text{mol}$  de metal para  $9,6\text{ mmol}$  de álcool benzílico, ou seja, uma proporção molar de  $1:2340$  (metal/BnOH). (CASTRO *et al.*, 2018; DE ABREU *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2019) foram realizados experimentos catalíticos com proporção molar de aproximadamente  $1:1600$  (metal/BnOH). Os resultados apresentados mostraram que as nanopartículas bimetálicas  $\text{AuPd}$  suportadas em  $\text{SrCO}_3$  nas condições favoráveis, apresentou conversão  $> 90\%$  e seletividade aproximada de  $80\%$  para benzaldeído.

### 3.4 Oxidante

Diversos oxidantes são utilizados nas transformações de álcool benzílico em seus respectivos produtos carbonílicos. Porém iremos discutir nessa seção apenas a utilização de peróxido de hidrogênio, ar atmosférico e oxigênio molecular, isso porque as publicações que utilizam nanopartículas metálicas como catalisadores, empregam nos processos reacionais um desses materiais oxidantes. Além do mais, são considerados oxidantes limpos e ambientalmente amigáveis, visto que apresenta como subproduto  $H_2O$  e  $O_2$  (esse último quando utilizado  $H_2O_2$ ) (GALLEZOT, 1997; PRITCHARD et al., 2010).

Zhan e colaboradores (2012) executaram experimentos oxidativos do álcool benzílico na presença de nanopartículas de ouro suportadas em TS-1 (silicato de titânio) e peróxido de hidrogênio. Para os pesquisadores, a quantidade de  $H_2O_2$  é crucial na oxidação do álcool benzílico, pois razões molares  $H_2O_2/BnOH$  abaixo dos valores estequiométricos provocaram pequenas conversões, porém quantidades maiores de  $H_2O_2$  aumentaram significativamente as conversões. No entanto, também foi observado, que o aumento da quantidade de peróxido de hidrogênio provocou a superoxidação do benzaldeído. Com isso, a atividade ótima foi obtida com razão molar  $H_2O_2/BnOH$  de 1,25.

Porém a maioria dos estudos são realizados utilizando oxigênio molecular como oxidante, pois a tendência é que conversão e seletividade tenha influência da pressão utilizada no sistema (MALLAT; BAIKER, 2004). Para Davis e Barteu (1988) os átomos de oxigênio disponíveis nos sistemas oxidativos, apresentam características de reagir como base de Brønsted com doadores de prótons, estabilizar espécies alcóxido na superfície do catalisador, alterar a interação dos compostos carbonílicos com o catalisador, promover oxidação nucleofílica de aldeídos em carboxilatos e eliminar hidrogênio que estaria disponível para reação de hidrogenação.

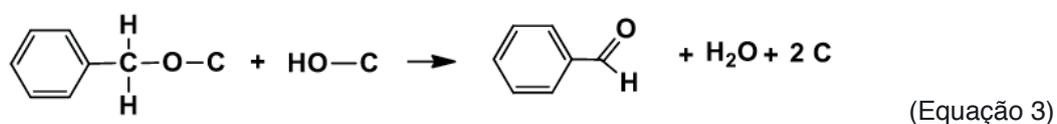
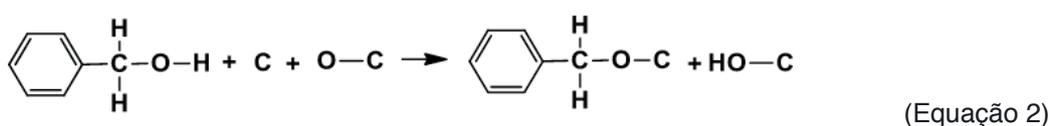
### 3.5 Solvente

Mesmo que o atual apelo da comunidade científica esteja relacionado as reações de oxidação verde, que apresente condições suaves, usando oxigênio molecular e livre de qualquer tipo de solvente ou aditivo (WANG et al., 2012) aqui iremos apresentar alguns estudos recentes que fizeram a utilização de solventes e quais os impactos apresentados. Yang *et al.* (2008) realizaram estudos oxidativos na presença de  $Au/TiO_2$  e apresentando como objetivo principal o efeito do solvente. Para isso, experimentos foram realizados sem a presença de solvente, assim como utilizando p-xileno, etanol e água. De acordo com os dados presente na publicação, a atividade catalítica na presença de água foi maior do que nos solventes orgânicos etanol e p-xileno e em condições sem solvente. Esse ocorrido pode estar associado, não exclusivamente, a solubilidade do oxigênio molecular na água ser maior do que no etanol e p-xileno. Mas os autores foram mais adiante e pesquisaram a influência

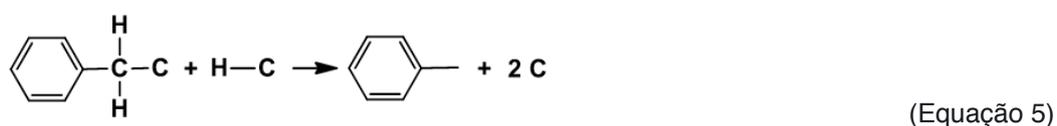
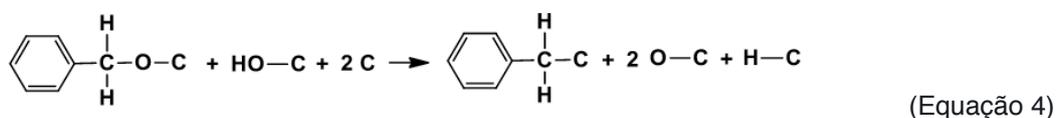
da utilização do sistema bifásico água/p-xileno, onde observaram inicialmente que o catalisador e o substrato ficaram dissolvidos na fase aquosa, porém ao dar início a agitação vigorosa e uma homogeneidade ser estabelecida, as interfaces das micropartículas entre a fase aquosa e a fase orgânica favoreceram a transferência de massa e conseqüentemente o benzaldeído formado se difundiu em p-xileno, resultando em seletividade superior a 99%, o que não foi observado quando se utilizou apenas água como solvente.

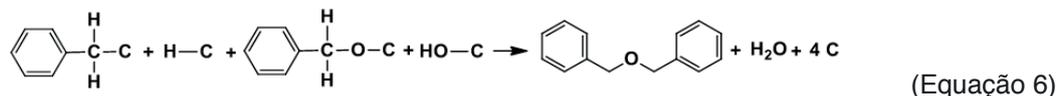
#### 4 | MECANISMO

Uma das principais etapas da pesquisa química que envolve utilização de catalisadores é a compreensão do mecanismo em nível elementar. Os estudos de Savara et al, ao utilizar Pd/C e AuPd/C e considerando a formação de seis produtos reacionais: benzaldeído, tolueno, éter dibenzílico, benzeno, ácido benzoico e benzoato de benzila, nos mostra uma ideia mecanística que iremos resumidamente apresentar em seguida (SAVARA et al., 2015, 2016, 2017). Ilustraremos as equações propostas pelos autores, mas de modo reduzido e representando os locais do catalisador por "C". Inicialmente o oxigênio e o álcool adsorvem de forma dissociativa na superfície do catalisador, com a dissociação do álcool ocorrendo em direção a um alcóxi e facilitada por um oxigênio em superfície (Equações 1 e 2). Em seguida, o alcóxi pode desidrogenar e formar o benzaldeído (Equação 3).

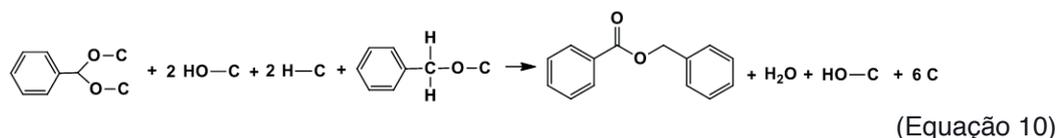
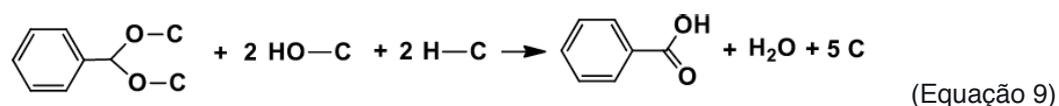
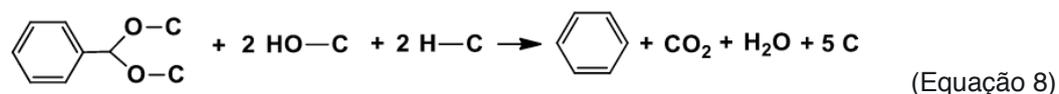
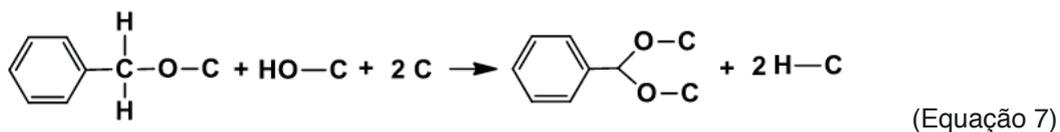


Porém os autores relatam que alternativamente o alcóxi pode perder um oxigênio e formar um alquil (Equação 4). Posteriormente, o alquil reage com o hidrogênio da superfície e forma tolueno (Equação 5), ou então, se estiver em contato também com o OH e alcóxi na superfície o éter dibenzílico é sintetizado (Equação 6). Essas equações, são as únicas que explicam o aparecimento de tolueno e éter dibenzílico.





A formação do intermediário carboniloxil a partir da reação do álcool e oxigênio (Equação 7), leva a formação de benzeno, ácido benzoico e benzoato de benzila (Equações 8, 9 e 10, respectivamente), o que de certo ponto explica o surgimento desses produtos concomitantemente em alguns sistemas oxidativos.



## 5 | CONCLUSÃO

A oxidação do álcool benzílico sobre nanopartículas de ouro e paládio foram exploradas minuciosamente nas últimas décadas. Os primeiros estudos estiveram relacionados ao modo de obtenção das NPs em menores faixas de tamanhos (2 a 6 nm), pois foram observados em alguns estudos que esses tamanhos eram os mais ativos. A adição de material sólido como suporte, tem desempenhado um papel modulatório nas propriedades de dispersão e estabilização das NPs, assim como as propriedades eletrônicas em sistemas bimetalicos. Foi observado que nanopartículas de ouro possuem dificuldade de abstração do hidrogênio, enquanto as nanopartículas de paládio formam hidretos estáveis que dificultam o efeito catalítico, com isso, sistemas bimetalicos AuPd foram montados para associar as potencialidades de ambos metais e assim obter maiores conversões e seletividades. As condições reacionais variam bastantes, mas estão relacionadas diretamente as conversões e seletividades, sendo que em condições mais seletivas se obtém os melhores resultados. O estudo mecanístico apresentado de certo modo detalhou os caminhos reacionais para obtenção dos derivados do álcool benzílico. Ao analisarmos essa revisão, percebemos que a extensão do conhecimento relacionados as nanopartículas de ouro e paládio na oxidação de álcool benzílico avançou significativamente nas últimas décadas, mas ainda necessita de novas pesquisas para preenchimento de lacunas relacionadas aos efeitos estruturais dos catalisadores.

## REFERÊNCIAS

- ABAD, A.; CORMA, A.; GARCÍA, H. Catalyst parameters determining activity and selectivity of supported gold nanoparticles for the aerobic oxidation of alcohols: The molecular reaction mechanism. **Chemistry - A European Journal**, 2008.
- ALHUMAIMESS, M. et al. Oxidation of benzyl alcohol by using gold nanoparticles supported on ceria foam. **ChemSusChem**, v. 5, n. 1, p. 125–131, 2012.
- BALLARIN, B. et al. Supported Gold Nanoparticles for Alcohols Oxidation in Continuous-Flow Heterogeneous Systems. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, 2017.
- BEHERA, G. C.; PARIDA, K. M. Liquid phase catalytic oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde over vanadium phosphate catalyst. **Applied Catalysis A: General**, 2012.
- CASTRO, K. P. R. et al. Aerobic Oxidation of Benzyl Alcohol on a Strontium-Based Gold Material: Remarkable Intrinsic Basicity and Reusable Catalyst. **Catalysts**, v. 8, n. 2, p. 83, 2018.
- CHAN-THAW, C.; SAVARA, A.; VILLA, A. Selective Benzyl Alcohol Oxidation over Pd Catalysts. **Catalysts**, v. 8, n. 10, p. 431, 30 set. 2018.
- CHOUDHARY, V. R.; DUMBRE, D. K.; BHARGAVA, S. K. Oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde by tert-butyl hydroperoxide over nanogold supported on TiO<sub>2</sub> and other transition and rare-earth metal oxides. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 48, n. 21, p. 9471–9478, 2009.
- COMOTTI, M. et al. The catalytic activity of “naked” gold particles. **Angewandte Chemie - International Edition**, 2004.
- CONSTANTINO, A. et al. Continuous Heterogeneously Catalyzed Oxidation of Benzyl Alcohol in a Ceramic Membrane Packed-Bed Reactor. **Organic Process Research and Development**, v. 19, n. 12, p. 1973–1979, 2015.
- DA S. MELO, I. E. M. et al. Au–Pd Selectivity-switchable Alcohol-oxidation Catalyst: Controlling the Duality of the Mechanism using a Multivariate Approach. **ChemCatChem**, v. 11, n. 13, p. 3022–3034, 4 jul. 2019.
- DAVIS, J. L.; BARTEAU, M. A. The influence of oxygen on the selectivity of alcohol conversion on the Pd(111) surface. **Surface Science**, 1988.
- DE ABREU, W. C. et al. Magnesium surface enrichment of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanoparticles immobilized with gold: Reusable catalysts for green oxidation of benzyl alcohol. **RSC Advances**, v. 8, n. 7, p. 3903–3909, 2018.
- DELL'ANNA, M. M. et al. Oxidation of benzyl alcohols to aldehydes and ketones under air in water using a polymer supported palladium catalyst. **Journal of Molecular Catalysis A: Chemical**, 2014.
- DIMITRATOS, N. et al. Pd and Pt catalysts modified by alloying with Au in the selective oxidation of alcohols. **Journal of Catalysis**, v. 244, n. 1, p. 113–121, 15 nov. 2006.
- ENACHE, D. I. et al. Solvent-free oxidation of benzyl alcohol using titania-supported gold-palladium catalysts: Effect of Au-Pd ratio on catalytic performance. **Catalysis Today**, 2007.
- FANG, W. et al. Hydrotalcite-supported gold catalyst for the oxidant-free dehydrogenation of benzyl alcohol: Studies on support and gold size effects. **Chemistry - A European Journal**, 2011.

- GALLEZOT, P. Selective oxidation with air on metal catalysts. **Catalysis Today**, 1997.
- GALVANIN, F. et al. On the development of kinetic models for solvent-free benzyl alcohol oxidation over a gold-palladium catalyst. **Chemical Engineering Journal**, v. 342, p. 196–210, jun. 2018.
- GUALTEROS, J. A. D. et al. Synthesis of highly dispersed gold nanoparticles on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, and TiO<sub>2</sub> for the solvent-free oxidation of benzyl alcohol under low metal loadings. **Journal of Materials Science**, v. 54, n. 1, p. 238–251, 2019.
- HARADA, T. et al. A simple method for preparing highly active palladium catalysts loaded on various carbon supports for liquid-phase oxidation and hydrogenation reactions. **Journal of Molecular Catalysis A: Chemical**, 2007.
- HARUTA, M. Size- and support-dependency in the catalysis of gold. **Catalysis Today**, 1997.
- HARUTA, M. Nanoparticles Can Open a New World of Heterogeneous Catalysis. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 5, n. 1/2, p. 3–4, abr. 2003.
- HONG, Y. et al. Bimetallic Au–Pd/MgO as efficient catalysts for aerobic oxidation of benzyl alcohol: A green bio-reducing preparation method. **Applied Catalysis A: General**, v. 439–440, p. 179–186, 2012.
- HOU, W.; DEHM, N.; SCOTT, R. Alcohol oxidations in aqueous solutions using Au, Pd, and bimetallic AuPd nanoparticle catalysts. **Journal of Catalysis**, v. 253, n. 1, p. 22–27, 1 jan. 2008.
- KARIMI, B. et al. Highly efficient aerobic oxidation of alcohols using a recoverable catalyst: The role of mesoporous channels of SBA-15 in stabilizing palladium nanoparticles. **Angewandte Chemie - International Edition**, 2006.
- KARIMI, B. et al. Palladium Nanoparticles Supported in the Nanospaces of Imidazolium-Based Bifunctional PMOs: The Role of Plugs in Selectivity Changeover in Aerobic Oxidation of Alcohols. **ACS Catalysis**, v. 5, n. 7, p. 4189–4200, 2 jul. 2015.
- LI, F.; ZHANG, Q.; WANG, Y. Size dependence in solvent-free aerobic oxidation of alcohols catalyzed by zeolite-supported palladium nanoparticles. **Applied Catalysis A: General**, 2008.
- LI, L. et al. Origin of the high activity of Au/FeO<sub>x</sub> for low-temperature CO oxidation: Direct evidence for a redox mechanism. **Journal of Catalysis**, 2013.
- LIU, K. et al. Large size Pd NPs loaded on TiO<sub>2</sub> as efficient catalyst for the aerobic oxidation of alcohols to aldehydes. **Catalysis Communications**, 2015.
- MALLAT, T.; BAIKER, A. Oxidation of Alcohols with Molecular Oxygen on Solid Catalysts. **Chemical Reviews**, 2004.
- MANDAL, S.; CHOWDHURY, B. Solvent-free benzyl alcohol oxidation reaction over Sm-CeO<sub>2</sub> supported gold nanoparticle using tert-butyl hydroperoxide (TBHP) as an oxidant. **Natural Resources & Engineering**, v. 1, n. 2, p. 43–50, 2017.
- MOURA, E. M. DE et al. Gold nanoparticles supported on magnesium ferrite and magnesium oxide for the selective oxidation of benzyl alcohol. **RSC Advances**, v. 5, n. 20, p. 15035–15041, 2015.
- NAIK, R. et al. An efficient sonochemical oxidation of benzyl alcohols into benzaldehydes by FeCl<sub>3</sub>/HNO<sub>3</sub> in acetone. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 18, n. 5, p. 1124–1127, 2011.
- NDOLOMINGO, M. J.; MEIJBOOM, R. Selective liquid phase oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde by tert-butyl hydroperoxide over  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> supported copper and gold nanoparticles. **Applied Surface Science**, v. 398, p. 19–32, mar. 2017.

PEREIRA, L. N. S. et al. Gold Supported on Strontium Surface-Enriched CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles: a Strategy for the Selective Oxidation of Benzyl Alcohol. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, n. 6, p. 1317–1325, 2019.

PORTA, F. et al. Metal sols as a useful tool for heterogeneous gold catalyst preparation: Reinvestigation of a liquid phase oxidation. **Catalysis Today**, 2000.

PRATI, L. et al. **Gold on carbon: One billion catalysts under a single label** **Physical Chemistry Chemical Physics**, 2012.

PRITCHARD, J. et al. Direct synthesis of hydrogen peroxide and benzyl alcohol oxidation using Au-Pd catalysts prepared by sol immobilization. **Langmuir**, 2010.

QI, B. et al. Solvent-free aerobic oxidation of benzyl alcohol over palladium catalysts supported on MnO<sub>x</sub> prepared using an adsorption method. **Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis**, 2013.

SACHTLER, W. M. H.; VAN SANTEN, R. A. Surface Composition and Selectivity of Alloy Catalysts. **Advances in Catalysis**, 1977.

SAVARA, A. et al. Benzyl alcohol oxidation on carbon-supported Pd nanoparticles: Elucidating the reaction mechanism. **ChemCatChem**, 2015.

SAVARA, A. et al. Microkinetic Modeling of Benzyl Alcohol Oxidation on Carbon-Supported Palladium Nanoparticles. **ChemCatChem**, 2016.

SAVARA, A. et al. Molecular Origin of the Selectivity Differences between Palladium and Gold–Palladium in Benzyl Alcohol Oxidation: Different Oxygen Adsorption Properties. **ChemCatChem**, 2017.

SCOTT, R. W. J. et al. Bimetallic palladium - Gold dendrimer-encapsulated catalysts. **Journal of the American Chemical Society**, 2004.

STRUKUL, G. **Transition metal catalysis in the Baeyer-Villiger oxidation of ketones** **Angewandte Chemie - International Edition**, 1998.

VILLA, A. et al. New challenges in gold catalysis: bimetallic systems. **Catalysis Science & Technology**, v. 5, n. 1, p. 55–68, 2015.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. **Atmospheric Science: An Introductory Survey**. 2. ed. New York: Academic Press, 2006.

WANG, X. et al. Supported Pd catalysts for solvent-free benzyl alcohol selective oxidation: Effects of calcination pretreatments and reconstruction of Pd sites. **Applied Catalysis B: Environmental**, 2012.

WU, H.; ZHANG, Q.; WANG, Y. Solvent-free aerobic oxidation of alcohols catalyzed by an efficient and recyclable palladium heterogeneous catalyst. **Advanced Synthesis and Catalysis**, 2005.

YAN, N.; XIAO, C.; KOU, Y. **Transition metal nanoparticle catalysis in green solvents** **Coordination Chemistry Reviews**, 2010.

YANG, X. et al. Aerobic oxidation of alcohols over Au/TiO<sub>2</sub>: An insight on the promotion effect of water on the catalytic activity of Au/TiO<sub>2</sub>. **Catalysis Communications**, 2008.

ZAMANI, F.; HOSSEINI, S. M. Palladium nanoparticles supported on Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/amino acid nanocomposite: Highly active magnetic catalyst for solvent-free aerobic oxidation of alcohols. **Catalysis Communications**, v. 43, p. 164–168, jan. 2014.

ZHAN, G. et al. Liquid phase oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde with novel uncalcined

bio-reduction Au catalysts: High activity and durability. **Chemical Engineering Journal**, v. 187, p. 232–238, abr. 2012.

## DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA PROFISSIONAIS DE FÍSICA MÉDICA

Data de aceite: 10/12/2019

### **Eduardo Rossato Alessio**

Universidade Franciscana, Sistemas de  
Informação

Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Mateus Padoin Brutti**

Universidade Franciscana, Ciência da  
Computação

Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Francine Kohls Schumacker**

Universidade Franciscana, Física Médica

Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Gustavo Stangherlin Cantarelli**

Universidade Franciscana, Sistemas de  
Informação/Ciência da Computação

Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Ana Paula Schwarz**

Universidade Franciscana, Física Médica

Santa Maria – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** Devido à escassez de recursos tecnológicos que forneçam informações, oportunidades para estudantes e profissionais da área da Física Médica, este projeto propõe desenvolver um aplicativo, para plataforma Android com a finalidade de viabilizar o aumento na conscientização sobre este amplo ramo de estudo e oferecer os mais variados recursos de informações como congressos, cursos,

residências, pós-graduação, vagas no mercado de trabalho, estágios, concursos, entre outros. Para a elaboração do projeto utilizou-se a metodologia *Feature Driven Development*, a linguagem de programação Java, incluindo as tecnologias Google Maps, *Firebase Authentication*, *Cloud Storage* e o banco de dados *Firebase Realtime Database*. Desse modo, o projeto tem a finalidade de propagar tais informações, auxiliando estudantes e profissionais da área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tecnologia Móvel, Interatividade, Recursos de Informações.

### DEVELOPING AN APPLICATION FOR PHYSICAL PROFESSIONALS

**ABSTRACT:** Due to the scarcity of technological resources that provide information, opportunities for students and professionals in the field of Medical Physics, this project proposes to develop an application for the Android platform in order to enable increased awareness of this broad field of study and offer the most varied information resources such as congresses, courses, residences, postgraduate, job vacancies, internships, competitions, among others. The project was developed using the *Feature Driven Development* methodology, the Java programming language, including Google Maps, *Firebase Authentication*, *Cloud Storage*

and Firebase Realtime Database. Thus, the project aims to propagate such information, helping students and professionals in the area.

**KEYWORDS:** Mobile Technology, Interactivity, Information Resources.

## 1 | INTRODUÇÃO

Steve Jobs, empresário americano no setor da informática, em 2008, lançou uma loja virtual de aplicativos para o iPhone, iniciando assim a “era dos aplicativos”. Quase uma década depois, a tecnologia móvel continua sendo uma realidade crescente na sociedade, influenciando um novo perfil de entrega de informações e interatividade com seus usuários.

Em vista disso, diversas áreas profissionais têm vivenciado uma nova forma de melhorar a prestação de serviço e ensino por meio de aplicativos para dispositivos móveis. Entretanto, uma das barreiras que dificultam esse progresso tecnológico é a pouca divulgação de informações e a baixa viabilidade de incentivos para que aplicativos voltados para estudo e pesquisa das diversas áreas da ciência existam.

Os físicos médicos recém-formados, muitas vezes encontram dificuldades de se inserir no mercado de trabalho devido à falta de informações e a pouca divulgação de vagas. Na maioria das vezes, a única forma que os indivíduos têm para o acesso de informações, tais como, eventos, vagas de emprego, residências e estágios, é por meio de indicações de pessoas.

A tecnologia móvel está em alta e a Física Médica precisa encontrar a melhor forma de se fazer presente nela. Logo, a utilização de um aplicativo torna-se uma excelente ferramenta de trabalho, estudo e informatização de dados.

### 1.1 Objetivos

O principal objetivo deste projeto é desenvolver um aplicativo para a plataforma Android que seja capaz de proporcionar informações acadêmicas a um amplo número de pessoas, facilitando assim a comunicação e disseminação de propostas de estágios, eventos e informações profissionais.

Os demais objetivos, visam realizar pesquisas e estudos sobre temas importantes para a elaboração do mesmo, tais como: metodologia FDD (*Feature Driven Development*), linguagem de programação Java, banco de dados *Firebase Realtime Database*, entre outros.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta o referencial teórico do trabalho com a finalidade de fundamentar a proposta a partir de pesquisas relacionadas.

## 2.2 Informação e disseminação

Disseminar informação pressupõe tornar público a produção de conhecimentos gerados ou organizados por uma instituição.

Para Leite (2016) os desenvolvimentos em tecnologias de informação e comunicação influenciam o próprio ciclo da informação, potencializando suas funções desde a geração até a utilização da informação. E esses avanços proporcionam novas possibilidades e oportunidades para processos informacionais.

## 2.3 Tecnologias

Esta seção abordará as tecnologias computacionais essenciais para o desenvolvimento do aplicativo proposto.

### 2.3.1 Google Maps

O Google Maps é um produto que pertence à empresa Google, o mesmo, oferece mapas com o intuito de auxiliar os usuários na localização. A API (*Application Programming Interface*) lida automaticamente com o acesso aos servidores do Google Maps, download de dados, exibição de mapas e resposta a gestos de mapas.

No projeto proposto, o Google Maps tem como função auxiliar na localização, tanto no cadastro dos eventos como publicação, e os usuários podem visualizar o endereço em um fragmento de mapa.

### 2.3.2 Android

O Android é uma plataforma para tecnologia móvel, o qual abrange pacotes com programas para smartphones, já com um sistema operacional, middleware, aplicativos, além da interface do usuário.

Seu objetivo principal é criar uma plataforma onde desenvolvedores possam inserir suas ideias e inovações resultando em um produto que realmente aprimore a experiência do usuário (ANDROID, 2018).

### 2.3.3 Firebase

O Firebase é um SGBD (Sistemas de Gestão de Base de Dados) que possui funções para a construção de aplicativos mobile e web através de ferramentas e infraestruturas que visam ajudar desenvolvedores a construir aplicativos visando à qualidade (FIREBASE, 2019).

## 2.4 Trabalhos correlatos

Esta seção apresenta os trabalhos cujos temas relacionam-se com projeto proposto.

#### *2.4.1 Aplicação Android direcionada para ONGs e projetos objetivando viabilizar a adoção de animais domésticos*

Nesse trabalho Souza e colaboradores (2018) tem como objetivo o desenvolvimento de um software na plataforma Android, visando facilitar o sistema de adoção de animais domésticos, assim como, na divulgação de campanha para os órgãos responsáveis pelos bichos para arrecadação de recursos, sendo preferencialmente ONGs.

Foi esperado como resultado a contribuição para a minimização da superlotação de cães e gatos nas ruas, através do crescimento de adoções aguardado pelo aplicativo.

#### *2.4.2 Aplicação Móvel para Divulgação de Campanhas, Eventos e Pedidos de Doações por Instituições do Terceiro Setor*

O trabalho realizado por Rossdeutscher e colaboradores (2017) teve como objetivo elaborar uma aplicação móvel para que instituições do terceiro setor possam realizar divulgações de campanhas, eventos e pedidos de doações, visando a arrecadação de doações e fundos.

Espera-se que, com a aplicação, o número de doações cresça significativamente, e proporcionando a instituições do Terceiro Setor, um modelo próprio de captação de recursos.

#### *2.4.3 Considerações sobre os trabalhos correlatos*

Os dois trabalhos apresentados estão enfatizando a problemática do terceiro setor, fazendo o uso de tecnologias que contém neste projeto, no entanto, este se distingue dos demais por aplicar técnicas para auxiliar, primeiramente, o curso de Física Médica. O aplicativo proposto visa proporcionar a divulgação de eventos, residências e informações que contribuam na formação profissional.

### **3 | METODOLOGIA**

Nesta seção é apresentada a metodologia utilizada no projeto, com o intuito de mostrar os principais diagramas, fluxos, requisitos, e as principais funcionalidades do aplicativo.

#### **3.5 Feature driven development (FDD)**

O FDD é uma metodologia ágil de desenvolvimento de software. Ela permite desenvolver sistemas de forma rápida, podendo facilmente ser adicionadas funcionalidades no decorrer (ou até mesmo depois de concluído) do desenvolvimento

(MONTEIRO, 2013). Segundo Silva et al. (2009) são cinco os processos do FDD: “Desenvolver um Modelo Abrangente”, “Construir uma Lista de Funcionalidades”, “Planejar por Funcionalidade”, “Arquitetar por Funcionalidade” e “Construir por Funcionalidade”. Veja a Figura 1.



Figura 1: Processo do FDD.

Fonte: Adaptado de (STINEBAKER, 2019).

### 3.5.1 Desenvolver um Modelo Abrangente

Modelo Abrangente é responsável pelo estudo sobre o domínio do negócio e pela definição do escopo do projeto (SILVA et. al, 2009). A visão geral do aplicativo pode ser observada através do Diagrama de Domínio, apresentado na Figura 2.

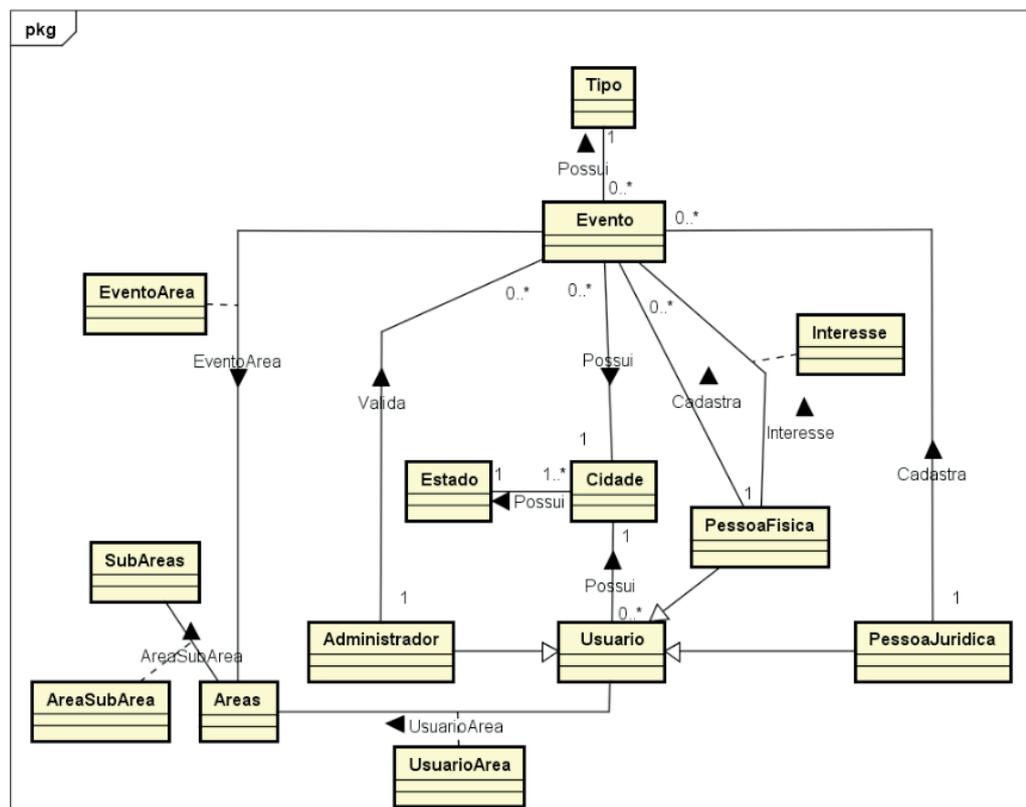


Figura 2: Diagrama de domínio.

Fonte: Produção do autor.

### 3.5.2 Construção da lista de funcionalidades

O objetivo dessa etapa é identificar as funcionalidades agrupadas em conjunto que satisfarão aos requisitos (SILVA, 2018). Apresenta-se a Tabela 1 de Requisitos Funcionais (RF).

Requisitos Funcionais		
Funcionalidade	Descrição	Complexidade
RF01: Gerenciar usuário	Deve permitir as funções de cadastrar, buscar, alterar e excluir usuário.	Baixo
RF02: Cadastrar tipo evento	O aplicativo deve permitir o cadastro do evento, contemplando suas características.	Baixo
RF02.1: Escolher cidade do evento	O aplicativo deve possibilitar escolher a cidade na qual ocorrerá o evento fazendo o uso do Google Maps	Médio
RF02.2: Validar evento	O administrador deve validar ou invalidar um evento.	Baixo
RF02.3: Informar aprovação/reprovação	O aplicativo deve enviar um e-mail para o usuário informando a aprovação ou reprovação do cadastro do evento	Médio
RF03: Gerenciar evento	O aplicativo deve permitir as funções de cadastrar, consultar, alterar e excluir eventos de acordo com o tipo de usuário.	Baixo
RF04: Exibir eventos	O aplicativo deve exibir a lista de eventos cadastrados.	Baixo
RF04.1: Apresentar eventos conforme filtros	O aplicativo deve exibir os eventos cuja a cidade ou estado seja a mesma do filtro utilizado.	Médio
RF04.2: Exibir detalhes do evento	O aplicativo deve exibir as informações do evento e os contatos do responsável.	Baixo
RF04.3: Demonstrar interesse no evento	O aplicativo deve permitir o usuário demonstrar interesse no evento.	Médio
RF04.3.1: Notificar usuário do interesse	O aplicativo deverá informar o interesse ao usuário principal	Médio
RF05: Visualizar lista de interessados	Os usuários poderão visualizar a lista de interessados referente ao(s) evento(s) cadastrado(s) por ele	Médio

Tabela 1: Requisitos funcionais do sistema

Fonte: Produção do autor.

Apresentam-se na Tabela 2 os Requisitos Não Funcionais do sistema (RNF).

Requisitos Não Funcionais	
Funcionalidade	Descrição
RNF01	O aplicativo deverá ser desenvolvido para plataforma Android.
RNF02	O aplicativo deverá ser desenvolvido na linguagem de programação Java.

RNF03	Os dados do software deverão ser armazenados na nuvem, através do banco de dados <i>Firebase Realtime Database</i> .
RNF04	Para o armazenamento das imagens dos eventos será feito o uso do <i>Firebase Cloud Storage</i> .

Tabela 2: Requisitos não funcionais do sistema

Fonte: Produção do autor.

### 3.5.3 Arquitetar por Funcionalidade

Segundo Silva (2009), no processo Arquitetar por Funcionalidade, para cada funcionalidade da lista é definida uma atividade a ser realizada.

## 4 | CONSTRUIR POR FUNCIONALIDADE

A construção por funcionalidade do software é a quinta etapa da metodologia ágil FDD, onde foram elaboradas as codificações, fazendo o uso das tecnologias propostas no projeto.

Um dos processos com maior relevância para a aplicação é o Cadastro de Eventos, onde os usuários poderão cadastrar seus eventos, fazendo o uso da API do Google Maps.

## 5 | RESULTADOS

O propósito deste projeto conteve a construção de um aplicativo para Smartphones com sistema operacional Android, no qual, oferece informações acadêmicas e profissionais, tendo em vista sua disseminação. Veja na Figura 3 algumas interfaces do aplicativo.



Figura 3: Interfaces de login, menu principal e listar eventos.

Fonte: Produção do autor.

## 6 | CONCLUSÃO

Neste projeto verificou-se a carência de aplicativos, ou tecnologias, que supram as necessidades por buscas de notícias e oportunidades na Física Médica. Foi realizada uma pesquisa com profissionais, estudantes e professores vinculados a Física Médica, por meio de questionários via e-mail e Messenger do Facebook, e analisou a aceitação do público alvo em relação a existência de um aplicativo nesta área. O levantamento foi realizado com 200 entrevistados, onde mostra que 98% das pessoas fariam uso de um aplicativo com informações profissionais e acadêmicas para Física Médica.

Em vista disso, o presente projeto, apresentou o desenvolvimento de um aplicativo mobile, para a plataforma Android, destinado a disseminar e divulgar determinadas informações. O sistema contempla principalmente estudantes e profissionais. Com o uso do aplicativo, aguarda-se que ambos estejam cientes, de eventos gerais ou de áreas específicas de seu interesse, que ocorrem ao seu redor.

Para o desenvolvimento desse projeto, foi utilizada a metodologia ágil FDD, a qual, orientou o desenvolvimento desde o escopo inicial, até a implementação dos requisitos. Por meio dela foram apresentados os principais diagramas da metodologia, com a finalidade de mostrar os requisitos, as principais funcionalidades do aplicativo e a arquitetura. Vale evidenciar, a grande importância do uso do banco de dados Firebase Realtime Database, que possibilitou uma transação de dados com mais facilidade e rapidez, colaborando positivamente, para a codificação.

Para trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento de funcionalidades adicionais, assim como desenvolver o aplicativo para a plataforma IOS da empresa Apple, devido grande aquisição de smartphones. Assim, abrangendo um maior público, e tornando o aplicativo multiplataforma.

## REFERÊNCIAS

ANDROID DEVELOPERS. “**Introdução ao Android**”. Disponível em: <https://developer.android.com/guide/index.html>. Acesso em: outubro de 2018.

FIREBASE. “**Firestore Realtime Database**”. Disponível em: <https://firebase.google.com/docs/database/>. Acesso em: junho de 2019.

LEITE, F. C. L.; COSTA, S. M. S. “**Modelo genérico de gestão da informação científica para instituições de pesquisa na perspectiva da comunicação científica e do acesso aberto**”. *Investigación bibliotecológica*, v. 30, n. 69, p. 43-74, ago. 2016.

MONTEIRO, E. A. “**Utilização de técnicas ágeis em projetos exclusivos de teste de software**”. 58 p. Monografia (Especialização em Curso de Especialização em Informática) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ROSSDEUTSCHER, M. P. “**Aplicação Móvel para Divulgação de Campanhas, Eventos, e Pedidos de Doações por Instituições do Terceiro Setor**”. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação),

Curso de Sistemas de Informação, Universidade Franciscana, Santa Maria, RS, 2017.

SILVA, A. G. “**A importância dos métodos ágeis na engenharia de software**”. Disponível em: [https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/5488/1/TCC\\_ALESSANDRA\\_GALVAO\\_DA\\_SILVA%20%281%29.pdf](https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/5488/1/TCC_ALESSANDRA_GALVAO_DA_SILVA%20%281%29.pdf). Acesso em: outubro de 2018.

SILVA, F. G.; HOENTSCH, S. C. P; SILVA, L. “**Uma análise das Metodologias Ágeis FDD e Scrum sob a Perspectiva do Modelo de Qualidade MPS**”. BR. Scientia Plena, v. 5, n. 12, 2009.

SOUZA, M. A. “**Aplicação Android direcionada para ONGs e projetos objetivando viabilizar a adoção de animais domésticos**”. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Curso de Sistemas de Informação, Universidade Franciscana, Santa Maria, RS, 2018.

STINEBAKER, Vernon. “**Feature Driven Development (FDD)**”. Disponível em: <http://atsc.org.my/download/Feature-Driven-Development.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2019.

## ELETRODEPOSIÇÃO DE FILMES DE POLIANILINA EM METAIS OXIDÁVEIS A PARTIR DE MEIO AQUOSO CONTENDO ÁCIDO METANOSULFÔNICO

Data de aceite: 10/12/2019

### David Alexandro Graves

IFSP – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
São José dos Campos – SP

### Andrea Santos Liu

IFSP – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
São José dos Campos – SP

### Liu Yao Cho

IP&D - FEAU, UNIVAP – Universidade do Vale do Paraíba  
São José dos Campos - SP

**RESUMO:** A síntese de novos materiais para proteção de metais contra corrosão, tem se mostrado como um dos ramos de pesquisa mais promissores, tanto pela importância científica para se entender tal fenômeno, como pelo potencial em aplicações tecnológicas. É de grande conhecimento e de suma relevância a utilização de metais e de ligas metálicas em todas as aplicações cotidianas, sejam elas em âmbito alimentício, transportes, construção civil, dentre outros. Os polímeros condutores são uma classe de materiais, que têm sido investigados em diversas aplicações, como baterias, sensores e revestimento anticorrosivo. Dentre estes polímeros, a polianilina (PAni) é

o homopolímero da anilina (polímero formado apenas por um monômero), que tem sido estudado na proteção de metais oxidáveis contra corrosão. O objetivo deste trabalho é a síntese de um filme depositado eletroquimicamente a partir de uma solução aquosa contendo anilina e ácido metanosulfônico, com tratamento prévio do eletrodo metálico por meio da alizarina. A metodologia utilizada envolveu a deposição eletroquímica do filme polimérico com auxílio do potenciostato nos eletrodos de alumínio 2024 e de aço ; 2) seguida da avaliação da morfologia dos filmes por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). A composição dos filmes também foi analisada por EDX (Energy Dispersive X-ray Detector). 3) Análise do filme como revestimento protetor, a partir de curvas de polarização potenciodinâmica em meio corrosivo contendo cloreto. Os resultados obtidos indicam que o filme pode proteger a superfície metálica contra corrosão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ácido metanosulfônico, Anilina, Deposição eletroquímica.

### ELECTRODEPOSITION OF POLYANILINE FILMS ON OXIDIZABLE METALS FROM METANESULFONIC ACID AQUEOUS MEDIUM

**ABSTRACT:** The synthesis of new materials to protection of metallic surface against corrosion

has being considered one of the most promising research branches, concerning both the scientific importance in understanding this phenomenon and its potential technological applications. It is of great knowledge and relevance the use of metals and metal alloys in all daily uses, whether in food, transportation, research, etc. Among the conductive polymers, polyaniline (PAni), aniline homopolymer (polymer formed only by one monomer), has been excelled. Therefore, this study aimed at the synthesis of a new film obtained by the electrochemical deposition of a solution of aniline and metanesulfonic acid, with pretreatment of the electrode by Alizarin. The methodology involved, thus, 1) the electrochemical deposition of the film with the aid of the potentiostat; 2) the morphology was studied by SEM (scanning electron microscope), sequentially in EDX (energy dispersive x-ray detector) checking the components of the electrode, alizarin and the obtained film, generating, then, comparative data on its effectiveness and its behavior in an aqueous solution of NaCl, what could permit the analysis on the electrochemical behavior of film. In view of the results obtained during this research, it was able to observe the behavior of the film deposited electrochemically in order to ensure its efficiency as a protective film to the iron surface.

**KEYWORDS:** Metanesulfonic Acid, Aniline, Electrochemical Deposition.

## INTRODUÇÃO

O elemento químico alumínio é o metal mais comum na crosta terrestre, depois do ferro. O alumínio também é um dos mais utilizados, seja na fuzilaria de barcos, aviões, metrô, na construção civil ou até mesmo em revestimento interno de embalagens de produtos perecíveis. Sua aplicabilidade está associada as suas importantes propriedades físico químicas, como baixa massa específica, alta condutividade elétrica e elevada resistência à corrosão, associada à formação de um filme passivo de óxido de alumínio. Além disso, é facilmente reciclado, sem perda das suas propriedades físico-químicas, tornando-o extremamente versátil. O alumínio não é encontrado puro na natureza, se combina com outros elementos, como o silício, o oxigênio e o hidrogênio, formando assim compostos químicos. As rochas que contém os compostos são chamadas de minérios de alumínio. No século XIX, os cientistas desenvolveram uma técnica para a separação do alumínio dos outros elementos para a obtenção do metal puro (processo Bayer e Hall-Héroult para a produção de alumínio). Os maiores produtores de alumínio são os Estados Unidos e o Canadá. A bauxita (minério de alumínio mais comum), da qual se obtém o alumínio, é encontrada em todo o mundo. A Austrália e a Guiné têm as maiores reservas desse minério. O Brasil tem a terceira maior jazida de bauxita do planeta, com importantes reservas na região Norte, no estado do Pará, e na região Sudeste, em Minas Gerais (ABAL, 2007).

O alumínio puro apresenta baixa resistência mecânica e por isso, são

adicionados elementos de liga, ressaltando a adição de cobre, sobretudo na liga de alumínio 2024. Entretanto, a presença destes elementos reduz a resistência à corrosão da liga de alumínio, provocando a formação de pites (LIU, 2019).

Por outro lado, aços são ligas de ferro-carbono, que são classificadas de acordo com o teor de carbono e compreende três grandes grupos: (i) ferro, quando contém menos de 0,008% em massa de C; (ii) aço, quando a liga de Fe-C tem um teor de C superior a 0,008 e inferior a 2,11% em massa de C; (iii) ferro fundido, quando a liga Fe-C tem um teor de C superior a 2,1% de C (BENAMOR, 2014).

O carbono está geralmente presente no aço à temperatura ambiente como carboneto de ferro (cementita ou  $Fe_3C$ ). O aço também contém elementos como silício, fósforo e enxofre que surgem do processo de fabricação, o que pode afetar negativamente as propriedades e, portanto, devem ser bem controlado.

O aço AISI 1020, de acordo com a designação da norma AISI-SAE, pode variar sua composição entre 0,18 e 0,23% de carbono. Apesar de ser amplamente utilizado no setor industrial, é facilmente corroído em determinados meios e métodos de prevenção devem ser utilizados para evitar os efeitos danosos da corrosão (FERREIRA, 2016).

As superfícies de aço e de alumínio são consideradas oxidáveis e devem ser protegidas contra corrosão, uma vez que esse processo pode causar prejuízos econômico, social e ambiental, além de trazer riscos à segurança. O aspecto econômico implica na perda de estruturas, através da degradação de materiais utilizados em tanques, equipamentos de processo, tubulações, plataformas, pontes, dentre outras. As perdas econômicas incluem o custo de substituição de estruturas corroídas, equipamentos, custo de pintura, manutenção e monitoramento de proteção catódica, bem como o custo de fechamento de plantas e instalações para reparos e a manutenção necessária devido a danos ocasionados pela corrosão. A perda de material das estruturas devido à corrosão não é apenas uma perda econômica, mas também faz com que as estruturas enfraqueçam e percam a capacidade de cumprir as finalidades para as quais foram projetadas. Além disso, estas estruturas podem sofrer danos estruturais graves e tornar-se um perigo para a segurança das pessoas (GENTIL, 2011).

De acordo com Balles (2004) a corrosão dos metais pode assumir muitas formas que se manifestam morfológicamente de maneiras muito diferentes e podem ser correlacionadas entre si. Algumas das formas mais comuns de corrosão são: corrosão uniforme, corrosão galvânica, corrosão por corrosão, corrosão por pite, corrosão intergranular e corrosão por erosão.

Os polímeros condutores, tais como polianilina, polipirrol e politiofeno, consistem em uma possível alternativa a para a proteção de metais oxidáveis contra corrosão (VILCA, 2004; LIU, 2007; MOUTARLIER, 2003).

O presente trabalho aborda da deposição eletroquímica de filme de polianilina (PAni) em superfícies de alumínio 2024 e de aço 1020, a partir de uma solução aquosa contendo  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  de ácido metanosulfônico e  $0,12 \text{ mol L}^{-1}$  de anilina, ácido metanosulfônico, com a intenção de formação de filme protetivo à corrosão dos metais. A avaliação dos filmes fora efetuada via MEV, EDX e Microscópio 3D. A eficiência do filme contra corrosão foi analisada por curvas de polarização potenciodinâmica.

## PARTE EXPERIMENTAL

As amostras de metais foram superfícies de aço 1020 e liga de alumínio 2024-T3, embutidas em teflon e com área exposta de  $0,53 \text{ cm}^2$ .

Os reagentes utilizados no presente trabalho foram: alizarina, anilina, ácido metanosulfônico, ligas metálicas.

Inicialmente, foi calculada a massa necessária para preparar solução aquosa contendo  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  de ácido metanosulfônico e  $0,12 \text{ mol L}^{-1}$  de anilina.

$$\frac{0,5 \text{ mol}}{\text{L}} \cdot \frac{96,10 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \cdot \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ mL}} \cdot 50 \text{ mL} = 2,402 \text{ g de Ácido metanosulfônico}$$

$$\frac{0,12 \text{ mol}}{\text{L}} \cdot \frac{93,13 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \cdot \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ mL}} \cdot 50 \text{ mL} = 0,559 \text{ g de Anilina}$$

A deposição eletroquímica dos filmes de PANI foi realizada em um potenciostato da Microquímica, modelo MQPG-01.

A morfologia e a composição dos filmes foram analisadas por MEV e EDS, utilizando o equipamento Jeol JXA-840A.

## PROCEDIMENTOS

Os eletrodos de trabalho (alumínio 2024 e aço 1020) foram desbastados com auxílio de lixas metalográficas, com granulometria variando entre 400 a 1200.

A deposição eletroquímica dos filmes de PANI foi realizada em um potenciostato da Microquímica, modelo MQPG-01.

Os testes eletroquímicos foram realizados em uma célula eletrolítica contendo 3 eletrodos: o eletrodo de trabalho (alumínio 2024 ou aço 1020); o eletrodo de referência (Ag / AgCl); e o eletrodo auxiliar (bastão de platina).

Os filmes de PANI foram depositados por cronoamperometria aplicando-se 5,0 V vs Ag/AgCl durante 30 minutos.

A morfologia e a composição dos filmes foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e energia dispersiva de raio-X (EDX), utilizando o

equipamento Jeol JXA-840A.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foi investigada a deposição potenciostática de filmes de PANI nos substratos de alumínio, em meio aquoso contendo ácido metanosulfônico. Entretanto, neste meio, não foi depositado nenhum filme de PANI sobre a superfície do metal (Figura 1).



Figura 1: Eletrodo de alumínio sem revestimento

A presença de uma camada de óxido de alumínio passiva sobre o metal pode inibir as reações de transferência de carga e conseqüentemente, inibir o crescimento do filme de polianilina sobre a liga de alumínio 2014.

Para analisar a influência da composição do eletrodo de trabalho na eletrodeposição de filmes de PANI, também foi utilizado um eletrodo de aço (ferro/carbono). A composição do eletrodo de ferro foi analisada por EDX, conforme apresentado na Figura 2 e 3.



Figura 2: Imagem do equipamento utilizado para obter o EDX do aço

Como evidenciado no EDX, o eletrodo é composto apenas por Ferro e Carbono em sua composição. Foi reconhecido também a presença de alumínio que é justificado pela utilização da pasta de alumina para o acabamento superficial fino realizado durante o pré-tratamento. A Figura 3 apresenta os espectros de EDX da superfície do eletrodo de aço.

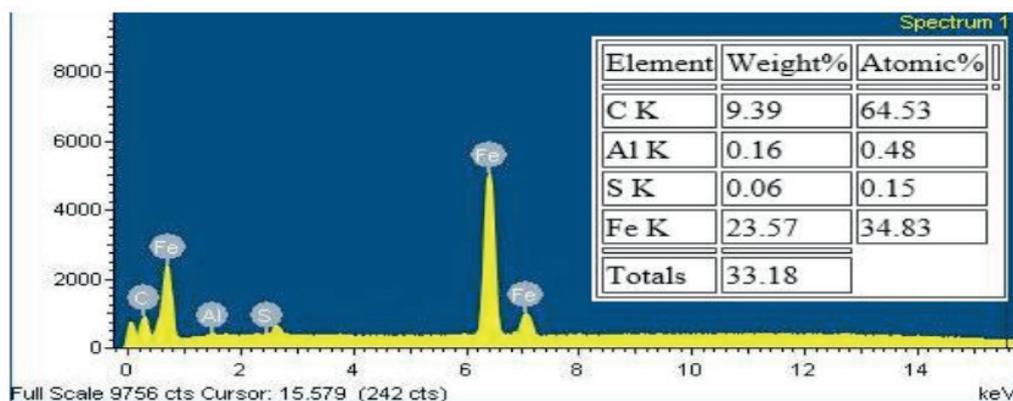


Figura 3: EDX do eletrodo (Ferro e Carbono).

Posteriormente, a eletrodeposição do filme de PANI foi realizada sobre o aço 1020, com auxílio do potenciostato e utilizando-se como meio eletrolítico, a solução aquosa contendo anilina e ácido metanosulfônico. Obteve-se um filme homogêneo e que recobriu todo o metal. Entretanto, após o recobrimento do metal com PANI, foi observada a alteração da cor de preto para marrom avermelhado, devido a oxidação do ferro, conforme observado na Figura 4.



Figura 4: Eletrodo de trabalho oxidado.

A alternativa para evitar a oxidação do ferro na liga metálica foi realizado um pré-tratamento com alizarina no eletrodo, e em seguida realizou-se novamente a deposição eletroquímica do PANI, partindo-se de uma solução de anilina e ácido metanosulfônico.

Realizou-se uma análise, por MEV e EDX da alizarina em pó, utilizada no pré-tratamento do aço e que pode ser utilizado para aumentar a aderência do filme polimérico à superfície do aço. A Figura 5 e 6 apresentam esses resultados.

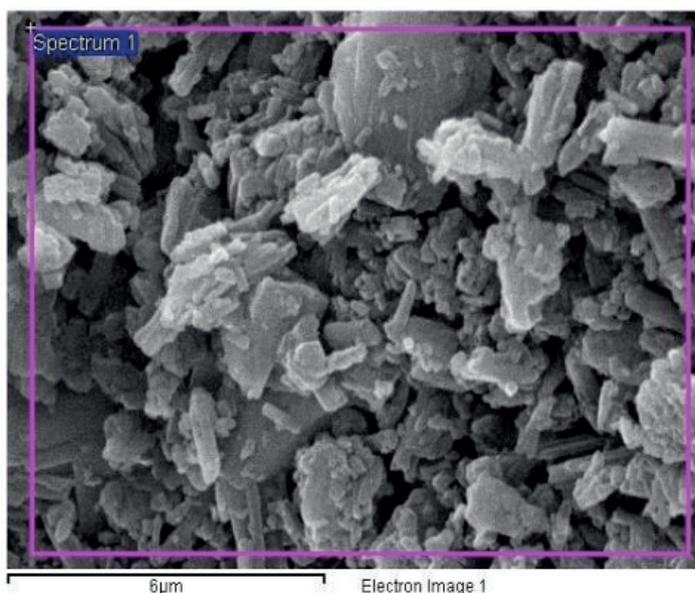


Figura 5: MEV da alizarina em pó.

A análise da alizarina ( $C_{14}H_8O_4$ ) no EDX apresentou em sua composição 61,95% de carbono e 38,05% de oxigênio, conforme a figura a seguir. Como a amostra não é condutora o ouro foi utilizado para aumentar a resolução da imagem no MEV.

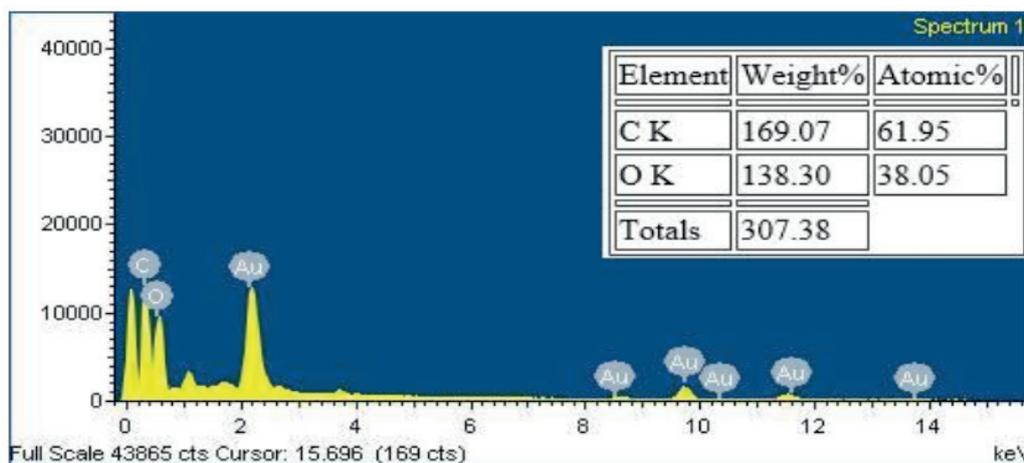


Figura 6: EDX da alizarina em pó.

A Figura 7 apresenta os eletrodos de trabalho (alumínio e aço 1020), após o ensaio de eletrodeposição da PANI, com o pré-tratamento das superfícies metálicas com alizarina.



Figura 7: Imagem dos eletrodos após a eletrodeposição da PANI, com pré-tratamento com alizarina.

Observou-se que com o pré-tratamento com alizarina, no eletrodo de alumínio não foi observado a formação de filme de PANI sobre a superfície metálica. Já com o eletrodo de aço observou-se o recobrimento completo da superfície exposta com um filme de coloração escura de PANI.

A Figura 8 apresenta a curva de corrente versus tempo, envolvida na deposição eletroquímica do filme de PANI sobre a superfície de aço.

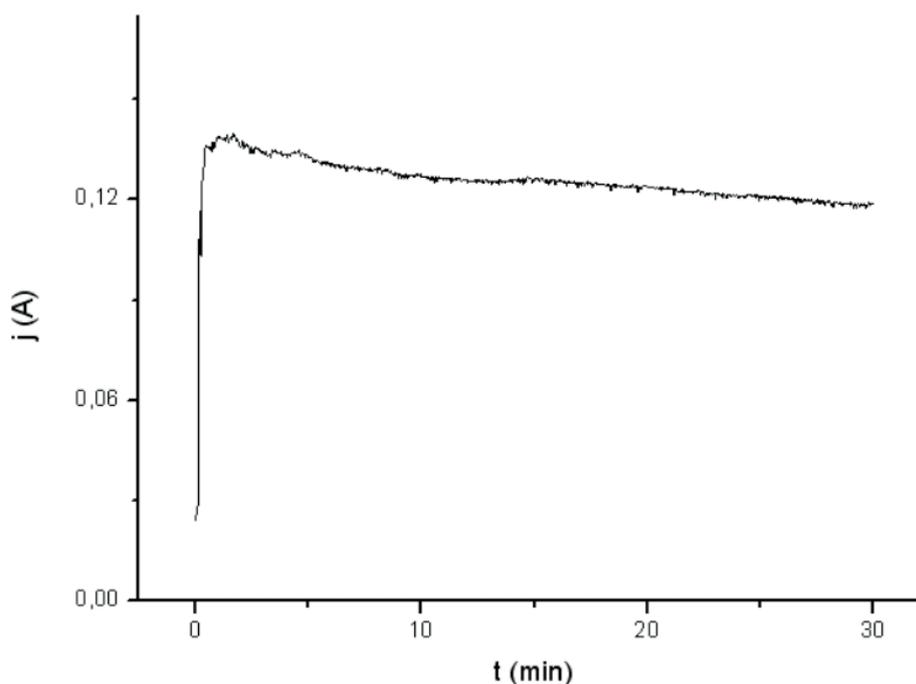


Figura 8: Crescimento do filme de acordo com o aumento da corrente.

Pode ser observado que inicialmente, a corrente aumenta com o tempo até cerca de 0,14mA e depois forma-se um patamar onde decai lentamente, sendo a região onde ocorre a formação e crescimento do filme polimérico.

O filme obtido sobre o eletrodo de aço foi analisado por MEV e EDX. Para análise deste filme, também foi realizada a deposição de uma fina camada de ouro

superficial para melhorar a imagem do MEV, conforme a Figura 9.

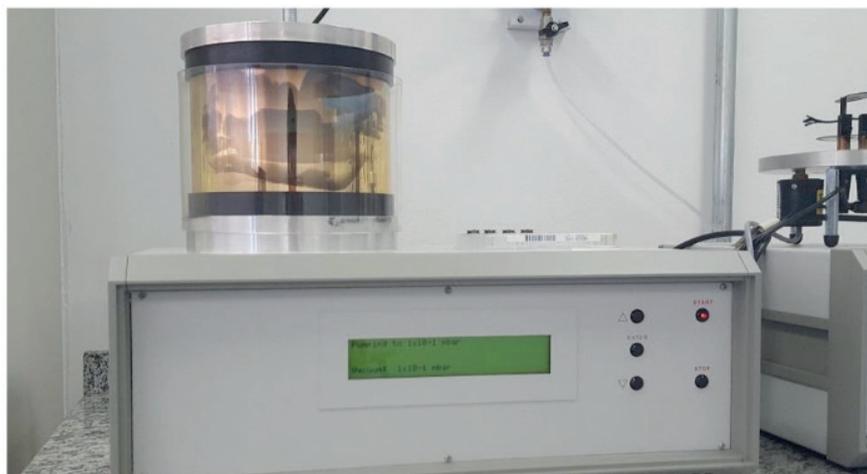


Figura 9: Equipamento utilizado para a deposição de ouro.

Com os resultados obtidos foi possível avaliar a morfologia do filme. Pode-se observar a homogeneidade do filme e a formação do polímero, caracterizado por pequenos grumos ao longo da superfície. As Figuras 10 e 11 apresentam os resultados.

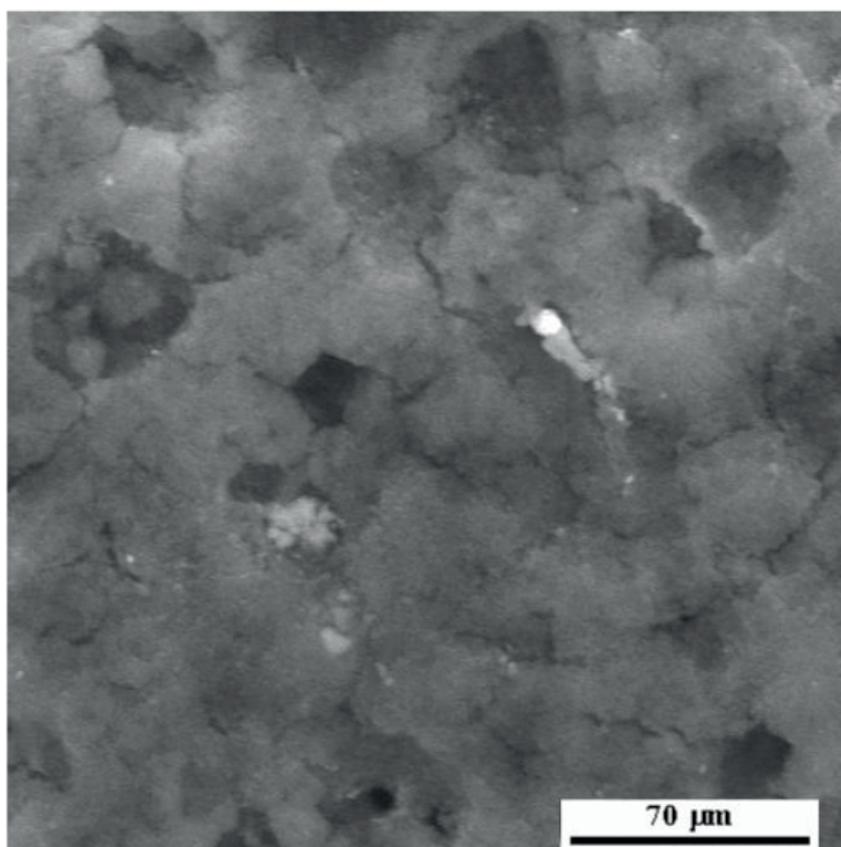


Figura 10: MEV do filme de PANI obtido sobre o eletrodo de ferro.

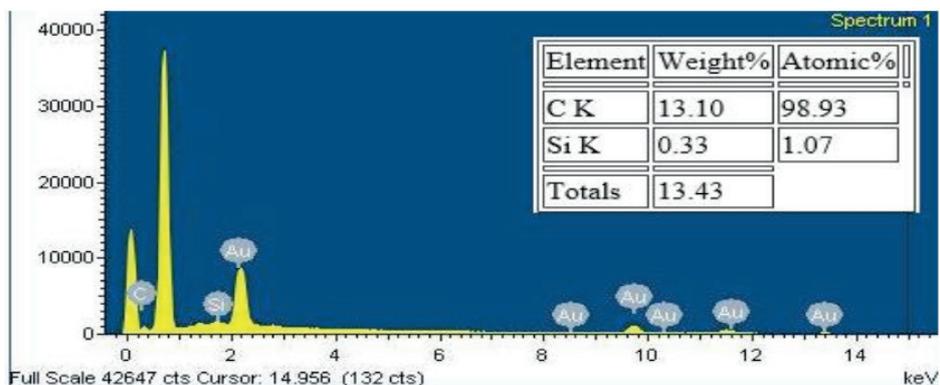


Figura 11: EDX do eletrodo recoberto com PANI

Para analisar a proteção do filme contra corrosão, foi realizado um ensaio de polarização potenciodinâmica, em solução aquosa 3,5% (m/V) de NaCl, variando-se o potencial de -1,0 V a +1,5 V vs Ag/AgCl a 1,0 mV.s<sup>-1</sup>. A Figura 12 apresenta esse resultado.

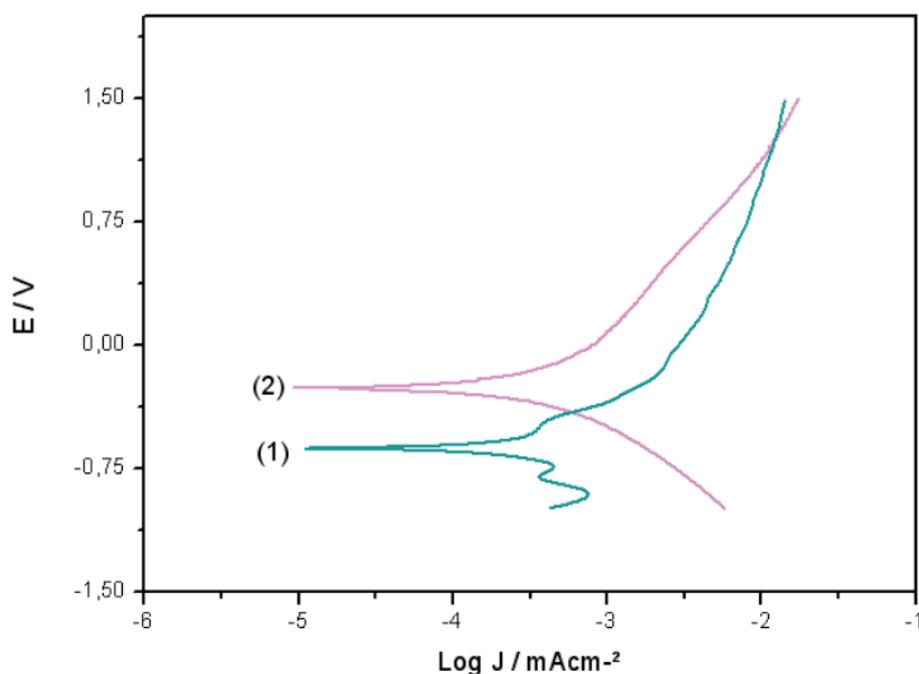
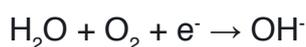


Figura 12: Curvas de polarização em NaCl: (1) superfície de aço sem recobrimento e (2) aço recoberto com PANI

Foi observado que o potencial de corrosão do aço (1) é igual a -0,63V, enquanto que o valor do potencial de corrosão para o aço revestido com a PANI (2) é -0,25V. Esse deslocamento do potencial de corrosão para a direção positiva indica proteção anódica desempenhada pelo filme polimérico (LIU, 2014).

O ramo catódico indica o processo redução e pode ser representado pela redução da água em meio aerado:



Pode-se observar que as correntes anódicas são menores para superfícies

recobertas com PANI do que para o aço apenas polido, indicando proteção do aço pelo polimérico (WEI-KANG, 1995).

As superfícies de alumínio recobertas com PANI e submetidas ao ensaio de polarização também foram analisadas no Microscópio ótico 3D: Contour GT-K, conforme apresentado na Figura 13.

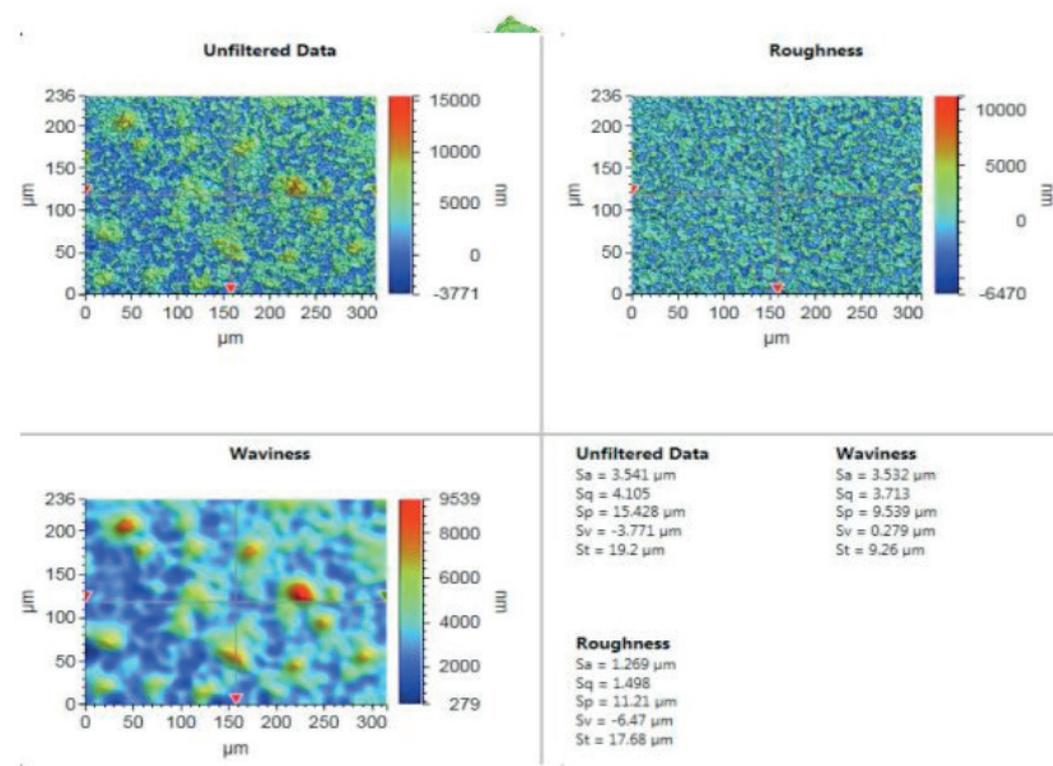


Figura 13: Análise da polarização via Bruker, lente objetiva com aumento de 20x.

Como observado, mesmo o filme sendo polarizado em uma solução corrosiva de NaCl, manteve-se protetivo e com pequenos focos de oxidação na estrutura do filme e com baixa rugosidade.

## CONCLUSÕES

O filme de polianilina (PANI) obtido em meio de ácido metanosulfônico foi eletrodepositado sobre o eletrodo de Ferro por meio de ensaio de cronoamperometria. Pode ser inferido que o filme depositado, após a aplicação da camada de alizarina, tem uma resistência muito maior a oxidação comparada ao depósito feito sem a alizarina, possibilitando também ter maior homogeneidade do filme por MEV. Além disso, os ensaios de polarização potenciodinâmica em meio agressivo de cloreto, confirmam também a funcionalidade do filme: uma vez que, após a polarização do filme numa solução de NaCl, mostrou a eficiência da camada protetiva, evitando que ions agressivos penetrem e ataquem o eletrodo metálico. Pode ser inferido ainda que o metal que constitui o eletrodo de trabalho é um fator chave no processo de

eletrodeposição do filme de polianilina.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – ABAL. **Fundamentos e Aplicações do Alumínio**. São Paulo: ABAL, 2007.

BALLES, A. C. **Nitreção a plasma como meio alternativo ou complementar à oxidação negra na proteção à corrosão do aço de baixo teor de carbono**. Revista Matéria, v. 9, n. 4, p. 360, 2004.

BENAMOR, A.; AL-MARRI, M. J. **Modeling analysis of corrosion behavior of carbon steel in CO<sub>2</sub> loaded amine solutions**. International Journal of Chemical Engineering and Applications, v. 5, n. 4, p. 353, 2014.

FERREIRA, K. C. **Corrosion inhibition of carbon steel in HCl solution by Aqueous Brown onion peel extract**. Int. J. Electrochem. Sci, v. 11, p. 406-418, 2016.

GENTIL, V. **Corrosão**. 6ª. Edição. São Paulo: Editora LTC, 2011.

LIU, A.S.; SOUZA, A.F.; CHO, L.Y. **Eletrodeposição de Filmes de Polipirrol em Superfícies de Alumínio 2024: Influência do Eletrólito**, Revista Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Atena Editora, 2019.

LIU, A. S.; BEZERRA, M. C.; CHO, L. Y. **Electrodeposition of polypyrrole films on aluminum surface from a p-toluene sulfonic acid medium**. Materials Research, v. 12, p. 503, 2009.

LIU, A. S. et al. **Electrodeposition of polypyrrole films on 2024 aluminum alloy in phosphoric acid solution**. Materials Science Forum, v. 775-776, p. 225, 2014.

MOUTARLIER, V; GIGANDET, M. P; PAGETTI, J; RICK, L. **Surface and Coatings Technology**. v.173, p.87, 2003.

VILCA, D. H; MORAES, S. R; MOTHEO, A. J. **Anodic treatment of aluminum in nitric acid containing aniline, previous to deposition of polyaniline and its role on corrosion** Synthetic Metals. v.140, p.23, 2004.

WEI-KANG, L.; RONALD L. E.; BERNHARD, W. **Corrosion Protection of Mild Steel by Coatings Containing Polyaniline**. Materials Science and Engineering Program, The University of Texas at Arlington, Box 19031, Arlington, Texas 76019 USA, 1995.

## ENSINO DAS GEOCIÊNCIAS NO LABORATÓRIO DE PEDOLOGIA E GEOLOGIA DA UNIOESTE, *CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

Data de aceite: 10/12/2019

### Oscar Vicente Quinonez Fernandez

Professor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *campus* de Marechal Cândido Rondon, curso de Geografia. E-mail: oscar.fernandez@unioeste.br.

**RESUMO:** O projeto desenvolvido desde 2013 tem dois objetivos: disponibilizar o laboratório de Pedologia e Geologia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *campus* de Marechal Cândido Rondon, para visita de alunos dos ensinos fundamental-médio e realizar exposições temáticas itinerante em colégios sobre o Sistema Solar. O Projeto é divulgado através de folders, enviados para Núcleos de Educação, e publicado na conta de Facebooks do curso de Geografia (Unioeste) e no blog do Projeto ([www.geolabmcr.blogspot.com](http://www.geolabmcr.blogspot.com)). Nas atividades se pretende despertar o interesse dos alunos dos níveis fundamental e médio sobre as Geociências e a Astronomia. O atendimento no Laboratório consiste em aulas teórico-práticas sobre o ciclo das rochas, nas quais é empregado o acervo de rochas e minerais do Laboratório de Pedologia e Geologia e exibição de slides e vídeos curtos. A atividade referente à exposição itinerante sobre o Sistema Solar é realizada nas escolas e colégios a convite dos

professores das instituições. Desde 2013 até 2019 foram atendidos **6578** alunos, provenientes dos municípios Mal. C. Rondon, Toledo, Quatro Pontes, Nova Santa Rosa, Mercedes, Maripá, Assis Chateaubriand, Jesuítas, Nova Aurora, Guaíra, Pato Bragado, Entre Rios do Oeste, Santa Helena, São Pedro do Iguçu, São Miguel do Iguçu e Coronel Vivida. Dessa maneira, o Projeto coloca a disposição dos professores de Geografia e Ciências dos colégios da região, os recursos didáticos para ampliar e enriquecer as aulas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geociências; Ensino Fundamental; Ensino Médio.

### GEOCIENCES TEACHING IN THE PEDOLOGY AND GEOLOGY LABORATORY, WESTERN PARANÁ STATE UNIVERSITY (UNIOESTE), *CAMPUS* OF MARECHAL CÂNDIDO RONDON

**ABSTRACT:** The extension project developed since 2013 has two objectives: to make available the Pedology and Geology laboratory of the Western Paraná State University (Unioeste), *campus* of Marechal Cândido Rondon, to visit elementary and middle school students and to hold itinerant thematic exhibitions in colleges about the Solar System. The Project is disseminated through folders, sent to Education Center, and published in the Geography graduation course

Facebooks (Unioeste) and in the Project blog ([www.geolabmcr.blogspot.com](http://www.geolabmcr.blogspot.com)). The activities are intended to arouse the interest of students of fundamental and middle levels about Geosciences and Astronomy. The attendance at the Laboratory consists of theoretical-practical classes on the rock cycle, in which the collection of rocks and minerals from the Pedology and Geology Laboratory is employed and slide shows and short videos. The activity related to the traveling exhibition about the Solar System is held in schools and colleges at the invitation of the teachers of the institutions. Since 2013 to 2019, 6578 students were served 16 municipalities (Mal. C. Rondon, Toledo, Quatro Pontes, Nova Santa Rosa, Mercedes, Maripá, Assis Chateaubriand, Jesuítas, Nova Aurora, Guaíra, Pato Bragado, Entre Rios do Oeste, Santa Helena, São Pedro do Iguaçu, São Miguel do Iguaçu e Coronel Vivida). In this way, the Project makes available to the geography and science teachers of the region's colleges, the didactic resources to expand and enrich the classes.

**KEYWORDS:** Geosciences; Elementary school; High school.

## 1 | APRESENTAÇÃO

Astronomia e a geologia são ciências que sempre atraem a atenção da cidadania pelo seu potencial na geração de grandes catástrofes como terremotos, vulcões e queda de asteroides. Os impactos de corpos extraterrestres com a Terra representam a classe mais extrema de desastres naturais, combinando uma probabilidade muito baixa de ocorrência com alto poder destrutivo. Afortunadamente, estes desastres são previsíveis e poderão ser evitados no futuro através da tecnologia espacial. Entretanto, os impactos ocorrem tão raramente que seu enorme potencial destrutivo foi reconhecido somente nas últimas décadas (MORRISON, 2006).

O estudo da Geologia envolve reconhecer e raciocinar sobre os processos que ocorrem no nosso Planeta, relacionando-os com o passado e suas implicações para as sociedades que os utilizam e neles atuam. Envolve também a compreensão e planejamento do uso dos ambientes, sabendo que processos naturais são profundamente modificados pelas interferências decorrentes dos modos produtivos com que a sociedade tira seu sustento (ROSA *et al.*, 2009).

Os centros e museus das universidades são instituições que devem buscar a popularização dos conhecimentos científicos para um público diversificado, principalmente entre as crianças e adolescentes (PADILLA, 2002). Neste sentido, o Laboratório de Pedologia e Geologia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *campus* de Marechal Cândido Rondon, busca criar atividades educacionais suplementares às realizadas nos colégios, baseadas no contato dos alunos com amostras de rochas, maquetes, painéis, fotos, etc. Esta atividade denominada de educação informal (GASPAR, 1993) não envolve avaliação e nem possui caráter obrigatório e visa a divulgação dos conhecimentos científicos sem

contemplar a estrutura curricular tradicional das disciplinas das Ciências da Terra.

O projeto de extensão visa despertar a atenção dos alunos dos ensinos fundamental e médio sobre às Geociências e a Astronomia. Para alcançar estas metas, foi aberto à visitação, o acervo de rochas e minerais do laboratório de Pedologia e Geologia da Unioeste, *campus* de Mal. C. Rondon e também foram organizadas exposições itinerantes sobre o Sistema Solar em colégios.

## 2 | PROCEDIMENTOS ADOTADOS

### 2.1 Divulgação do projeto de atendimentos nos núcleos regionais e nos colégios

Folders em formato digital são elaborados e enviados a cada ano às coordenações das áreas de Geografia e Ciências dos Núcleos Regionais de Educação de Toledo e Assis Chateaubriand e para colégios de Mal. C. Rondon e municípios vizinhos (**Figura 1**). Na divulgação do atendimento do laboratório é enfatizada a necessidade de agendar as visitas disponibilizando os contatos por telefone ou endereço eletrônico. O agendamento é feito através do e-mail: [geolabmcr@gmail.com](mailto:geolabmcr@gmail.com).



**2019**

**Unioeste**

As crianças são naturalmente curiosas

UNIOESTE/Campus de Marechal Cândido Rondon  
Colegiado do Curso de Geografia/Laboratório de Pedologia e Geologia

**PROJETO DE EXTENSÃO: Ensino das Geociências no Laboratório de Geologia no Campus de Marechal Cândido Rondon**

O projeto pretende aproximar o laboratório de Pedologia/Geologia da UNIOESTE com os colégios através de visitas programadas ao laboratório e exposições nos Colégios sobre o Sistema Solar. Os temas propostos atendem os conteúdos curriculares das disciplinas de **Geografia** (ensino fundamental e médio) e **Ciências** (ensino fundamental) referentes a história e evolução da Terra.

**1. VISITAS GUIADAS NO LABORATÓRIO NA UNIOESTE** (Capacidade: 25 alunos)

O laboratório possui acervo de rochas, minerais e fósseis. Entre 2013 e 2018 tivemos a visita de **78 turmas** e foram atendidos **2397 alunos**.

**2. EXPOSIÇÃO ITINERANTE EM COLÉGIOS SOBRE O SISTEMA SOLAR**

A exposição é composta por painéis, maquetes, fotos e exibição de vídeos. Entre 2013 e 2018, a exposição foi realizada em **17 colégios** e foram atendidos **2807 alunos**.

**ENTRE EM CONTA TO CONOSCO**

Para agendar a visita da sua turma no Laboratório ou solicitar a exposição itinerante no colégio, envie-nos uma mensagem. Favor informar data e horário de interesse.

**E-mail: [geolabmcr@gmail.com](mailto:geolabmcr@gmail.com)**  
**Acesse o blog do Projeto: [www.geolabmcr.blogspot.com.br](http://www.geolabmcr.blogspot.com.br)**

Figura 1 – Folder do projeto correspondente ao ano de 2019.

## 2.2 Atendimento no Laboratório de Pedologia e Geologia

A visita das turmas no laboratório consiste nas seguintes etapas:

No primeiro momento os alunos observam o acervo de rochas e minerais expostos em armários e prateleiras. Posteriormente, o professor passa a explicar as etapas do ciclo das rochas com auxílio de slides, vídeos e amostras de rochas colocadas nas bancadas do laboratório. O tempo de duração da visita varia de 60 a 90 min.

## 2.3 Exposição itinerante sobre o Sistema Solar

O professor interessado em levar a exposição ao seu colégio, deve fazer a reserva da data e horário através do e-mail do projeto.

A exposição itinerante levada aos colégios conta com os seguintes itens:

1) Painéis sobre o Sol, o Sistema Solar e Impacto de asteroides na superfície da Terra; 2) Desenho em escala (1 cm=2274 km) do diâmetro dos oito planetas e o Sol feitos em papel craft; 3) Maquetes (em escala) representando a composição do interior dos oito planetas e a Lua, feitos com esfera de isopor; 4) Representação da temperatura superficial de todos os planetas; 5) Representação da posição das orbitas dos planetas ao longo de uma corda de 3 m (escala 1 cm=20.000.000 km); 6) Fotos da superfície de Marte enviadas pela sonda Curiosity; 7) Amostras de impactitos oriundas da cratera de impacto de Vista Alegre, município de Coronel Vivida, Sudoeste do Paraná (CRÓSTA *et al.*, 2004). Os impactitos são rochas formadas pelo choque de meteoritos com a superfície da Terra.

Cada sessão de apresentação da exposição atende turmas de 25 a 30 alunos, que são convidados inicialmente a percorrer e observar os itens da exposição por 10 a 15 minutos. Após este período, os alunos assistem a exibição de seis vídeos de curta duração. No intervalo de cada vídeo, o coordenador faz os comentários pertinentes e responde perguntas dos alunos. Para ilustrar as respostas, o coordenador reúne numa pasta de computador, dezenas de vídeos e fotos sobre o sol, outras estrelas, planetas, luas, etc.

Os temas dos vídeos exibidos são: 1) Animação do movimento dos planetas em torno do Sol (40 seg.); 2) Tamanho dos planetas, o sol e outras estrelas (1:00 min), 3) Tamanho dos planetas e do sol (2:55 min); 4) Formação do sistema solar (1:56 min); 5) A cratera do Meteoro, Arizona, EUA (1:20 min) e 6) Animação da queda de um grande asteróide (trecho do filme “Impacto profundo”) (2:10 min).

Finalmente, é apresentado os *softwares* livres *NASA's Eyes* e *Stellarium* (<http://www.stellarium.org/pt>), valiosos instrumentos que simulam o céu em três dimensões.

### 3 | RESULTADOS

Na figura 2 é ilustrada a distribuição anual dos alunos atendidos pelo Projeto entre 2013 e 2019, que alcançou um total de **6578** discentes, provenientes de 16 municípios (Mal. C. Rondon, Toledo, Quatro Pontes, Nova Santa Rosa, Mercedes, Maripá, Assis Chateaubriand, Jesuítas, Nova Aurora, Guaíra, Pato Bragado, Entre Rios do Oeste, Santa Helena, São Pedro do Iguaçu, São Miguel do Iguaçu e Coronel Vivida).

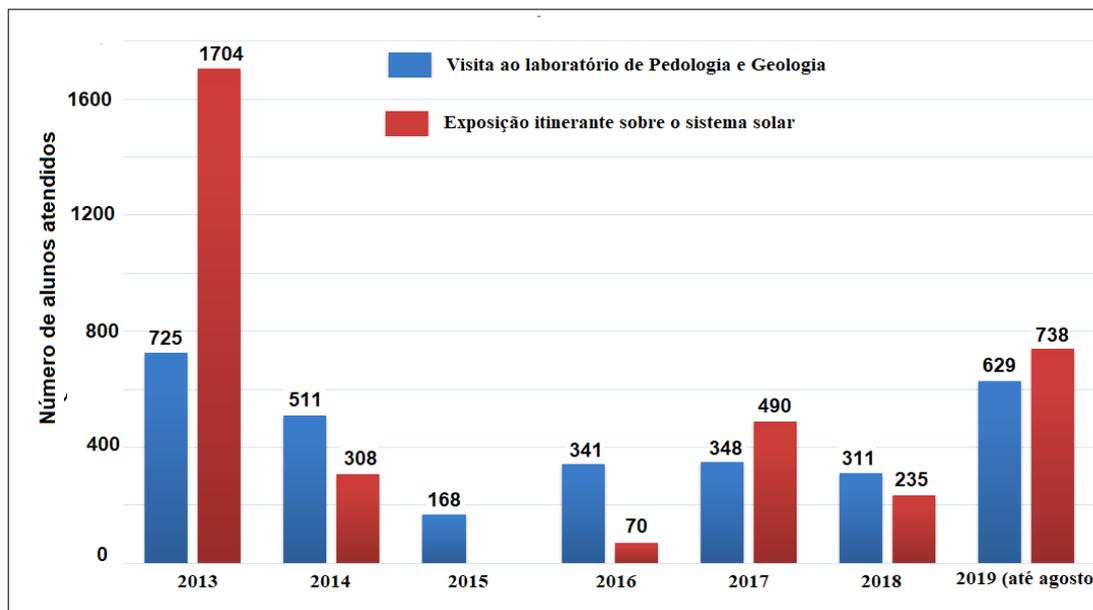


Figura 2 – Número de alunos atendidos pelo Projeto desde seu início em 2013 até agosto de 2019.

A visita das turmas ao laboratório de Pedologia e Geologia mostrou-se essencial para atrair a atenção dos alunos para o estudo das Geociências devido ao contato direto dos alunos com as amostras de minerais e rochas (**Figura 3**). A coleção do laboratório conta com alguns minerais que chamam poderosamente a atenção dos alunos como diamante, ouro, esmeralda, belas amostras de quartzo ametista, além de diversas espécies de fósseis coletadas no Brasil assim como no exterior.



Figura 3 - Alunos do Colégio Estadual Ildo Fritzen de Entre Rios do Oeste, em visita ao Lab. de Pedologia e Geologia (Data: 4 de abril de 2019). Fonte: blog do projeto [www.geolabmcr.blogspot.com](http://www.geolabmcr.blogspot.com).

O atendimento no Laboratório teve uma pequena redução em 2014 em comparação com 2013. Em 2015 (3ª edição do Projeto), a atividade foi realizada de julho e outubro de 2015 e atendeu somente **168** alunos de seis instituições oriundas de Pato Bragado, Toledo e Santa Helena. A greve dos professores da rede estadual de educação ocorrida naquele ano de abril a junho, afetou de forma considerável o desenvolvimento do projeto, com a forte diminuição das visitas ao laboratório. A partir da 4ª edição do Projeto (2016), a quantidade de visitas no Laboratório se mantiveram elevadas (Figura 2).

No Quadro 1 são listados os atendimentos realizados no Laboratório entre 2013 e 2019.

#### ANO 2013

Data	Colégio	Alunos atendidos
05/03	Colégio SESI, Toledo	68
15/03	Colégio Estadual de Novo Horizonte, Mal. C. Rondon	25
27/03	Colégio Estadual Pio XII, Maripá.	27
05/04	Colégio Estadual Germano Rhoden, Toledo	18
08/04	Colégio Incomar, Toledo	101
11/04	Colégio Estadual do Campo Santos Dumont Moreninha, Santa Helena	26
06/05	Colégio Estadual Castelo Branco-Premen, Toledo	39
24/05	SENAI (Marechal C. Rondon)	20
06/06	Colégio Estadual M. Ceretta, Mal. C. Rondon	75
11/06	Colégio Estadual do Campo São Francisco, Sub-Sede, Santa Helena	39
19/06	Colégio Estadual Leonilda Papen (Mercedes)	28

10-24/06 e 1/07	Colégio Estadual Humberto de Alencar Castelo Branco, Santa Helena	67
13/06	Escola Estadual do Campo Teotônio Vilela, Esquina Céu Azul, Santa Helena.	30
18/09	Escola Estadual do campo Dealmo Selmiro Poersch, São Roque, Mal. C. Rondon	35
19/09	Colégio Estadual Germano Rhoden, Toledo	9
20-27/09	Esc. Municipal Érico Veríssimo, Mal. C. Rondon	71
27/09	Colégio Estadual Eron Domingues, Mal. C. Rondon	27
17/10	Colégio Estadual de Pato Bragado	20
<b>Total</b>		<b>725</b>

#### ANO 2014

Data	Colégio	Alunos atendidos
01/04	Alunos do curso de Engenharia de Pesca-Campus de Toledo (Unioeste)	24
04/04	Colégio Estadual Paulo Freire - Mal. C. Rondon	14
19/5	Escola Municipal Criança Feliz – Mal. C. Rondon	100
23/05	Colégio M. Ceretta - Mal. C. Rondon	65
27/05	Colégio Franciscano Nossa Senhora do Carmo (Guaira)	50
17/06	Colégio Comunitário de Toledo – FUNET	40
30/06	Colégio Rui Barbosa – Mal. C. Rondon	50
08/08	Colégio Estadual do Campo São Roque, Santa Helena	20
15/08	Colégio Estadual do Campo São Roque, Santa Helena	30
25/08	Colégio Estadual Humberto de Alencar Castelo Branco, Santa Helena	26
02/10	Colégio Estadual de Pato Bragado	51
12/11	Colégio SESI – Mal. C. Rondon	45
<b>Total</b>		<b>511</b>

#### ANO 2015

Data	Colégio	Alunos atendidos
27/7	Colégio Estadual de Pato Bragado	24
11/08	Colégio Est. do Campo Profa. Verônica Zimmermann, São Clemente, Santa Helena	33
19/09	Alunos do curso de graduação de Engenharia de Pesca – Toledo – Unioeste	13
28/09	Colégio Estadual Humberto de Alencar Castelo Branco –Santa Helena	27
16/10	Colégio Estadual do Campo São Roque – Santa Helena	29
19/10	Colégio Est. Humberto de Alencar Castelo Branco – Santa Helena	42
<b>Total</b>		<b>168</b>

**ANO 2016**

<b>Data</b>	<b>Colégio</b>	<b>Alunos atendidos</b>
23/05	Colégio Luterano Rui Barbosa – Mal. C. Rondon	55
06/06	Colégio Estadual Luiz A. M. Rego – Toledo	25
20/06	Centro Educacional Santo Antônio – Santa Helena	20
21/06	Colégio Estadual A. Ceretta – Mal. C. Rondon	54
16/08	Colégio Estadual de Pato Bragado	35
19/08	Colégio Estadual Luiz A. M. Rego – Toledo	44
29/08	Colégio Estadual A. Ceretta – Mal. C. Rondon	60
09/09	Engenharia de Pesca – Unioeste – Toledo	08
09/12	Colégio Estadual Quatro Pontes	40
<b>Total</b>		<b>341</b>

**ANO 2017**

<b>Data</b>	<b>Colégio</b>	<b>Alunos atendidos</b>
25/04	Colégio Martin Luther, Mal. C. Rondon	41
18/05	Escola Municipal Criança Feliz, Mal. C. Rondon	44
19/05	Escola Municipal Criança Feliz, Mal. C. Rondon	42
19/06	Colégio Rui Barbosa, Mal. C. Rondon	50
20/07	Acadêmicos do curso de Engenharia de Pesca, Unioeste, Toledo.	12
1-2/08	Escola Municipal Criança Feliz, Mal. C. Rondon.	53
10/08	Escola Estadual de Novo Três Passos, Mal. C. Rondon	35
25/08	Colégio Estadual Antônio M. Ceretta, Mal. C. Rondon	48
01/09	Colégio Estadual Antônio M. Ceretta, Mal. C. Rondon	23
<b>Total</b>		<b>348</b>

**ANO 2018**

<b>Data</b>	<b>Colégio</b>	<b>Alunos atendidos</b>
14/06	Turma do curso de Engenharia de Pesca, Toledo, Unioeste.	15
18/06	Colégio Estadual Eron Domingues, Mal. C. Rondon	21
21/06	Escola Municipal Criança Feliz - Marechal C. Rondon	27
27/06	Colégio Estadual Antonio Ceretta, Mal. C. Rondon	24
30/7	Colégio Estadual Antonio Ceretta, Mal. C. Rondon	32
07/8	Colégio Estadual F. Sackser, Mal. C. Rondon	22
09/8	Colégio Estadual F. Sackser, Mal. C. Rondon	27

13/08	Colégio Estadual do Campo Profª Verônica Zimmermann - São Clemente - Santa Helena	80
06/09	Colégio Estadual de Pato Bragado.	32
2/10	Colégio Estadual Paulo Freire – Mal. C. Rondon	10
29/11	Instituto Federal do Paraná- <i>campus</i> Assis Chateaubriand	21
<b>Total</b>		<b>311</b>

#### ANO 2019

<b>Data</b>	<b>Colégio</b>	<b>Alunos atendidos</b>
07/03	Colégio Alfa Integral Marechal	26
15/03	Escola Municipal de São Roque - Mal. C. Rondon	50
22/03	Colégio Estadual Paulo Freire - Mal. C. Rondon	07
04/04	Colégio Estadual Ildo Fritzen, Entre Rios do Oeste	32
12/04	Escola Municipal São João Batista, distrito de Novo Três Passos, Mal. C. Rondon	31
15/04	Colégio Estadual Paulo Freire-EFM – Nova Santa Rosa	19
06/05	Colégio Estadual de Quatro Pontes	28
20/05	Colégio Estadual de Pato Bragado	46
28/05	Colégio Estadual Humberto Castelo Branco - Santa Helena	55
29/05	Colégio Estadual de Pato Bragado	30
18/06	Colégio Martin Luther, Mal. C. Rondon	51
26/06	Escola Estadual do Campo Eronildes Francener, Três Irmãs, Mercedes	46
28/6	Escola Municipal Criança Feliz, Mal. C. Rondon.	20
03/07	Escola Est. do Campo Vinicius de Moraes, Alto S. Fé, Nova S. Rosa	40
04/07	Escola Municipal Criança Feliz, Mal. C. Rondon	19
12/07	Escola Municipal Getúlio Vargas, Nova Santa Rosa	52
22/08	Centro Educacional Santo Antônio, Santa Helena.	47
26/08	Colégio Estadual do Campo Profª Verônica Zimmermann - São Clemente - Santa Helena	30
<b>Total</b>		<b>629</b>

Quadro 1: Lista dos colégios que visitaram o Laboratório entre 2013 e 2019.

Nas exposições itinerantes sobre o Sistema Solar realizadas nas escolas e colégios entre 2013 e agosto de 2019, foram atendidos **3256** alunos. Tanto os itens da exposição como as explicações do coordenador, auxiliadas por figuras, fotos e vídeos exibidas com projetores multimídia, chamaram a atenção dos alunos sobre questões da Astronomia e ensejaram diversas dúvidas. Dentre as perguntas mais recorrentes se destacam as questões referentes aos buracos negros, a possível existência de vida fora da Terra e a alteração do status de Plutão de planeta para

planetoide. A **figura 4** registra uma das exposições realizadas em 2019.

No Quadro 2 são listadas as instituições de ensino visitadas para a exposição sobre o Sistema Solar entre 2013 e 2019.



Figura 4 - Exposição itinerante na Escola Municipal de São Roque (Distrito de São Roque, Marechal C. Rondon) (Data: 29 de março de 2019). Fonte: blog do projeto [www.geolabmcr.blogspot.com](http://www.geolabmcr.blogspot.com).

#### ANO 2013

Data	Instituição visitada	Alunos atendidos
25-26/03	Sala de exposições da Biblioteca da Unioeste (campus de Mal. C. Rondon)	559
3-4/04	Colégio Estadual Leonilda Papen (Mercedes)	375
2 - 3/05	Colégio Estadual Humberto de Alencar Castelo Branco (Jesuítas)	250
13-14/06	CEEBJA/Escola Mun. Profa. Odila S. Teixeira (Assis Chateaubriand)	209
16/08	Colégio indígena Teko Nemoingo (São Miguel do Iguçu)	100
29/08	Colégio Estadual Castelo Branco (Distrito de Vista Alegre-Coronel Vivida)	52
4-5/09	Colégio Estadual Wenceslau Braz (Distrito de Palmitópolis, Nova Aurora)	159
<b>Total</b>		<b>1704</b>

#### ANO 2014

Data	Instituição visitada	Alunos atendidos
11/03	Colégio Estadual do Campo Zulmiro Trento – Novo Horizonte- Mal. C. Rondon	54
19/03	Escola Bento Munhoz da Rocha Neto - Mal. C. Rondon	142
24/03	Escola municipal São João Batista, Novo Três Passos, Mal. C. Rondon	51

2-4/04	Colégio Martin Luther - Mal. C. Rondon	61
<b>Total</b>		<b>308</b>

#### ANO 2016

<b>Data</b>	<b>Instituição visitada</b>	<b>Alunos atendidos</b>
30/06	Colégio Estadual Antônio M. Ceretta, Mal. C. Rondon	70
<b>Total</b>		<b>70</b>

#### ANO 2017

<b>Data</b>	<b>Instituição visitada</b>	<b>Alunos atendidos</b>
27/06	Colégio Estadual Novo Três Passos, Mal. C. Rondon	35
12/09	Colégio Estadual Presidente Roosevelt, Guaíra	54
20 - 24/10	Colégio Estadual São Pedro, São Pedro do Iguaçu	401
<b>Total</b>		<b>490</b>

#### ANO 2018

<b>Data</b>	<b>Instituição visitada</b>	<b>Alunos atendidos</b>
22/05	Colégio Estadual do Campo Prof <sup>a</sup> Verônica Zimmermann - São Clemente - Santa Helena	235
<b>Total</b>		<b>235</b>

#### ANO 2019

<b>Data</b>	<b>Instituição visitada</b>	<b>Alunos atendidos</b>
15/03	Escola Municipal Criança Feliz - Mal. C. Rondon	22
19/03	Sesi - Marechal Cândido Rondon	32
28/03	Escola Municipal Criança Feliz - Mal. C. Rondon	20
29/03	Colégio Estadual de Campo Dealmo Selmiro Poersch – Mal. C. Rondon	53
29/3	Escola Municipal de São Roque - Mal. C. Rondon	47
05/04	Escola Municipal Criança Feliz - Mal. C. Rondon	20
10/04	Escola Municipal Jean Piaget - Mal. C. Rondon	18
16/04	Escola Estadual do Campo Novo Três Passos, Mal. C. Rondon	25
06/05	Colégio Estadual do Campo Professor Nilso Franceski e Escola Municipal Floriano Peixoto, Iguaporã, Mal. C. Rondon	90
16/05	Escola Municipal do Campo Dez de Maio - Toledo	122

19/06	Colégio Estadual Pio XII, Maripá	249
24/08	Colégio Estadual Antônio M. Ceretta, Mal. C. Rondon	40
<b>Total</b>		<b>738</b>

Quadro 2: Instituições visitadas pela exposição sobre o Sistema Solar.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ações baseadas em visita ao laboratório e exposições itinerantes mostraram-se de grande importância no ensino informal das Geociências e da Astronomia. A experiência mostrou também o papel do ensino informal para sanar as curiosidades dos alunos, surgidas tanto na sala de aula como através de meios como a televisão ou a internet.

## AGRADECIMENTO

Agradecemos aos professores(as), pedagogos(as) e diretores(as) das diversas instituições de ensino pelo apoio e interesse no Projeto.

## REFERÊNCIAS

CRÓSTA, A. P.; KAZZUO-VIEIRA, C.; SCHRANK, A. Vista Alegre: a newly discovered impact crater in Southern Brazil. **Meteoritics & Planetary Science**, v. 39, Supplement, pp. A-28, 2004.

GASPAR, A. **Museus e centros de ciências. Conceituação e propostas de um referencial teórico.** Tese de doutorado em Educação. Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo. 118 p., 1993.

MORRISON, D. Asteroid and comet impacts: the ultimate environmental catastrophe. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 364 (1845), p. 2041-2054, 2006.

PADILLA, J. Conceptos de museos y centros interactivos. In: Crestana, S. et al. (Eds.). **Educação para a ciência. Cursos para treinamentos em centros e museus de ciências.** São Paulo. Livraria da Física, 131-141, 2002.

ROSA, T.P.; SAUER, T.D.; MONTARDO, D.K. Aprendendo geologia na escola: propostas de materiais didáticos. **Anais.. XII Encontro de Geógrafos da América Latina (EGAL)**, Montevideo. 2009. Disponível em: <[http://egal2009.easyplanners.info/area03/3271\\_Tamara\\_Patricia\\_Rosa.pdf](http://egal2009.easyplanners.info/area03/3271_Tamara_Patricia_Rosa.pdf)> Acesso em agosto de 2018.

## ENSINO DE ASTRONOMIA E TEORIA QUÂNTICA USANDO O FUNCIONAMENTO DE UMA LÂMPADA FLUORESCENTE

*Data de aceite: 10/12/2019*

### **Márcio Francisco dos Santos**

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Barbacena – Minas Gerais

### **Carolina Marla Rodrigues**

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Barbacena – Minas Gerais

### **Vanessa Aparecida Ferreira**

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Barbacena – Minas Gerais

**RESUMO:** Compreender cientificamente os fenômenos astronômicos e quânticos que permeiam o nosso cotidiano é essencial para uma formação sólida dos estudantes, principalmente daqueles que ingressam em cursos de licenciatura, seja ela em Química, Física ou Biologia. No entanto, estas ciências não recebem a devida importância nos referidos cursos, resultando em uma formação deficitária dos professores, e assim, contribui para a disseminação de conceitos equivocados, sobretudo àqueles baseados em credices. Além disso, fomenta o desinteresse dos estudantes com relação a estes assuntos, uma vez que seu entendimento costuma ser considerado complexo. Pautando-se nestes pressupostos, esse trabalho propõe uma forma didática de abordar conceitos de Astronomia,

atrelado ao ensino da Teoria Quântica nos cursos superiores de licenciatura. Para tanto, utilizou-se dos princípios quânticos envolvidos na emissão de luz por uma lâmpada fluorescente, associando-os aos mecanismos utilizados para estudos astronômicos, fundamentado na interação entre energia e matéria, como forma de introduzir conceitos básicos da Astronomia e da Teoria Quântica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Astronomia, Radiação, Lâmpada Fluorescente

### TEACHING OF ASTRONOMY AND QUANTUM THEORY USING A FLUORESCENT LAMP PERFORMANCE

**ABSTRACT:** To understand scientifically the astronomic and quantum phenomena that permeate our lives daily is essential for a solid formation of the students, especially those who enter a graduation course, be it Chemistry, Physics or Biology. However those sciences don't get properly importance in referred courses, resulting in a deficient formation of teacher and that way contributing to a dissemination of mistaken concepts, above all those based on beliefs. Besides that, induces the disinterest of the students about said topics, once the understanding seems to be complex. Relying on these assumptions, this work suggests a didactic way of approaching Astronomy

concepts, attached to the teaching of Quantum Theory on graduation courses. To do so, was used the quantum principles involved in light emission by a fluorescent lamp, associating to the mechanisms used for astronomic studies, based on the interaction between energy and matter, as a way to introduce basic concepts of Astronomy and Quantum Theory.

**KEYWORDS:** Teaching of Astronomy, Radiation, Fluorescent lamp

## 1 | INTRODUÇÃO

A Astronomia é considerada uma das ciências mais antigas, e seu estudo teve papel decisivo no desenvolvimento das primeiras civilizações. Os povos antigos utilizavam-se da observação de fenômenos celestes para fazer previsões climáticas, e por consequência saber as épocas certas para plantar e para fazer a colheita (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2010). Nos dias atuais ela ainda desperta o interesse das pessoas, seja como ciência primordial para o entendimento do presente, passado e futuro, por envolver escalas de grandeza distantes da nossa realidade cotidiana, ou por simples admiração dos eventos naturais que acontecem (DEBOM, 2010).

Mesmo estando presente nos conteúdos de Ciências no ensino fundamental e de Física no ensino médio, respaldado pelos parâmetros curriculares nacionais (PCNs), a Astronomia não recebe o mesmo grau de importância na matriz curricular dos cursos superiores de licenciatura em Física, Química ou Biologia (JUSTINIANO *et al*, 2012). Isso torna a formação dos novos professores deficitária com relação a esse tema, oferecendo poucas ferramentas para abordar esse assunto no exercício da profissão. Um profissional mal preparado, ao abordar estes conteúdos em sala de aula, desenvolve seu trabalho de forma deficiente e, em grande parte, fundamentado em fontes pouco confiáveis podendo apresentar erros conceituais disseminando ideias equivocadas (LANGHI; NARDI, 2007). Os livros adotados nas licenciaturas citadas acima não abordam nenhum conteúdo claramente voltado para o ensino de Astronomia tornando este cenário de formação de profissionais ainda mais preocupante (AMARAL, 2008).

A mesma falta de abordagem conceitual pode ser percebida no ensino da Teoria Quântica, principalmente nos cursos de Química e Biologia. Uma comprovação disso são os estudos realizados acerca da inserção de conteúdos da Física moderna na educação básica, frisando uma reforma curricular que permita englobar as novas teorias científicas desenvolvidas mais recentemente (ROCHA; HERSCOVITZ; MOREIRA, 2010). Uma possível solução seria diminuir o tempo dedicado aos temas clássicos abrindo espaço para os temas mais atuais, desde que se tenha professores bem preparados e com bons materiais de apoio (OSTERMANN, 2003). Entretanto, essa tendência não é percebida nas licenciaturas em Física e em Química, a qual

não prioriza conceitos modernos na matriz curricular criando uma situação bastante delicada para o trabalho docente nestas áreas (OSTERMANN; PRADO; RICCI, 2008).

Astronomia é multidisciplinar, podendo ser trabalhada na Geografia, História, Biologia, Química e principalmente na Física. Na Química, por exemplo, a estrutura atômica pode servir de base para introduzir a espectroscopia ou até mesmo os processos termonucleares como ocorrem nas estrelas, onde podem ser estudados conjuntamente alguns conceitos de Astronomia (BRETONES, 1999). De modo semelhante, o funcionamento de uma lâmpada fluorescente, pode ser o ponto de partida para estudar conceitos quânticos, uma vez que a luz emitida por elas depende da interação entre radiação e matéria.

As lâmpadas fluorescentes compactas têm em seu interior gases à baixa pressão, onde tensões elétricas provocam várias reações resultando na emissão de radiação. Esse ambiente é um excelente laboratório a ser comparado com regiões do Universo. Além disso, os processos de emissão e absorção da radiação são explicados somente com base na Física moderna, o que torna Astronomia e Teoria Quântica assuntos interligados. Baseando-se nesses aspectos, este trabalho buscou mostrar que é possível utilizar-se de objetos corriqueiros, como a lâmpada fluorescente, para introduzir conceitos de Astronomia e de Quântica nos cursos de licenciatura relacionados.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi realizado um estudo exploratório sobre os processos físicos e químicos envolvidos no funcionamento da lâmpada fluorescente, visando compreender de que forma elas emitem luz. Posteriormente realizou-se um estudo dos fundamentos da Astronomia, principalmente dos processos de radiação estelar e análise de seus espectros, tendo como objetivo uma comparação entre a emissão de luz pela lâmpada fluorescente e pelas estrelas. Devido à ausência de conteúdos de astronomia nos livros didáticos utilizados pelas licenciaturas, recorreu-se aos artigos científicos e livros destinados especificamente a área de astronomia.

Para obtenção dos espectros, tanto da lâmpada quanto de uma estrela (o sol) construiu-se um espectroscópio utilizando uma caixa de papelão, como ilustrado na Figura 1. O instrumento consiste em uma fenda para entrada de luz com espessura aproximada de 0,1 mm, alinhada com uma grade de difração linear introduzida dentro da caixa, como pode ser visto em na figura em (a). A grade utilizada contém mil linhas por milímetro ( $1000 \text{ linhas.mm}^{-1}$ ) e foi obtida para experimentos realizados no laboratório de Física. Pelo lado externo e oposto à fenda, em um ângulo de aproximadamente cinquenta graus ( $50^\circ$ ) com a horizontal, foi acoplado um cilindro

com diâmetro aproximado de 6,4 cm, por onde introduz-se a objetiva de uma câmera digital para fotografar os espectros. Este ângulo possibilita que a imagem refratada seja formada no plano focal da lente, cuja distância focal é de 4mm. A figura 1 (b), traz um esquema do espectroscópio construído, onde podem ser observados a fenda para entrada de luz, a posição da grade de difração, o espectro da luz refratada e a sua projeção no plano da lente da câmera.

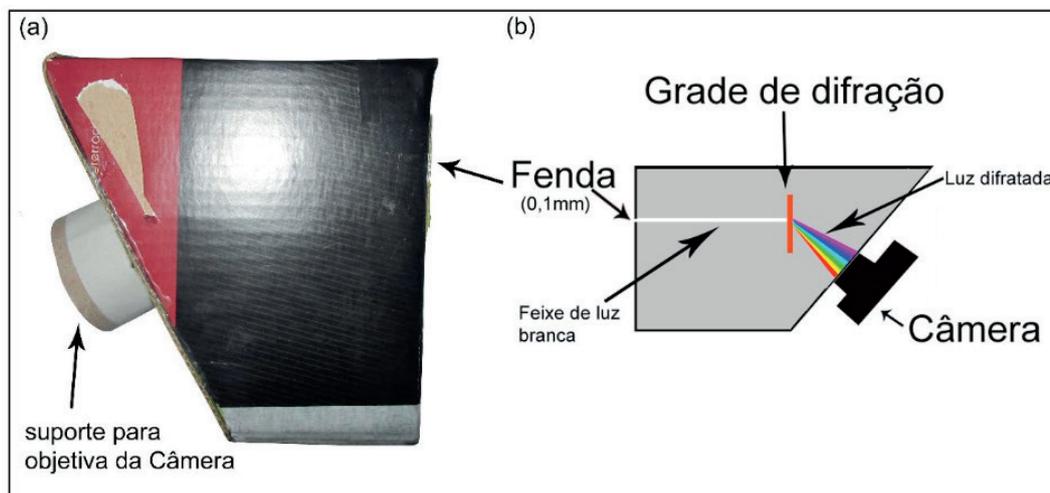


Figura 1 – Espectroscópio construído nesse projeto para fotografar os espectros (a), esquema de funcionamento do mesmo (b)

A partir da montagem do espectroscópio caseiro foram feitas análises dos espectros fotografados. Por fim, comparou-se os estudos realizados sobre a emissão de luz pelas estrelas e pelas lâmpadas fluorescentes, relacionando-os com a teoria quântica.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Emissão de luz por uma lâmpada fluorescente

Uma lâmpada fluorescente típica, como mostra a figura 2, é constituída por um gás inerte e vapor de Mercúrio (Hg), ambos à baixa pressão envolvidos por tubos de vidro recobertos com uma camada de pó fluorescente a base de fósforo e elementos das chamadas terras raras (DURÃO JR; WINDMOLLER, 2008; MARTINS; ISOLANI, 2005).



Figura 2 – Lâmpada fluorescente compacta

O processo de emissão de luz que se inicia dentro da lâmpada pode ser visto na figura 3. A tensão elétrica aplicada aos eletrodos provoca uma descarga que ioniza o gás, tornando-o um condutor. O feixe de elétrons originado do cátodo colide com os átomos do vapor de mercúrio presente dentro do envoltório, excitando-os (1). As partículas excitadas saltam para níveis energéticos superiores (2) e, ao retornarem para seu estado fundamental, emitem radiação ultravioleta (~1 a 380 nm) (3). Essa radiação é, então, absorvida pelo revestimento interno da lâmpada e reemitida como radiação visível (~400 a 700 nm).

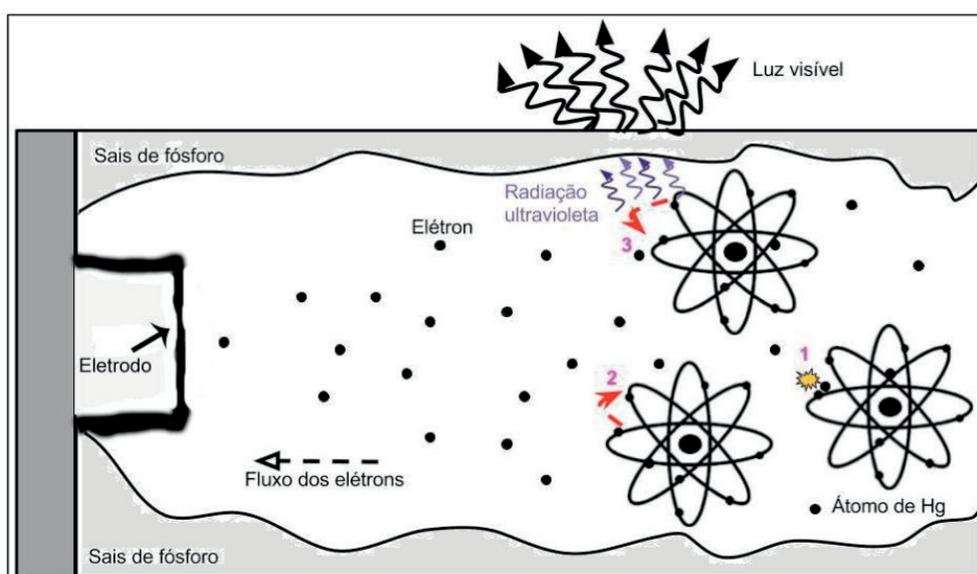


Figura 2: Estrutura interna da lâmpada fluorescente mostrando o processo de emissão de luz.

Durante as colisões, os raios catódicos (elétrons acelerados) transferem energia cinética para os átomos de mercúrio, e essa transferência de energia ocorre de maneira quantizada, ou seja, apenas valores discretos de energia são absorvidos pelos átomos. Sabe-se, de acordo com a teoria quântica, que os elétrons só podem existir no interior do átomo em níveis de energia definidos. A energia absorvida ou emitida por um elétron só ocorre em uma faixa de valores permitidos e depende da

frequência da onda eletromagnética ( $f$ ) de acordo com a equação:

$$E = hf \quad , \quad (1)$$

onde  $h = 6,626 \times 10^{-34}$  J.s é a constante de Planck. Quando o átomo de mercúrio recebe energia suficiente para um elétron saltar para um orbital mais energético, em nano segundos ele retorna para o estado anterior, devolvendo a energia recebida, sob a forma de radiação. Essa energia emitida pelos átomos de mercúrio se dá na frequência da radiação ultravioleta em sua grande parte, o que tornaria a lâmpada ineficaz para a iluminação dos ambientes. No entanto, como a frequência do ultravioleta é alta, os fótons (“pacotes” quantizados de energia que obedecem à equação 1) emitidos pelo mercúrio são de alta energia e podem ser absorvidos por novas estruturas. Por essa razão os tubos das lâmpadas fluorescentes são revestidos com sais de fósforo. Tais compostos, por meio da fluorescência, são excitados pela radiação ultravioleta proveniente dos átomos de mercúrio e, em razão dos diferentes elementos ali existentes, a radiação é reemitida em diferentes comprimentos de onda, e a superposição deles dá origem a luz branca observada. Todo o processo físico e químico é extremamente rápido, tornando a emissão de luz instantânea aos olhos. Os sais de fósforo foram escolhidos como revestimentos para a lâmpada por apresentarem longo tempo de vida de luminescência, estabilidade morfológica do pó e boa reatividade e eficiência luminosa (ABRÃO, 1994; MARTINS; ISOLANI, 2005).

### 3.2 Emissão de luz pelas estrelas

Estrelas são enormes esferas de plasma auto gravitante (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2010). Dentro delas, ocorre uma batalha onde a força gravitacional tenta comprimi-la ao ponto de destruí-la, enquanto a pressão exercida pela fusão de núcleos atômicos e a radiação liberada tenta expandi-la. O equilíbrio dessas forças corresponde a “estabilidade” da estrela (OLIVEIRA; HETEM; MENDES, 2016).

A energia destes astros é produzida no núcleo através de reações termonucleares, sendo dissipada ao longo da massa estelar por processos de condução e convecção e, posteriormente, irradiada para o espaço. O processo pelo qual a energia é produzida, conhecido como ciclo próton-próton, é bastante complexo e está representado de forma simplificada na figura 3. O ciclo tem início quando a temperatura no núcleo estelar ultrapassa 8.000.000 K, permitindo que haja colisões entre prótons. Os prótons ( $H^+ + H^+$ ) colidem resultando em um deutério ( ${}^2H^+$ ), um pósitron ( $e^+$ ) e um neutrino ( $\nu$ ) simultaneamente. Em um segundo estágio o deutério colide com outro próton dando origem ao isótopo ( ${}^3He$ ), que é pouco estável. Enquanto o pósitron se choca com sua antipartícula, o elétron ( $e^-$ ), ambos se aniquilam gerando energia radiante de alta frequência (raios gama  $\gamma$ ), conforme a equação:

$$e^+ + e^- = \gamma + \gamma.$$

(2)

No estágio final, dois isótopos ( $^3\text{He}$ ) colidem entre si, resultando no isótopo de hélio mais estável ( $^4\text{He}$ ) e dois prótons livres para reiniciar o ciclo. No interior de uma estrela como o sol ocorre um ciclo p-p por segundo, o que permite a existência dessas estrelas por alguns bilhões de anos.

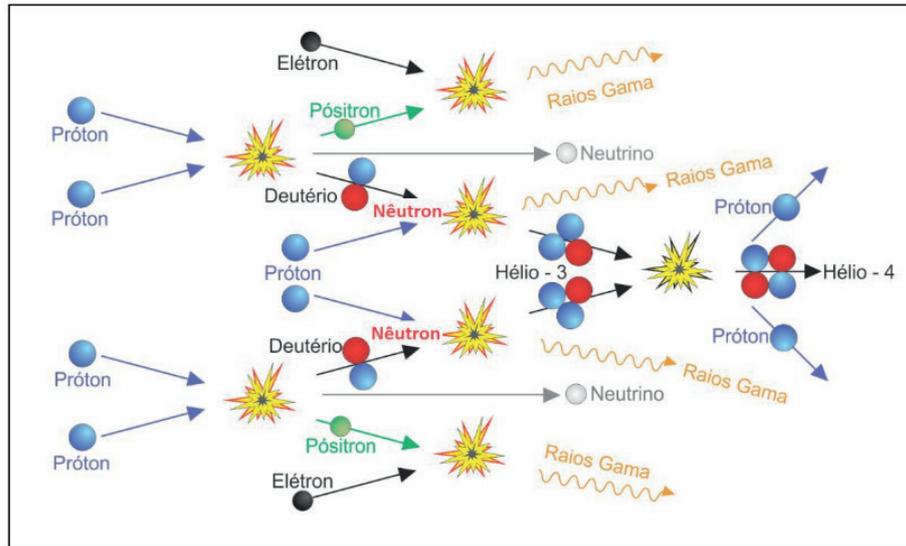


Figura 3 – Esquema simplificado da fusão nuclear.

Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node10.html> modificado.

Ao considerarmos que uma estrela é, por boa aproximação, comparável a uma esfera de distribuição infinitesimal de densidade simétrica, podemos dizer que ela está em equilíbrio térmico, e dessa forma comparar sua emissão de radiação à de um corpo negro. Deve-se lembrar que um corpo negro é um objeto teórico capaz de absorver e irradiar em função apenas da sua temperatura de superfície. Isso implica que é possível aplicar as leis físicas que descrevem esses corpos às estrelas e obter informações.

Uma das formas de estudar os objetos astronômicos é analisando o seu espectro. As linhas espectrais do corpo em estudo resultam da interação entre a energia e a matéria, podendo ser linhas escuras (absorção) ou linhas brilhantes (emissão). Cada linha corresponde a um estado de transição eletrônica específica. Ao absorver um fóton de luz, o átomo só terá seu elétron excitado se a energia do fóton for igual ou superior a diferença de energia entre o estado fundamental e o estado excitado. O espectro contínuo, por outro lado, representa a emissão de luz por um corpo quente, denso e opaco, características aproximadas às propriedades de uma estrela.

A luz do sol que chega até nós, é irradiada na fotosfera (camada visível do sol, na qual originam-se os fótons que são irradiados para o espaço) sob a forma de um

espectro contínuo. Como a estrela não é um corpo negro perfeito, a sua camada mais externa absorve a energia emitida correspondente aos comprimentos de onda específicos dos elementos que a compõem. Como essa camada é relativamente menos densa e mais fria que a região onde a radiação é emitida, o espectro observado é de absorção, como mostrado na figura 4. Ou seja, o espectro de cores é resultado da emissão do núcleo solar denso e as linhas negras representam a absorção de determinadas frequências de energia dessa radiação.



Figura 4 – Linhas absorção do espectro do sol.

Fonte: <http://www.astro.iag.usp.br/~damineli/aga105/livroprof.pdf>, modificada.

### 3.3 Comparação entre as Lâmpadas Fluorescentes e as Estrelas

Estrelas são essencialmente constituídas de uma mistura de cargas elétricas positivas e negativas, (elétrons e núcleos atômicos de hidrogênio e hélio, que devido às altas temperaturas encontram-se ionizados). De modo semelhante, no interior de uma lâmpada fluorescente acesa, há uma abundância destas cargas elétricas. Essa mistura, que em sua forma global preserva seu estado neutro, é chamada de plasma e é um excelente condutor de energia. Nas estrelas, a pressão e temperatura muito elevadas também são fatores responsáveis pela predominância do plasma em sua constituição, o qual impele a fusão nuclear que, por consequência, emite a radiação. A fusão dos prótons ( ${}^2\text{H}^+$ ) em núcleos de átomos de hélio ( ${}^4\text{He}^{2+}$ ) também conhecidas como partículas alfa ( $\alpha$ ), acontece por meios de um processo denominado tunelamento, fundamentado na probabilidade quântica que dois núcleos possam vencer as repulsões elétricas de Coulomb (OLIVEIRA FILHO, SARAIVA, 2010). Nas lâmpadas, ainda que a temperatura interna seja alta, não é comparável à das estrelas, por isso cabe à diferença de potencial entre os eletrodos fornecer as condições necessárias à formação do plasma induzindo a corrente elétrica nos gases aí presentes. O processo de tunelamento dá lugar às colisões entre os portadores de carga e os átomos de mercúrio. As condições de plasma tanto na lâmpada quanto nas estrelas são imprescindíveis para a emissão de luz.

A liberação de energia pelas estrelas ocorre através da fusão nuclear que se origina na colisão entre núcleos de átomos mais leves cuja junção origina elementos mais pesados. Nas lâmpadas a energia elétrica inicial é convertida em energia luminosa devido aos processos de excitações eletrônicas. Embora as partículas envolvidas nos processos sejam diferentes, os dois mecanismos se baseiam na ocorrência de colisões que proporcionam a emissão de radiação eletromagnética.

Pode-se destacar também o aspecto quântico da luz e através dele estabelecer relações entre as estrelas e as lâmpadas. Segundo a teoria quântica, a luz é constituída fótons, que tanto nas estrelas quanto nas lâmpadas, têm origem na interação entre radiação e matéria. Nas estrelas a emissão de luz se dá basicamente por incandescência. As partículas que compõem a fotosfera estelar não possuem os mesmos graus de liberdade, em outras palavras, cada uma oscila com energia diferente, como previsto pela teoria quântica, fornecendo uma gama de diferentes comprimentos de onda na radiação emitida, resultando em um espectro contínuo. Como já foi mencionado, nas lâmpadas a emissão de luz visível ocorre por fluorescência onde os diferentes compostos do seu revestimento fosfórico emitem diferentes frequências (cores) de acordo com a equação 1.

O espectro da lâmpada fluorescente também serve de análise e comparação com o espectro das estrelas. Na figura 5, pode ser observado o espectro de uma lâmpada fluorescente em (a) e do Sol em (b) obtidos através do espectroscópio exibido na figura 1. Em (a), percebemos uma sobreposição de linhas brilhantes ao espectro contínuo gerado pela emissão dos sais de fósforo, em comprimentos de onda correspondente ao vermelho (1), verde (2) e azul (3), constituintes do sistema de cores RGB - *Red Green Blue*. Cada um destes picos de emissão, apresenta um alargamento de banda, preenchendo uma grande parte do espectro visível, tornando a luz emitida com tonalidade branca. Cada cor corresponde a uma frequência de onda emitida derivada da excitação e, posterior retorno à camada mais estável de um composto aditivo da lâmpada (um óxido do pó fosfórico) através de um ativador de terra rara. As aberrações na figura se devem a qualidade do espectroscópio caseiro.

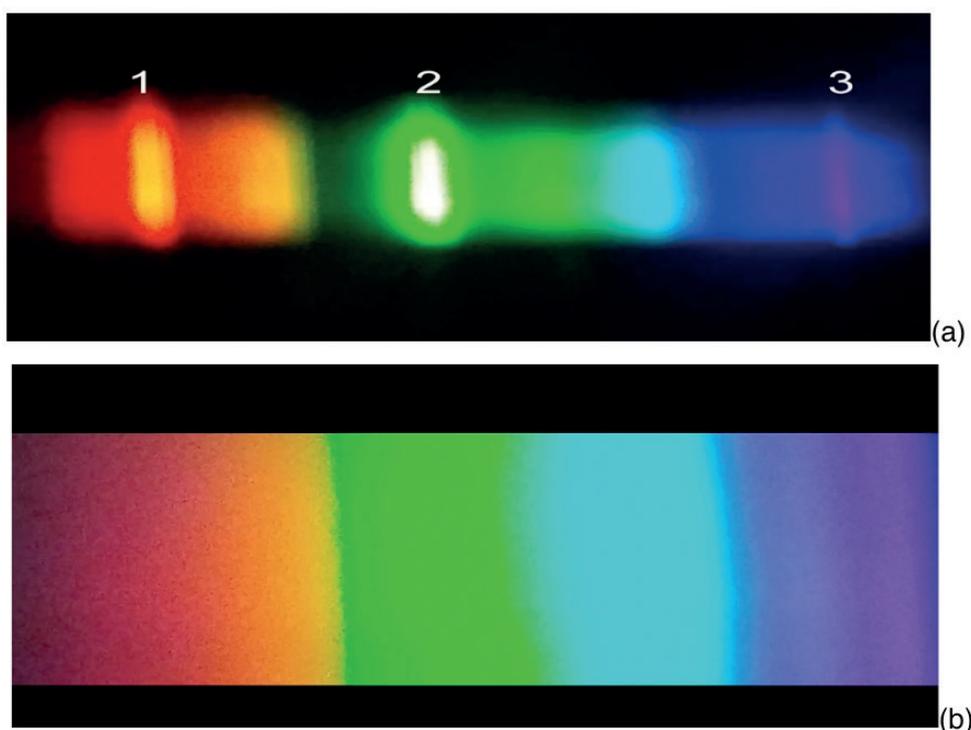


Figura 5: Espectro de uma lâmpada fluorescente (a), e espectro do sol (b).

Na figura 5 (b) pode-se observar a luz do Sol como um espectro contínuo de cores. O espectro contínuo é resultado da emissão de radiação por um corpo negro. Devido à baixa precisão do espectroscópio utilizado, não é possível ver na figura as linhas de absorção reveladas na figura 4.

Através dos espectros da radiação emitida pelos corpos pode-se determinar a sua composição, temperatura, pressão, estrutura e dinâmica. Por exemplo, as linhas de absorção que o espectro solar apresenta (figura 4) revelam quais componentes químicos se encontram nas camadas mais externas da estrela e, desse fato, extrai-se uma infinidade de outras implicações. No espectro da lâmpada fluorescente podemos inferir as linhas brilhantes ao espectro de emissão dos elementos que compõem o revestimento da lâmpada. Estes conhecimentos fornecidos pela espectroscopia são fundamentais para a compreensão do comportamento de uma estrela, mais especificamente a emissão de luz por estes astros, bem como para o desenvolvimento de tecnologias como as lâmpadas fluorescentes.

Tanto o espectro do Sol quanto o da lâmpada permite perceber que a luz branca é na verdade uma combinação das demais cores, preenchendo o espectro visível.

Outra análise que pode ser feita relaciona-se com as tonalidades de cores observadas na radiação. Pela lei de Wien para a radiação de um corpo negro,

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{2897K \cdot \mu m}{T} \quad (3)$$

tem-se que, à medida que a temperatura de um corpo (T) aumenta, o comprimento de onda com o máximo de emissão ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) diminui. Ou, de outra forma, quanto maior a temperatura de um corpo, o máximo de radiação emitida por ele corresponde a maiores frequências, pois  $\lambda$  e  $f$  são inversamente proporcionais (OLIVEIRA FILHO, SARAIVA, 2010). O sol tem uma temperatura superficial de 5780 K, portanto a radiação emitida é da ordem de  $5 \times 10^{-1} \mu m$ , o que corresponde à faixa do visível. Consequentemente, quanto maior a temperatura de um corpo maior será a tendência de o ser humano vê-lo em tons azulados. Por isso, estrelas mais quentes, são também mais massivas e branco-azuladas, enquanto as estrelas mais frias, ao contrário, são vistas em tons de vermelho. É importante frisar que isso não quer dizer que elas emitam radiação apenas nesses comprimentos de onda, mas que essa emissão ocorre em quantidades superiores aos demais comprimentos de onda.

As lâmpadas fluorescentes também têm sua temperatura caracterizada pela tonalidade da cor que emitem, chamada temperatura de cor. Por exemplo, as lâmpadas que atingem temperaturas de 7000 K (temperatura alta para uma lâmpada), pela lei de Wien, emitem radiação de comprimento de onda de aproximadamente  $4,14 \times 10^{-1} \mu m$ , mais próximo de tonalidades azuis, e por isso são vistas em uma cor branco-azulada, ou branco-frio. Essas lâmpadas são as mais utilizadas nos domicílios, cuja

potência é de 15 W. Já as lâmpadas que atingem 5000 K, por exemplo aquelas de 25 W de potência, emitem radiação de aproximadamente  $5,80 \times 10^{-1} \mu\text{m}$ , que se localiza mais próxima do vermelho no espectro, dando a sensação de que são branco avermelhadas ou branco-quentes (MILONE *et al*, 2003). No entanto, quando se analisa apenas a classe de lâmpadas fluorescentes, o aspecto geral observado é de luz branca, havendo maiores diferenças de temperatura de cor quando se compara as lâmpadas fluorescentes com as incandescentes ou com as de vapor de mercúrio.

Como vimos, o funcionamento da lâmpada fluorescente em muito se assemelha ao funcionamento de uma estrela, tornando-a um instrumento muito útil ao aprendizado de Astronomia. Ambas se utilizam de energia química para trabalharem; a lâmpada por meio da ionização de átomos de mercúrio e consequente colisão de elétrons, e a estrela por meio da fusão de núcleos de hidrogênio em hélio. Outra característica comum é a formação do plasma no interior das duas, ou seja, é a presença de núcleos positivos e elétrons livres que possibilita a obtenção de energia nos dois casos: na lâmpada a formação do plasma amplifica o processo de colisões dos elétrons da corrente elétrica gerada com os elétrons dos átomos de mercúrio; e nas estrelas é esse estado da matéria que gera uma diminuição da repulsão de cargas e amplifica o efeito tunelamento.

O núcleo estelar, que é onde acontece a produção de energia, se comporta como um corpo opaco, por sua densidade, e assim emite um espectro contínuo; enquanto a atmosfera estelar age como um gás frio, absorvendo determinados comprimentos de onda e fazendo com que o espectro de absorção estelar apresente linhas negras. São essas mesmas linhas que permitem descobrir quais elementos químicos compõem as estrelas. Já nas lâmpadas fluorescentes, o revestimento de sais de fósforo permite a produção de luz com picos de emissão em RGB para cobrir a maior parte do espectro visível.

#### 4 | CONCLUSÃO

O funcionamento de uma lâmpada fluorescente permite uma aproximação entre o estudo dos processos químicos e físicos ocorrentes em vários fenômenos da teoria quântica e da emissão das estrelas. Chegou-se a várias comparações entre a lâmpada fluorescente e uma estrela, partindo de suas similaridades e diferenças. Textos com esse tipo de análise podem ajudar os estudantes de licenciaturas em Física, Química e Biologia a se prepararem melhor para o ensino de Astronomia e Teoria Quântica nos ensinamentos fundamental e médio.

O estudo da emissão de luz das lâmpadas fluorescentes possibilita uma introdução satisfatória de alguns conceitos de astronomia, fornecendo aos futuros

professores uma ferramenta de trabalho que, não só introduz conceitos abstratos, como também torna a ciência mais contextualizada.

## REFERÊNCIAS

- ABRÃO, A.; **Química e Tecnologia das Terras-Raras**, CETEM/CNPq: Rio de Janeiro, Brasil, 1994.
- AMARAL, P. **O Ensino de Astronomia nas séries finais do Ensino fundamental**: Uma proposta de material didático de apoio ao professor. 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília. Brasília. 2008.
- BRETONES, P. S. **Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. 1999. Dissertação (Mestrado em Geociências) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- DEBOM, C.R. **O aprendizado da Astronomia e das ciências afins com a mediação da observação rudimentar e da imagem astronômica**. 2010. Dissertação (Mestrado profissional em Ensino de Física) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2010
- DURÃO JR, W. A.; WINDMOLLER, C. C. **A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes**. Química nova na escola. São Paulo, SP. n.28, p. 15-19, mai. 2008.
- JUSTIANO, A. *et al.* **Disciplinas de astronomia nos cursos de formação de professores das universidades federais**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, II, 2012, São Paulo. **Trabalhos[...]**, SNEA, São Paulo, SP, 2012.
- LANGHI, R; NARDI, R. **Dificuldades em relação ao ensino da astronomia encontradas na interpretação dos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VI, 2007, Florianópolis. **Trabalhos[...]** ENPEC, Florianópolis, SC, 2007.
- MARTINS, T. S.; ISOLANI, P.C. **Terras Raras: Aplicações industriais e biológicas**. Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 111 – 117, nov. 2005
- MILONE, A. C. *et al.* **Introdução a Astronomia e Astrofísica**. – 1ª Ed., São José dos Campos, SP: Ed. INPE, 2003. 322p.
- OLIVEIRA, V. J.; HETEM, J. G.; MENDES, C. E. **Fundamentos de astronomia**. 15 fev. 2016, 10 dec. 2016. 12 p. Notas de Aula.
- OLIVERIA FILHO, K. S; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 3ª Ed., Porto Alegre, RS: Ed. AMD, 2014. 780p.
- OSTERMANN, F. **O ensino de física moderna e contemporânea e a formação do professor**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IV, 2003, Bauru. **Trabalhos[...]** ENPEC, Bauru SP, 2003.
- OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. S. F. **Investigando a aprendizagem de professores de física acerca do fenômeno da interferência quântica**. Ciência & Educação, v. 14, n. 1, p. 35-54, 2008.
- ROCHA, C. R.; HERSCOVITZ, V. E.; MOREIRA, M. A.; **Introdução à Mecânica Quântica: uma proposta de minicurso para o ensino de conceitos e postulados fundamentais**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, V. 3, n. 1, p.2, jan. – abril, 2010.

## ESTUDO DA SÉRIE DE TAYLOR E APLICAÇÃO

Data de aceite: 10/12/2019

### **Jociléa Rodrigues Cardoso**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais-Campus Abaetetuba-Pa

### **José Francisco da Silva Costa**

Universidade Federal do Pará. Faculdade de Formação e Desenvolvimento do Campo – FADECAM. Abaetetuba - Pa  
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9492719731740641>

### **Anildo das Chagas Dias**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais- Campus Abaetetuba-Pa

### **Nayara dos Santos Rodrigues**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais- Campus Abaetetuba-Pa  
<http://lattes.cnpq.br/7315572003866689>

### **Raimundo das Graças Carvalho de Almeida**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais- Campus Abaetetuba-Pa  
<http://lattes.cnpq.br/8447434150719179>

### **Reginaldo Barros**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais- Campus Abaetetuba-Pa  
<http://lattes.cnpq.br/9658271624403087>

### **Genivaldo Passos Correa**

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

**RESUMO:** O presente trabalho procura apresentar os conceitos e aplicabilidade da série de Taylor na forma exponencial complexa e não complexa, mostrando do ponto de vista gráfico que a função continua considerada e a expansão dela em série, podem ser compreendidas no plano cartesiano como uma convergência de várias funções à medida que são representadas pelos termos da série, convergindo para o gráfico da função original. Para uma melhor compreensão dessa convergência, utilizam-se a função exponencial, cosseno e seno levando em conta a tração delas com os traçados dos gráficos das funções representadas pelos termos da série. Aplica-se a série de Taylor em dois importantes problemas físicos relacionados com movimentos de corpos em meios fluidos para um pequeno valor de coeficiente de atrito para mostrar a importância da série de Taylor nessa área de conhecimento. A aplicabilidade dessas representações surge devido algumas dificuldades, como aproximar o valor numérico de funções na vizinhança de um ponto específico ou encontrar máximos e mínimos, que de modo direto não apresenta

tanta precisão e por isso se torna mais conveniente representar tais funções por séries. Desse modo, utilizando à pesquisa qualitativa, especificamente de revisão bibliográfica, a metodologia desenvolvida foi capaz de apresentar de modo satisfatório a relevância das séries de Taylor no das aproximações numéricas das funções.

**PALAVRAS-CHAVE:** Série de Taylor. Função exponencial. Aplicações.

**ABSTRACT:** The present work seeks to present the concepts and applicability of the Taylor series in a complex and non-complex exponential form, showing graphically that the function continues to be considered and its expansion in series can be understood in the Cartesian plane as a convergence of several functions as they are represented by the terms of the series, converging on the graph of the original function. For a better understanding of this convergence, we use the exponential, cosine and sine function taking into account their traction with the graphs of the functions represented by the terms of the series. The Taylor series is applied to two major physical problems related to fluid movement of bodies for a small friction coefficient value to show the importance of the Taylor series in this area of knowledge. The applicability of these representations arises due to some difficulties, such as approximating the numerical value of functions in the vicinity of a specific point or finding maximums and minima, which directly does not present such precision and therefore it is more convenient to represent such functions by series. Thus, using the qualitative research, specifically literature review, the developed methodology was able to satisfactorily present the relevance of the Taylor series in the numerical approximations of functions.

**KEYWORDS:** Taylor series. Exponential Function Applications.

## 1 | INTRODUÇÃO

O presente artigo procura abordar um estudo sobre a série de Taylor enfatizando importantes aplicabilidade nas áreas da Matemática e da Física para que seja possível mostrar o quanto é útil conhecer a série de Taylor para interpretar e resolver problemas que exigem aproximações para pequenos intervalos da variável  $x$  ou de um outro parâmetro. O tema se justifica considerando que, por meio desse trabalho, o texto apresentado permite que na área de matemática seja possível compreender que a série de Taylor possui muitas aplicabilidade, como por exemplo no desenvolvimento da trigonometria com o auxílio da fórmula de Euler, nas determinações das tábuas trigonométricas, logarítmicas e de raízes quadradas, cúbicas e etc.

Dessa forma, o estudo permite que as teorias desenvolvidas possa estimular o leitor, buscando o interesse na compreensão de terçados de gráficos a partir dos termos da série, levando a uma comparação com a função originária da série. No estudo de alguns problemas físicos, como lançamento de corpos com resistência do ar, a série pode ser útil para verificar as funções horárias da posição, velocidade e aceleração do corpo por aproximações, recaindo no caso ideal. Para o movimento

harmônico simples, com a utilização da fórmula de Euler oriunda do conhecimento das expansões em série da exponencial, cossenoide e senoide, tornou-se possível realizar aplicabilidade para determinação da função horário de um corpo que realiza um MHS (movimento harmônico simples)

Por isso, este trabalho tem como objetivo apresentar os conceitos e as aplicabilidades da série de Taylor, abordando a conceituação e algumas relevantes aplicabilidades. Para tanto, os procedimentos técnicos a serem utilizados é de pesquisas bibliográficas sendo elaboradas por meio de materiais em sites como livros e artigos relacionados com o tema, fornecendo conceitos, teoremas, demonstrações, evidenciando a relevância desse assunto para a matemática.

Quanto aos objetivos específicos, enfatizar um estudo sobre as séries com aplicação no teste da razão e da raiz para identificar a convergência e e divergência; Compreender alguns importantes conceitos dos números complexos relacionados com a forma polar e formulas de Moivre, tendo em vista que a fórmula de Euler é uma representação desses números; Mostrar um desenvolvimento em série de Taylor e aplicabilidade em diferentes problemas nas áreas da Matemática e da Física assim como traçados de gráficos para melhor entender os extremantes da função ( máximo e mínimo).

## 2 | HISTÓRICO DA SÉRIE, MÁXIMO E MÍNIMO E APLICAÇÕES

Nesse tópico são definidas e desenvolvidas as séries numéricas e suas propriedades e Algumas vezes se necessário representar funções por séries, mais especificamente série de potências. Entretanto, é preciso definir série de potência, estudar as principais propriedades e, além disso, verificar que uma classe restrita de funções é representada através da mesma.

### 2.1 Histórico Sobre As Séries

A fim de obter a área de um segmento parabólico, Arquimedes (≅ 250 a.C.) necessitou calcular a soma da progressão

$$1 + \frac{1}{4} + (\frac{1}{4})^2 + (\frac{1}{4})^3 + \dots = \frac{4}{3}$$

Que em outras palavras representa uma PG de razão  $q = 1/4$ .

Nesse caso se considerar que a sequencia conduz termo para o infinito, pode-se usar a notação de uma PG infinita. Isto é,

$$S_n = \frac{a_1}{1 - q}$$

Sendo  $a_1 = 1$ , obtém-se para essa soma,

$$S_n = \frac{1}{1 - \frac{1}{4}} = \frac{4}{3}$$

O que mostra que a soma de todos os termos é dada por 4/3.

Embora o cálculo não tenha sido feito por processos infinitos, que eram mal vistos naquele tempo, este foi um dos primeiros cálculos de somas infinitas. Por volta de 1350, utilizando “processos infinitos”, R. Suiseth (mais conhecido como Calculator) resolveu um problema sobre latitude de formas, equivalente ao cálculo da soma

$$\frac{1}{2} + \frac{2}{4} + \frac{3}{8} + \dots + \frac{n}{2^n} + \dots = 2$$

Se for realizado nessa série o teste da razão. Isto é,

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} \left| \frac{u_{n+1}}{u_n} \right| = k$$

Vem que

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[ \frac{n+1}{2^{n+1}} / \frac{n}{2^n} \right] = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{n+1}{2n} \right) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{1 + \frac{1}{n}}{2} \right) = 1/2$$

O que mostra ser a série convergente pelo teste da razão.

(Calculator deu uma longa prova verbal, pois não conhecia representação gráfica).

Outros avanços relacionados com séries foram obtidos (em 1668) por J. Gregory e N. Mercator, que trabalharam as chamadas “séries de potências de x”. Estas séries foram usadas para exprimirem funções conhecidas, como  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\tan x$ , etc. Gregory utilizou que a área sob a curva da função ( **Gráfico 1** )

$$y = \frac{1}{1+x^2}$$

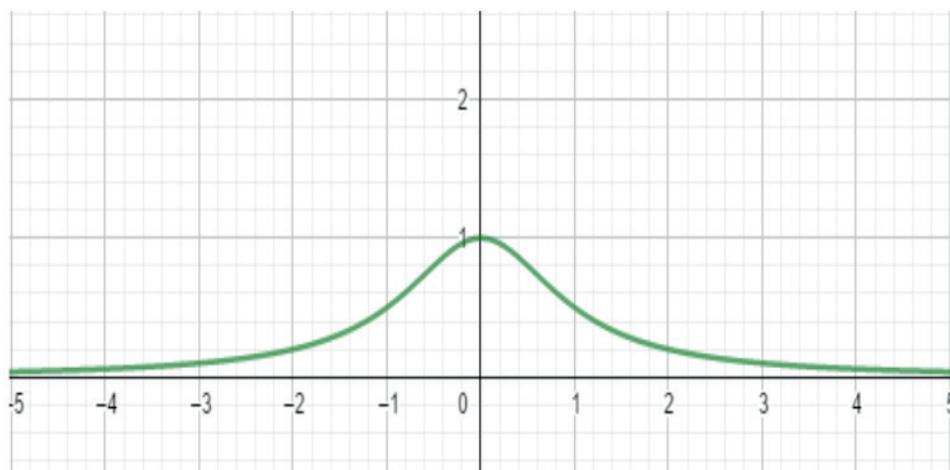


Gráfico 1: Representação gráfica da função y estudado por Gregory.

Fonte: Acervo dos autores

é obtida através da função  $\arctg x$  (**Gráfico 2**). Desse fato, concluiu que

$$\arctg x = x - \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} - \frac{x^7}{7} + \dots$$

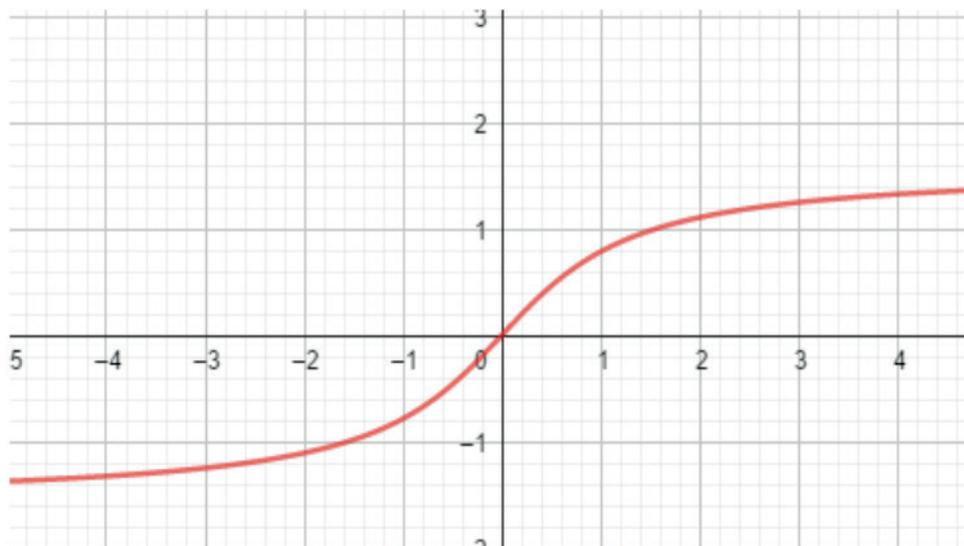


Gráfico 2: Esboço do gráfico do  $\arctg x$

Fonte: Acervo da autora ( JOCILEA , 2019)

Este resultado é conhecido como “série de Gregory”.( **Gráfico 3**)

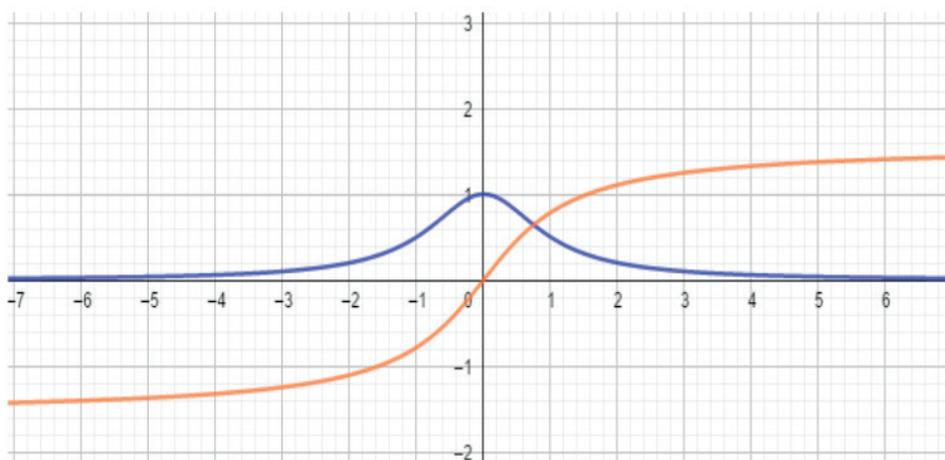


Gráfico 3: Representação gráfica das funções  $y=1/(1+x^2)$  ( cor laranja) e  $y=\arctg x$  ( cor azul)

Fonte: Acervo dos autores

Por sua vez, Mercator usou que a área sob a hipérbole  $y = \frac{1}{1+x}$  (**Gráfico 4**) entre 0 e  $x$  é  $\ln(1+x)$  (**no mesmo gráfico 4**) para chegar à expressão (C. Boyer, pgs. 265, 266)

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots ,$$

chamada hoje de “série de Mercator” .

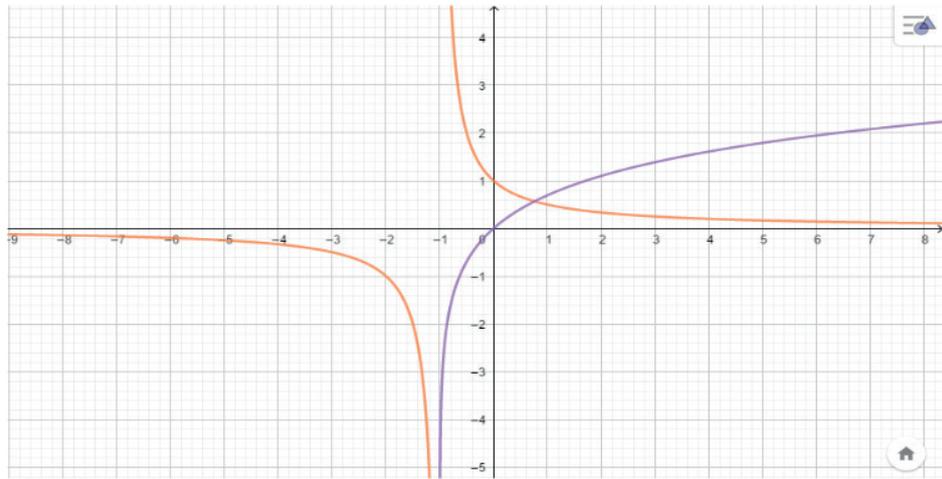


Gráfico 4: Esboço do gráfico da função  $y=1/(1+x)$  ( em laranja) e da função  $y = \ln(1 + x)$

Fonte: Acervo dos autores

È obvio que esses matemáticos deveriam chegar a mesma área, pois tendo em vista que

$$\int \frac{1}{1+x} dx = \ln(1+x)$$

E que

$$\int \frac{1}{1+x^2} dx = \operatorname{artg} x$$

A menos da constante de integração.

Em 1748, L. Euler publicou o texto *Introductio in analysin infinitorum*, em dois volumes. O primeiro deles versava sobre processos infinitos, entre os quais séries infinitas. Euler era pouco cuidadoso no uso de tais séries, e as manipulava arriscadamente. Usando a série da função

$$\operatorname{sen} z = z - z^3/3! + z^5/5! - \dots$$

e de artifícios engenhosos, Euler conseguiu resolver uma difícil questão que J. Bernoulli não tivera sucesso, a de obter a soma dos recíprocos dos quadrados perfeitos. Após alguns cálculos, Euler obteve que (C.Boyer pg 307).

$$\frac{1}{\pi^2} + \frac{1}{(2\pi)^2} + \frac{1}{(3\pi)^2} + \frac{1}{(4\pi)^2} + \dots = \frac{1}{6} ,$$

Ou

$$\frac{1}{\pi^2} \left( 1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \dots + \frac{1}{n^2} \right) = \frac{1}{6}$$

e se conclui que

$$\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} = \frac{\pi^2}{6}$$

Outros nomes ilustres no Sec. XIX compõem o cenário que trata da convergência das séries numéricas e das séries de funções, como Lagrange, Laplace, Dirichlet, Fourier, Cauchy, Bolzano e Weierstrass.

## 2.2 Análise de máximo e mínimo com ênfase na série de Taylor

Considere os intervalos  $(a - h, a)$  e  $(a, a + h)$

Seja  $f(x)$  uma função contínua no intervalo dado. Suponha que  $f(x)$  seja uma máxima em  $a$ . Nesse caso, se  $f(a)$  é um máximo pode-se concluir que  $f(a) > f(a - h)$ , ou seja, a função é crescente no intervalo  $(a - h, a)$  e como  $f(a) > f(a + h)$  e, portanto, decrescente no intervalo  $(a, a + h)$ . Nesse caso, tem-se que  $f(a) < f(a - h)$  e  $f(a + h) > f(a)$ . Isto é, a função é decrescente no intervalo  $(a - h, a)$  e crescente em  $(a, a + h)$ .

Observa-se ainda do ponto de vista geométrico que  $f'(a) = 0$ .

Pode-se usar a fórmula de Taylor para observar esse caso com mais detalhes e do ponto de vista puramente analítico.

Expondo-se  $f(a - h)$  em série de Taylor, vem que,

$$f(a - h) = f(a) - hf'(a) + \frac{h^2}{2!} f''(a) - \frac{h^3}{3!} f'''(a) + \frac{h^4}{4!} f^{IV}(a) + \dots$$

E de modo análogo para , vem que,

$$f(a + h) = f(a) + hf'(a) + \frac{h^2}{2!} f''(a) + \frac{h^3}{3!} f'''(a) + \frac{h^4}{4!} f^{IV}(a) + \dots$$

Vamos considerar apenas os três primeiros termos da série. Isto é,

$$f(a - h) - f(a) = -f'(a)h + \frac{h^2}{2!} f''(a)$$

$$f(a + h) - f(a) = f'(a)h + \frac{h^2}{2!} f''(a)$$

Como se pode considerar que  $f'(a) = 0$

Vem que,

$$f(a - h) - f(a) = \frac{h^2}{2!} f''(a)$$

$$f(a + h) - f(a) = \frac{h^2}{2!} f''(a)$$

Ou se a função apresenta um mínimo, vem que,  $f(a - h) - f(a) > 0$ , logo,

$$f''(a) > 0$$

e

$$f(a + h) - f(a) > 0$$

Logo,  $f''(a) > 0$ .

Isso mostra que se a função possui uma 2ª derivada positiva a função apresenta um mínimo em  $f(a)$ .

Para o caso de um ponto ser máximo, vem que,

$$f(a - h) - f(a) = \frac{h^2}{2!} f''(a)$$

$$f(a + h) - f(a) = \frac{h^2}{2!} f''(a)$$

Se a função apresenta um máximo, vem que,

$$f(a - h) - f(a) < 0 \quad \text{ou} \quad f(a) > f(a - h)$$

$$f(a + h) - f(a) < 0 \quad \text{ou} \quad f(a) > f(a + h)$$

Nesse caso, tem-se que  $f''(a) < 0$ .

Vamos supor que  $f''(a) = 0 \rightarrow$

$$f(a - h) - f(a) = -f'''(a) \frac{h^3}{3!} + f^{IV}(a) \frac{h^4}{4!}$$

$$f(a + h) - f(a) = f'''(a) \frac{h^3}{3!} + f^{IV}(a) \frac{h^4}{4!}$$

Se  $f'''(0) = 0 \rightarrow$

$$f(a - h) - f(a) = f^{IV}(a) \frac{h^4}{4!}$$

$$f(a + h) - f(a) = f^{IV}(a) \frac{h^4}{4!}$$

$$\text{Se } f(a - h) - f(a) < 0 \rightarrow f(a) > f(a - h)$$

$$f(a + h) - f(a) < 0 \rightarrow$$

Logo, a função passa por máximo.

$$\text{Se } f(a - h) - f(a) > 0 \rightarrow f(a) < f(a - h)$$

$$f(a + h) - f(a) < 0 \rightarrow f(a) < f(a + h)$$

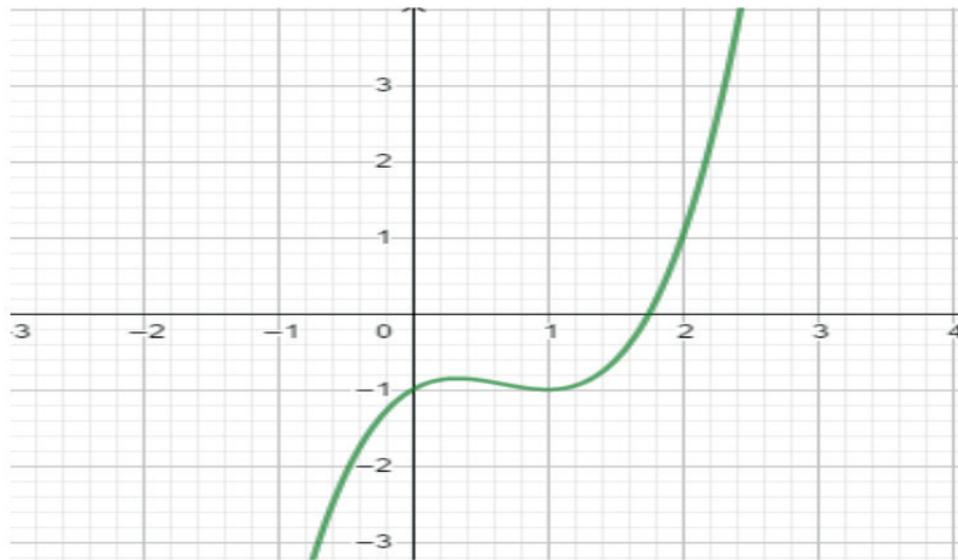
Em ambos os casos, tem-se que  $f''(a) > 0$

A função possui um ponto de mínimo.

Assim sendo é possível construir a seguinte propriedade: todas as funções derivadas de ordem par representa um ponto de máximo ou mínimo na função. .

### 2.3 Aplicações da série de Taylor

1-Usando a primeira fórmula de Taylor, obtenha os valores dos pontos de máximo e mínimo da função  $y = x^3 - 2x^2 + x - 1$



2 - Dada a função  $y = x^5 - 4x^4 + 6x^3 - 4x^2 + x$

Obtenha os pontos de máximo e mínimo

Solução,

Derivando a função  $y = x^5 - 4x^4 + 6x^3 - 4x^2 + x$ , tem-se que,  
 $y'(x) = 5x^4 - 16x^3 + 18x^2 - 8x + 1$

Observando que o valor 1 (um) é raiz da função e fazendo as manipulações matemática, obtém-se que,

$$y'(x) = (x - 1)(5x^3 - 11x^2 + 7x - 1)$$

Observando os termos entre parêntese, a função cúbica é ainda divisível por 1 (um). Logo,

$$y'(x) = (x - 1)(x - 1)(5x^2 - 6x + 1)$$

De modo análogo, a função quadrática apresenta como raízes os valores 1 e 1/5. Portanto,

$$y'(x) = (x - 1)(x - 1)(x - 1)\left(x - \frac{1}{5}\right)$$

Dessa maneira a função derivável apresenta tres raízes iguais e uma diferente.  
As raízes são,

$$x = 1 \text{ e } x = 1/5$$

Deve-se investigar para que valores atribuídos a segunda derivada se tem um máximo ou um mínimo. Dada a função que representa a primeira derivada e derivando, obtém-se,

$$y'(x) = 5x^4 - 16x^3 + 18x^2 - 8x + 1$$

$$y''(x) = 20x^3 - 48x^2 + 36x - 8$$

Levando o valor de  $1/5$  em  $y''(x)$ , obtém-se que,

$$y''\left(\frac{1}{5}\right) = -2,6$$

Que representa um ponto de máximo.

De modo análogo, levando o segundo valor em  $y''(x)$ , vem que

$$y''(1) = 0$$

O que leva a calcular a terceira derivada. Assim sendo, para

$$y''(x) = 20x^3 - 48x^2 + 36x - 8$$

Derivando, obtém-se,

$$y'''(x) = 60x^2 - 96x + 36$$

Calculando as raízes dessa função, vem que,

$$x = 1 \text{ e } x = 3/5$$

Fazendo a quarta derivada, tem-se,

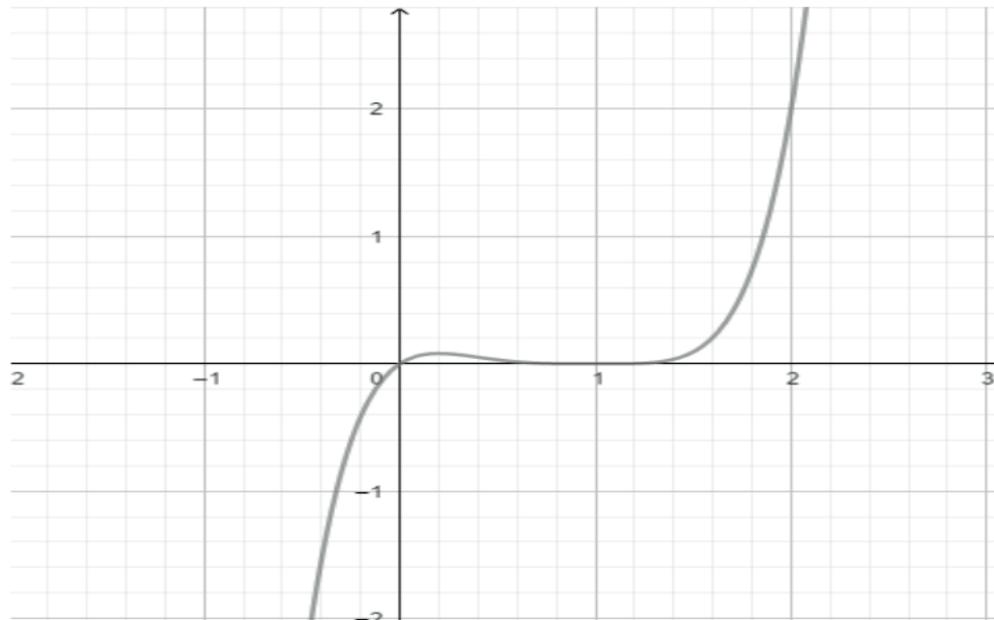
$$y^{iv}(x) = 120x - 96$$

Substituindo o valor de  $x = 1$  vem que

$$y^{iv}(1) = 24$$

O que representa um valor mínimo.

Observe o traçado do gráfico



3 - Dada a função  $f(x) = x^3 - 3x^2 + 2$ . Calcule os pontos de máximo e mínimo da função.

**Solução**

$$f(x) = x^3 - 3x^2 + 2$$

$$f'(x) = 3x^2 - 6x$$

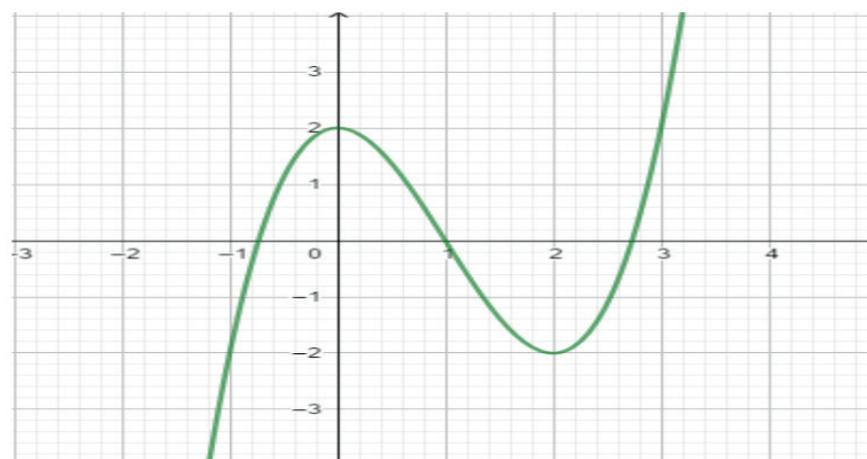
$$3x(x - 2) \rightarrow \begin{cases} x = 0 \\ x = 2 \end{cases}$$

$$f''(x) = 6x - 6$$

$$f''(0) = -6 \quad (\text{ponto de máximo})$$

$$f''(2) = 6 \quad (\text{ponto de mínimo})$$

Traçado do gráfico



4 - dada a Função,  $f(x) = x^4 - 8x^2 + 2$ , Obtenha os pontos máximo e mínimo e faça um esboço do gráfico

$$f(x) = x^4 - 8x^2 + 2$$

$$f'(x) = 4x^3 - 16x$$

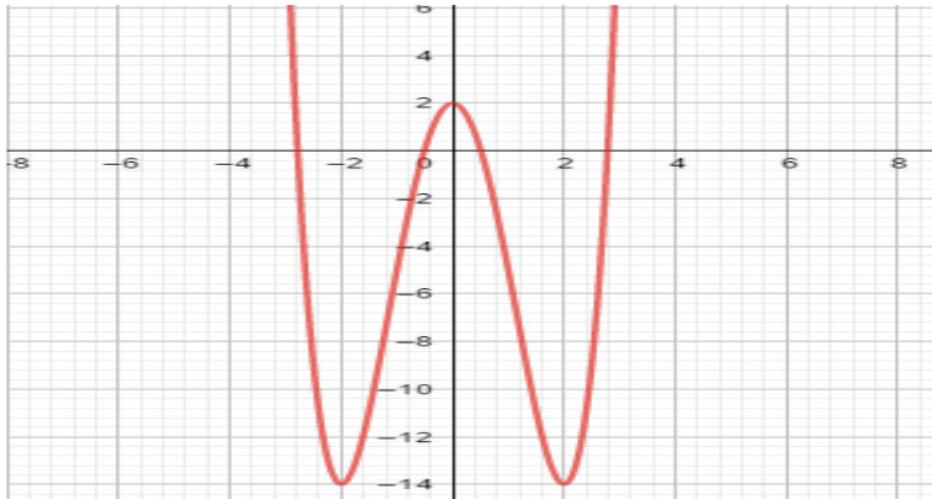
$$f'(x) = 4x(x^2 - 4)$$

$$\begin{cases} x_1 = 0 \\ x_2 = 2 \\ x_3 = -2 \end{cases}$$

$$f''(x) = 12x^2 - 16$$

$$f''(0) = -16 \quad (\text{ponto de máximo})$$

$$f''(-2) = f''(2) = 48 - 16 = 32 \quad (\text{ponto de mínimo})$$



## 2.4 Exponencial

Em série de Taylor, tem-se as seguintes expansões,

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots; \quad (17)$$

$$\cos x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n}}{(2n)!} = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots; \quad (18)$$

$$\text{sen } x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!} = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots \quad (19)$$

A constante de Euler  $e$ , que é um número irracional compreendido entre 2 e 3 ( $e \approx 2,71828 \dots$ ), é dada pela série

$$e = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} = 1 + 1 + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \dots,$$

que se obtém com  $x = 1$ .

Será tomado o desenvolvimento como base para definir  $e^z$  com  $z$  complexo.

Se  $e^z$  já tivesse significado para  $z$  complexo, e o desenvolvimento fosse válido neste caso, então se teria, com  $y$  real,

$$e^{iy} = 1 + iy + \frac{(iy)^2}{2!} + \frac{(iy)^3}{3!} + \frac{(iy)^4}{4!} + \frac{(iy)^5}{5!} + \frac{(iy)^6}{6!} + \frac{(iy)^7}{7!} + \dots \quad (20)$$

$$e^{iy} = 1 + iy + \frac{y^2}{2!} + i \frac{y^3}{3!} + \frac{y^4}{4!} + i \frac{y^5}{5!} + \frac{y^6}{6!} + i \frac{y^7}{7!} + \dots \quad (21)$$

Admitindo ainda que seja possível rearranjar os termos desta série, alocando os termos reais e separando os termos imaginários, obteve-se:

$$e^{iy} = \left(1 - \frac{y^2}{2!} + \frac{y^4}{4!} - \frac{y^6}{6!} + \dots\right) + i \left(y - \frac{y^3}{3!} + \frac{y^5}{5!} - \frac{y^7}{7!} + \dots\right), \quad (22)$$

ou seja, em vista de,

$$e^{iy} = \cos y + i \operatorname{sen} y. \quad (23)$$

Essas considerações, que puramente são formais, não estabelecem a relação, entretanto servem como motivação para se definir a função exponencial. Isto é feito tomando a relação como ponto de partida; ela aqui é utilizada para definir a exponencial no caso de expoente puramente imaginário  $iy$ . Por outro lado, a definição da exponencial no caso de um expoente qualquer  $z = x + iy$  é feita de uma forma a manter a propriedade aditiva da exponencial real:

$$e^{x_1+x_2} = e^{x_1}e^{x_2}. \quad (24)$$

Define-se, então, a exponencial  $e^z$ , para um número complexo qualquer  $z = x + iy$ , mediante a expressão

$$e^z = e^{x+iy} = e^x(\cos y + i \operatorname{sen} y). \quad (25)$$

## 2.5 A fórmula de Euler

Observou-se que,

$$e^{ix} = \cos x + i \operatorname{sen} x \quad (22)$$

Se for feito  $x = -x$ , tem-se que,

$$e^{-ix} = \cos(-x) + i \operatorname{sen}(-x)$$

Como  $\cos(-x) = \cos x$ , uma função par e

$\operatorname{sen}(-x) = -\operatorname{sen} x$ , uma função ímpar

Vem que,

$$e^{-ix} = \cos x - i \operatorname{sen} x \quad (23)$$

Somando as duas expressões (22) e (23), obtém-se,

$$\cos x = \frac{e^{ix} + e^{-ix}}{2} \quad (24)$$

Derivando a expressão (24),

$$-\operatorname{sen} x = \frac{ie^x - e^{-ix}}{2} \rightarrow$$

$$\operatorname{sen} x = \frac{i(e^{-ix} - ie^{ix})}{2} \rightarrow$$

$$\operatorname{sen} \frac{i^2}{2i} (e^{-ix} - e^{ix}) \rightarrow$$

$$\operatorname{sen} x = -\frac{1}{2i} (e^{ix} - e^{-ix})$$

Logo,

$$\operatorname{sen} x = \frac{e^{ix} - e^{-ix}}{2i} \quad (25)$$

As expressões dados por (24) e (25) podem ser úteis para o desenvolvimento da trigonometria

### Exemplo 1

Usando a fórmula de Euler, mostre que  $\cos^2 \frac{x}{2} + \operatorname{sen}^2 \frac{x}{2} = 1$

Solução:

Tomando (24) tem-se que:

$$\cos \frac{x}{2} = \frac{e^{i\frac{x}{2}} + e^{-i\frac{x}{2}}}{2} \rightarrow$$

$$2 \cos \frac{x}{2} = e^{i\frac{x}{2}} + \frac{1}{e^{i\frac{x}{2}}} \rightarrow$$

$$2 \cos \frac{x}{2} = \frac{e^{i\frac{x}{2}} \cdot e^{i\frac{x}{2}} + 1}{i\frac{x}{2}} \rightarrow$$

$$1 + \left(e^{x\frac{i}{2}}\right)^2 = 2 \cdot e^{i\frac{x}{2}} \cos \frac{x}{2}$$

Ou

$$\left(e^{\frac{x}{2}}\right)^2 - 2 \cdot e^{\frac{x}{2}} \cos \frac{x}{2} + 1 = 0 \quad (26)$$

A expressão dado por (26) representa uma função quadrática em  $e^{i\frac{x}{2}}$ . Denotando  $e^{i\frac{x}{2}} = y$ , vem que

$$y^2 - 2y \cos \frac{x}{2} + 1 = 0 \rightarrow$$

Logo,

$$\Delta = b^2 - 4ac = 4 \cos^2 \frac{x}{2} - 4 \cdot 1 \cdot 1$$

$$\Delta = 4 \left( \cos^2 \frac{x}{2} - 1 \right) \rightarrow$$

$$\sqrt{\Delta} = 2 \sqrt{\cos^2 \frac{x}{2} - 1}$$

Logo,

$$y = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{2 \cos \frac{x}{2} \pm 2 \sqrt{\cos^2 \frac{x}{2} - 1}}{2}$$

$$y = \cos \frac{x}{2} \pm \sqrt{\cos^2 \frac{x}{2} - 1}$$

Ou

$$y = \cos \frac{x}{2} \pm i \sqrt{1 - \cos^2 \frac{x}{2}}$$

Como

$$y = e^{i\frac{x}{2}} \rightarrow$$

$$e^{i\frac{x}{2}} = \cos \frac{x}{2} \pm i \sqrt{1 - \cos^2 \frac{x}{2}}$$

Ou

$$\cos \frac{x}{2} + i \operatorname{sen} \frac{x}{2} = \cos \frac{x}{2} \pm i \sqrt{1 - \cos^2 \frac{x}{2}} \rightarrow$$

$$\operatorname{sen} \frac{x}{2} = \sqrt{1 - \cos^2 \frac{x}{2}} \rightarrow$$

Elevando ao quadrado, obtém-se que,

$$\text{sen}^2 \frac{x}{2} = 1 - \cos^2 \frac{x}{2} \rightarrow$$

$$\text{sen}^2 \frac{x}{2} + \cos^2 \frac{x}{2} = 1$$

### Exemplo 2

Sabe-se que o MHS a elongação ou posição de uma partícula pode ser expressa da seguinte maneira,

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Onde  $\omega$  é a frequência de oscilação e  $\varphi$  é a fase inicial. Usando as forças atuantes na partícula e levando em conta a fórmula de Euler, obtenha a expressão  $x$ ,  $v$  e  $a$ .

### Solução

Como a partícula oscila e não considerando a atrito, a força restauradora  $F = -KX$  (1) é igual a força resultante  $F = m \frac{d^2x}{dt^2}$ , logo,

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -Kx \rightarrow \quad (3)$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + Kx = 0$$

Ou

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m}x = 0 \quad (4)$$

Supondo a priori, que

$$\sqrt{\frac{K}{m}} = \omega$$

É na verdade a frequência de oscilação, tem-se que,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0 \quad (6)$$

Sendo, para as raízes de  $r$ , tem-se que,

$$r^2 + \omega^2 \cdot 1 = 0 \rightarrow r^2 = -\omega^2 \rightarrow$$

$$r_1 = \omega i \quad \text{e} \quad r_2 = -\omega i \quad (7)$$

Supondo que a solução da equação diferencial seja da forma

$$x = A_1 e^{r_1 t} + A_2 e^{r_2 t} \quad (8)$$

Vem que,

$$x = A_1 \cdot e^{\omega i t} + A_2 e^{-i \omega t} \quad (9)$$

Derivando até a 2ª ordem, obtém-se que:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega^2 A_1 e^{\omega i t} - \omega^2 A_2 e^{-\omega i t}$$

Ou

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega^2 (A_1 e^{\omega i t} + A_2 e^{-\omega i t}) \quad (10)$$

Elevado (8) e (10) em (6), vem que:

$$-\omega^2 (A_1 e^{\omega i t} + A_2 e^{-\omega i t}) + \omega^2 (A_1 e^{\omega i t} + A_2 e^{-\omega i t}) = 0$$

O que mostra que (9) é a solução de (6).

Devemos agora mostrar que a solução é periódica. Assim sendo,

$$x = A_1 \cdot e^{\omega i t} + A_2 \cdot e^{-i \omega t}$$

Considerando que,

$$e^{\omega i t} = \cos \omega t + i \operatorname{sen} \omega t \quad \text{e} \quad e^{-i \omega t} = \cos \omega t - i \operatorname{sen} \omega t$$

Vem que,

$$x = A_1 (\cos \omega t + i \operatorname{sen} \omega t) + A_2 (\cos \omega t - i \operatorname{sen} \omega t)$$

$$x = (A_1 + A_2) \cos \omega t + i(A_2 - A_1) \operatorname{sen} \omega t$$

Como  $w \neq 0$  e  $\operatorname{sen} \omega t$ , vem que tendo em vista que a solução deve ser real,  $A_2 - A_1 = 0$  ou

$$A_2 = A_1 = A$$

Assim a solução será

$$x = 2A \cos \omega t \quad \text{ou} \quad 2A = A_1$$

$$\rightarrow x = A_1 \cdot \cos \omega t$$

Essa é uma solução particular em que a partícula inicia o movimento considerado uma fase inicial  $\varphi_0 = 0$ . Se a partícula iniciar o movimento com  $\varphi_0 \neq 0$  Tem-se que a posição da partícula será

$$x = A \cos(\varphi_0 + \omega t)$$

Como era de se esperar.

Para o caso da velocidade da partícula, deriva-se a função  $x$ , logo,

$$\frac{dx}{dt} = V = -\omega A \operatorname{sen}(\varphi_0 + \omega t)$$

E para a aceleração, deriva-se novamente, obtendo,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a = -\omega^2 A \operatorname{cos}(\varphi_0 + \omega t)$$

Como  $x = A \operatorname{cos}(\varphi_0 + \omega t)$ , vem que,

$$a = -\omega^2 \cdot x$$

O que mostra a característica fundamental do MHS em que a aceleração é proporcional a elongação.

### 3 | COMPORTAMENTO GRÁFICO DAS FUNÇÕES E APROXIMAÇÕES POR SÉRIE DE TAYLOR

Nesse item é importante considerar que dada uma função contínua num intervalo  $(a,b)$ , pode-se considerar o comportamento do gráfico das funções extraídas da série de Taylor em relação a função que gera tal série.

#### 3.1 Função exponencial

Seja, por exemplo, a função dada por

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots;$$

É preciso compreender o que acontece do ponto de vista gráfico quando se compara o comportamento do gráfico da função antes do primeiro membro com os outros termos do segundo membro. O gráfico (**Figura 1**) representa o gráfico da função

$$y = e^x$$

Se considerar agora as funções

$$y = 1 + x$$

$$y = 1 + x + \frac{x^2}{2}$$

$$y = 1 + x + \frac{x^2}{2}$$

$$y = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6}$$

$$y = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} + \frac{4}{24}$$

Considerando essas funções como os termos da função em (18) e traçando os gráficos, tem-se que,

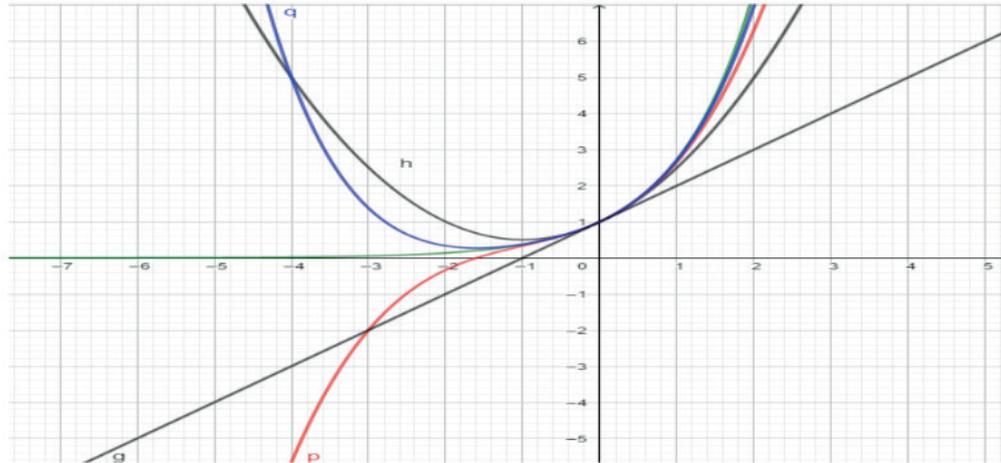


Gráfico :5 Traçado do gráfico da função exponencial e das funções oriundas da soma dos primeiros termos da série de Taylor.

Fonte: Acervo dos autores

A primeira função que é a linear é denotada por função f, a do segundo grau por função g, a do terceiro grau por função h e do quarto grau por função p. De acordo com o gráfico, observa-se que a medida que vai se tomando os termos da serie de Taylor, do ponto de vista gráfico, eles vão se confundindo até ficarem iguais. Esse comportamento pode ser observado quando se expande em serie uma detrmindada função continua num intervalo a e b.

### 3.2 Função cosseno

Considere a função,

$$\cos x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n}}{(2n)!} = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots;$$

Pode-se usar o mesmo raciocínio anterior e chegar nos seguintes gráficos

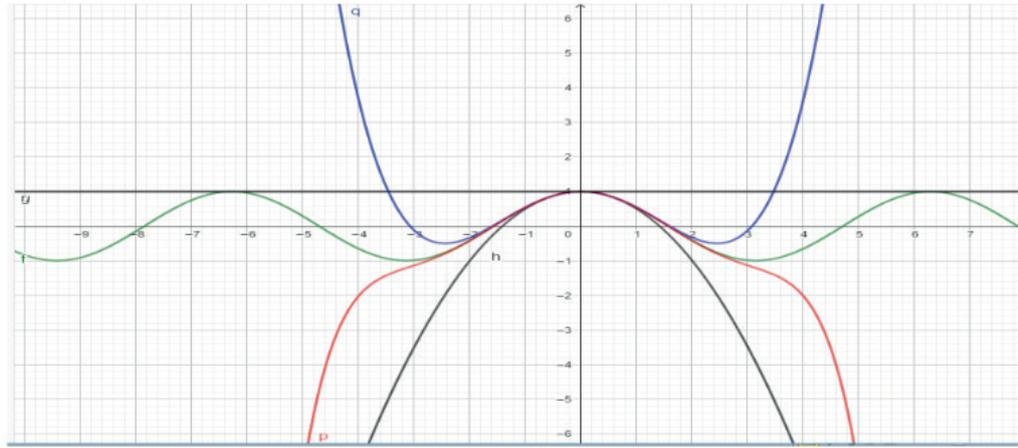


Gráfico 6: Traçado do gráfico da função cosseno e das funções oriundas da soma dos primeiros termos da série de Taylor.

Fonte: Acervo dos autores

Onde se observa que a função g representa a função constante do primeiro termo da serie de Taylor, a função h, são os dois primeiros termos, a função q os três primeiros termos, a função e a função p os quatro primeiros termos da serie. Observe que á medida que se acrescentam os termos o traçado do gráfico vai tomando o comportamento da função  $y = \cos x$  o que na verdade é o que se pode esperar.

### 3.3 Função seno

$$\text{sen } x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!} = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots \quad (19)$$

Levando em conta os termos da série, tem-se que ,

$$x - \frac{x^3}{6}$$

$$x - \frac{x^3}{6} + \frac{x^5}{120}$$

$$x - \frac{x^3}{6} + \frac{x^5}{120} - \frac{x^7}{5.040} +$$

Essas três primeiras funções traçadas no plano cartesiano e comparando a função seno, observa-se que há uma convergência para função seno à medida que os valores de n aumento (**Figura 8**)

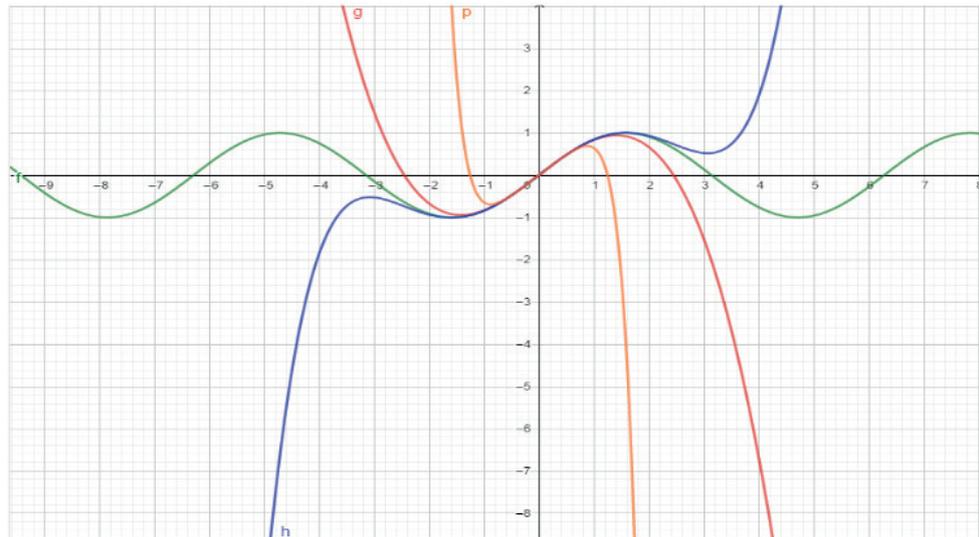


Gráfico 7: Traçado do gráfico da função seno e das funções oriundas da soma dos primeiros termos da série de Taylor.

Fonte: Acervo dos autores

Observa-se que desde que uma função seja contínua num intervalo  $[a, b]$  pode ser expandida em série e que à medida que se consideram os termos da série cada gráfico da função considerada vai convergindo para a função contínua original. As aproximações de tais funções são muito utilizadas na área da matemática e da física quando se pode usar alguns termos da série de Taylor, como são os casos, por exemplo, de movimentos de corpos com resistência do ar, pêndulos simples e outros temas onde a série de Taylor é utilizada.

### 3.4 Utilização da série de Taylor nos movimentos de corpos com forças de atrito

Dessa maneira para o caso de força dependente da velocidade ou força de retardamento, pode-se usar a notação vetorial,

$$\vec{F} = |v|^n \cdot \frac{\vec{v}}{v}$$

Verifica-se experimentalmente que para objetos relativamente pequenos movendo-se no ar,  $\chi \approx 1$ . Para velocidades menores que algo em torno de  $24m/s$  Para velocidades entre este valor e a velocidade do som ( $330m/s$ ) A força de resistência é melhor descrita por  $n = 2$ .

Nesse sentido, podemos usar a 2ª lei de Newton para obtenção da  $v(t), x(t)$  e  $v(x)$ , de um objeto que se desloca onde há a força de resistência.

No caso de força aplicada que dependem da velocidade, a equação do movimento pode ser escrita como:

$$m \frac{dv}{dt} = F(v) \rightarrow m \cdot \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = F(v) \rightarrow mv \frac{dv}{dx} = F(v)$$

Desde que se conheça a forma funcional de  $F(v)$ , pode-se realizar integração de qualquer uma das duas formas da equação do movimento da equação acima.

$$\text{Sendo } m \frac{dv}{dt} = F(v) \rightarrow dv = \frac{1}{m} dt F(v) \rightarrow \frac{dv}{F(v)} = \frac{1}{m} dt \rightarrow \int_{v_0}^v \frac{dv}{F(v)} = \frac{1}{m} \int_{t_0}^t dt \text{ ou } m \int_{v_0}^v \frac{dv}{F(v)} = \int_{t_0}^t dt \rightarrow t = t_0 + m \int_{v_0}^v \frac{dv}{F(v)}$$

Conhecida a forma de como  $F$  varia com a velocidade, possível obter a função  $x(t)$

Para obter a função  $x(v)$ , vamos considerar a expressão

$$mv \frac{dv}{dx} = F(v) \rightarrow m \frac{v dv}{F(v)} = dx \rightarrow x = x_0 + m \int_{v_0}^v \frac{v dv}{F(v)}$$

Ao integrarmos esta equação, a sua forma funcional é que nos dirá se conseguiremos expressá-las em função do tempo. Se a força de atrito for muito pequeno, utiliza-se a série de Taylor para expressar as funções velocidade, aceleração e posição do corpo ou da partícula para uma melhor compreensão das grandezas físicas envolvidas.

### Aplicação

Considere um barco navegando nas águas tranquilas de um lago, uma velocidade  $v_0$ . No instante  $t = 0$  desligam-se os motores do barco e considerando esta posição como o marco zero da posição, Determine as equações do movimento  $v(t)$ ,  $x(t)$  e  $x(v)$

Considere que a força de atrito entre o barco e a água seja  $F(v) = -mkv$

### Solução

$$\text{Sendo } Fr = m \frac{dv}{dt} \rightarrow m \frac{dv}{dt} = -mkv \rightarrow \frac{dv}{v} = -k dt$$

→ Do enunciado do problema, temos que:

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = - \int_0^t k dt = -kt \rightarrow \ln v - \ln v_0 = -kt \rightarrow \ln \left( \frac{v}{v_0} \right) = -kt \rightarrow v = v_0 \cdot e^{-kt}$$

De acordo com essa última expressão, para  $t \rightarrow \infty$ , o barco tem como velocidade  $v = 0$ . Isto é:

$$v = \lim_{t \rightarrow \infty} v_0 \cdot e^{-kt} = 0$$

\*Cálculo de  $x(t)$

Sendo

$$\frac{dx}{dt} = v \rightarrow \frac{dx}{dt} = v_0 \cdot e^{-kt} \rightarrow dx = v_0 \cdot e^{-kt} dt \rightarrow \int_{x_0=0}^x dt = \int_{t_0=0}^t v_0 \cdot e^{-kt} dt \rightarrow$$

$$x = v_0 \int_{t_0=0}^t e^{-kt} dt = -\frac{v_0}{k} \cdot e^{-kt} \rightarrow x = -\frac{v_0}{k} (e^{-kt} - 1) \rightarrow$$

$$x = \frac{v_0}{k} (1 + e^{-kt})$$

O que mostra a função  $x(t)$  como sendo uma função exponencial decrescente.

Para obter a distância percorrida pelo barco no  $t_0 = 0$  a  $t \rightarrow \infty$ , devemos usar o seguinte limite:

$$x = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{v_0}{k} (1 - e^{-kt}) = \frac{v_0}{k}$$

$$t \rightarrow \infty$$

\*Cálculo de  $x(v)$

$$m \frac{dv}{dt} = -mkv \rightarrow \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = -kv \rightarrow \frac{dv}{dx} \cdot v = -kv$$

$$\frac{dv}{dx} = -k \rightarrow \int_{v_0}^v dv = - \int_0^x k dx = -kx \rightarrow$$

$$v = v_0 - kx$$

Para  $t \rightarrow \infty$ , temos que  $x = v_0/k \rightarrow v = 0$

Para a utilização da série de Taylor, deve-se considerar o  $k$  como uma grandeza física muito pequena. Nesse caso, levando a serie de Taylor dada pela expressão em (16). Isto é,

$$f(x) = f(0) + \frac{x}{1!} \cdot f'(0) + \frac{x^2}{2!} \cdot f''(0) + \frac{x^3}{3!} \cdot f'''(0) + \dots + \frac{x^n}{n!} \cdot f^n(0) + \dots$$

Supondo a expressão que corresponde da posição do barco e considerando que a água tem um coeficiente de arrastamento muito pequeno, pode-se *expandir em série a exponencial da seguinte expressão*,

$$x = \frac{v_0}{k} (1 + e^{-kt})$$

Seja a função

$$y = e^{-kt}$$

Considerando a série de Taylor. Isto é,

$$f(x) = f(0) + \frac{x}{1!} \cdot f'(0) + \frac{x^2}{2!} \cdot f''(0) + \frac{x^3}{3!} \cdot f'''(0) + \dots + \frac{x^n}{n!} \cdot f^n(0) + \dots \quad (16) \quad (16)$$

Pode-se obter a seguinte série exponencial,

E tendo em vista que a exponencial em série é dada pela expressão (17). Isto é,

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots;$$

Logo,

$$e^{-kt} = 1 - kt + \frac{k^2 t^2}{2} - \frac{k^3 t^3}{6} + \dots;$$

Suponha que num determinado problema hipotético, o barco viaje numa água em que o coeficiente de atrito de arrastamento seja dado por  $k = 1s^{-1}$

Nesse caso, levando os valores de K, tem-se que,

$$e^{-t} = 1 - t + \frac{t^2}{2} - \frac{t^3}{6} + \dots;$$

Seja a função que determina a posição do barco em cada instante t. Isto é,

$$x = \frac{v_0}{k} (1 + e^{-kt})$$

Considerando que o barco inicia o movimento com velocidade  $v_0 = 2m/s$  e  $k = 1s^{-1}$  dado

Levando os valores na expressão em x, vem que,

$$x = 2. (1 + e^{-t})$$

Substituindo a expressão dentro do parêntese de acordo com a expansão em série de Taylor, tem-se que,

$$x = \frac{v_0}{k} (1 - 1 + t + \frac{t^2}{2} - \frac{t^3}{6} + \dots)$$

Ajustando os termos e substituindo os valores das grandezas k e obtém-se,

$$x = 2. (1 + 1 - t + \frac{t^2}{2} - \frac{t^3}{6} + \dots)$$

$$x = 4 - 2t + t^2 - \frac{1}{3}t^3 + \dots)$$

Considerando para o traçado as novas funções representadas pelos primeiros termos da série de Taylor, tem-se que,

Primeira função dada pelos dois primeiros termos da série,

$$x = 4 - 2t$$

Segunda função dadas pelos três primeiros termos da série,

$$x = 4 - 2t + t^2$$

A terceira função dada pelos quatro primeiros termos da série,

$$x = 4 - 2t + t^2 - \frac{1}{3}t^3$$

A quarta função dada pelos cinco primeiros termos da série,

$$x = 4 - 2t + t^2 - \frac{1}{3}t^3 + \frac{1}{12}t^4$$

A figura abaixo mostra o comportamento dos gráficos das funções em relação ao gráfico da função exponencial. As funções consideradas para análise física do problema do barco mostram que como o problema é real (físico), os valores temporais devem ser positivos.

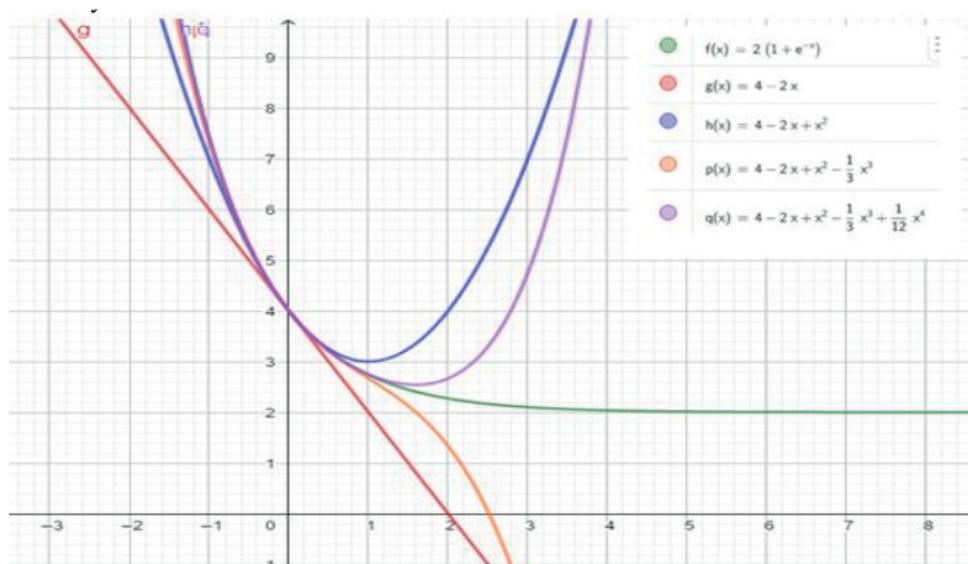


Gráfico 8: Traçado do gráfico da função exponencial e dos gráficos das funções oriundas da soma dos primeiros termos da série de Taylor.

Fonte: Acervo dos autores

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse artigo se propôs estudar o comportamento das funções dos primeiros termos da série da Taylor o possibilitou como aquelas funções se harmonizavam e assumindo a forma da função que originou a série.

Esse comportamento foi verificado em alguns problemas visto ao longo do texto desse trabalho. Outra questão é a verificação da tamanha importância de estudar e se dedicar no conhecimento da série de Taylor, tendo em vista as inúmeras aplicações nas áreas do conhecimento humano, principalmente, na Física e na própria Matemática.

Dessa maneira, observou-se ao longo do texto que as fórmulas de Euler

representa, a série de Taylor abrem muitos caminhos para interpretações e soluções para outros desenvolvimentos e formulações matemáticas, que sob certas particularidades, mostram-se úteis para explicar alguns fenômenos naturais, como foi o caso por exemplo, do MHS e do lançamento de um corpo com resistência do ar.

A série de Taylor foi usada para restringir a um caso ideal as funções horárias do corpo, recaindo na função linear para a velocidade e na função quadrática para a posição em função do tempo. Do ponto de vista gráfico, mostrou-se os intervalos em que os gráficos gerados pelos termos da série podem ser considerados para a descrição do movimento do corpo.

## REFERÊNCIAS

APOSTOL, Tom M. *Cálculo: Variáveis Úteis, com uma Introdução à Álgebra Linear*. 2 ed. Nova York: John Wiley & Sons, 1967.

BUTKOV, E. *Física Matemática*. Addison Wesley Publishing Company Inc., Estados Unidos da América, 1968.

CARMO, Manfredo Perdigão do Carmo. MORGADO, A. C. Morgado. *Trigonometria- Números Complexos*. IMPAVITAE, 1992.

GARBI, Gilberto G. **O Romance das Equações Algébricas**. Makron Books, 1997.

GUIDORIZZI, Luiz Hamilton. **Um Curso de Cálculo**: Volume 1. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

GUIDORIZZI, Luiz Hamilton. **Um Curso de Cálculo**: Volume 4. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

STEWART, James. **Cálculo**: Volume 2. 5 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

## ESTUDO DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE PROTEÍNAS DE CARNE BOVINA (*BOS TAURUS*), UTILIZANDO PLANEJAMENTO FATORIAL E METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

Data de aceite: 10/12/2019

### Jane Kelly Sousa de Brito

Universidade Federal do Ceará – UFC  
Fortaleza - CE

### Tiago Linus Silva Coelho

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – PI

### Darlisson Slag Neri Silva

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – PI

### Jardes Figueredo Rego

Faculdade Integral Diferencial - FACID

### Naise Mary Caldas Silva

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – PI

**RESUMO:** O objetivo desse trabalho foi otimizar condições de extração de proteínas de carne bovina, empregando planejamento fatorial fracionado e metodologia de superfície de resposta. Para a triagem das variáveis foi aplicado um planejamento fatorial fracionário  $2^{4-1}$  e após este fez-se um novo planejamento Fatorial + Ponto Central + Estrela. A extração das proteínas foi realizada com Tris/HCl, pH 7,5 à 50 °C, massa, tempos de extração, concentração do extrator, energia micro-ondas e ultrassônica, estabelecidos pelos planejamentos experimentais. A quantificação

das proteínas se deu pelo método de Bradford. O resultado do planejamento  $2^4$  mostrou que os fatores: massa da amostra, tempo de extração e tipo de energia foram significativos ao nível de 95% de confiança, além das interações entre a massa da amostra e o tipo de energia, massa da amostra e tempo de extração. A concentração do extrator não demonstrou ser significativa, sendo fixada em nível conveniente de acordo com a interpretação do seu efeito. O modelo quadrático proposto não apresentou falta de ajuste e obteve um coeficiente de determinação de 0,93. As melhores condições encontradas para o método proposto foram de: 0,04 g de massa da amostra  $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  para concentração do extrator, tempo de extração de 12 minutos e energia micro-ondas. O método proposto mostra-se um procedimento confiável, simples, rápido e acessível, capaz de extrair altos teores de proteínas utilizando pouca massa e em um tempo relativamente curto.

**PALAVRAS-CHAVE:** extração de proteínas; carne bovina; planejamento fatorial; superfície de resposta.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to optimize the extraction conditions of beef proteins, using fractional factorial design and response surface methodology. In order to sort the variables, a  $2^{4-1}$  factorial design was applied and then a new Factorial + Center Point + Star

design was performed. Protein extraction was performed with Tris / HCl, pH 7.5 at 50 ° C, mass, extraction times, extractor concentration, microwave and ultrasonic energy, tests by experimental design. Protein quantification was by Bradford method. The result of planning 24 showed that the factors: sample mass, extraction time and energy type were reached at the 95% confidence level, as well as the interactions between sample mass and energy type, sample mass and time. extraction The concentration of the extractor does not prove to be significant and is set at the appropriate level according to the interpretation of its effect. The proposed quadratic model showed no lack of fit and recorded a coefficient of determination of 0.93. The best conditions described for the proposed method were: 0.04 g of sample mass 0.05 mol L<sup>-1</sup> for extractor concentration, extraction time of 12 minutes and microwave energy. The proposed method shows a reliable, simple, fast and affordable procedure capable of extracting high application contents using low mass and in a relatively short time.

**KEYWORDS:** protein extraction; beef; factorial design; response surface methodology

## 1 | INTRODUÇÃO

Proteínas são biomoléculas complexas de cadeia longa e não ramificada, compostas por aminoácidos ligados covalentemente através de ligação peptídica entre o radical amino (-NH<sub>2</sub>) de um aminoácido e o grupo carboxila (-COOH) de outro (Nelson & Cox, 2014). As proteínas além de serem o componente celular, são as biomoléculas mais diversificadas quanto a forma e função (Marzzoco & Torres, 2015). Possuem regiões polares, hidrofóbicas e carregadas que desempenham papéis fundamentais em processos biológicos: atuam como catalisadores, transportadores, armazenamento, proteção das células; reguladores, movimento; estruturais; transmissão de impulsos nervosos; diferenciação celular; participação da homeostase e coagulação sanguínea, entre outras (Motta, 2011; O'sullivan *et al.*, 2016; Nelson & Cox, 2014).

A maioria das proteínas possuem uma ou mais estruturas tridimensionais, ou conformações que representam sua função. A forma estrutural da proteína é estabilizada, principalmente, por interações fracas tais como interações hidrofóbicas e forças de Wan Der Waals. Ligações de hidrogênio e interações iônicas são otimizadas nas estruturas termodinamicamente mais estáveis (Nelson e Cox, 2014). As proteínas sofrem desnaturação quando perdem a estrutura tridimensional, podendo perder parcial ou completamente a sua função. Várias condições favorecem a desnaturação proteica tais como temperaturas altas, pH muito ácido, estresse mecânico, etc (Motta, 2011; Marzzoco & Torres, 2015).

Dentre as principais fontes de proteínas, destacam-se os diversos tipos de carnes, sendo a carne bovina umas das mais ricas nesse nutriente. A carne bovina é um dos alimentos mais consumidos mundialmente, isto se deve principalmente ao seu

alto valor nutricional (FAO, 2015). É composta principalmente por proteínas, lipídios, vitaminas do complexo B e minerais. Esse alimento não possui fibras dietéticas e praticamente não contém carboidratos (Cattelan, *et al.*, 2013). A qualidade da carne bovina é atribuída às suas propriedades físico-químicas (maciez, sabor, cor, odor e suculência) e está relacionada a diversos fatores como o clima, a genética, a alimentação, idade, sexo, transporte, a precocidade da raça, entre outros (Carvalho, 2013). Este alimento contém aproximadamente 23% de proteínas, as quais são compostas por aminoácidos essenciais (não sintetizados pelo organismo humano) e não essenciais (FAO, 2015)

Existem vários métodos de quantificação de proteínas, em especial o método de Bradford consiste na ligação do corante Coomassie Blue G250 na sua forma mais aniônica à proteína. A quantidade de proteína é estimada pela quantidade de corante na forma iônica azul em 590 nm. Apesar de ser um método muito sensível, o método de Bradford possui limitações, tais como a variação da absorvidade específica para diferentes proteínas, devido à baixa solubilidade ou baixa massa molecular das mesmas (Marshall e Williams, 1992).

A extração das proteínas, normalmente é complicada de ser realizada, principalmente pelo fato de serem moléculas complexas. A primeira etapa para a extração das proteínas é a lise celular, a qual pode ser obtida através de vários procedimentos tais como lise osmótica, lise por detergentes, maceração da amostra e mais facilmente através de meios que forneçam altas energias, tais como ultrassom e micro-ondas (Leary *et al.*, 2013). Há vários estudos que mostram a eficiência dessas técnicas, por exemplo, Kang *et al.*, (2016) empregaram a energia ultrassônica para extrair proteínas em carne bovina, Cravotto *et al.* (2008), estudaram vegetais utilizando essas duas técnicas para extração de óleo. Chemat, Huma & Khan (2011) compararam micro-ondas e ultrassom no processo de extração. A eficiência dessas duas técnicas é atribuída à ruptura celular, permitindo que a solução extratora entre em contato com o analito e extraia a maior quantidade possível (Cross, Fung, & Decareau 2013; Chandrapala *et al.*, 2013; Picó, 2013)

O planejamento fatorial é uma estratégia analítica que pode ser utilizada na otimização de parâmetros experimentais em um determinado sistema analítico. Os planejamentos fatoriais fracionários possibilitam o estudo de dezenas de fatores de uma só vez e fornecem exatamente o tipo de informação que o analista deseja (Barros Neto, Scarmino, & Bruns, 2010). Para maximizar ou minimizar algum tipo de resposta é conveniente utilizar a Metodologia de Superfície de Resposta (RSM). O RSM identifica as variáveis experimentais mais importantes e otimiza simultaneamente seus níveis, para obter a resposta ideal, executando um número mínimo de experimentos (Barros Neto, Scarmino, & Bruns 2010; Bezerra, 2008).

Na literatura ainda há poucos trabalhos que visam otimizar a extração de

proteínas em carne bovina utilizando metodologias que economizam tempo, reagentes e que sejam de fácil acesso para a indústria e comunidade científica. O objetivo desse trabalho é otimizar condições (tempo, concentração do extrator, massa e tipo de energia) para extração de proteínas da carne bovina empregando Planejamento Fatorial e Metodologia de Superfície de Resposta.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Reagentes

Todas as vidrarias utilizadas para a realização deste trabalho foram descontaminadas em banho de HNO<sub>3</sub> 10% (v/v) por no mínimo 24h. As soluções foram preparadas em água ultrapura obtida a partir de um sistema de purificação Milli-Q (Millipore®, Brasil). Foram empregados os seguintes reagentes e solventes: água ultrapura; etanol 95% (Vetec®, Brasil); éter de petróleo (Isofar®, Brasil); tris(hidroximetil)aminometano grau HPLC (J. T. Baker®, Brasil); coomassie brilliant blue g-250 (Sigma-Aldrich®, Brasil); ácido fosfórico 85% PA (Vetec®, Brasil); ácido clorídrico 37% (Merk®, Brasil); fosfato de amônio dibásico (Sigma-Aldrich®, Brasil) e para a calibração do espectrofotômetro utilizou-se albumina de soro bovino.

### 2.2 Amostra e preparo da amostra

Foram utilizadas amostras da raça bovina Curraleiro Pé-duro adquiridas, na EMBRAPA Meio Norte. O corte utilizado nas análises foi a picanha, por ser um dos cortes bovino mais apreciados. Removeu-se o tecido adiposo da amostra de carne utilizando uma faca de lâmina de cerâmica. Após este procedimento, cerca de 1,0 kg de amostra foi cortada em cubinhos de 1 cm e liofilizada em liofilizador Liobrás® modelo Liotop L-101 (Liobrás, São Carlos-SP, Brasil) por 48 horas, após uma etapa de congelamento de 24 horas à -48 °C. Posteriormente as amostras foram pulverizadas em moinho criogênico Marconi® modelo MA775, (Marconi, Piracicaba-SP, Brasil), utilizando o seguinte programa de congelamento com duas etapas e cinco ciclos: i) 2 min de pré-congelamento; ii) 2 min de congelamento, intercalado por ciclos de recongelamento de 2 min. As amostras pulverizadas foram transferidas para tubos falcon e acondicionadas em um dessecador.

### 2.3 Planejamento Fracionado 2<sup>4-1</sup>

Para a otimização da extração das proteínas presentes na carne bovina, inicialmente foi utilizado um planejamento fatorial fracionado do tipo 2<sup>4-1</sup> como fase de triagem das variáveis. As variáveis selecionadas foram: massa da amostra, tempo de extração, concentração da solução extratora e tipo de energia (Tabela 1).

Variáveis	Símbolos	Níveis e código das variáveis	
		-1	+1
Massa (g)	$x_1$	0,1	0,3
Concentração do Extrator (mol/L)	$x_2$	0,05	0,10
Tempo (min)	$x_3$	20	30
Tipo energia	$x_4$	Ultrassom	Micro-ondas

Tabela 1 - Variáveis e níveis do planejamento fatorial fracionado  $2^{4-1}$ .

## 2.4 Planejamento Fatorial $2^2$ + Ponto Central + Estrela

Após a triagem das variáveis através do planejamento fatorial fracionado  $2^{4-1}$  para a extração das proteínas, partiu-se para um novo planejamento  $2^2$  com ponto central + estrela a fim de se obter um modelo empírico que explicasse os dados e permitisse maximizar a extração de proteínas. Nesse novo domínio experimental foram inseridas as variáveis significativas e novos pontos em volta dos níveis que apresentavam uma maior eficiência na extração das proteínas (Tabela 2). A validação do modelo empírico gerado foi realizada através de análises de variância (ANOVA), gráfico de resíduos e valores previstos versus experimentais.

Variáveis	Símbolos	Níveis e código das variáveis				
		$-\sqrt{2}$	-1	0	+1	$+\sqrt{2}$
Massa (g)	$x_1$	0,04	0,07	0,1	0,130	0,160
Tempo (min)	$x_3$	12	16	20	24	28

Tabela 2 - Variáveis e níveis do planejamento fatorial  $2^2$  + Ponto Central + Estrela.

## 2.5 Extração das proteínas

Para as extrações das proteínas, a massa da amostra foi submetida à energia micro-ondas e ultrassônica, na presença de 6 mL de solução extratora Tris-HCl, à 50 °C. As condições de extração como tempo, concentração da solução extratora, massa da amostra e tipo de energia estão definidas pelo planejamento experimental (Tabela 1). Em seguida, os extratos obtidos foram submetidos a centrifugação em uma centrífuga refrigerada por 10 min a 10000 rpm a 25°C.

Após a centrifugação, o sobrenadante foi coletado e misturado com 5 mL de éter de petróleo. A mistura foi submetida a agitação magnética durante 10 min e centrifugada por 5 min a 10000 rpm a 25°C, após a centrifugação descartava-se a fase etérea. Esta etapa que visa a remoção dos lipídios foi repetida três vezes. Os extratos proteicos obtidos da amostra de carne bovina foram armazenados em tubos Falcon a -20°C para posteriores análises.

## 2.6 Quantificação das proteínas

Após a realização dos protocolos de extração, a concentração total de proteínas foi determinada pelo método de Bradford (1976). A quantificação das proteínas foi realizada por espectrofotometria de absorção molecular, utilizando-se uma alíquota de 200  $\mu\text{L}$  da amostra ou padrão, juntamente com 2500  $\mu\text{L}$  do reagente de Bradford ambos em uma cubeta. O tempo de reação antes da leitura realizada no comprimento de onda de 595 nm foi de 4 minutos.

Usando o padrão de albumina sérica bovina para a calibração do espectrofotômetro, foi preparado uma solução estoque de 1000 mg L<sup>-1</sup> dissolvendo-se 10 mg de albumina em 10 mL de tampão fosfato (pH 7,2 a 0,1 mol L<sup>-1</sup>), esta solução foi agitada em vortex por aproximadamente 1 min. As concentrações dos padrões da curva analítica foram de 15, 25, 50, 75, e 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$  de albumina bovina. Todas as medidas foram realizadas em triplicata.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Planejamento Fracionário 2<sup>4-1</sup>

As variáveis para a otimização do método (Tabela 1) foram escolhidas baseando-se nas principais condições de extração de proteínas reportadas na literatura por diversos autores (Selmane, 2008; Seo *et al.*, 2015; Walczyk *et al.*, 2016; Zhao *et al.*, 2015; Phongthai, Lim & Rawdkuen, 2016; Durmus & Evranuz, 2010). Foram escolhidos as variáveis e níveis que proporcionassem melhores condições de extração de custo baixo, com baixa geração de resíduos e de maior acessibilidade para a indústria e comunidade científica.

Um planejamento fatorial fracionário de dois níveis foi utilizado para determinar a influência desses quatro fatores e suas interações. Foram definidos dois níveis (mínimo e máximo) para as variáveis (Bezerra, 2008). O agente extrator utilizado foi o cloridrato de trihidroxiaminometano (Tris/HCl) que proporciona alta solubilização das proteínas e é muito utilizado atualmente (Restelli *et al.*, 2014; (Danielsen; Pedersen & Bendixen, 2011). O pH foi mantido em 7,5, para garantir a quebra das pontes de metileno, possibilitando maior disponibilidade das proteínas para dissolução no agente extrator (Guist & Lucacchuni, 2013). A Tabela 3 apresenta a matriz de planejamento com as determinações do teor de proteína, em duplicata, para cada ensaio. Adicionalmente são reportados as respectivas médias e variâncias. Com as variáveis e seus respectivos níveis estudados foi obtido uma média de 66,19 mg g<sup>-1</sup> de proteína para os 8 experimentos realizados em duplicata. Os efeitos dos fatores foram calculados para a realização de uma triagem das variáveis que exercem uma influência mais pronunciada no teor de proteína extraída.

Ensaio	Variáveis Codificadas				(mg g <sup>-1</sup> )			
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	Rep 1	Rep 2	Média	Variância
E1	-1	-1	-1	-1	37,9835	36,7599	37,3717	0,748579
E2	+1	-1	-1	+1	53,9460	54,9976	54,4718	0,55291
E3	-1	+1	-1	+1	139,476	117,4372	128,456	242,862
E4	+1	+1	-1	-1	61,1493	64,8299	62,9896	6,773151
E5	-1	-1	+1	+1	136,736	133,578	135,157	4,98615
E6	+1	-1	+1	-1	33,6737	31,5789	32,6263	2,194071
E7	-1	+1	+1	-1	45,3157	44,6140	44,9649	0,24623
E8	+1	+1	+1	+1	35,0877	31,9266	33,5071	4,996137

Tabela 3 - Planejamento fatorial fracionário 2<sup>4-1</sup> para extração de proteínas da carne bovina.

Na Tabela 4 estão expostos os principais efeitos obtidos das variáveis  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$  e suas interações secundárias:  $x_1x_2$ ,  $x_1x_3$  e  $x_1x_4$ . Dentre todos os efeitos principais calculados podemos destacar os mais significativos como massa da amostra ( $x_1$ ), tempo de extração ( $x_3$ ), o tipo de energia utilizado ( $x_4$ ), já para os efeitos secundários temos a interação entre a massa da amostra e tempo de extração ( $x_1x_3$ ), massa da amostra e tipo de energia ( $x_1x_4$ ).

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_1x_4$
-40.59	2.07	-9.26	43.41	2.13	-16.41	-47.23

Tabela 4 – Efeitos calculados.

A Figura 1 mostra a análise dos efeitos, num gráfico escalado pelo erro dos efeitos, onde podemos observar as variáveis que apresentam efeitos mais intensos no teor de proteína extraída ao nível de 95% de confiança. Foram significativos os efeitos de primeira ordem para: massa da amostra ( $x_1$ ); tempo de extração ( $x_3$ ); e tipo de energia empregada ( $x_4$ ), já para as interações secundárias foram significativas aquelas entre: massa da amostra e tempo de extração ( $x_1x_3$ ); massa da amostra e tipo de energia utilizada ( $x_1x_4$ ).

O tipo de energia apresentou efeito intenso tendendo para o nível mais alto, ou seja, a energia micro-ondas foi mais eficiente. A eficiência do micro-ondas foi reportada por Chemat, Huma e Khan (2011), onde aplicaram o ultrassom em processos de extração e compararam com a eficiência do micro-ondas, sendo este mais eficiente, já que o aquecimento da amostra ocorre de forma homogênea por vibração molecular, enquanto que a radiação ultrassônica ocorre por micro explosões na água gerando um aquecimento não uniforme na amostra. Os próximos experimento foram realizados empregando apenas a energia micro-ondas, uma vez que se trata de uma variável qualitativa, sendo otimizada no planejamento fatorial 2<sup>4-1</sup>.

A concentração do extrator não demonstrou ser significativa, no entanto, apresentou valor positivo para o efeito, apontando para a concentração no nível alto (0,05 mol L<sup>-1</sup>) para uma maior eficiência de extração. Observou-se neste nível um percentual de rendimento 2,4% maior em comparação ao nível baixo estudado. Portanto, a concentração no nível alto (0,05 mol L<sup>-1</sup>) foi mantida para extrações posteriores. Estes dados encontrados estão consistentes com trabalhos anteriores de Marcos & Mullen, (2014), onde empregaram-se o Tris/HCl para extração proteica em músculo bovino utilizando concentração de 0,05 mol L<sup>-1</sup>, Rigueira *et al.*, (2016) também extraiu proteínas utilizando Tris/HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> em sementes de aveia.

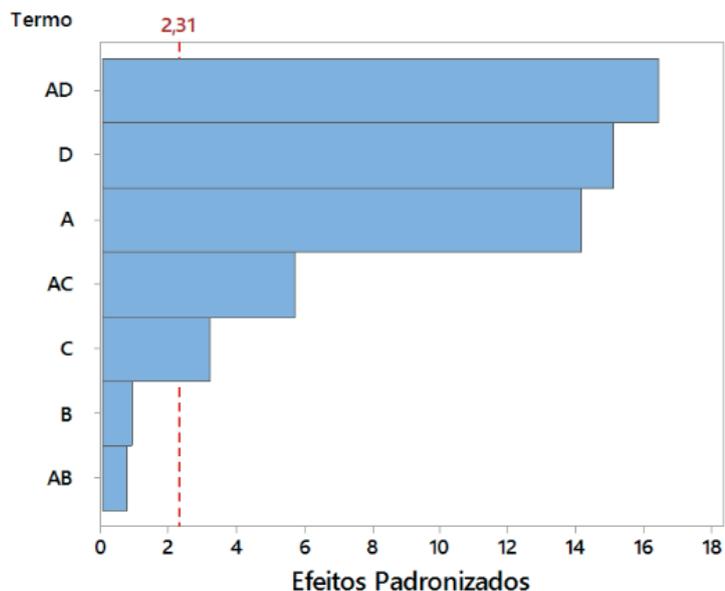


Figura 1 – Diagrama de efeitos padronizados.

### 3.2 Planejamento Fatorial 2<sup>2</sup> + Ponto Central + Estrela

O planejamento fatorial fracionário permitiu a realização da triagem das variáveis e das interações que se mostraram significativas a um nível de confiança de 95%. A partir desses dados obtidos foi realizado um planejamento fatorial 2<sup>2</sup> + Ponto Central + Estrela (Tabela 2) com as duas variáveis mais significativas (massa da amostra e tempo de extração), utilizando o tampão extrator Tris-HCl com concentração 0,05 mol L<sup>-1</sup> e a energia micro-ondas (otimizados anteriormente). Neste planejamento, cada variável foi estudada em cinco níveis diferentes, os quais abrangem de  $-\sqrt{2}$  a  $+\sqrt{2}$ . A Tabela 5 mostra o planejamento fatorial efetuado com os níveis codificados e os resultados obtidos quando todos os ensaios foram analisados. A média global do teor de proteína para este planejamento foi de 162,49 mg g<sup>-1</sup>, o que demonstra um aumento de rendimento no processo de extração quando comparado com o planejamento fracionário 2<sup>4-1</sup> (66,19 mg g<sup>-1</sup>).

Ensaio	Variáveis Codificadas		Variáveis não codificadas		Teor de Proteína
	$x_1$	$x_3$	$x_1$	$x_3$	P1
P1	-1	-1			230,2359
P2	+1	-1			156,7046
P3	-1	+1			160,9513
P4	+1	+1			128,0497
P5	$-\sqrt{2}$	0			245,0784
P6	$+\sqrt{2}$	0			105,3258
P7	0	$-\sqrt{2}$			190,2326
P8	0	$+\sqrt{2}$			122,8349
P9	0	0			157,8156
P10	0	0			150,7107
P11	0	0			139,4373

Tabela 5 - Planejamento Fatorial  $2^2$  + Ponto Central + Estrela para a extração de proteínas (teor de proteína em  $\text{mg g}^{-1}$ )

Os dados do novo planejamento foram submetidos à análise de variância (ANOVA), mostrada na Tabela 6. Pode-se observar através da ANOVA que o modelo não apresentou falta de ajuste, uma vez que o teste  $F$  para MQFaj relacionada com a MQEP mostrou que estas variâncias não são significativamente diferentes com  $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$ . Além disso, as MQR e MQr se mostraram estatisticamente diferentes (o modelo é significativo) com um  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ . Isto confirma a robustez do modelo no que diz respeito à previsão do teor de proteína extraído dentro da janela experimental estudada. Em ambos os casos o nível de confiança utilizado foi de 95%. O valor de  $r^2$  foi igual a 0,9349. Estudo anterior para otimização da extração de proteínas em sementes de melancia relatou um valor de  $R^2$  igual 83,9% (WANI *et al.*, 2008), Durmus & Evranuz (2010) encontrou um  $R^2$  igual 96,7% para sementes de pimenta vermelha & Mizubiti *et al.*, (2000) encontrou  $R^2$  igual 74,48% para extração de proteínas do feijão.

Fonte de variação	Soma quadrática (SQ)	Graus de liberdade	Média quadrática (MQ)	$F_{\text{calc}}$ (95%)	$F_{\text{tab}}$ (95%)
Regressão (R)	17702,40	5	3540,48		
Resíduo (r)	1231,90	5	246,38	14,36	5,05
Falta de ajuste (Faj)	1060,10	3	353,60	4,11	19,16
Erro puro (EP)	171,80	2	85,90		
$R^2$	0,9349				
r máxima variação	0,9909				

Tabela 6 - ANOVA para o Planejamento Fatorial  $2^2$  com Ponto Central + Estrela.

Na Figura 2 tem-se as respostas obtidas no Planejamento Fatorial  $2^2$  + Ponto Central + Estrela, através da superfície de resposta (2a) e gráfico de contorno (2b) da massa da amostra em relação ao tempo de extração. Essa Figura mostra que o aumento na eficiência da extração está tendendo para o nível mais baixo ( $-\sqrt{2}$ ) nos dois eixos (variável massa e variável tempo). Desta forma, a máxima eficiência de extração ocorre num tempo de 12 minutos, e utilizando pouca massa da amostra (0,04 g), isso significa uma ótima condição em futuras análises, pois necessita-se de menos massa, gerando-se menos resíduos e ao reduzir o tempo de extração exige-se menos esforço dos analistas, aliado a um menor consumo de energia elétrica com os equipamentos.

O tempo de extração de proteínas foi estudado por outros autores como Wani *et al.*, (2006), este mostrou que o tempo ótimo para máxima extração de proteínas foi 15 min, ele estudou extração de proteínas temperaturas de 5,10,15, 20 e 25 minutos. Em outro trabalho, Drumus e Evranuz (2010) investigaram o tempo de extração de 20, 30, 40, 50 e 60 minutos, obtendo 20 minutos como o melhor tempo para máxima extração de proteínas. Nesse contexto, pode-se observar que a quantidade de proteína extraída diminui a partir de um determinado tempo, ou seja, a quantidade de produto disponível se mantém constante.

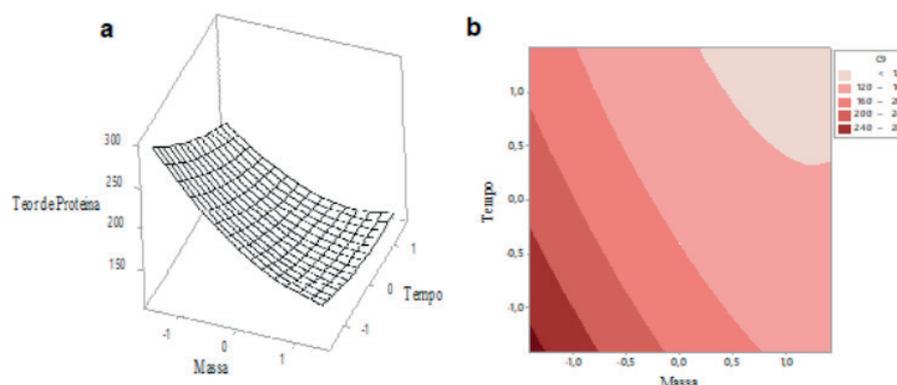


Figura 2 – Respostas obtidas no Planejamento Fatorial + PC + Estrela: a) superfície de resposta da massa em relação ao tempo; b) gráfico de contorno obtido para a otimização das variáveis massa da amostra e tempo de extração das proteínas.

O teor total de proteína encontrado no ponto máximo de cada variável otimizada foi aproximadamente 24,5 g de proteína por 100 g de carne bovina. Este valor é superior àquele reportado por Bohrer, (2017) onde o teor de proteína variou de 17,17 a 23,27 g por 100g em lombo bovino, Whitesell *et al.*, (2014) investigou o efeito do tempo de congelamento e encontrou um teor de proteína de 20,82 a 22,13 em carne bovina. Silva *et al.*, (2002) obtiveram valores de 22,0 a 23,9% para o músculo de novilhas Euro zebu e Vaz *et al.*, (2001) estudaram diferenças entre bovinos inteiros e castrados e encontraram um teor médio de proteínas em torno de 26,3 %.

## 4 | CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados o método obtido foi estatisticamente significativo a 95% de confiança. O modelo quadrático proposto para os dados experimentais não apresentou falta de ajuste e revelou o coeficiente de determinação de 0,93. Com a equação final do modelo empírico gerado e análise do gráfico de superfície resposta, foi possível utilizar a otimização multivariada para maximizar o teor de proteína extraída. Sendo as condições ótimas de trabalho estabelecidas utilizando forno de micro-ondas, massa da amostra igual a 0,04 g, 0,05 mol L<sup>-1</sup> de Tris/HCL e tempo de extração igual a 12 minutos.

O teor de proteína extraído foi significativamente maior do que alguns relatados na literatura, demonstrando a grande capacidade do método. Portanto, o método proposto para otimização do processo de extração de proteínas em carne bovina, revelou-se um procedimento confiável, simples, rápido e acessível, capaz de extrair altos teores de proteínas utilizando pouca massa e em um tempo relativamente curto.

## REFERÊNCIAS

Bezerra, MA., Santelli, R. E., Oliveira, E. P., Villar, L. S. & Escaleira, L. A. **Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry**. *Talanta*, 76, 965-977, 2008.

Barros Neto, B., Scarmino, I. S. & Bruns, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na indústria**. 4<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Bookman.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248–254, 2010.

Bohrer, M. B. **Review: Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein**. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 103-112, 2017.

Carvalho, G. M., Silva, L. R. F., Almeida, M. J. O., Lima Neto, A. F. E. & Beffa, L. M. **Avaliações fenotípicas da raça bovina curraleiro pé-duro do semiárido do Brasil**. *Archivos de Zootecnia*, 62, 9-20, 2013.

Cattelam, J., Brondani, I. L., Alves Filho, D. C., Segabinazzi, L. R., Callegaro, A. M. & Cocco, J. M. **Características de carcaça e qualidade da carne de novilhos confinados em diferentes espaços individuais**. *Ciência Animal Brasileira*, 14 (2), 185-198, 2013.

Chandrapala, J., Oliver, C. M., Kentish, S. & Ashokkumar, M. **Use of power ultrasound to improve extraction and modify phase transitions in food processing**. *Food Reviews International*, 29, 67–91, 2013.

Chee, K. L., Ling, K. & Ayob, M. K. **Optimization of trypsin-assisted extraction, physico-chemical characterization, nutritional qualities and functionalities of palm kernel cake protein**. *Food Science and Technology*, 46, 419-427, 2012.

Chemat, F., Huma, Z. & Khan, M. K. **Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction**. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 813-835, 2011.

Cravotto, G., Boffa, L., Mantegna, S., Perego, P., Avogadro, M. & Cintas, P. **Improved extraction of**

- vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves.** *Ultrasonics Sonochemistry*, 15, 898-902, 2008.
- Cross, G. A., Fung, D. Y. C. & Decareau, R. V. **The effect of microwaves on nutrient value of foods.** *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 37-41, 2013.
- Danielsen, M., Pedersen, L. J. & Bendixen, E. **An in vivo characterization of colostrum protein uptake in porcine gut during early lactation.** *Journal of Proteomics*, 74, 101-109, 2011.
- Durmus, E. F. & Evranuz, O. **Response surface methodology for protein extraction optimization of red pepper seed (*Capsicum frutescens*).** *Food Science and Technology*, 43, 226-231, 2010.
- FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2015.
- Guist, L. & Lucacchuni, A. **Proteomic studies of formalin-fixed paraffin-embedded tissues.** *Expert Review of Proteomics*, 10 (2), 165-177, 2013.
- Kang, D.; Zou, Y., Cheng, Y., Xing, L., Zhou, G. & Zhang, W. **Effects of power ultrasound on oxidation and structure of beef proteins during curing processing.** *Ultrasonics Sonochemistry*, 33, 47-53, 2016.
- Leary, D. H., Hervey, W. J., Deschamps, J. R., Kusterbeck, A. W. & Vora, G. J. **Which metaproteome, The impact of protein extraction bias on metaproteomic analyses.** *Molecular and Cellular Probes*, 27, 193-199, 2013.
- L'Hocine, L. & Pitre, M. **Quantitative and qualitative optimization of allergen extraction from peanut and selected tree nuts. Part 2. Optimization of buffer and ionic strength using a full factorial experimental design.** *Food Chemistry*, 194, 820-827, 2016.
- Marcos, B. & Mullen, A. M. **High pressure induced changes in beef muscle proteome: Correlation with quality parameters.** *Meat Science*, 97, 11-20, 2014.
- Marshall T. & Williams, K. M. **Coomassie Blue Protein Dye-Binding Assays Measure Formation of an Insoluble Protein-Dye Complex.** *Analytical Biochemistry*, 204, 107-109, 1992.
- Marzzoco, A. & Torres, B. B. **Bioquímica Básica.** 4a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.
- Mason, T. J., Chemat, F. & Vinatoru, M. **The extraction of natural products using ultrasound or microwaves.** *Current Organic Chemistry*, 15 (2), 237-247, 2011.
- Mizubuti, I. Y., Biondo Junior, O., Souza, L. W. O., Silva, R. S. S. F. & Ida, E. L. **Response surface methodology for extraction optimization of pigeon pea protein.** *Food Chemistry*, 70, 259-265, 2000.
- Motta, V. T. **Bioquímica.** 2ª ed. Rio de Janeiro: medbook, 2011.
- Nelson, D. L. & Cox, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger.** 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, (Capítulo 4), 2014.
- O'sullivan, J. J., Kurukji, D., Norton, I. T. & Spyropoulos, F. **Investigation of the fabrication and subsequent emulsifying capacity of potato protein isolate/ $\kappa$ -carrageenan electrostatic complexes.** *Food Hydrocolloids*, 71, 282-289, 2016.
- Picó, Y. **Ultrasound-assisted extraction for food and environmental samples.** *Trends in Analytical Chemistry*, 43,84-99, 2013.

- Phongthai, S., Lim, S. T., Rawdkuen, S. **Optimization of microwave-assisted extraction of rice bran protein and its hydrolysates properties.** Journal of Cereal Science, 70, 146-154, 2016.
- Restelli, L., Codrea, M. C., Savoini, G., Cecilian, F. & Bendixen, E. **LC-MS/MS analysis of visceral and subcutaneous adipose tissue proteomes in young goats with focus on innate immunity and inflammation related proteins.** Journal of Proteomics, (108), 259-305, 2014.
- Rigueira, L. M. B., Lana, D. A. P. D., Santos, D. M., Pimenta A. M., Augusti, R. & Costa, L. M. **Identification of metal-binding to proteins in seed samples using RF-HPLC-UV, GFAAS and MALDI-TOF-MS.** Food Chemistry, 211, 910-915, 2016.
- Selmane, D., Christophe, V. & Gholamreza, D. **Extraction of proteins from slaughterhouse by-products: Influence of operating conditions on functional properties.** Meat Science, 79, 640-647, 2008.
- Silva, R.G.; Prado, I.N.; Matsushita, M.; Souza, N.E. **Dietary effects on muscle fatty acid composition of finished heifers.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37 (1), 95-101, 2002.
- Vaz, F. N., Restle, J., Feijó, G. L. D., Brondani, I. L., Rosa, J. R. P. & Santos, A. P. **Qualidade e Composição Química da Carne de Bovinos de Corte Inteiros ou Castrados de Diferentes Grupos Genéticos Charolês x Nelore.** Revista Brasileira de Zootecnia, 30 (2), 518-525, 2001.
- Walczyk, N. E., Smith, P. M. C., Tovey, E. R. & Roberts, T. H. **Peanut protein extraction conditions strongly influence yield of allergens Ara h 1 and 2 and sensitivity of immunoassays.** Food Chemistry, 221, 335-344, 2017.
- Wani, A. A., Kaur, D., Ahmed, I. & Sogi, D. S. **Extraction optimization of watermelon seed protein using response surface methodology.** Food Science and Technology, 41, 1514-1520, 2008.
- Whitesell, T., Aalhus, J. L., Larsen, I. L. & M. Juárez, M. **Evaluation of a rapid protein analyzer as a research tool for lean beef composition: Effects of storage time and freezing.** Journal of Food Composition and Analysis, 33, 67-70, 2014.
- Zhao, J., Zhou, T., Zhang, Y., Ni, Y. & Li, Q. **Optimization of arachin extraction from defatted peanut (*Arachis hypogaea*) cakes and effects of ultra-high pressure (UHP) treatment on physiochemical properties of arachin.** Food and Bioproducts Processing, 95, 38-46, 2015.

## FERRAMENTA DE REALIDADE AUMENTADA UTILIZANDO KINECT PARA ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Data de aceite: 10/12/2019

### **Bruno dos Santos Belaguarda**

Universidade Franciscana  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Alessandro André Mainardi de Oliveira**

Universidade Franciscana  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Gustavo Stangherlin Cantarelli**

Universidade Franciscana  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Guilherme Chagas Kurtz**

Universidade Franciscana  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** Com o avanço das tecnologias de ensino, o presente trabalho apresenta a proposta de um software de realidade aumentada projetada em uma caixa de areia para estudos topográficos, com auxílio do Kinect e um projetor. Para o desenvolvimento desse software, será usada a linguagem de programação C# junto a XAML. Com isso, foi escolhida a metodologia ágil, FDD para criar a documentação necessária para o desenvolvimento desta ferramenta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Realidade Aumentada, topografia, kinect.

AUGMENTED REALITY TOOL USING  
KINECT FOR TOPOGRAPHIC STUDIES

**ABSTRACT:** With the advancement of teaching technologies, the present work presents the proposal of an augmented reality software applied to a sandbox for topographic studies, with the aid of Kinect and a projector. For the development of this software, the C # programming language will be used, along with XAML. With this, was chosen to the agile methodology, FDD to create the necessary documentation for the development of this tool.  
**KEYWORDS:** Augmented Reality, Topography, Kinect

### 1 | INTRODUÇÃO

O uso de novas tecnologias de ensino, em escolas, universidades e em outras instituições vem aumentando, mostrando-se um método mais prático e atrativo para alunos e professores, tornando a aprendizagem mais entendível para o aluno, fazendo com que o mesmo tenha um maior interesse pelo assunto tratado, e para o professor uma maior facilidade de ensino devido a familiaridade que os jovens tem com ambiente tecnológico, isso agregando mais conhecimento aos dois lados [G1 2018].

Conforme Di Maio (2011), existe um desafio de uso de novas tecnologias para

professores no ensino da geografia, ou seja, da topografia conseqüentemente, com a familiarização dos jovens com a tecnologia este trabalho propõe além de apenas um ensino teórico dentro de uma sala de aula, um contato prático com o que foi aprendido teoricamente, com isso colaborando para uma maior absorção do conteúdo por parte dos alunos.

Assim foi desenvolvido um software, que se engaje nesse meio tecnológico de ensino, tendo como enfoque a aprendizagem em topografia, para isso foi usada a ideia de realidade aumentada com sobreposição de efeitos digitais que foram projetados em cima de uma caixa com areia, oferecendo uma maneira prática e atrativa de explorar os processos da topografia. Além disso, foi utilizado para o desenvolvimento do mesmo, a linguagem de programação C#, em conjunto com XAML para criação da interface, utilizando à *User Interface WPF (Windows PresentationFoundation)*, para seu desenvolvimento.

### 1.1 Objetivo geral

desenvolvido um software integrado ao Kinect com potencial para automatizar o processo de avaliações topográficas, possibilitando ao professor demonstrar na prática o aprendizado teórico, mostrando as técnicas da topografia e relevos, facilitando a interação professor aluno.

### 1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho são os seguintes:

- Estudo do funcionamento do Microsoft Kinect;
- Estudo do Kit de Desenvolvimento (SDK) da Microsoft;
- Estudo sobre a linguagem de programação C# e XAML;
- Estudo dos sensores do Microsoft Kinect;
- Estudo sobre o padrão de cores RGB;
- Estudo sobre topografia, altimetria, relevos;
- Desenvolver uma aplicação para auxílio no ensino da topografia.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir nesta seção serão apresentados conceitos relativos a área da geografia etecnológica, que serão necessários para a compreensão desse trabalho.

### 2.1 Topografia

Segundo Veiga *et al.* (2007) origem da palavra topografia vem da palavra

TOPOS, em grego, que significa lugar e GRAPHEN que significa descrição, assim, de uma forma bastante simples, Topografia significa descrição do lugar. Algumas definições:

“A Topografia tem por objetivo o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana” (DOUBEK 1989).

“A Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre” (ESPARTEL 1987).

Portanto a topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada de superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura da terra. Ou seja, sempre será possível figurar em um plano horizontal a imagem da região considerada representando todas as suas particularidades notáveis, naturais ou artificiais do terreno.

Assim conforme Espartel (1987), a topografia é uma ciência aplicada baseada na Geometria e na Trigonometria, onde a sua representação pode conter todos os detalhes da configuração do solo, mesmo que esse tenha detalhes artificiais como canais, estradas, prédios, etc. Além disso a topografia é subdividida em dois tipos de casos Planimetria e Altimetria.

A Planimetria é a representação em projeção horizontal dos detalhes existentes na superfície, ou seja, estuda a posição dos pontos e medidas, considerando todos em um mesmo plano (Espartel 1987).

A altimetria permite fixar, por meio de cotas ou quaisquer sinais convencionais, o relevo do terreno, isto é, a expressão exata de sua forma, ou seja, diferente da planimetria que estuda uma representação a partir de plano horizontal, a altimetria faz a determinação das alturas dos pontos topográficos em relação a um plano vertical de referência (Espartel 1987).

Na altimetria é usado um sistema representativo de cores baseados no padrão RGB, que serão representadas nas escalas do respectivo relevo onde acontece a mudança de cores como no exemplo da Figura 1.

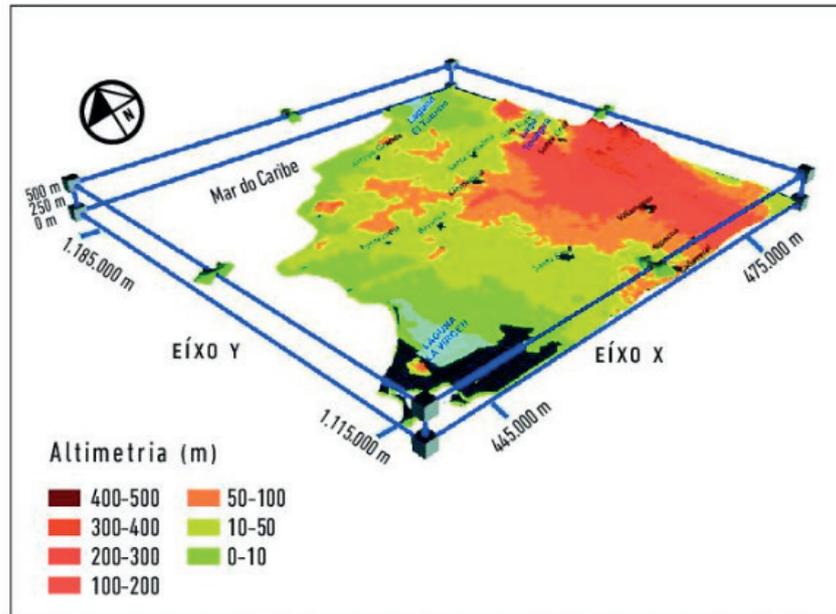


Figura 1. Imagem mostrando a representatividade de cores usadas em um relevo [Furrier 2018].

## 2.2 Relevo

O relevo é onde as transformações geológicas se expressam mais nitidamente, conforme Bertolini *et al.* (2009), o relevo é um aspecto da natureza e faz parte do espaço físico que exerce grande fascínio sobre os olhares atentos à paisagem, suas dinâmicas de formação tem base em suas fisionomias externas que são montanhas, planaltos, planícies e depressões.

## 2.3 Microsoft Kinect

O dispositivo Kinect (Figura 2), foi desenvolvido pela Microsoft para games, onde substituiria o apertar de botões de um controle, pelos movimentos do jogador. Lançado em novembro de 2010 como um acessório para o console Xbox360 e para competir com o Wii da Nintendo (Canaltech 2015).



Figura 2. Imagem mostrando detalhes do Microsoft Kinect [Canaltech 2015].

O Kinect possui um sofisticado algoritmo de processamento paralelo necessário para extrair o mapa de profundidade a partir da luz estruturada recebida. E segundo Crawford (2010), para possuir mais precisão nas informações dos sensores, as

imagens são alinhadas pixel a pixel, ou seja, cada pixel de imagem colorida é alinhado a um pixel da imagem de profundidade. Além disso, o Kinect sincroniza (em tempo real) todas as informações dos sensores (profundidade, cores e áudio) e as entrega através do protocolo Serial. A tecnologia inovadora por trás do Kinect é uma combinação de software e hardware. Além disso Crawford (2010) cita três elementos inovadores no hardware do sensor Kinect:

- **Câmera de vídeo VGA colorida** - Esta câmera de vídeo ajuda no reconhecimento facial e em outros recursos de detecção, detectando três principais cores: vermelho, verde e azul. A Microsoft chama isso de "câmera RGB", referindo-se aos componentes de cor que ele detecta.
- **Sensor de profundidade** - Um projetor infravermelho e um sensor monocromático, trabalham juntos para se ajustar ao ambiente e “enxerga-lo” em 3-D, independentemente das condições de iluminação.
- **Microfone multi-matriz** - Esta é uma série de quatro microfones que podem isolar as vozes dos jogadores do ruído no ambiente. Isso permite que a uma distância considerável do Kinect o usuário ainda possa usar controles de voz.

O principal item do sensor Kinect que será utilizado para o projeto, será seu sensor de profundidade (Infravermelho), este permite o Kinect escanear o ambiente, retornando dados de distâncias. Estes dados serão usados como modelo de altitudes, para serem trabalhados junto com as cores do sistema RGB.

Além disso, foi utilizado o Kit de Desenvolvimento de Software (SDK) do Kinect para Windows permite que desenvolvedores criem aplicativos que reconheçam gestos, voz, usando a tecnologia dos sensores do Kinect (MICROSOFT 2013).

## 2.4 Projetor multimídia

O projetor multimídia é um dispositivo óptico mecânico que é capaz de produzir imagens a partir de TVs, computadores, notebook etc. Através de uma tecnologia denominada DLP (*Dual Light Processing*) em alguns, e outros com a tecnologia LCD (*Liquid Cristal Display*), estes equipamentos têm uma lente convergente (objetiva), que fornece imagens reais, invertidas e maiores que o objeto, podendo ser de um slide ou filme (Alecrim 2007).

## 2.5 Microsoft visual studio

Microsoft Visual Studio é um ambiente de desenvolvimento integrado da Microsoft para desenvolvimento de software utiliza-se das linguagens C, C++, C# (C Sharp) e J# (J Sharp) (Microsoft 2018).

### 2.5.1 WPF

Segundo Moreira (2009), de uma forma geral um programa criado em WPF é composto por duas partes, uma parte criada em XML, chamada de XAML, onde fica a aparência do programa desenvolvido, ou seja, à interface gráfica, e as funcionalidades dessas interfaces, implementadas em C#. O WPF suporta interação com interfaces de aplicação em 2D e 3D.

#### 2.5.1.1 C SHARP

C Sharp ou (C#) é uma linguagem de programação orientada a objetos desenvolvida pela Microsoft, faz parte da plataforma .NET e está entre as mais utilizadas no mundo. Apesar de possuir uma sintaxe bem parecida com outras linguagens populares como C, C++, Java e *Object Pascal*, foi uma linguagem criada do zero, mesmo assim possui muitos elementos da linguagem pascal e Java. De acordo com a Microsoft (2016), C# é compilado para *Common IntermediateLanguage(CIL)* que é interpretado pela máquina *virtual Common LanguageRuntime(CLR)*. É uma linguagem de programação multi-paradigma fortemente tipada.

#### 2.5.1.2. XAML

Conforme Marcoratti (2015), XAML é uma linguagem de marcação declarativa, ou seja, ela simplifica a criação de uma interface de usuário para um aplicativo feito em WPF. O XAML além de ser baseado em XML, representa diretamente a instanciação de objetos em um conjunto específico de tipos de suporte definidos em *assemblies*. Isso é diferente da maioria das outras linguagens de marcação, que são geralmente uma linguagem interpretada sem um vínculo direto para um sistema de tipos de suporte. Ou seja, XAML habilita um fluxo de trabalho em partes separadas que podem trabalhar juntas na interface do usuário e na lógica da aplicação, usando ferramentas potencialmente diferentes no caso C# e XML juntos na mesma aplicação.

## 2.6 FDD

*FeatureDrivenDevelopment – FDD*, foi criado em 1997, por Peter Coad a partir de experiência de análise e modelagem. E segundo Goyal (2007), o FDD não possui uma restrição quanto ao tamanho da equipe, que neste projeto foi executado por somente uma pessoa. Além disso Goyal (2007) descreve o FDD em cinco processos.

As etapas do FDD, onde a primeira é de concepção e planejamento, executada apenas uma vez durante todo o projeto, e a fase de construção que ocorre enquanto existirem funcionalidades a serem implementadas. Essas duas etapas são formadas por cinco processos, que serão descritos abaixo.

- Desenvolver um modelo abrangente: Aqui se faz o entendimento do produto

através dos requisitos, junto as especificações de cada funcionalidade.

- Construir a lista de funcionalidades: Fase em que é criada uma lista de funcionalidades, através do que foi identificado na etapa anterior, devendo cada item dessa lista ter a aceitação do cliente.
- Planejar por funcionalidades: Aqui cada função criada deve ser executada, seguindo suas prioridades.
- Detalhar por funcionalidades: Onde cada funcionalidade vai ser modelada de acordo com as necessidades, como: protótipos de telas, diagramas de domínio etc.
- Construindo por funcionalidades: Fase final onde o Código de cada funcionalidade do produto deve ser desenvolvido.

### 3 | TRABALHOS CORRELATOS

Nesta seção, são descritos trabalhos similares a proposta do presente trabalho.

#### 3.1 Sandbox

Segundo Kreylos (2016), o projeto *SandBox* combina aplicativos de visualização 3D com uma exposição prática para ensinar conceitos geográficos. A caixa de areia de realidade aumentada (AR) permite que os usuários criem modelos de topografia moldando a areia real, que é então aumentada em tempo real por um mapa de cores de elevação, linhas de contorno topográficas e água simulada. O sistema ensina conceitos geográficos, geológicos e hidrológicos, como a leitura de um mapa topográfico, o significado de linhas de contorno, bacias hidrográficas, áreas de captação, diques etc.

A aplicação *SandBox* funciona apenas no Sistema Operacional Linux Mint, utiliza de um kit de ferramentas para desenvolvimento das cores chamado *VruiVr Toolkit*, o kit de ferramenta do Kinect, um projetor e computador, como mostra a Figura 3.

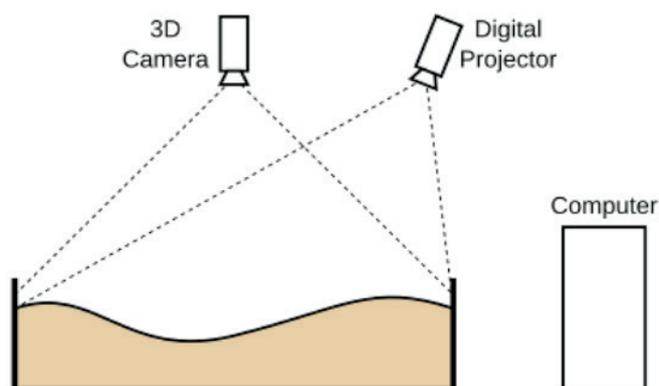


Figura 3. Layout simplificado da sandbox (Kreylos 2016).

A Figura 4 mostra o exemplo do projeto *SandBox* já concluído.

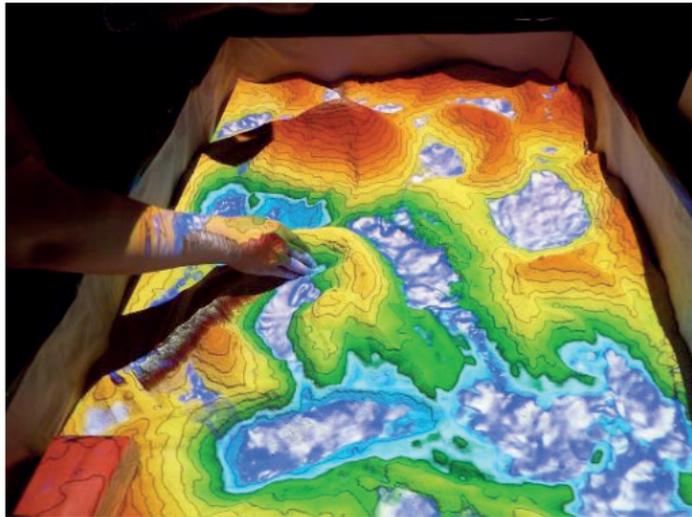


Figura 4. Sandbox em funcionamento. (Kreylos 2016).

A sua diferença com a proposta desse trabalho, é que em vez de ser uma aplicação que funcione apenas no *Linux mint* como o *SandBoxe* use ferramentas para criação das cores, a aplicação proposta no trabalho foi desenvolvida usando *C#* e *XAML*, então a intenção que com desenvolvimento deste software seja facilitado o uso aos usuário e também com seu funcionamento em *Windows*, seja alcançando uma maior quantidade de usuários já que conforme o site G1 (2017) o *Windows* ainda é o sistema operacional mais usado em 84% dos computadores.

## 4 | METODOLOGIA

Esta seção tem por objetivo seguir cada processo do desenvolvimento do projeto, seguindo os padrões da metodologia FDD.

Segundo o autor Sommerville (2011), os métodos ágeis “destinam-se a entregar um software rapidamente aos clientes”, já que legislação muda frequentemente, e a metodologia ágil em geral conta com interação para certas especificações, assim sendo capaz de acompanhar o desenvolvimento no qual os requisitos têm mudanças tão frequentes. Com isso é de fundamental importância que se tenha um planejamento e uma organização, para auxiliar no desenvolvimento do projeto. E a fim de ter uma boa organização, documentação e otimização do tempo, é necessário que se utilize uma metodologia adequada.

### 4.1 Projeto do software

Para o desenvolvimento do software foi usado a UI (*User Interface*) WPF, e definiu-se *C#* como linguagem de programação e *XAML* para desenvolvimento da interface, já a metodologia ágil que foi utilizada, a *FeatureDrivenDevelopment*(FDD),

com intuito de obter um melhor resultado, pois esta metodologia atende as necessidades demandadas deste trabalho.

#### *4.1.1 Desenvolvendo um modelo abrangente*

Responsável por apresentar uma visão geral do objetivo do projeto, é observado o Diagrama de Domínio (Apêndice A).

#### *4.1.2 Requisitos funcionais e não funcionais*

Aqui são apresentados os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, assim como uma descrição e a complexidade dos mesmos. Seguindo a metodologia utilizada.

#### *4.1.3 Planejamento por funcionalidade*

Na etapa de planejamento por funcionalidade foi definido o ordenamento para implementação, onde será estimado um tempo de desenvolvimento para cada funcionalidade da ferramenta.

#### *4.1.4 Detalhando por funcionalidade*

Nesta etapa, foi desenvolvido o Diagrama de Caso de Uso, com o objetivo de obter uma melhor visão do cenário da aplicação, sendo possível visualizar as ações do ponto de vista do usuário.

Segundo Booch (2006) o Diagrama de Atividade, é um diagrama que demonstra o fluxo, ou seja, mostra o fluxo de controle de uma atividade para outra, e a interação entre o usuário, o sistema, o Kinect e o projetor.

#### *4.1.5 Construindo por funcionalidade*

Na última fase da metodologia será mostrado Diagrama de Classes que ilustra um conjunto de classes, interfaces, colaborações e as relações entre os objetos.

## **5 | IMPLEMENTAÇÃO**

A implementação do software foi realizada utilizando o WPF (*Windows Presentation Foundation*), que separa o sistema em partes que facilitam o seu desenvolvimento, separado na programação em C# e as interfaces usando XAML.

A partir disso, a principal função do software começa com o processamento de cores, o que dará a ideia da altimetria, para isso é usado um Kinect, este que retorna os dados de distância que são capturados pela sua câmera, através de um

método chamado *DepthImageFrame*, este método informa acesso as dimensões da imagem, os dados e permite o mapeamento das coordenadas, e retorna valores de distância e detecção de jogadores, no trecho de código mostrado na Figura 5, pode ser visto a parte de verificação do *DepthImageFrame*. onde a partir de que ele exista, seja gerado bytes coloridos para imagem, após isso é recebido os valores de distância e os valores das cores, então estes valores são passados para a imagem.

```
void sensor_AllFramesReady(object sender, AllFramesReadyEventArgs e)
{
    // o depthFrame e pegado
    using (DepthImageFrame dframe = e.OpenDepthImageFrame())
    {
        // Caso não receba nenhum frame sai do método
        if (dframe == null)
            return;

        // Parte onde gera os bytes coloridos para a nossa imagem
        byte[] pixels = GerarBytesDeCor(dframe);

        // Numero de bytes por linha largura * 4 (R,G,B, Vazio)
        int stride = dframe.Width * 4;

        // Cria a imagem passando o tamanho da imagem o dpi e o formato (32bits)
        // a paleta (nula) o array de bytes da imagem (bytesp) e o stride

        imgDepth.Source = BitmapImage.Create(640, 480, 96, 96, PixelFormats.Bgr32, null, pixels, stride);
    }
}
```

Figura 5. Código de conexão com a câmera de profundidade do Kinect.

No próximo trecho de código Figura 6, é mostrado como é conseguido as distâncias de profundidade, através da variável *depth* no método *GerarBytesDeCor*, este *depth* recebe apenas os bits que definem os valores referentes a distância, ou seja, a profundidade, com esses dados em milímetros. Após isso são definidas as variáveis onde serão informados os valores das cores: vermelho, verde e azul. Então é definido que a cada 1cm de distância será informada uma cor, tirando a base e o topo que são distâncias diferentes das demais. Os valores das cores informadas a cada 1cm de distância são de cores usadas em mapas altimétricos.

A partir disso, foi desenvolvida uma interface principal com um menu, contendo 3 opções: Iniciar, Câmera e Ajuda como pode ser visto na Figura 6.

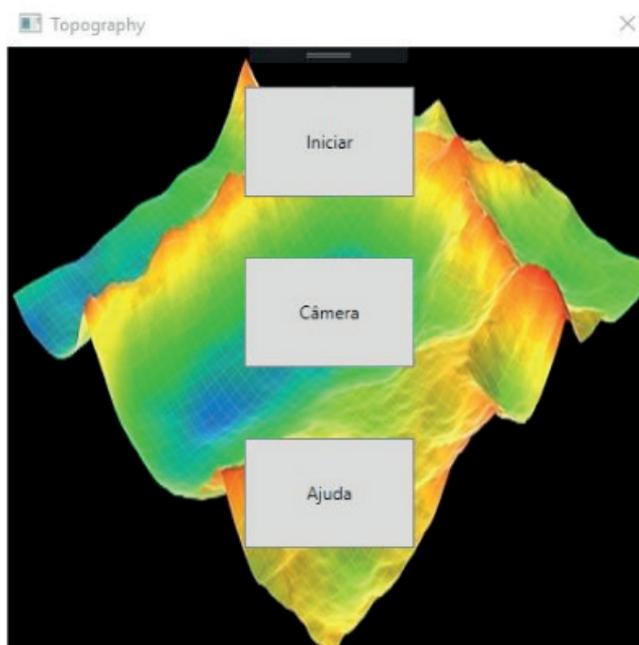


Figura 6. Interface do menu.

Com isso selecionado a opção “Iniciar”, é começado o trabalho com as cores onde, estas serão projetada em cima da areia, e com movimento da areia poderá ser criado a ideia de altimetria, e diferentes tipos relevos, atualizados em “tempo real”, a cada movimento, podendo ser vista as atualizações na tela do computador em *fullscreen*, e projetas na areia. Ao selecionar a opção “Câmera”, é mostrado a imagem da câmera do Kinect, sem o trabalho de cores, para melhor visualização e ajuste do mesmo como mostra a Figura 7, um comparativo com o Iniciar e abaixo a Câmera.

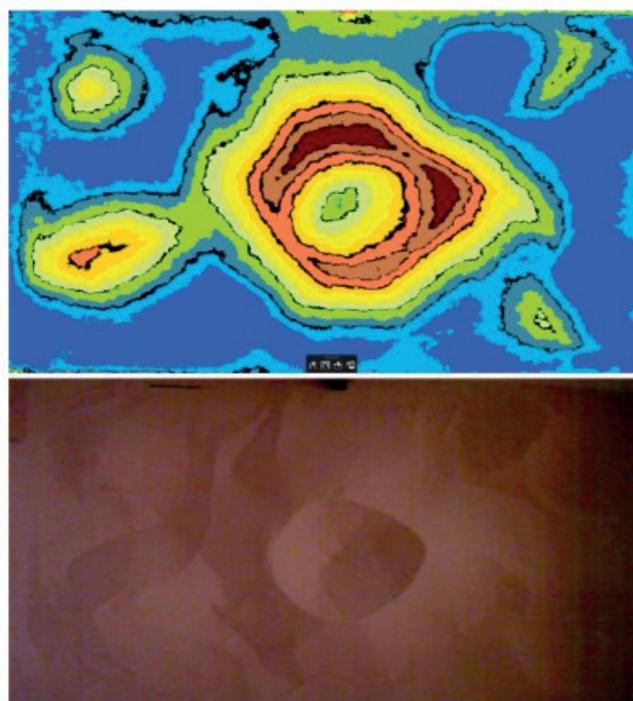


Figura 7. Comparativo das interfaces da “Câmera” e “Iniciar”, ambas em “*fullscreen*”.

Ao selecionar a opção “Ajuda”, será mostrada uma janela com dicas de distância ideal do Kinect, ajustes no projetor, tamanho de caixa entre outras, também é mostrado nesta interface um exemplo do software em execução, com os níveis altimétricos e cores usadas em cada nível, Figura 8.

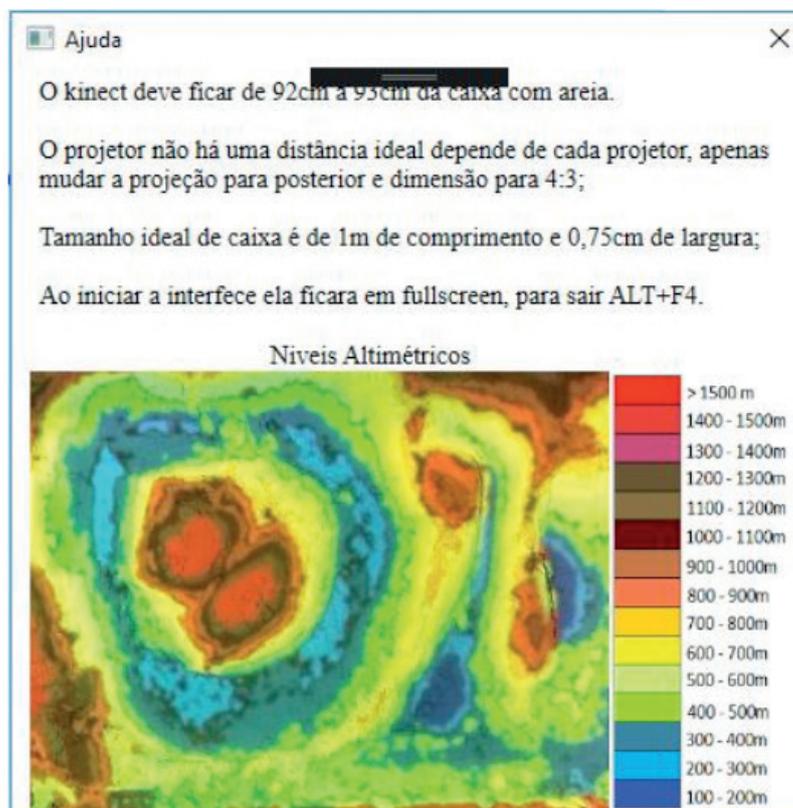


Figura 8. Interface de ajuda.

## 6 | RESULTADOS

Após a implementação, começou-se o desenvolvimento do projeto, onde foi criado uma caixa com 1m de comprimento e 0,75cm de largura, com o Kinect a 91cm do fundo da caixa, e o projetor a 1,30m.

Os resultados obtidos, foram os desejados, onde com a projeção feita pelo projetor teve-se a sensação de realidade aumentada e em “tempo real”, podendo ser modificadas as formas da areia para criação de relevos como planícies, planaltos, montanhas entre outros, também com a ideia de altimetria inclusa, onde são mostrado os níveis de altitude em cores no relevo que foi criado na areia, como pode ser visto na Figura 9.

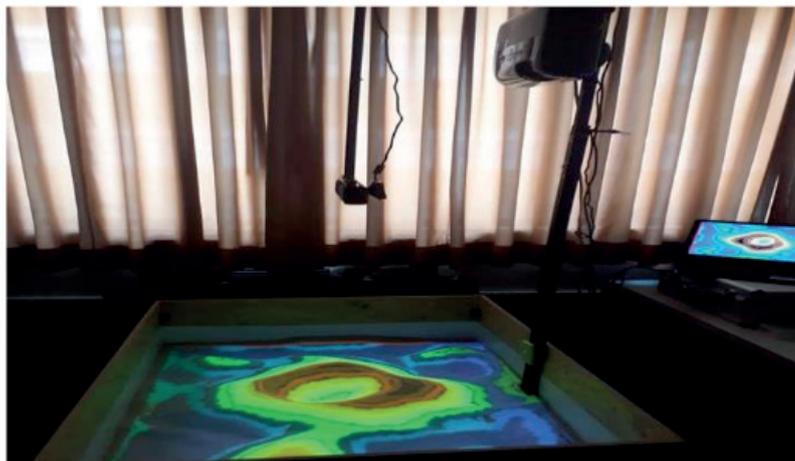


Figura 9. Projeto desenvolvido.

## 7 | CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento da proposta deste trabalho, tem-se uma nova ferramenta tecnológica para o ensino na área da Geografia em instituições de ensino, e que o desenvolvimento feito para Windows facilite o seu uso, abrangendo uma área maior. Busca-se, também que quando os usuários remodelarem a areia, eles acabem reconhecendo suas ações e acabem sendo atraídos pela ferramenta que dará a percepção de uma realidade aumentada, e acabe servindo para demonstrar uma ampla gama de conceitos sobre a geografia, isso interativamente.

Para isso foi usada uma sobreposição de efeitos digitais que serão projetados em cima de uma caixa com areia, oferecendo uma maneira prática e atrativa de explorar os processos da topografia. Além disso, será utilizado para o desenvolvimento do mesmo, a linguagem de programação C#, em conjunto com XAML para criação da interface, utilizando a *User Interface* WPF, para seu desenvolvimento.

Subsequente a isso, haveria a possibilidade de implementar a ferramenta dados planimétricos, como distâncias entre pontos, isso a partir de uma implementação de escalas também onde o Kinect mediria a caixa e a partir do cálculo de escalas, também efeitos de água, e chuva como são mostrados no exemplo do trabalho correlato.

## REFERÊNCIAS

ALECRIM, Emerson. **Projetores de vídeo: principais características**. 2007. Disponível em: <https://www.infowester.com/projetores.php>. Acesso em 7 de maio 2018.

BERTOLINI. **A abordagem do relevo pela Geografia: uma análise a partir dos livros didáticos**. 2009. Disponível em <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/TED/article/view/8364/7635> Acessado em 26 de Abril 2018.

BOOCH G. (2006) **UML – Guia do Usuário**, Elsevier, 1ª edição.

CANALTECH, (2015) “**Como Funciona o Kinect**”. Disponível em <<https://canaltech.com.br/games/Como-funciona-o-Kinect/>>. Acesso em 10 de abril 2018.

CRAWFORD, Stephanie. **How Microsoft Kinect Works**. 2010. Disponível em: <https://electronics.howstuffworks.com/microsoft-kinect2.htm>. Acesso em 10 de abril 2018.

DI MAIO, A. C., Educação, **Geografia e o desafio de novas tecnologias**, Revista Portuguesa de Educação, 24(2), pp. 211-241, 2011.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9 ed. Rio de Janeiro, Globo, (1987).

FURRIER, Max. **Geomorfologia estrutural, morfotectônica e morfometria da folha Cartagena 1:100.00-Colômbia**. 2018. Disponível em < [https://www.researchgate.net/publication/323464766\\_Geomorfologia\\_estrutural\\_morfotectonica\\_e\\_morfometria\\_da\\_folha\\_Cartagena\\_1100000-Colombia?\\_sg=DJKAugWIF\\_WBCnCzhWJOHWeVZhFghuMx5GVX0yVlqdhL3pisWK9THMAD1qNG-3o205LifHWzMQ](https://www.researchgate.net/publication/323464766_Geomorfologia_estrutural_morfotectonica_e_morfometria_da_folha_Cartagena_1100000-Colombia?_sg=DJKAugWIF_WBCnCzhWJOHWeVZhFghuMx5GVX0yVlqdhL3pisWK9THMAD1qNG-3o205LifHWzMQ) > Acessado em: 15 maio 2018.

G1. **Android passa Windows e se torna o sistema operacional mais usado do mundo**. 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/tecnologia/noticia/android-passa-windows-e-se-torna-o-sistema-operacional-mais-usado-do-mundo.ghtml>. Acesso em 7 de maio 2018.

G1, **Escolas usam tecnologia digital como ferramenta de ensino**. 2018. Disponível em <<http://g1.globo.com/como-sera/noticia/2018/04/escolas-usam-tecnologia-digital-como-ferramenta-de-ensino.html>>. Acesso em 9 de maio 2018.

GOYAL, S. **AgileTechniques for Project Management and Software Engineering 2007** Disponível em: <http://csis.pace.edu/~marchese/CS616/Agile/FDD/fdd.pdf> . Acessado em: 09 maio 2018

KREYLOS, Oliver. “**Augmented Reality Sandbox**”. 2016. Disponível em: <http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/index.html>. Acesso em 7 de maio 2018.

MARCORATTI, José C. **NET - Introdução a XAML(ExtensibleApplication Markup Language)**. 2015. Disponível em: [http://www.macoratti.net/09/03/net\\_xaml.html](http://www.macoratti.net/09/03/net_xaml.html). Acesso em 7 de maio 2018.

MICROSOFT. **Kinect para Windows**. 2013. Disponível em <https://developer.microsoft.com/pt-br/windows/kinect>. Acesso em 7 de maio 2018.

MICROSOFT. “**Um tour pela Linguagem C#**”. 2016. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/dotnet/csharp/tour-of-csharp/> . Acesso em 7 de maio 2018.

MICROSOFT **IDE Visual Studio**. 2018. Disponível em: <https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/vs/>. Acesso em 7 de maio 2018.

MOREIRA, Helio. **Tutorias C# - O que é o WPF (Windows Presentation Foundation)**. 2009. Disponível em: <https://pplware.sapo.pt/tutoriais/tutorial-c-o-que-e-o-wpf-windows-presentation-foundation/>. Acesso em 7 de maio 2018.

SOMMERVILLE, I. (2011). **Engenharia de Software**. 9ª ed. São Paulo: SP. Addison Wesley.

VEIGA et al, **Fundamentos de topografia**. 2007. Disponível em: <http://engenhariaconcursos.com.br/arquivos/Topografia/fundamentos%20de%20topografia.pdf> . Acessado em 26 de Abril 201

## FITÓLITOS DE PLANTAS E SOLOS DA MATA ATLÂNTICA NA ILHA GRANDE, RIO DE JANEIRO

*Data de aceite: 10/12/2019*

### **Heloisa Helena Gomes Coe**

Faculdade de Formação de Professores da UERJ,  
Departamento de Geografia; São Gonçalo - RJ

### **Yame Bronze Medina Ramos**

Programa de Pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, Departamento de Geologia,  
Universidade Federal Fluminense; Niterói - RJ

### **André Luiz Carvalho da Silva**

Faculdade de Formação de Professores da UERJ,  
Departamento de Geografia;  
São Gonçalo - RJ

### **Emily Gomes**

Faculdade de Formação de Professores da UERJ, Departamento de Ciências Biológicas; São Gonçalo - RJ

### **Leandro de Oliveira Furtado de Sousa**

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde,  
Universidade Federal Rural do Semi-árido;  
Mossoró – RN

### **Kita Damasio Macario**

Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense; Niterói - RJ

### **Raphaella Rodrigues Dias**

Programa de Pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, Departamento de Geologia,  
Universidade Federal Fluminense; Niterói – RJ

**RESUMO:** Este estudo objetivou contribuir para o conhecimento das condições ambientais

da Ilha Grande no Holoceno, usando como indicadores os fitólitos e os isótopos do carbono. Na Ilha Grande, maior ilha do litoral do estado do Rio de Janeiro, predomina a vegetação de Mata Atlântica, com florestas, restinga e vegetação de afloramentos rochosos. Foram estabelecidas inicialmente as coleções de referências modernas de assembleias fitolíticas de plantas e solos, para posterior comparação com assembleias fósseis. Foram analisadas 28 plantas de diferentes famílias, 5 assembleias modernas de solo e 5 amostras retiradas de um perfil de solo. Os fitólitos das plantas foram extraídos por via ácida e os de solo por eliminação de carbonatos, matéria orgânica, óxidos de ferro e por separação densimétrica. As análises fitolíticas indicam que nos últimos 4.000 anos cal AP a vegetação da Ilha Grande foi predominantemente arbórea; resultado corroborado pelas análises de isótopos estáveis de Carbono, que mostraram predomínio de plantas do tipo C3. Não foram observadas grandes mudanças nas características das formações vegetais em relação às atuais, com predomínio da floresta ombrófila, demonstrando um padrão bioclimático semelhante ao atual e evidenciando que a cobertura vegetal da Ilha Grande tem mantido uma condição de equilíbrio com as características climáticas e edáficas da região neste período. Os fitólitos das assembleias fósseis se encontram

profundamente alterados, como resultado da intensidade dos processos erosivos na região, relacionados à elevada pluviosidade e gradiente do relevo.

**PALAVRAS-CHAVE:** reconstituição paleoambiental; bioindicadores; Mata Atlântica.

## PHYTOLITHS OF PLANTS AND SOILS IN THE ATLANTIC FOREST OF ILHA GRANDE, RIO DE JANEIRO

**ABSTRACT:** This study aims to contribute to the knowledge on environmental conditions on Ilha Grande during the Holocene, using phytoliths and carbon isotopes as proxies. Ilha Grande, the largest island on the coast of the state of Rio de Janeiro, has a predominant vegetation of Atlantic Forest, with forests, “restinga” and rocky outcrop vegetation. Modern reference collections of phytolith assemblages from plants and soils were established for later comparison with fossil assemblages. We analyzed 28 plants from different families, 5 modern soil assemblages and 5 samples taken from one soil profile. Plant phytoliths were extracted using acid and soil phytoliths through removal of carbonates, organic matter, iron oxides and densimetric separation. The phytolith analyses indicated that during the last 4,000 years cal BP the vegetation has been predominantly arboreal, a result corroborated by the Carbon stable isotope analyses, which showed a predominance of C3 plants. No major changes were observed in the characteristics of the vegetal formations in relation to the present ones, demonstrating a bioclimatic pattern similar to the current one, with predominance of the rainforest, showing that the vegetation cover of Ilha Grande has maintained a condition of balance with the climatic and edaphic characteristics of the region in this period. Phytoliths from fossil assemblages are profoundly weathered, as a result of the intensity of the erosive processes in the region, related to the high rainfall and high relief gradient.

**KEYWORDS:** paleoenvironmental reconstruction; bioindicators; Atlantic Forest.

### 1 | INTRODUÇÃO

O trabalho apresentado neste capítulo buscou contribuir para o conhecimento das condições ambientais da Ilha Grande no Holoceno. Esta ilha, localizada no município de Angra dos Reis, no litoral sul do estado do Rio de Janeiro, era originalmente coberta por uma floresta tropical densa. Atualmente e após séculos de devastação, a Mata Atlântica se encontra mais preservada na porção centro-sul da ilha, devido à criação de Unidades de Conservação nessas áreas; o que não acontece com a porção norte-nordeste, que abriga inúmeras construções voltadas para atender à crescente demanda de atividades ligadas ao turismo. Apesar dos esforços para a preservação da Ilha Grande, o cenário atual é preocupante, devido à expansão das atividades ligadas ao turismo e às indústrias petrolíferas e nucleares na região. Estudos voltados para o conhecimento das condições ambientais e paleoambientais na Ilha Grande são escassos, apesar de se tratar de um ambiente

de grande importância ecológica, devido à rica biodiversidade local.

Estudos que utilizam a integração de dados obtidos através de diferentes indicadores permitem compreender a evolução de ambientes e reconstituir cenários bioclimáticos, sob as mais variadas escalas espaciais (globais ou locais) e temporais. Essas mudanças podem ser identificadas através de estudos paleoambientais que utilizam diferentes indicadores (biológicos, geológicos, etc).

Neste trabalho, para a reconstituição das condições ambientais na Ilha Grande foram empregados como principais indicadores os fitólitos, que são partículas de opala ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) microscópicas que se formam por precipitação de sílica amorfa entre e no interior das células de diversas plantas vivas (PIPERNO, 2006). Com a morte da planta ou de partes dela, as partículas de sílica são depositadas no solo, constituindo-se em bons indicadores, pois podem ser preservadas na natureza ao longo do tempo (COE *et al.*, 2014). Neste sentido, objetivou-se caracterizar a ocorrência, o tipo e a distribuição dos fitólitos preservados em solos sob bioma de Mata Atlântica, como subsídio ao entendimento das condições ambientais e paleoambientais da Ilha Grande. Para tal, foi necessário o estabelecimento de coleções de referência de fitólitos de plantas e de assembleias fitolíticas modernas de solos e sedimentos para posterior comparação com assembleias fósseis extraídas de um perfil de solo.

## 2 | ÁREA DE ESTUDO

A Ilha Grande (44°O e 44°40'O; 23°S e 23°40' S), localizada no município de Angra dos Reis, litoral sul fluminense (Figura 1), possui uma área total de 193 km<sup>2</sup>. Trata-se da maior ilha do litoral fluminense, coberta em sua maior parte por remanescentes de Mata Atlântica.

O relevo da ilha é bastante montanhoso e acidentado. A topografia, em sua maior parte, encontra-se situada abaixo dos 500 m de altitude em relação ao nível do mar (MACIEL *et al.*, 1984). A geomorfologia da área é representada, em grande parte, pelas vertentes e por uma estreita planície costeira flúvio-marinha, que ocorre desde o sopé das vertentes até o contato com o mar, sendo as mais extensas localizadas na borda sul da ilha (GAMA *et al.*, 2009) (Figura 1). Os solos na região são representados na sua quase totalidade por Cambissolos, associados às encostas, e Espodosolos, encontrados na planície litorânea (EMBRAPA, 2006).

O clima na região é tropical, com temperatura média anual entre 20°C (mínima) e 26°C (máxima), com ocorrência de chuvas abundantes e índice pluviométrico em torno de 2000 mm por ano. Essas chuvas provocam grandes enxurradas e promovem a saturação do solo, responsável pela ocorrência eventual de movimentos de massa (SALGADO e VASQUEZ, 2009).

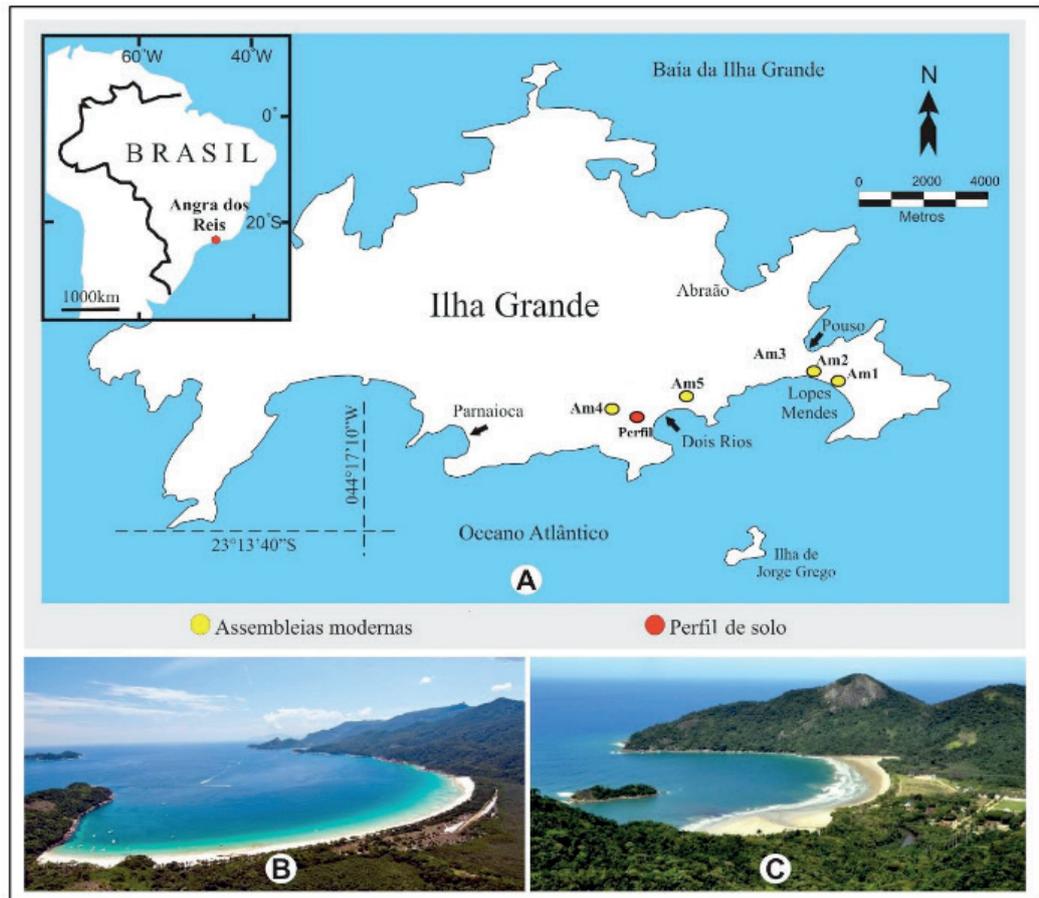


Figura 1: Ilha Grande no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, com os locais de amostragem (A). Litoral de Lopes Mendes (B) e Dois Rios (C).

A vegetação da ilha é composta por formações características da Mata Atlântica, tais como: Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Submontana (floresta de encosta), Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Formação Pioneira de Influência Marinha (restinga), Formação Pioneira de Influência Fluvio-marinha (mata alagadiça de planície e manguezal) e Vegetação de Afloramentos Rochosos (SALGADO e VASQUEZ, 2009) (Figura 2). Constituem-se em áreas muito ricas em diversidade biológica e que contam ainda com florestas em bom estado de preservação devido, principalmente, à dificuldade de ocupação do solo pelo relevo acidentado (MESQUITA, 2004). A Ilha Grande possui uma grande área preservada, protegida por Unidades de Conservação, devido a sua importância para a preservação da biodiversidade local. São elas: o Parque Estadual da Ilha Grande, a Reserva Biológica da Praia do Sul e o Parque Estadual Marinho do Aventureiro (OLIVEIRA, 2002, 2004).

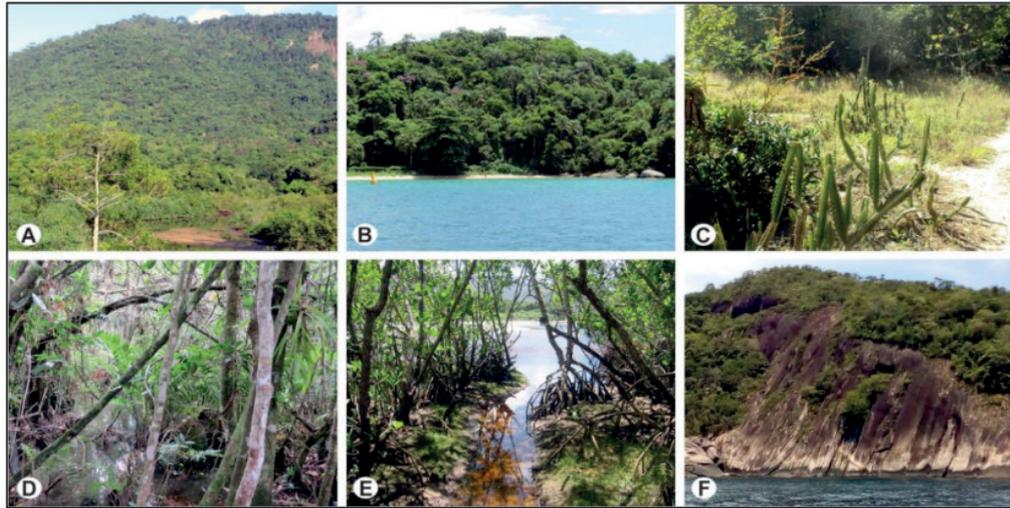


Figura 2: Fotos das principais formações vegetais da Ilha Grande: (A, B) floresta ombrófila; (C) restinga; (D) mata alagadiça; (E) manguezal; (F) vegetação de afloramentos rochosos.

### 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Nas amostras coletadas foram feitas análises granulométricas, do teor de matéria orgânica, pH do solo e extração de fitólitos. A geocronologia dos principais eventos deposicionais foi estabelecida a partir de datações do carbono 14 pelo método do AMS. Também foram realizadas análises de isótopos estáveis de carbono, a fim de identificar o tipo de vegetação predominante no período estudado (plantas C3 ou C4).

No total, foram coletadas 10 amostras de solo, sendo 5 de assembleias modernas (AM), 3 localizadas em Lopes Mendes e 2 na Vila de Dois Rios; e 5 de assembleias fósseis provenientes de um perfil de solo em trincheira com 1 metro de profundidade, na Vila de Dois Rios (Figura 1). Em cada AM foram coletadas pelo menos quatro amostras superficiais em diferentes locais, buscando uma representatividade da área amostrada. As plantas localizadas imediatamente acima dos sedimentos superficiais também foram identificadas e coletadas, num total de 28 espécies pertencentes a 16 famílias botânicas, objetivando a comparação entre os fitólitos encontrados nos sedimentos com os das plantas produtoras em cada área.

*Granulometria, Matéria Orgânica e pH do solo/sedimentos:* as amostras foram analisadas no Laboratório de Sedimentologia da UFF, com base no método desenvolvido pela EMBRAPA (1997). As frações areia grossa, média e fina foram separadas por peneiramento. A fração fina foi analisada pelo método da pipetagem, permitindo a separação entre as frações silte e argila. A medição do pH das amostras de solo foi realizada por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão contendo solo/sedimento e água (EMBRAPA, 1997). O teor de MO do solo foi determinado pelo método da calcinação (*Loss of Ignition*) (adaptado de DAVIES, 1974).

*Extração e microscopia dos fitólitos:* a extração dos fitólitos foi realizada no

Laboratório de Sedimentologia da UFF. Os fitólitos das plantas foram extraídos através da oxidação por via úmica, utilizando uma solução de ácido nítrico e ácido sulfúrico. A extração de fitólitos de solos consistiu na secagem e peneiramento de materiais inferiores a 2 mm de diâmetro; descarbonatação com ácido clorídrico; eliminação da matéria orgânica com Ácido Nítrico e Peróxido de Hidrogênio; eliminação dos óxidos de ferro com Citrato de Sódio e Ditionito de Sódio; remoção de argilas, com o Hexametáfosfato de Sódio e EDTA. Após essas etapas, os fitólitos são separados por densidade através do uso de Politungstato de Sódio (com 2,3 g/cm<sup>3</sup> de densidade). As lâminas permanentes foram preparadas com Entelan. Foi utilizado um microscópio modelo Zeiss Axio Scope A1, com aumento de 500 a 630x, de propriedade do Laboratório de Microscopia Óptica e Morfoscopia da FFP-UERJ. Em cada lâmina foram contados no mínimo 200 fitólitos classificáveis. Os fitólitos que se apresentaram muito alterados ou quebrados foram contabilizados como não classificáveis. A identificação foi feita baseada no Código Internacional de Nomenclatura dos Fitólitos (MADELLA *et al.*, 2005).

*Índices fitolíticos:* Foram calculados os seguintes índices fitolíticos: D/P - índice de densidade arbórea [*globular granulate* / (*bulliform parallelepipedal* + *bulliform cuneiform* + *acicular* + *short-cells*)]; Bi % - índice de estresse hídrico [(*bulliform parallelepipedal* + *bulliform cuneiform*) / (*bulliform parallelepipedal* + *bulliform cuneiform* + *acicular* + *short-cells*) x100] (COE *et al.*, 2014).

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Fitólitos de Plantas

De um total de 28 plantas de 16 famílias analisadas, em apenas três não foram observados fitólitos e/ou tipos de silicificação. São elas: *Ouratea cuspidata* (Ochnaceae), *Tibouchina* sp. e *Miconia latifolia* (Melastomataceae). As famílias que produziram maior quantidade de fitólitos foram Bromeliaceae, Fabaceae, Clusiaceae, Commelinaceae, Hypoxidaceae, Meliaceae e Pteridaceae. Da família Myrtaceae foram analisadas três espécies, duas delas boas produtoras e apenas uma apresentou baixa produção de fitólitos e/ou tipos de silicificação. Já as famílias Araceae e Rubiaceae apresentaram baixa produção de fitólitos e/ou tipos de silicificação. A família Melastomataceae também não se mostrou boa produtora. Entre as quatro espécies analisadas apenas duas produziram fitólitos (Figura 3) (COE *et al.*, 2018).

Os tipos de fitólitos observados variam de acordo com as famílias, com o predomínio de globulares (*granulate* e *psilate*), traqueídeos, células da epiderme em forma de *puzzle* e *elongate*. A ocorrência desses morfotipos está diretamente relacionada à predominância de vegetação lenhosa. A família Bromeliaceae produz, sobretudo, o tipo *globular echinate* (Figura 3).

### Assembleias fitolíticas modernas (AM)

Foram identificados um total de cinco tipos de formação vegetal, distribuídas em diferentes áreas da Ilha Grande (Figura 1): AM1 (restinga arbórea próxima a um brejo); AM2 (restinga arbórea próxima à praia); AM3 (mata de transição); AM4 (mata densa secundária) e AM5 (mata densa).

Na AM1 foram identificadas plantas das famílias Rubiaceae, Myrtaceae, Ochnaceae, Bromeliaceae (2 gêneros), Araceae, Pteridaceae e Cyperaceae. Na AM2 identificou-se plantas das famílias Melastomataceae (2 gêneros), Clusiaceae e Commelinaceae. Na AM3 verificou-se a presença de plantas das famílias Bromeliaceae, Cyperaceae, Piperaceae, Hypoxidaceae e Myrtaceae. As plantas identificadas na AM4 são das famílias Melastomataceae (2 espécies), Bromeliaceae (2 gêneros) e Cyatheaceae. Na AM5 foram identificadas plantas das famílias Myrtaceae, Fabaceae, Meliaceae, Nyctaginaceae, Rubiaceae e Araceae. Os resultados das análises fitolíticas nas assembleias modernas refletiram a vegetação atual e puderam ser usados como coleção de referência na interpretação dos resultados das assembleias fósseis encontradas no perfil de solo (COE *et al.*, 2018).

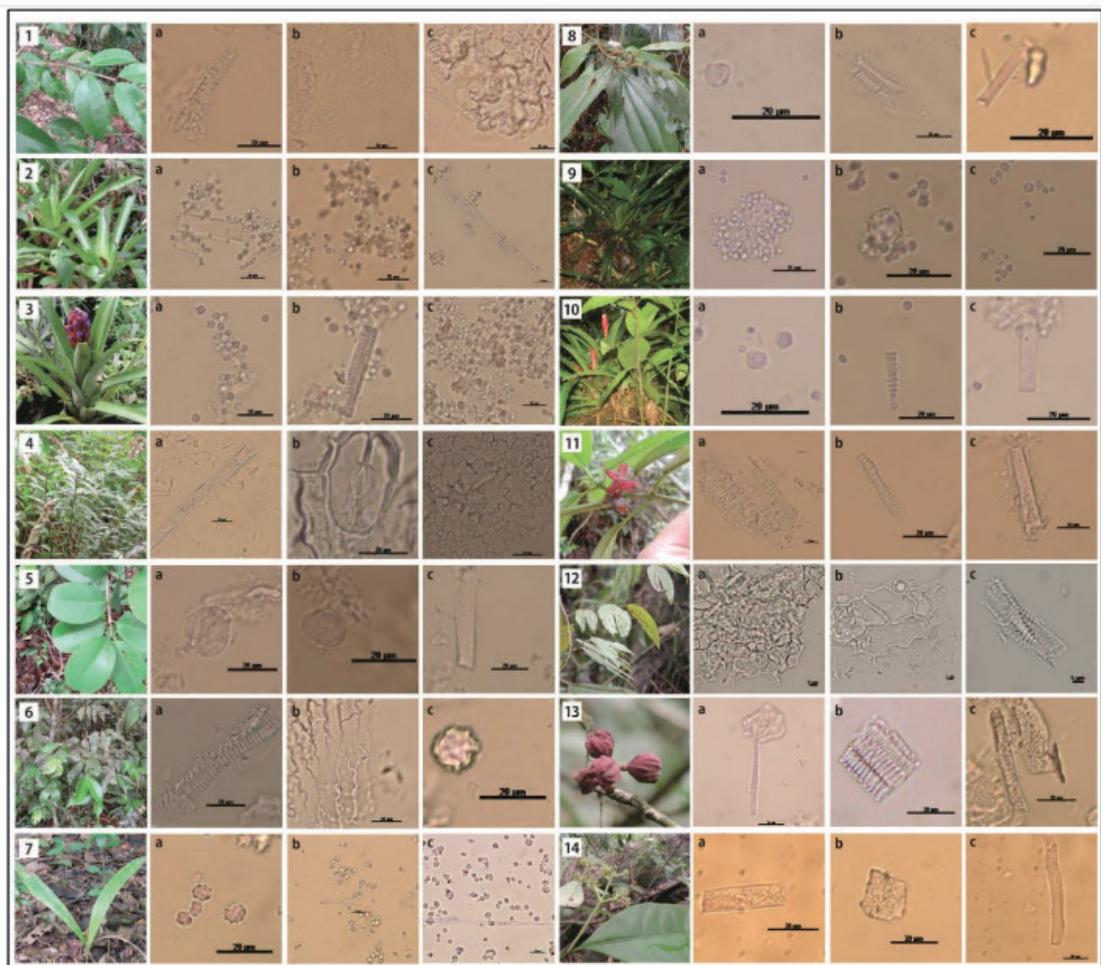


Figura 3: Fitólitos observados nas plantas coletadas: (1) Myrtaceae 1: (a) traqueídeo; (b) *puzzle*; (c) *globular granulate*; (2) *Vriesea neoglutinosa* (Bromeliaceae): (a, c) *globular echinate* e *elongate* (b) *globular echinate*; (3) *Aechmea gracilllis* (Bromeliaceae): (a, c) *globular echinate*, (b) traqueídeo; (4) *Acrostichum danaeifolium* (Pteridaceae): (a) *elongate*, (b) estômato, (c) *puzzle*; (5) *Clusia criuva* subsp. *parviflora* (Clusiaceae): (a, b) *globular granulate*, (c) *elongate*; (6)

Myrtaceae 2: (a) traqueídeo, (b) *puzzle*, (c) *globular granulate*; (7) *Curculigo* sp. (Hypoxidaceae): (a, b, c) *globular echinate*; (8) *Miconia prasina* (Melastomataceae): (a) *globular psilate*, (b) traqueídeo, (c) *elongate*; (9) *Canistropsis microps* (Bromeliaceae): (a, b, c) *globular echinate*; (10) *Billbergia pyramidalis* (Bromeliaceae): (a) *globular echinate*, (b) traqueídeo, (c) *elongate*; (11) Myrtaceae 3: (a) poliédrico, (b) traqueídeo, (c) *elongate*; (12) *Bauhinia* sp. (Fabaceae): (a) *globular granulate*, (b) *puzzle*, (c) traqueídeo; (13) *Trichilia hirta* (Meliaceae): (a, b) traqueídeo, (c) *elongate*; (14) *Guapira opposita* (Nyctaginaceae): (a, b, c) *elongate*.

O estoque de fitólitos não foi muito elevado nas AM analisadas (COE *et al.*, 2018). Os menores estoques foram verificados nas AM1 e AM2, constituídas por vegetação de restinga arbórea sobre substrato arenoso. Os maiores estoques foram observados na AM3 (Mata de transição) e AM5 (Mata densa). Estas áreas apresentam vegetação de mata mais fechada, desenvolvida sobre o embasamento alterado e em substrato com presença de finos (solo siltoargiloso) (Tabela 1 e Figura 4).

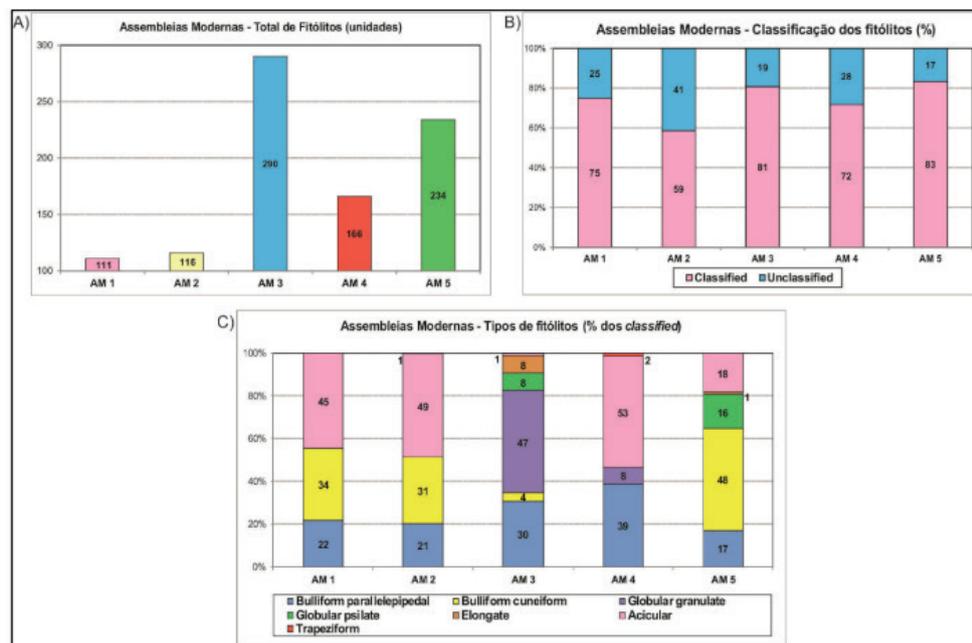


Figura 4: Resultados das análises fitolíticas das Assemblagens Modernas: (A) Estoque de fitólitos; (B) Classificação dos fitólitos; (C) Tipos de fitólitos.

Amostra - Profundidade (cm)	Tipos de fitólitos (% dos classificáveis)									Classificação (%)		Total de fitólitos (unidades)	Índices		$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
	Bulliform paralelepipedal	Bulliform cuneiform	Globular granulate	Globular psilate	Elongate	Acicular	Bilobate	Trapeziform	Classificáveis	Não classificáveis	D/P		Bi %		
AM 1	22	34	0	0	0	45	0	0	75	25	111	0,00	55,4	#	
AM 2	21	31	0	0	0	49	0	0	59	41	116	0,00	51,5	#	
AM 3	30	4	47	8	8	1	0	2	81	19	290	1,50	93,0	#	
AM 4	39	0	8	0	0	53	0	0	72	28	166	0,08	42,7	#	
AM 5	17	48	0	16	1	18	0	0	83	17	234	0,19	77,8	#	
Perfil - 5	1	14	10	70	3	3	0	0	87	13	131	4,55	85,0	-28,54	
Perfil - 15	43	16	18	12	0	10	0	1	85	15	193	0,44	85,1	-27,42	
Perfil - 35	46	33	6	0	3	11	0	0	78	22	334	0,07	87,0	-24,40	
Perfil - 75	9	9	70	0	3	9	0	2	78	22	240	2,50	63,5	-24,53	
Perfil - 95	6	5	0	88	0	0	1	0	82	18	208	7,14	95,2	-25,23	

Tabela 1: Resultados dos indicadores fitolíticos e isótopos do carbono

As amostras de AM analisadas apresentaram uma porcentagem maior de fitólitos classificáveis em relação aos não classificáveis, evidenciando, assim, uma boa preservação desses bioindicadores (COE *et al.*, 2018). A AM2 exibiu a menor porcentagem de fitólitos classificáveis, provavelmente porque está mais próxima à praia em relação às demais e por isso mais suscetível à ação erosiva dos ventos e maior facilidade de percolação e alteração no substrato arenoso (Tabela 1 e Figura 4). As assembleias modernas coletadas sob matas em solo mais desenvolvido (AM3, AM4 e AM5) apresentaram porcentagens elevadas de preservação dos fitólitos (Figura 4).

Quanto aos tipos de fitólitos observados (COE *et al.*, 2018), na AM1 (restinga arbórea com muitas raízes) e na AM2 (restinga arbórea), predominaram os morfotipos acicular e bulliform, que possuem maior resistência aos processos intempéricos e por isso conseguem se preservar com maior eficiência (Tabela 1 e Figura 4). As plantas coletadas nessas assembleias modernas, como as Bromeliaceae *Vriesea neoglutinosa* e *Aechmea gracilis*, a Araceae *Anthurium*, a Commelinaceae *Dichorisandra thyrsoiflora* produzem fitólitos em abundância, como os morfotipos *globular granulate* e *elongate*. Entretanto, esses morfotipos não foram encontrados nas análises dos sedimentos (Tabela 1 e Figura 4). Isso se deve, provavelmente, às características do substrato, já que as AM1 e AM2 estão localizadas em uma restinga arbórea próxima à praia, desenvolvida sobre sedimentos arenosos com pouca capacidade de retenção de fitólitos.

A AM3 (mata de transição), diferentemente das AM1 e AM2 (restinga arbórea), possui um percentual elevado de fitólitos do tipo *globular granulate*, comum em áreas de mata com plantas lenhosas, além dos tipos *elongate* e *globular psilate* (Tabela

1 e Figura 4). A presença desses dois últimos morfotipos se dá, provavelmente, pela existência das Bromeliaceae *Aechmea weibachii* e *Aechmea gracilis*, ambas coletadas nesta AM, além da Cyperaceae *Scleria* e da Hypoxidaceae *Curculigo*, que são grandes produtoras de fitólitos do tipo *globular psilate* e *elongate* (Figura 3). A preservação desses morfotipos mais sensíveis se dá provavelmente pelo fato da assembleia ter sido coletada em uma mata de transição, sobre um substrato menos arenoso e mais pedogeneizado, quando comparado com as AM1 e AM2.

Na AM4 há o predomínio de tipos mais resistentes à alteração, como o *bulliform parallelepipedal*, mas também uma pequena porcentagem de *globular granulate* (Tabela 1 e Figuras 4 e 5), que podem ter sido produzidos pelas Bromeliaceae *Canistropsis microps* e *Bilbergia pyramidalis* (Figura 3).

Na AM5, além dos morfotipos *bulliform cuneiform* e *parallelepipedal* e *acicular*, foi encontrado também o tipo *globular psilate*, que pode ter sido produzido pela Myrtaceae 3 e a Rubiaceae coletadas nesta assembleia (Tabela 1 e Figuras 3, 4 e 5).

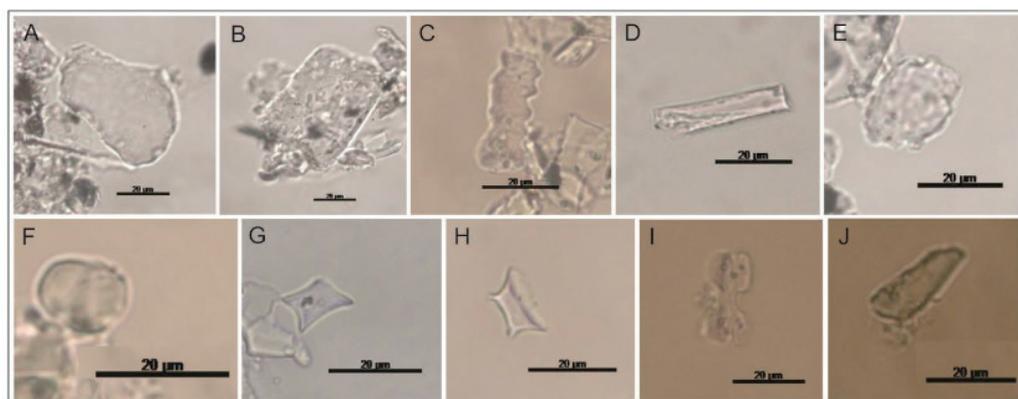


Figura 5: Fitólitos observados nas Assembleias Modernas: (A) *bulliform cuneiform*; (B) *bulliform parallelepipedal*; (C) *elongate crenate*; (D) *elongate psilate*; (E) *globular granulate*; (F) *globular psilate*; (G) *saddle*; (H) *rondel*; (I) *bilobate*; (J) *acicular*.

### Assembleias fitolíticas fósseis

A análise granulométrica indicou o predomínio da fração areia grossa, desde a base (95 cm) até o topo, variando entre 520 e 590 g/kg, em relação às demais frações encontradas (areia média, areia fina, silte e argila). Os finos encontrados são pouco representativos (100 g/kg de silte e 60 g/kg de argila) e se destacam na profundidade de 35 cm (Figura 6) (COE *et al.*, 2018).

Quanto a MOS, o perfil apresentou teores similares na base (95 cm) e nas camadas superficiais (15 a 5 cm) e teores menores (7,5 g/kg) nas profundidades de 55 a 35 cm, contrastando com o padrão normal de distribuição com a profundidade (Figura 6) (COE *et al.*, 2018).

O estoque de fitólitos, tal como observado em relação à MOS, não segue a tendência normal de diminuição com o aumento da profundidade. Neste caso, foi observada uma tendência de aumento do estoque da base até a profundidade de

35 cm, onde se encontra o máximo do perfil. A partir daí ocorre uma diminuição, do estoque na direção da superfície (Figura 6). Isso talvez possa ser explicado devido a processos de eluviação e acumulação que ocorrem nesse solo, especialmente no horizonte B, caracterizado pelo acúmulo de MOS e de fitólitos (COE *et al.*, 2018).

O perfil apresentou uma porcentagem de fitólitos classificáveis muito superior à de não classificáveis (Tabela 1 e Figura 6), possivelmente pelas mesmas características apontadas anteriormente (COE *et al.*, 2018). Na camada onde os percentuais de silte e argila são mais expressivos notou-se um pequeno aumento no estoque de fitólitos (tabela 1 e figura 9), evidenciando a maior capacidade de retenção destes em meio aos sedimentos finos. Foram encontrados fitólitos dos tipos *bulliform parallelepipedal* e *cuneiform*, *acicular*, *globular psilate*, *globular granulate*, *elongate*, *trapeziform* e uma pequena porcentagem do morfotipo *bilobate*. Os tipos de fitólitos encontrados mostraram coerência com a produção pelas plantas da região (COE *et al.*, 2018). Os valores do  $\delta^{13}\text{C}$  variaram entre -24,10 e -28,54‰, indicando o predomínio de plantas C3, provavelmente lenhosas (Figura 6).

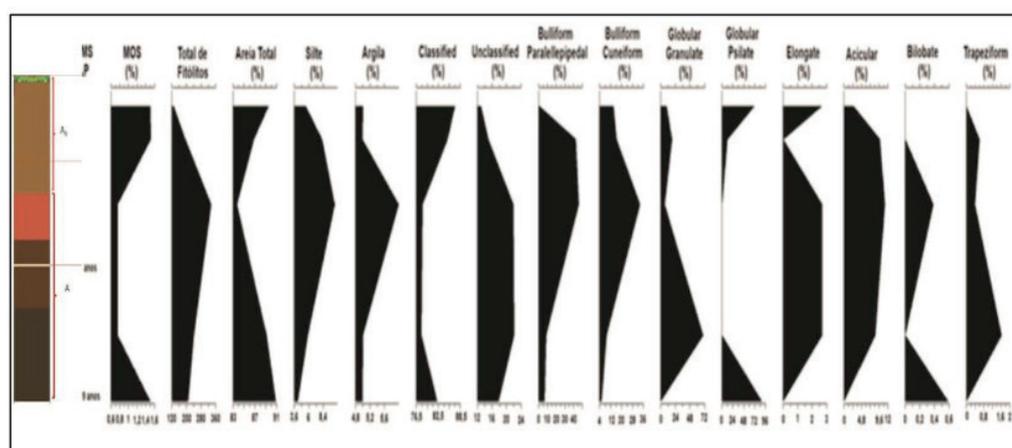


Figura 6: Resultados das análises de matéria orgânica, granulométricas, fitolíticas e isotópicas do perfil de solo

Foram realizadas duas datações de MOS, uma a 95 cm de profundidade, na base do perfil 3, que apresentou idade de 3829-3639 anos cal AP, e outra a 55 cm de profundidade, com idade de 919-794 anos cal AP (Figura 6). Essas idades, juntamente com os resultados das análises fitolíticas e da composição isotópica, indicam que não ocorreram grandes mudanças nas características das formações vegetais deste local da Ilha Grande nos últimos 4000 anos, quando comparadas à composição da cobertura vegetal atual (COE *et al.*, 2018).

Os resultados obtidos nessa pesquisa são corroborados por outros estudos realizados na Ilha Grande e no Sudeste do Brasil. Silva (2015), através de análise *multiproxy* de um testemunho coletado na Ilha Grande, identificou condições ambientais estáveis na Ilha nos últimos 2300 anos cal AP, com dois períodos

distintos: entre 5147 e 2856 anos cal AP, sem evidências de enxurradas, e entre 2856 e o presente, com enxurradas frequentes. É possível que a ocorrência dessas enxurradas tenha contribuído para a não preservação dos fitólitos em algumas amostras analisadas nesse estudo. Vidotto (2008), em cinco perfis analisados no Sudeste do Brasil, observou que os valores de  $^{13}\text{C}$  obtidos ( $\sim -27\text{‰}$ ) apontam para uma fase de expansão de florestas nos últimos 15.000 anos AP, provavelmente associada à presença de um clima mais úmido que o período anterior. Análises feitas por Coelho *et al.* (1999) na Baía de Sepetiba caracterizaram uma fase úmida entre 6300 e 1350 anos AP, apesar de uma pequena redução na umidade a partir dos 4650 anos AP. Para o período entre 1350 a 10 anos AP, evidenciou-se um padrão climático mais úmido em relação ao atual. Neste estudo, os valores de  $^{13}\text{C}$  obtidos evidenciaram um clima mais úmido nas amostras mais superficiais. Tal tendência também foi vista por Ybert *et al.* (2003) a partir de estudos desenvolvidos na região de Cananéia-Iguape (litoral do estado de São Paulo), distante cerca de 370 km a oeste da Ilha Grande. Os autores afirmam que, no período compreendido entre 5.000 anos cal AP e o presente, o clima não mudou significativamente, exceto por três episódios ligeiramente mais úmidos: entre 3.410 e 2.615 anos cal AP, em 1.695 anos cal AP e entre 1.300 e 660 anos cal AP, sendo este último o mais úmido. Barreto *et al.* (2005), através de estudos palinológicos em testemunho coletado na porção oriental da Baía de Guanabara, observaram que a Floresta Ombrófila predominava na região desde 4210 anos AP, apresentando expressiva concentração e grande riqueza de tipos polínicos, indicando a existência de uma exuberante Mata Atlântica (COE *et al.*, 2018).

## 5 | CONCLUSÕES

A integração de dados, obtidos a partir de análises de fitólitos, isótopos estáveis, granulometria de solos e sedimentos e idades do  $^{14}\text{C}$ , permitiu caracterizar as condições ambientais e paleoambientais relacionadas à evolução do bioma Mata Atlântica na Ilha Grande durante o Holoceno.

As análises de fitólitos e de isótopos do carbono indicaram que a vegetação arbórea predominou sob condição de clima tropical úmido. As amostras apresentaram valores característicos de vegetação com predomínio de plantas C3, provavelmente de mata bastante desenvolvida, com predominância de morfotipos de fitólitos de lenhosas, demonstrando que não houve variação no tipo de vegetação durante o período analisado. Apesar da pequena variação dos valores isotópicos ao longo do perfil, foi observada a tendência de valores mais empobrecidos nas amostras mais superficiais, sugerindo uma pequena redução da umidade em períodos mais antigos.

Não foram observadas grandes mudanças nas características das formações

vegetais em relação às atuais, demonstrando um padrão bioclimático para os últimos 4000 anos semelhante ao atual e evidenciando que a cobertura vegetal da Ilha Grande tem mantido uma condição de equilíbrio com as características climáticas e edáficas da região.

As plantas analisadas são, em geral, boas produtoras, a granulometria e o pH dos solos amostrados são favoráveis à preservação dos fitólitos. Desta forma, a escassez de fitólitos só pode ser atribuída à intensidade dos processos geomorfológicos de encostas, devido à declividade da maior parte das vertentes da Ilha, assim como ao clima caracterizado pela alta pluviosidade.

Apesar das limitações encontradas, principalmente nos pontos que sofrem com processos erosivos muito intensos e com muita declividade, o uso de fitólitos se mostrou eficiente na compreensão da evolução da paisagem e das características do ambiente ao longo do tempo, principalmente quando associado a outros indicadores.

## REFERÊNCIAS

BARRETO, C. F., BARTH, O. M., LUZ, C. F. P., BAPTISTA NETO, J. A., VILELA, C. G. Reconstrução paleoambiental do Holoceno da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, através de análise palinológica: resultados preliminares. **X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**, Guarapari, 1–6, 2005.

COE, H. H. G.; OSTERRIETH, M. L.; HONAINÉ, M. F. Phytoliths and their applications In: **Synthesis of Some Phytolith Studies in South America (Brazil and Argentina)**. 1 ed. New York: Nova Science Publishers, 2014, v.1, p. 1-26.

COE, H. H. G.; RAMOS, Y. B. M.; SILVA, A. L. C.; GOMES, E.; SOUSA, L.O.F.; MACARIO, K. D.; DIAS, R. R. Paleovegetação da Ilha Grande (Rio de Janeiro) no Holoceno através do estudo de fitólitos e isótopos do carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 11, p.456 – 476, 2018.

COELHO, L. G., BARTH, O. M., CHAVES, H. A. F. O registro palinológico das mudanças da vegetação na região da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, nos últimos 1000 anos. **Leandra**, 14, 51–63, 1999.

DAVIES, B. E. Loss-on-ignition as an Estimate of Soil Organic Matter. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 38, 347-353, 1974.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p., 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

GAMA, S. V. G. **Ilha Grande**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 21-64, 2009.

MACIEL, N. C., ARAUJO, D. S. D., MAGNANINI, A. Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul (Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ): Contribuição para conhecimento da fauna e flora. **Bol. FBCN**, 19, 126-148, 1984.

MADELLA, M., ALEXANDRE, A., BALL, T. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. **Annals of Botany**, 96, 253-260, 2005.

PIPERNO, D. R. **Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists**. New York: Altamira press, 2006.

SALGADO, C. M., VAZQUES N. D. Clima, in: BASTOS, M., CALLADO, C. H. (organizadores). **O Ambiente da Ilha Grande**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, p.7-20, 2009.

SILVA, R. C. O. **Contribuições para a Reconstrução Paleoambiental Holocênica da Planície Costeira das Praias de Sul e de Leste – Ilha Grande/RJ**. Dissertação de Mestrado em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, Universidade Federal Fluminense, 2015.

VIDOTTO, E. **Reconstrução Paleoambiental (vegetação e clima) no Parque Estadual da Ilha do Cardoso – SP durante o Quaternário Tardio**. (Tese de Doutorado, Centro de Energia Nuclear na Agricultura – USP), 2008.

YBERT, J. P., BISSA, W. M., CATHARINO, E. L. M., KUTNER, M. Environmental and sea level variations on the Southeastern Brazilian coast during the Late Holocene, with comments on prehistoric human occupation. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, 189, 11-24, 2003.

## MANUAL DE PROTEÇÕES SOLARES: AUXÍLIO NO ENSINO DE CONFORTO AMBIENTAL

Data de aceite: 10/12/2019

**Yuri Viana Loiola**

Universidade de Fortaleza – Programa de Monitoria Institucional ou Voluntária

**Flora Mendes Araújo Lima**

Universidade de Fortaleza – Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo  
Yuriarq@edu.unifor.br

**RESUMO:** O manual de proteções solares é um material didático desenvolvido durante a disciplina Ateliê II – Projeto de Arquitetura e Conforto Ambiental, a primeira disciplina da graduação em arquitetura e urbanismo da UNIFOR, a abordar Conforto Ambiental, em uma de suas etapas é estudada a insolação e como controlá-la a favor do edifício, o manual de proteções solares surge como produto da dificuldade do autor ainda como aluno em compreender o tema, o intuito foi condensar em um material único o passo a passo de como se ler a insolação e como se proteger dela, usando dispositivos arquitetônicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Proteções Solares. Controle Solar. Conforto Ambiental

### 1 | INTRODUÇÃO

A disciplina Ateliê II – Projeto de

Arquitetura e Conforto Ambiental, está situada no 4 Semestre do curso de arquitetura e urbanismo da Universidade de Fortaleza – UNIFOR, e a segunda disciplina de projeto arquitetônico do curso e a primeira disciplina de Conforto Ambiental.

Nesta disciplina são introduzidos os primeiros conceitos a respeito de arquitetura bioclimática de uma forma mais técnica e é em uma de suas etapas que as estratégias de controle solar são abordadas, seguida da apresentação da carta solar, que nada mais é que um gráfico que representa o movimento aparente do sol sob a superfície terrestre, através das cartas solares.

É possível fugir do empirismo e obter as respostas para as perguntas que tantas vezes são feitas pelos alunos; “quantas horas minha fachada receberá insolação?” “a partir de que horas a insolação se inicia e que horas ela termina?” E a principal pergunta que é um dos objetos da disciplina “o que eu faço para proteger minha fachada dessa insolação?”, são essas perguntas que o manual de proteções solares procura auxiliar a responder, unindo o conhecimento teórico envolvido na temática, exemplificando-o através de um conjunto de imagens, todas comentadas para

que o processo de aprendizado não seja apenas de se repetir o que está sendo ensinado no manual, mas também para a fixação do conteúdo através da prática no projeto desenvolvido durante a disciplina de projeto de arquitetura.

## 2 | METODOLOGIA

Para a realização do manual, foi feita uma primeiramente uma revisão bibliográfica em livros e artigos de conforto ambiental que abordassem principalmente as questões relacionadas a: proteções solares, controle da insolação e dimensionamento de elementos arquitetônicos de proteção solar, em paralelo a essa revisão teórica, o convívio em sala de aula com os alunos, observando suas dificuldades e também suas facilidades foram parte fundamental para a confecção do manual.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Implantação

O primeiro contato da turma com o Manual de Proteções Solares se dá no momento da implantação no terreno do edifício proposto na disciplina, nesse momento é aonde a carta solar é introduzida a turma e através dela é possível verificar as possibilidades de implantação com relação a insolação, até que se encontre uma orientação não só favorável a insolação, mas também a ventilação.

Após a implantação ser definida e feita a leitura da insolação das respectivas fachadas do edifício, com o objetivo de descobrir as horas de insolação que cada fachada virá a receber ao longo do ano, como se pode ver nas figuras abaixo, na fig. 01 uma imagem do manual e na fig. 02 de um trabalho desenvolvido por um aluno com o auxílio do manual.

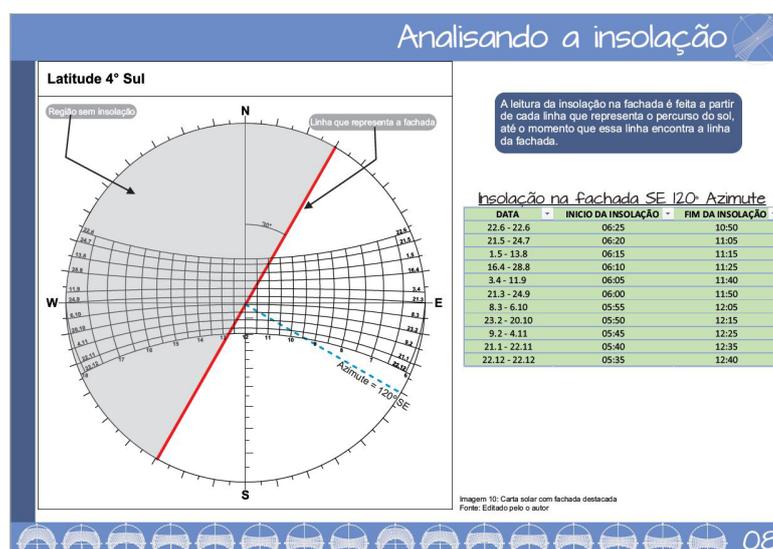


Figura 01: Trecho do Manual de Proteções Solares Fonte: Acervo Pessoal



Após a leitura dos ângulos de sombra e hora de partir para o dimensionamento do elemento de proteção solar, como já foi dito, o elemento de proteção fica a cargo do projetista, nas fig. 04, uma imagem de um passo a passo de um dimensionamento de um brise-soleil no manual e na fig. 05 um brise-soleil dimensionado por um aluno da disciplina:

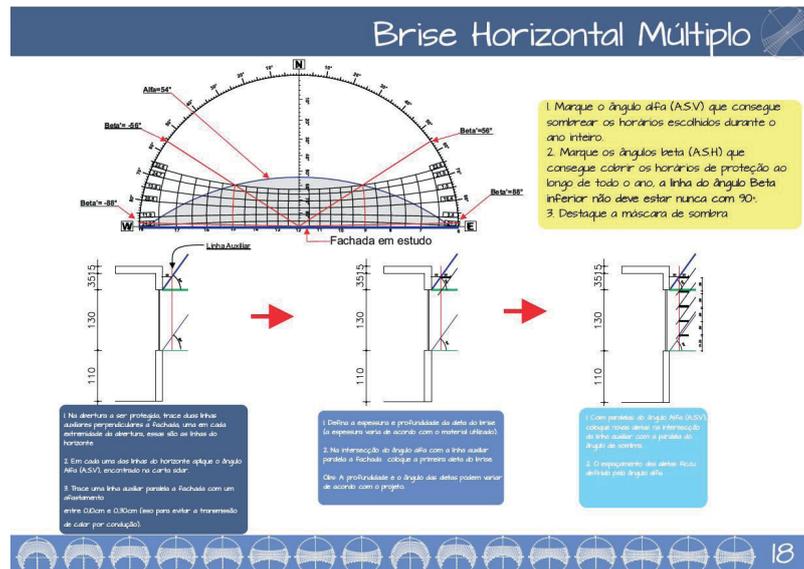


Figura 04: Trecho do Manual de Proteções Solares

Fonte: Acervo pessoal

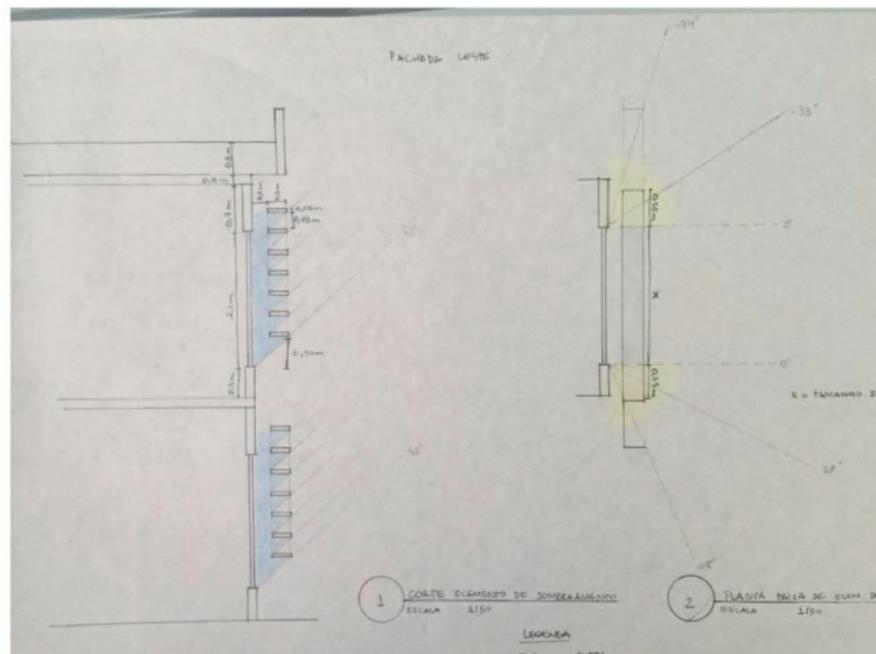


Figura 05: Trabalho de aluno

Fonte: Acervo da disciplina Ateliê II

### 3.3 Visualizando a sombra produzida

Como produto final dessa etapa de trabalho da disciplina e solicitado aos

alunos que seja confeccionado uma maquete da fachada em estudo com o elemento projetado, em escala, para que seja feita uma análise no laboratório de conforto ambiental no equipamento solarscópico, um equipamento que faz a simulação do movimento solar e nesse momento e quando os alunos conseguem vislumbrar a sombra produzida pelo elemento projetado, na fig. 06 abaixo, um trabalho de um aluno em momento de sombra parcial.

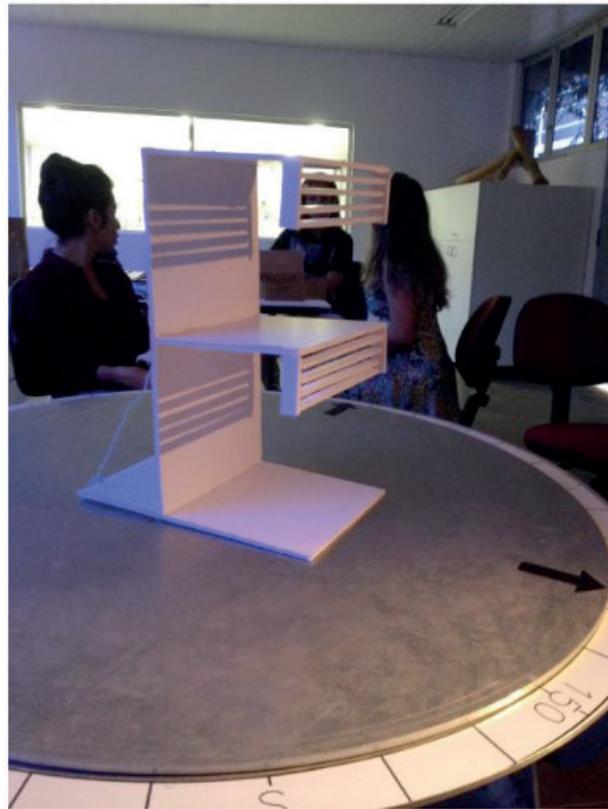


Figura 06: Maquete de Aluno

Fonte: Acervo da Disciplina

#### 4 | CONCLUSÃO

Sob a ótica de monitor, foi possível observar como o manual auxiliou na desenvoltura dos alunos durante o desenvolvimento do trabalho de proteção solar da disciplina de Ateliê II, ficou nítido também a imensidão de soluções de dispositivos arquitetônicos criados pelos alunos com o auxílio do manual, devido ao sucesso da implementação do material nas turmas, ele se encontra atualmente fixado no material didático básico da disciplina de Ateliê II e também está disponível online através de uma revista eletrônica.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a professora Flora Lima, minha maior referência na

construção da minha vida profissional, mas também aos professores, Amando Costa e Vlória Sobreira, que gentilmente cederam a sua sala de aula para a apresentação desse manual para suas turmas.

## REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, Leonardo. **USO DAS CARTAS SOLARES: DIRETRIZES PARA ARQUITETOS**. 4 Edição: EDUFAL, 2003.

CORBELLA, Óscar & YANNAS, Simos. **EM BUSCA DE UMA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL PARA OS TRÓPICOS – CONFORTO AMBIENTAL**. 2 Edição. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2016.

FROTA, Anésia Barros & Schiffer, Sueli Ramos. **MANUAL DE CONFORTO TERMICO**. São Paulo: Editora Nobel, 2003.

FROTA, Anésia Barros. **GEOMETRIA DA INSOLAÇÃO**. São Paulo: Editora Geros. 2016.

SZOKOLAY, Steve V. **INTRODUÇION TO ARCHITETURAL SCIENCE**. 1 Edição. Estados Unidos: Taylor & Francis USA, 2014.

OLGYAY, Victor & OLGAY, Aladar. **SOLAR CONTROL AND SHADING DEVICES**. New Jersey: Princeton University, 1957.

## MODELAGEM FENOMENOLÓGICA E OTIMIZAÇÃO DE UM SECADOR DE CAFÉ ROTATIVO

Data de aceite: 10/12/2019

### Uilla Fava Pimentel

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química.

Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

### Gildeir Lima Rabello

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Seropédica – Rio de Janeiro

### Willian Melo Poubel

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias

Alegre – Espírito Santo

**RESUMO:** A secagem é uma das etapas do processamento do café, que exerce grande importância no que se refere aos gastos energéticos e quanto a conservação da qualidade do produto. A preservação da qualidade é decorrente da redução da quantidade de água (umidade) devido as trocas (massa e calor) realizadas entre o café e o ar, durante o processo de secagem. Inúmeras pesquisas foram realizadas dedicando-se ao estudo da operação de secagem em equipamentos de leito fixo e/ou móvel, partindo da obtenção de modelos empíricos (experimentais), contudo pouco se sabe a respeito da modelagem fenomenológica (proveniente de balanço de massa, energia ou quantidade de movimento).

Neste contexto, o presente estudo utilizou uma modelagem com base fenomenológica para um secador rotativo horizontal, utilizando o software *Scilab*, para obter a variação da umidade do produto pelo tempo e a eficiência energética do processo. Foi realizado a verificação do modelo implementado. Para os estudos de Otimização do processo de secagem foi implementado a meta-heurística *Simulated Annealing*. A partir deste estudo, foi possível obter uma metodologia capaz de modelar a secagem do café e a meta-heurística.

**PALAVRAS-CHAVE:** Secado de café, Modelagem, Meta-heurística.

### PHENOMENOLOGICAL MODELING AND OPTIMIZATION OF HORIZONTAL ROTARY COFFEE DRY

**ABSTRACT:** Drying is one of the stages of coffee processing, which is of great importance in terms of energy expenditure and the conservation of product quality. The preservation of quality is due to the reduction of the amount of water (moisture) due to the changes (mass and heat) between coffee and air during the drying process. Numerous researches have been made on the study of the drying operation in fixed and / or mobile equipment, starting from the obtaining of empirical (experimental) models, but little is known about the phenomenological modeling

(from mass balance, energy or amount of movement). In this context, the present study used a phenomenological model for a horizontal rotary dryer, using *Scilab* software, to obtain the variation of the moisture of the product by the time and the energy efficiency of the process. Verification of the implemented model was performed. For the studies of Optimization of the drying process was implemented the meta-heuristic *Simulated Annealing*. From this study, it was possible to obtain a methodology capable of modeling coffee drying and metaheuristics.

**KEYWORDS:** Coffee drying; Modeling; Meta-heuristics.

## 1 | INTRODUÇÃO

A preservação da qualidade do café está relacionada ao pós-colheita, principalmente as práticas adotadas no processamento (PIMENTEL; RABELLO; POUBEL, 2017). A secagem representa um dos maiores custos energético e operacionais do processamento dos grãos em relação às demais operações (JOAQUIN, 2015).

Existem vários métodos de secagem dos frutos do café, desde métodos tradicionais como os de secagem natural, existentes por um longo tempo, até mais sofisticado (VIRGÍNIA, 2010). A secagem dos grãos pode ser conduzida de forma natural ou artificial, e segundo Silva e Berbert (1999) a escolha do método de secagem depende da tecnologia disponível na unidade produtiva e do fim ao que se destina o produto.

Embora existam inúmeros estudos referentes a esta etapa do processamento do café, esses voltaram-se a determinação de propriedades termodinâmicas, obtenção de modelos empíricos e estimação de parâmetros. Pouco se sabe a respeito condições ótimas de operações e comportamento fenomenológico das variáveis do processo (FORTUNATO et al., 2015).

Atualmente, existem diferentes modelos de secadores. Um dos modelos disponíveis e bastante aceito é o rotativo horizontal, porém pouco se conhece a respeito do comportamento desses equipamentos, de maneira que muitas decepções podem ocorrer durante a sua utilização como, por exemplo, ineficiência no desempenho, elevado consumo de energia e baixa qualidade do produto.

Neste contexto, o presente trabalho buscou realizar a modelagem de um secador rotativo horizontal, utilizando dos balanços de massa e energia; e a gerar dados a respeito do estudo de um secador rotativo horizontal, utilizando o software *Scilab*. Foi realizado a verificação do modelo implementado. Para os estudos de Otimização do processo de secagem foi implementado a meta-heurística *Simulated Annealing*.

## 2 | METODOLOGIA

A realização da simulação do processo de secagem aplicado a secadores rotativos se baseou nas equações do modelo Yliniemi (1999), equações 1 a 3. As equações do modelo foram discretizadas em relação ao tempo. Foi utilizado o método explícito para a integração das equações.

$$\frac{dX_{s,out}}{dt} + v_s \frac{(X_{s,out} - X_{s,in})}{L} = -R_w \quad (1)$$

$$C_s \frac{dT_{s,out}}{dt} + v_s C_s \frac{(T_{s,out} - T_{s,in})}{L} = \frac{U_v V_v}{F_s} (T_{s,out} - T_{s,in}) - R_w \quad (2)$$

$$C_g \frac{dT_{g,out}}{dt} + v_g C_g \frac{(T_{g,out} - T_{g,in})}{L} = -\frac{U_v V_v}{F_g} (T_{g,out} - T_{s,out}) - \frac{F_s}{F_g} R_w \quad (3)$$

Onde,  $C_g$  é a capacidade calorífica do ar de secagem (KJ / Kg K);  $C_s$  é a capacidade calorífica dos sólidos (KJ / Kg K);  $F_g$  é a densidade linear do ar de secagem (Kg / m);  $F_s$  é a densidade linear dos sólidos (Kg / m);  $R_w$  é a taxa de secagem (1 / s);  $T_g$  é a temperatura do ar de secagem (K);  $T_s$  é a temperatura dos sólidos (K);  $U_v$  é o coeficiente volumétrico de transferência de calor (KJ / m<sup>3</sup> K s);  $V_v$  é o volume do tambor por unidade de comprimento (m<sup>3</sup> / m);  $X$  é a umidade dos sólidos;  $Y$  é a umidade do gás;  $v_g$  é a velocidade linear do ar de secagem na direção axial (m / s);  $v_s$  é a velocidade linear dos sólidos na direção axial (m / s).

A eficiência do processo foi calculada de acordo com Leonel 2014, equação 4, que relaciona a quantidade de calor transferido, do ar para o sistema, com a quantidade de calor fornecida ao ar para aquece-lo da temperatura ambiente ( $T_a$ ) até a temperatura na qual o mesmo é inserido no equipamento. Essa definição leva em consideração a temperatura do ar inicial (in); de saída (out) e ambiente (amb).

$$E = \frac{T_{a,in} - T_{a,out}}{T_{a,in} - T_{a,amb}} \quad (4)$$

Em sequência, os dados obtidos computacionalmente foram comparados aos obtido por Yliniemi (1999), realizando assim a verificação do modelo implementado.

A partir deste modelo validado, foi implementado a meta-heurística *Simulated Annealing* objetivando obter melhores respostas para o modelo implementado. Os dados iniciais de entrada foram definidos, de acordo com os dados de Yliniemi (1999). Propôs utilizar-se a heurística construtiva aleatória para a criação da solução inicial. Os limites dos parâmetros da solução inicial, representados na Tabela 01, foram definidos por base nas condições reais de processo, onde,  $L$  é o comprimento do secador;  $Var$  é a velocidade do ar;  $V_p$  é velocidade do produto;  $T_p$  é temperatura do produto;  $t$  é o tempo real de processo.

	Mínimo (inicial)	Máximo	Unidade
L	3	9	m
Var	0.7	1.2	m / s
Vp	0.02	2	m / s
Tp	293	623	K
t	0	120	s

Tabela 1 - Condições de processo. Mínimo e máximo

Fonte: Autor (2017).

Após definir a construção da solução de entrada, pode-se utiliza-la para as simulações do modelo validado, e assim, foi possível obter os valores de umidade e eficiência.

A Imagem 01 representa uma esquematização do procedimento computacional utilizado para a implementação dos códigos computacionais, no qual se definiu as condições de entrada, a função objetivo. Sendo a função objetivo dada  $f_o = \alpha * \text{umidade} - \beta * \text{eficiencia}$ , na qual se buscou, portanto, minimizar a  $f_o$  a fim de obter os menores valores para a umidade do café e maior eficiência do processo, simultaneamente. Os valores de beta e alfa foram definidos empiricamente, assim como os parâmetros da meta-heurística *Simulated Annealing*.

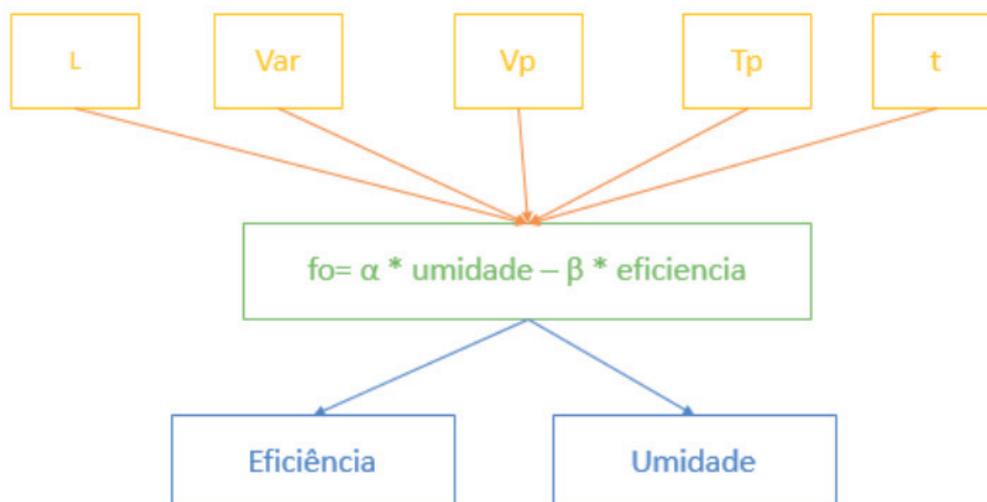


Figura 1 - Esquematização do procedimento computacional para a minimização da função objetivo

Fonte: Autor (2017).

As simulações foram realizadas no software Scilab 6.0.0. em um computador pessoal com configuração Intel® Core™ i5-3317U CPU @ 1.70GHz-2.60GHz com uma memória RAM instalada de 8,00 GB.

### 3 | RESULTADOS

Os valores de umidade dos grãos de café pelo tempo obtidos pelo modelo implementado estão representados na Imagem 2, onde é possível perceber que a umidade dos grãos diminui à medida em que se aumenta o tempo de secagem, o que condiz com os resultados experimentais obtidos por Pimentel, Rabello e Poubel (2017). Nesta mesma Imagem é possível verificar que os dados obtidos pelo modelo implementado e por Yliniemi (1999) estão sobrepostos, o que garante a funcionalidade do modelo para realizar previsões dos dados de secagem.

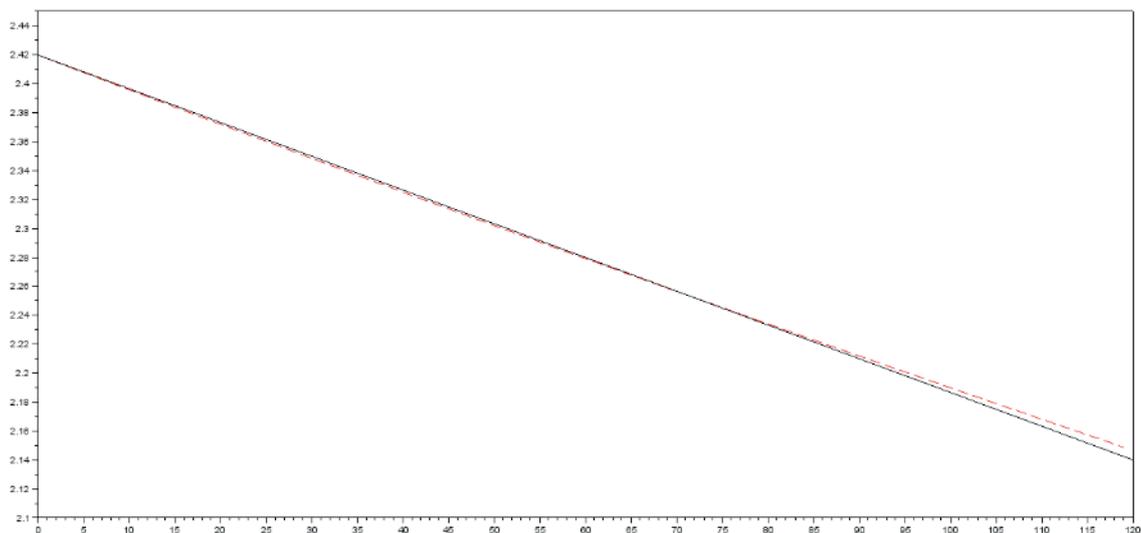


Figura 2- Variação da Umidade dos grãos de café, eixo y, pelo tempo em s. A Linha vermelha corresponde aos dados obtidos pelo modelo implementado e a preta pelos dados do artigo de Yliniemi (1999).

Fonte: Autor (2017).

A meta-heurística foi executada 5 vezes com sementes aleatórias obtidas dentro das condições de processo definidas na metodologia, os resultados médio e melhor, e o respectivo desvio, estão apresentados na Tabela 02.

Melhor FO	FO média	Desvio (%)	Tempo Médio (seg.)	Tempo Melhor (seg.)
-359,1501	237,5370	2,511975	2,7481	1,123841
-427,4243	2,96806	145,008	2,1021	0,919974
-365,3091	650,73562	1,561379	2,3688	0,865430
-216,2749	136,36334	2,586019	2,8719	1,512661
-366,8692	473,98868	1,774004	1,2980	1,010514

Tabela 2 - Resultados obtidos pela meta-heurística *Simulated Annealing*.

Fonte: Autor (2017).

Os valores obtidos para eficiência foram de 98.54% a 89.84%. E tempo de

execução da simulação de 2,245452 a 0,249041 segundos. Percebe-se os valores de  $F_0$  obtidos apresentaram valores médios variáveis, assim como os desvios. Acredita-se que tais discrepâncias ocorreram devido a meta-heurísticas utilizada, e principalmente devido a forma de criação de semente que se baseou na randomização dentro dos limites estabelecidos, sem utilizar nenhum método para melhora-las de acordo com as realizações das simulações. O tempo de simulação foi pequeno, porém variável isso possivelmente ocorreu devido ao método utilizado.

Não foi possível comparar os resultados obtidos pela meta-heurística com o artigo científico que foi utilizado como base para a simulação, uma vez que o mesmo não implanta nenhuma meta-heurística, ele realiza a simulação para aplicar controle. Pretende-se realizar, na próxima etapa de trabalho, uma comparação dos resultados obtidos pela meta-heurística com os resultados que serão obtidos no *Toolbox* do *Matlab*.

Desta forma, a realização deste trabalho permitiu obter um modelo fenomenológico e apresentar um procedimento computacional adequado para implementação da meta-heurísticas *Simulated Annealing*.

#### 4 | CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi realizada a modelagem da secagem do café para um secador rotativo horizontal. Com isso, foi possível obter um modelo fenomenológico para a secagem dos grãos de café e realizar a sua validação por comparação de dados. Logo, o modelo obtido utilizando a metodologia apresentada foi considerado satisfatório, uma vez que consegue realizar previsões. Sugere-se, para estudos futuros realizar experimentos em distintas condições de secagem a fim de para averiguar se o modelo consegue descrever o processo.

Desta forma, a realização deste trabalho permitiu implementar a meta-heurísticas *Simulated Annealing* partindo de um procedimento computacional proposto pelos autores, mas tido como adequado para a implementação da meta-heurística. Contudo, outra proposta é de utilizar outras meta-heurísticas a fim de comparar sua eficiência referente ao problema proposto, ou alterar a criação das sementes. Pretende-se realizar, na próxima etapa de trabalho, uma comparação dos resultados obtidos pela meta-heurística implementadas com os resultados que serão obtidos no *Toolbox* do *Matlab*.

#### REFERÊNCIAS

SILVA, J. S., BERBERT, P.1999. Colheita, **secagem e armazenamento**. Viçosa: Aprenda Fácil, p.146-147.

FORTUNATO, T. B., ALVES, C. H. A., ALVES, K. S., da SILVA, W. B.; DUTRA, J. C. S. **Modelagem e simulação da secagem de grãos de café**. Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 2015. São Paulo, Brasil. 2624-2629.

PIMENTEL, U. F.; RABELLO, G. L.; POUBEL, W. M. **Aplicação do Controle estatístico de processo (CEP) como método de controle da qualidade para a secagem de café em um secador rotativo horizontal e análise do processo**. XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-graduação, XI Inic Jr da Univap, VII Inid, 2017. São José dos Campos, Brasil. 1-6.

GEANKOPLIS, C. J. 2003. **Transport Processes and Separation Process Principles: Includes Unit Operations**. Upper Saddle River: Prentice-hall.

JOAQUIN, T. N. M. 2015. **Modelagem e Simulação de um secador intermitente de fluxos contracorrentes para frutos do cafeeiro**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo.

VIRGÍNIA, P. R. 2010. **Secagem de café: Uma Revisão**. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LEONEL, E. C. 2014. **Análise da Eficiência Energética e Otimização de secadores rotativos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos.

YLINIEMI, L. 1999. **Advanced Control of Rotary drayer**. Dissertação de Mestrado, University of Oulu.

## PRAIAS ABRIGADAS NO LITORAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Data de aceite: 10/12/2019

### Ana Beatriz Pinheiro

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geologia e Geofísica, Niterói – RJ. Endereço eletrônico: ana\_pinheiro@id.uff.br.

### André Luiz Carvalho da Silva

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores, Departamento de Geografia; São Gonçalo – RJ. Endereço eletrônico: andrelcsilvageouerj@gmail.com.

### Maria Augusta Martins da Silva

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geologia e Geofísica, Niterói – RJ. Endereço eletrônico: mariaaugustasilva0@gmail.com

### José Antonio Baptista Neto

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geologia e Geofísica, Niterói – RJ. Endereço eletrônico: jabneto@id.uff.br

### Carolina Pereira Silvestre

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geologia e Geofísica, Niterói – RJ. Endereço eletrônico: carolinasilvestregeouff@gmail.com

### Jessyca dos Santos Araújo

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores, Departamento de Geografia; São Gonçalo – RJ. Endereço eletrônico: jessycasantosgeo@gmail.com

### Valéria Cristina Silva Pinto

Universidade Federal Fluminense, Departamento

de Geografia, Niterói – RJ. Endereço eletrônico: valeriapinto@id.uff.br

**RESUMO:** O presente estudo objetivou entender o comportamento de praias abrigadas em baías e estuários a partir da aquisição de dados de topografia praial e caracterização dos sedimentos que compõem esses ambientes. Para tal, foram selecionadas algumas praias localizadas na Baía de Guanabara e na borda oeste da Baía da Ilha Grande, no estado do Rio de Janeiro. As praias de baixa energia são, em geral, protegidas das ondas de tempestades; exibem um perfil estreito e geralmente íngreme; e apresentam uma baixa ciclicidade na troca de sedimentos, por isso tendem a preservar melhor as características morfológicas herdadas de eventos de maior energia. Situadas na entrada da Baía de Guanabara, na cidade do Rio de Janeiro, a praia do Flamengo exibiu variações expressivas entre os perfis topográficos, enquanto que a praia de Botafogo apresentou variações morfológicas discretas. As praias da Barra de Corumbê e São Gonçalinho, em Paraty, são menos dinâmicas e apresentaram perfis semelhantes entre as estações. Os sedimentos dessas praias variam bastante em tamanho, desde areia fina até cascalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** praias abrigadas; Baía de Guanabara; Baía da Ilha Grande.

**ABSTRACT:** This study aimed to understand the behavior of sheltered beaches in bays and estuaries through the acquisition of data from beach topography and sediments which form these environments. Some beaches located in Guanabara Bay and on the western sector of Ilha Grande Bay in the state of Rio de Janeiro were selected for this purpose. Low-energy beaches are generally protected from storm waves; exhibit a narrow and generally steep profile; and present low cyclicity in sediment exchange, so they tend to better preserve the morphological characteristics inherited from higher energy events. Situated at the entrance of Guanabara Bay, in Rio de Janeiro city, Flamengo beach showed significant variations among the topographic profiles, while Botafogo beach showed discrete morphological variations. The beaches of Barra de Corumbê and São Gonçalinho in Paraty are less dynamic and present similar profiles between seasons. The sediments of these beaches vary greatly in size from fine sand to gravel.

**KEYWORDS:** sheltered beaches; Guanabara Bay; Ilha Grande Bay.

### 1 | INTRODUÇÃO

A zona costeira possui diversas finalidades, tais como: atividades turísticas, industriais, portuárias, pesca, exploração de recursos naturais, entre outras. Mais da metade da população do mundo vive atualmente nas cidades litorâneas e um grande número de pessoas visita os litorais com frequência. Os ambientes costeiros (como praias, dunas, barreiras e lagunas) estão sempre em constante transformação, buscando alcançar um estado de equilíbrio dinâmico (DAVIS, 1985; CARTER, 1988; DAVIS e FITZGERALD, 2004; BIRD, 2008), devido a interação entre os processos litorâneos e continentais e as diferentes formas de uso e ocupação do litoral (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

O ambiente de praia é um dos mais diretamente afetados pelas mudanças no litoral. Ele é muito susceptível às modificações e, por isso, faz-se necessário um gerenciamento eficiente visando à proteção dessas áreas. Dentre os principais problemas que podem alterar a estabilidade do litoral e dos seus ecossistemas, destacam-se: a ocupação desenfreada, destruição de construções e inundações durante a ocorrência de ressacas, erosão costeira, o uso indevido do solo e o despejo de poluentes (como óleo e esgoto). Os estudos realizados no litoral podem orientar as diversas formas de uso e ocupação, de maneira que não afete os ecossistemas e a população local.

### 2 | PRAIAS ABRIGADAS

A praia é considerada um depósito sedimentar formado por sedimentos

inconsolidados ao longo de uma costa e sujeito à ação das ondas (FRIEDMAN e SANDERS, 1978). As ondas, correntes e marés são os fatores primários causadores das modificações no ambiente de praia, levando em conta também a importância dos ventos e a longo prazo as variações no nível do mar (DAVIS, 1985). A interação desses processos com os materiais que compõem a praia é responsável pela dinâmica deste ambiente.

Segundo Bird (2008), muitas praias estão geograficamente expostas ao oceano ou a mares mais agitados; já outras são abrigadas e sujeitas à baixa energia hidrodinâmica, geralmente em baías, atrás de ilhas, em estuários ou recifes. As praias são facilmente encontradas dentro de estuários no mundo inteiro; entre as 32 maiores cidades do mundo, 22 estão abrigadas dentro desse tipo de ambiente (HARDAWAY et al., 2015). Apesar disso, as praias abrigadas são pouco estudadas, quando comparado às praias oceânicas. Praias em baías/estuários são praias formadas por areias, cascalhos ou conchas, sem vegetação ou parcialmente vegetadas (JACKSON et al. 2002; HARDAWAY et al., 2015). De modo geral, esse tipo de praia tende a apresentar um perfil mais estreito (largura), com pós-praia pouco desenvolvido, zona de intermaré geralmente íngreme e uma área de arrebentação estreita ou inexistente (NORDSTROM, 1977; HEGGE et al., 1996; NORDSTROM, 1989; JACKSON et al., 2002; NORDSTROM et al., 2016; JACKSON et al., 2017). Essas praias são geralmente abrigadas e caracterizadas pela ação de ondas de pequena amplitude sob condições climáticas normais e podem ser consideradas como ambientes de baixa energia (JACKSON et al. 2002). O termo baixa energia tem sido aplicado a locais sujeitos a altura de onda de poucos centímetros sob condição de tempo bom (por exemplo, 0,25 m); durante a ocorrência de tempestade, essas ondas podem alcançar mais de 0,5 m de altura. Segundo Hardaway et al. (2015), nem todos os locais dentro de um estuário são de baixa energia: exceções podem ocorrer, principalmente em áreas mais abertas, susceptíveis às ondas maiores devido à sua proximidade com o oceano aberto. Na Baía de Guanabara, as praias voltadas para a entrada da baía são mais dinâmicas em comparação com as demais, e apresentam problemas ocasionados por ressacas (SILVA, et al., 1999; SILVA et al., 2016).

As praias estuarinas e em baías exibem uma variedade de configurações geomorfológicas (HARDAWAY et al., 2015): algumas possuem uma faixa de areia mais alongada, retilínea ou suavemente curvada (Figura 1A,B); localizam-se em frente a áreas de manguezal (Figura 1C); outras, são mais curtas e se formam encaixadas entre promontórios rochosos e são denominadas *pocket beaches* (DAVIS, 1985) ou praias de bolso (AMADOR, 1997), também conhecidas como praias confinadas (Figura 1D,E).

*Pocket beaches* são praias curtas quanto ao comprimento, confinadas e limitadas entre promontórios rochosos, e são comuns ao longo de costas rochosas

de todo mundo. Apesar de serem protegidas por promontórios, ilhas ou baías, não são necessariamente ambientes de baixa energia, pois podem também ser expostas a ondas de alta energia, devido à baixa dissipação de um fundo marinho geralmente inclinado ou por estarem eventualmente localizadas fora de estuários. Essas praias são normalmente alimentadas por pequenas bacias hidrográficas; os sedimentos são depositados por riachos locais que tendem a apresentar sedimentos mais grossos e mal selecionados e que não são facilmente removidos para áreas adjacentes devido à pouca energia das ondas incidentes, em determinados contextos litorâneos (PRANZINI et al, 2013; BOWMAN et al, 2014).

Segundo Nordstrom (1989) e Jackson et al. (2002), a dinâmica em praias de baías é influenciada pela: ação das ondas locais, correntes, marés, ventos, configuração do fundo e da linha de costa (Figura 2). As ondas são geralmente formadas dentro das baías pela ação dos ventos locais sobre uma pista reduzida, com períodos e comprimentos de onda curtos, embora, eventualmente ocorra a entrada de ondas de swell. Praias abrigadas são caracterizadas por apresentar uma baixa troca de sedimentos, devido à baixa energia das ondas; além disso, a orientação irregular costa pode isolar setores da praia, reduzindo ou eliminando a troca de sedimentos entre eles. As correntes de maré são importantes no transporte de sedimentos em áreas onde a ação das ondas é pouco eficiente. Podem chegar a ser tão eficientes no transporte de materiais, quanto as correntes observadas nos eventos de alta energia em praias oceânicas (NORDSTROM, 1989; JACKSON et al, 2002).

Hegge et al. (1994) desenvolveu um modelo de classificação morfológica a partir de observações realizadas ao longo de 15 praias de baixa energia na costa sudoeste da Austrália. Foram definidos quatro morfotipos de praias (Figura 3), levando em conta a dimensão, declividade, curvatura e a granulometria das praias: (1) côncavo; (2) moderadamente côncavo; (3) moderadamente íngreme; e (4) escalonado (*stepped*). Essa classificação é bastante utilizada para classificar praias em baías (HEGGE et al., 1996; JACKSON et al., 2002; NORDSTROM et al., 2016; JACKSON et al., 2017).



Figura 1: Exemplos de praias abrigadas em estuários e baías. Fotos: A - Jessyca Araújo (2018); B, C, D, E - André Silva (2016).

**(1) Praias côncavas** - caracterizam-se por apresentar um pós-praia e zona de espraiamento (*swash zone*) íngreme; com uma morfologia côncava que muda de declividade, tornando-se menos íngreme na porção submersa. Essas praias exibem uma ampla variedade de sedimentos, com tamanho e grau de selecionamento dos grãos que variam bastante.

**(2) Praias moderadamente côncavas** - são semelhantes às praias côncavas; no entanto, a parte emersa do perfil é menos íngreme e côncava. Os sedimentos são mais homogêneos, quando comparados aos materiais comumente encontrados em praias côncavas.

**(3) Praias moderadamente íngremes** – são caracterizadas por um perfil linear, íngreme e com uma face de praia mais ampla. As praias são compostas principalmente por areia moderadamente bem selecionadas.

**(4) Praias escalonadas (*Stepped*)** - exibem perfis muito estreitos, relativamente íngremes; no entanto, sua característica mais marcante é a presença de um degrau proeminente na zona de intermaré. Os sedimentos são geralmente bem selecionados.

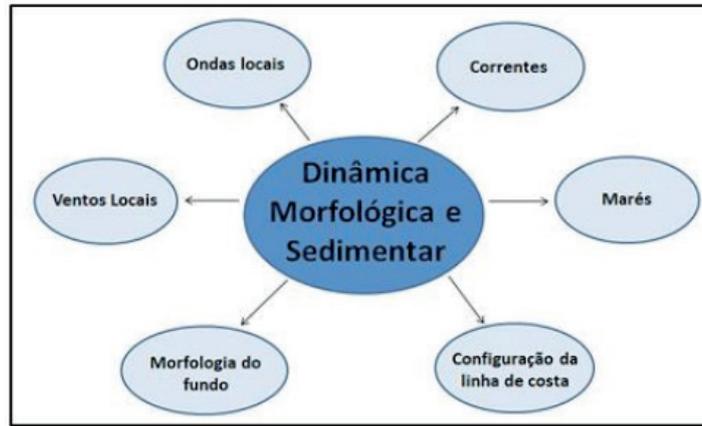


Figura 2: Fatores que influenciam a dinâmica de praias protegidas em baías.

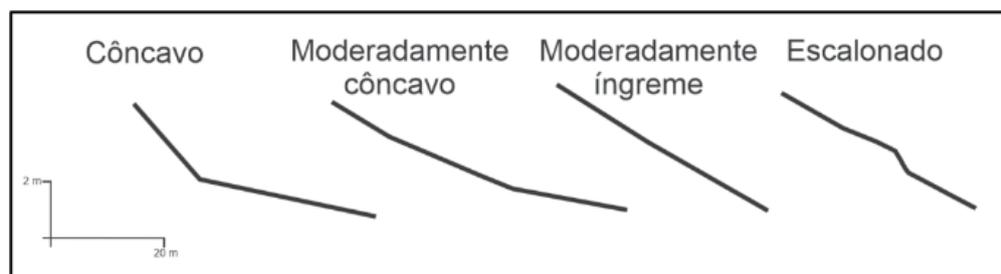


Figura 3: Morfotipos de praia de baixa energia.

Fonte: Adaptado de HEGGE et al., 1996.

As praias dentro de baías normalmente apresentam uma redução do perfil em resposta a incidência de ondas de tempestades, como ocorre em praias oceânicas. No entanto, após a ocorrência de ressacas, o perfil não se recupera e mantém a mesma morfologia herdada durante os eventos de maior energia (NORDSTROM, 1980). Jackson et al. (2002) e Nordstrom (1989), atribuem essa característica morfológica a baixa troca de sedimentos, comum a esse tipo de ambiente. A não recuperação de um perfil em praias de baixa energia após uma ressaca está associada, muitas vezes, ao fornecimento restrito de sedimentos ao longo da costa e à energia insuficiente das ondas após uma tempestade para a reposição de materiais.

A dinâmica sedimentar de praias abrigadas ainda não é bem compreendida, apesar de muitas delas terem um grande valor ecológico e um papel importante na proteção do litoral (NORDSTROM e JACKSON, 1993; JACKSON et al., 2002). Os sedimentos que formam esse tipo de ambiente são representados predominantemente por areias, seguida de cascalhos (NORDSTROM, 1977; SAINI et al 2011; NORDSTROM e JACKSON, 2012; SILVA et al., 1999). Para Nordstrom e Jackson (1993), o aumento gradual no tamanho dos sedimentos da porção emersa para a submersa da praia, ocorre porque a fração cascalho se acumula mais facilmente na parte submersa das mesmas. As areias mais finas são facilmente

removidas pela ação direta das ondas sob condição de tempestade, deixando as frações mais grossas, que tendem a se acumular nessa região (NORDSTROM e JACKSON, 1993). A presença expressiva de sedimentos mais grossos em praias abrigadas dentro de baías é comum nesse tipo de ambiente (NORDSTROM e JACKSON, 1993). Para Nordstrom (1977), essa abundância de sedimentos grossos se deve a três fatores: (1) a ausência de ondas de tempo bom com competência para transportar sedimentos mais finos até a praia; (2) as frações mais grossas, resultante da deposição de ondas de tempestade, são pesadas demais para serem removidas por ondas de baixa energia (tempo bom); (3) ausência de mecanismos de transporte e deposição de areia fina entre as tempestades.

As praias dentro de baías tendem a ser mais intensamente modificadas pela ação humana do que as praias oceânicas (NORDSTROM, 1989). Para o autor, a baixa topografia, a largura reduzida e as ondas de menor energia são fatores que favorecem a introdução de obras de engenharia junto às praias. Mas, por essas mesmas características, essas áreas são facilmente inundadas durante às tempestades, principalmente quando combinadas com marés altas de sizígia (Figura 4). As ressacas causam preocupações nesse tipo de ambiente, como foi verificado na praia de Icaraí em Niterói (SILVA et al., 1999; SANTOS et al., 2004), nas praias do Flamengo e Botafogo no Rio de Janeiro (CUNHA, 2016; SILVA et al., 2016), todas localizadas dentro da Baía de Guanabara; e nas praias de São Gonçalinho, Prainha e Jabaquara em Paraty, localizadas na borda oeste da Baía da Ilha Grande (PINHEIRO, 2018).

As estruturas de proteção da costa contra erosão e inundações, quando adequadamente instaladas, tendem a se constituir numa solução viável para praias abrigadas. No entanto, em alguns casos, essas estruturas de controle podem ser um mecanismo para a perda de sedimentos e pode acelerar as taxas de erosão, como destaca Hardaway et al. (2015) e Nordstrom (1989). As ondas dentro de baías são um agente de transporte menos eficaz, mas tendem a se romper mais perto da praia, onde as estruturas são comumente localizadas. Esse tipo de praia muitas das vezes não tem uma zona de *surf* bem desenvolvida. As ondas se quebram e espriam na praia, resultando em uma maior influência no transporte de sedimentos nesse ambiente (NORDSTROM, 1989; JACKSON et al., 2017; NORDSTROM et al., 2016).



Figura 4: Eventos de ressacas na Baía de Guanabara e Ilha Grande. Fotos: A -<http://www.revistasurf.com.br/portal/online/online13.pdf>; B - Tereza (2011); C - André Silva (2017); D - <http://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2016/09/mare-alta-invade-ruas-do-centro-historico-de-paraty-rj>; E - Nelson Costa (2016); F - André Silva (2016).

### 3 | DINÂMICA DE ALGUMAS PRAIAS NAS BAÍAS DE GUANABARA E DA ILHA GRANDE

#### *Baía de Guanabara*

As praias da Baía de Guanabara (Figura 5) estão em ambiente de baixa energia das ondas, abrigadas dos eventos de ressacas, porém não são imunes aos mesmos. As praias mais próximas da entrada da baía ou posicionadas de frente à entrada das ondas de tempestade se apresentam dinâmicas e até vulneráveis a energia das ondas (SILVA et al., 2016). Para caracterizar as praias da Baía de Guanabara, conduziu-se levantamentos sazonais de dados sobre o perfil topográfico, acompanhado por coleta de sedimentos para a caracterização granulométrica das areias. Foram estudadas 29 praias na Baía de Guanabara abrangendo os municípios do Rio de Janeiro, Magé, São Gonçalo e Niterói (SILVA et al., 2016). Porém, no presente estudo são apresentados apenas os resultados dos monitoramentos realizados nas praias de Botafogo e Flamengo, como exemplo de estudo de caso.

As praias da cidade do Rio de Janeiro estão localizadas na borda oeste da Baía de Guanabara (Figura 5). Essas praias apresentam diferentes níveis de exposição a dinâmica de ondas e correntes (SILVA et al., 2016). Na Enseada de Botafogo, encontram-se localizadas as praias de Botafogo, Urca e de Dentro, que estão entre as praias mais antropizadas da cidade do Rio de Janeiro; a praia do Flamengo se situa mais ao norte da enseada e fora da mesma (Figura 5). Nas áreas mais internas à baía, inúmeras praias desapareceram devido à expansão urbana da cidade do Rio de Janeiro, marcada por sucessivas reformas e construção de aterros, ocorridas principalmente no século XX. Como consequência, restaram apenas algumas poucas

praias de baixa energia, bastante poluídas e modificadas, como é o caso das praias da Bica e Freguesia, na ilha do Governador, e da Moreninha e Guarda, em Paquetá, entre outras (Figura 5).

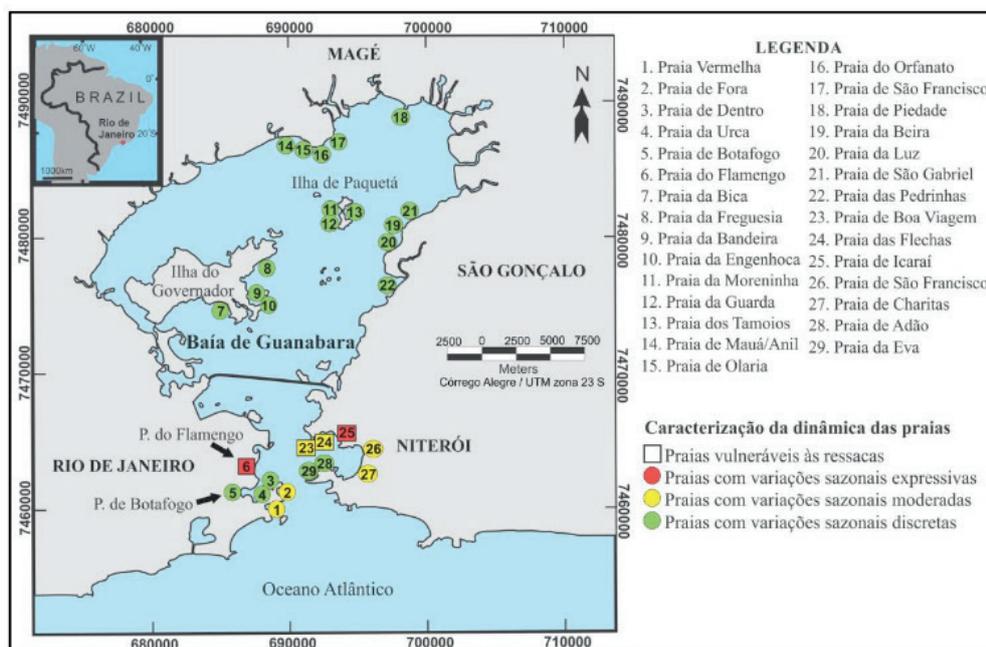


Figura 5: Principais praias da Baía de Guanabara (Silva et al., 2016).

A praia de Botafogo (Figura 6) situa-se ao fundo da Enseada de Botafogo, sendo limitada nos seus 670 metros de extensão pelo calçadão da Avenida das Nações Unidas. Esta praia, orientada no sentido norte-sul, apresenta uma extensa faixa de areia, o que favorece a prática de esportes como futebol e vôlei. A poluição das águas da Baía de Guanabara e o tráfego intenso de embarcações ancoradas na enseada contribuem para que esta praia esteja imprópria para o banho. A largura do perfil praial, bastante antropizado, praticamente não oscilou (92 a 123 metros) ao longo dos monitoramentos realizados entre o verão de 2014 e a primavera de 2015 (CUNHA et al., 2016) (Figura 6). O mesmo ocorreu com a morfologia, bastante estável, com pós-praia plano e frente de praia ligeiramente inclinada ( $8^\circ$ ). Os sedimentos da praia de Botafogo são compostos de areia fina a média, moderadamente selecionada, com aumento da fração 0,125 mm na frente de praia, que chega a 67-71% (CUNHA et al., 2016). Pequenas dunas com altura em torno de 1 metro marcam a porção norte desta praia, evidenciando a eficiência dos ventos em acumular sedimentos mais finos.

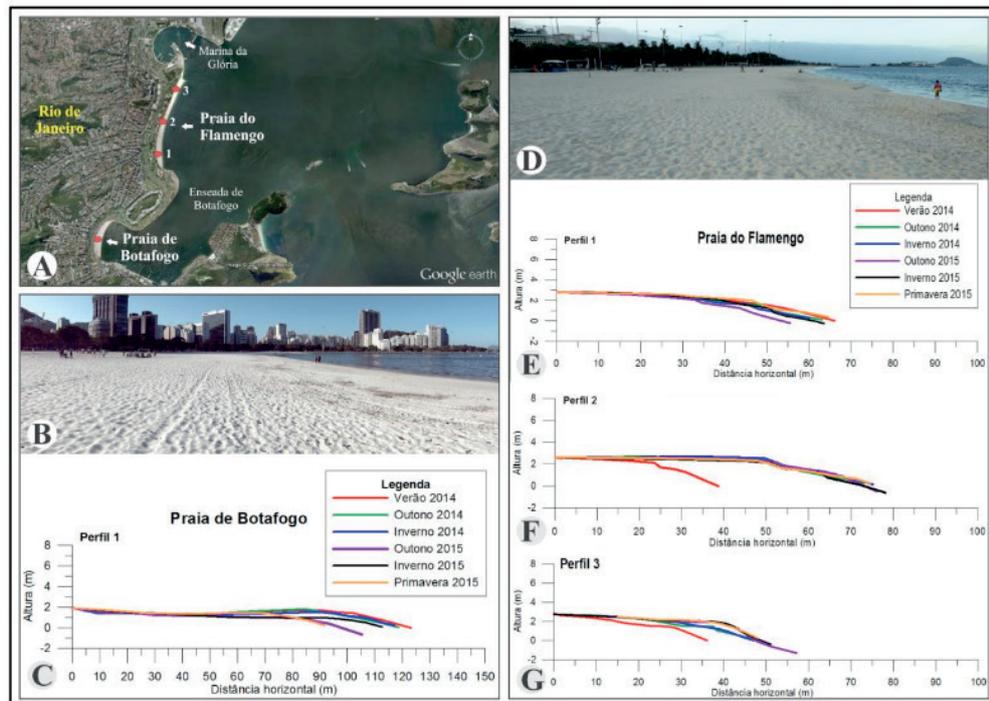


Figura 6: Enseada de Botafogo (A), com a praia de Botafogo (B) e praia do Flamengo (D), na entrada da Baía de Guanabara (Cunha et al., 2016). Perfis topográficos de praia (C, E, F, G). Imagem Google Earth, 2015 (A); Fotos das praias (B, D), Silva, A. (2014).

A praia do Flamengo (Figura 5) possui 1.660 metros de extensão, sendo a maior praia da borda ocidental da Baía de Guanabara. Limitada pela Marina da Glória ao norte e pelo Parque (Aterro) do Flamengo ao sul, esta praia foi parcialmente construída por meio de aterros sobre o mar na década de 1960, o que proporcionou a diminuição do espelho d'água da Baía de Guanabara e o desaparecimento de diversos ecossistemas marinhos (SERRA e SERRA, 2012). É importante destacar que a praia do Flamengo, assim como a de Botafogo, já existiam antes dos aterros, mas eram praias menores em comprimento e largura (GERSON, s/d apud CAMINHA, 2013). A praia do Flamengo conta com uma boa infraestrutura de lazer. Apesar disso, apresenta problemas devido à presença de esgoto, acúmulo de lixo e falta de segurança. O monitoramento da praia do Flamengo (entre o verão de 2014 e a primavera de 2015) mostra um comportamento distinto ao longo do arco praial, com variações na morfologia e na largura em resposta a dinâmica de ondas na entrada da baía (Figura 6); apresenta em perfil típico com presença de berma no pós-praia e uma frente de praia com 13-20° de inclinação, delimitada por uma crista de berma. A largura da praia diminui para norte, que oscilou entre 36 e 57 metros, em comparação com os 56-66 metros observados no extremo sul do arco praial (Figura 6). No entanto, as maiores diferenças na largura e na morfologia foram registradas no meio do arco praial, que se mostrou mais dinâmico e vulnerável às ressacas em relação as demais áreas (Figura 6). Os sedimentos da praia do Flamengo são compostos basicamente por areia quartzosa média (51-71%), seguida de areia fina (11-45%), moderadamente selecionadas (CUNHA et al., 2016).

### *Baía da Ilha Grande*

A Baía da Ilha Grande (Figura 7) está localizada no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro. Essa região é caracterizada por um litoral afogado, com inúmeras ilhas e com a escarpa da Serra do Mar formando a linha de costa, com uma sucessão de pequenas enseadas e planícies costeiras. Esse litoral apresenta muitas praias de enseadas, do tipo *pocket beach*, separadas por pontões de embasamento cristalino. A propagação de ondas e a direção do transporte de sedimentos ao longo das praias no interior da baía é influenciada pela presença da Ilha Grande, que atua como uma barreira à aproximação de ondas. Segundo Godoi et al. (2011), durante a ocorrência de ressacas, as ondas tendem a atingir regiões que são normalmente protegidas, podendo causar impactos nas estruturas costeiras, principalmente quando associadas à maré de sizígia (PINHEIRO, 2018).

As praias estudadas no litoral de Paraty, no setor oeste da Baía da Ilha Grande (Figura 7) apresentam características geográficas, geomorfológicas e sedimentares bem distintas. Com algumas poucas exceções, a maioria das praias em Paraty são do tipo *pocket beach*, com extensão de poucas centenas de metros, como é caso das praias de Barra de Corumbê e São Gonçalinho (Figura 8), selecionadas para serem apresentadas no presente estudo.

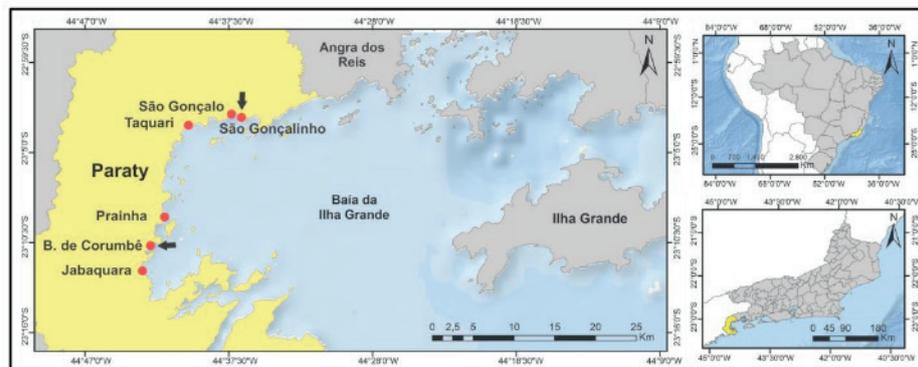


Figura 7: Litoral de Paraty, no setor oeste da Baía da Ilha Grande.

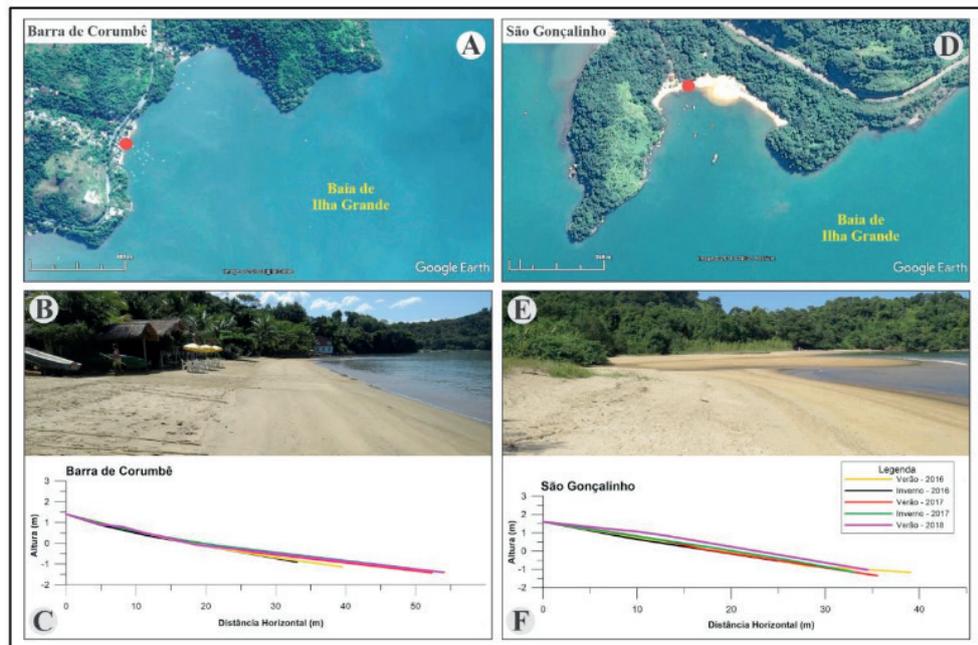


Figura 8: Praias de Barra de Corumbê (A,B) e São Gonçalinho (D,E), no setor oeste da Baía da Ilha Grande. Perfis topográficos de praia (C,F). Imagem Google Earth de 2018 (A,D); Fotos das praias (B,E), André Silva (2016).

A praia da Barra de Corumbê (Figuras 7) tem cerca de 160 m de comprimento e orientação NE-S. Nela, há uma colônia de pescadores, com residências e alguns poucos quiosques na beira da praia. É uma praia de baixa energia com um perfil suave com  $11^\circ$  de inclinação na frente de praia e uma morfologia típica de praias com perfil moderadamente côncavo. Os perfis topobatimétricos são muito semelhantes entre as estações monitoradas (Figura 8). Houve uma ligeira redução na largura na estação de inverno e uma posterior recuperação no verão subsequente. No entanto, a ocorrência de ressacas, combinada com a maré alta de sizígia, tem causado inundações e problemas para algumas construções, conforme relatado por moradores. A granulometria das areias dessa praia apresentou um predomínio de areia quartzosa média no pós-praia, grossa a muito grossa na frente de praia e areia muito grossa na face de praia (PINHEIRO, 2018).

A praia de São Gonçalinho (Figura 7), com orientação E-W, possui 392 m de extensão. Entre promontórios, a estreita faixa de areia é seccionada por um rio, que desemboca na praia formando um pequeno delta. Possui uma baixa dinâmica, com perfis suaves, com  $11^\circ$  de inclinação na frente de praia e muito semelhantes entre as estações (Figura 8). O tamanho dos sedimentos varia desde areia média no pós-praia, seguida por areia grossa na frente de praia e areia muito grossa na face de praia (PINHEIRO, 2018). Esse aumento gradual no tamanho dos grãos em direção à porção submersa, observado em Paraty, é comum em praias abrigadas, conforme Nordstrom e Jackson (1993).

## 4 | CONCLUSÕES

Em um ambiente com ondas de baixa energia e de micromaré, a dinâmica das praias abrigadas reflete a energia das ressacas, a localização destas em relação à entrada de ondas nas baías e como estas vão se modificando em função da batimetria e geomorfologia. A praia do Flamengo, na entrada da Baía de Guanabara, exibiu variações expressivas entre os perfis topográficos; diferentemente da praia de Botafogo, que apresentou variações morfológicas discretas. Em Paraty, as praias da Barra de Corumbê e São Gonçalinho são menos dinâmicas e apresentaram perfis semelhantes entre as estações. Os sedimentos dessas praias variam bastante em tamanho, desde areia fina até cascalho. Os problemas existentes se devem, quase sempre, às mudanças causadas pela ocupação inadequada desses ambientes os quais, durante as ressacas, são vulneráveis as ondas de tempestades, que podem causar destruição das construções públicas ou privadas.

## REFERÊNCIAS

- AMADOR, E. S. **Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: Homem e Natureza**. p. 539, 1997.
- BIRD, E. C. F. **Coastal Geomorphology: An Introduction**. 2 ed. John Wiley & Sons Ltd. England, p. 411, 2008.
- BOWMAN, D.; ROSAS, V.; PRANZINI, E. **Pocket beaches of Elba Island (Italy) e Planview geometry, depth of closure and sediment dispersal**. Journal Estuarine, Coastal and Shelf Science. p. 37- 46, 2014.
- CAMINHA, J. V. **Botafogo e a sua Evolução Urbana: Um Retrospecto**. Encontro de Geógrafos da América Latina – Peru, p. 1-20, 2013.
- CUNHA, A. B. C.; SILVA, A. L. C.; SILVESTRE, C. P.; LIMA, C. N.; ROSA, K. S. 2016. **Geomorfologia e sedimentação das Praias de Botafogo e Flamengo na Baía de Guanabara (Rio de Janeiro, RJ)**. Anais do XI Simpósio Nacional de Geomorfologia, Maringá (PR), p. 1 - 6, 2016.
- CARTER, R. W. G. **Coastal Environments: An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines**. London: Acad. Press, 1988.
- DAVIDSON-ARNOTT, R. **An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology**. Cambridge University Press. New York. p. 442, 2010.
- DAVIS, Jr. A. R. **Costal Sedimentary Environments**. Springer-Verlag. p.716, 1985.
- DAVIS JUNIOR, A. R.; FITZGERALD, D. M. **Beaches and Coasts**. Blackwell Publishing. p. 115-166, 2004.
- FRIEDMAN, G. M.; SANDERS, J. E. & KOPASKA-MERKEL, D. C. **Principles of Sedimentary Deposits: Stratigraphy and Sedimentology**. 1ª ed. Sydney: Maxwell Macmillan International, p. 403 – 441, 1992.
- GODOI, V. A.; CALADO, L.; WATANABE, B. W.; YAGINUMA, L.; PEREIRA, M. B. **Evento extremo de ondas na baía da ilha grande: um estudo de caso**. Boletim do Observat. Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 5, p. 28-44, 2011.

HARDAWAY, J. C. F; Milligan, D. A; Varnell, L. **Estuarine beaches**. In: Kennish, M. J. Encyclopedia of the Estuaries. p. 243 - 246, 2016.

HEGGE, B.J. **Low-energy Sandy Beaches of Southwestern Australia: Two-Dimensional Morphology, Sediments and Dynamics**. Ph.D. Thesis, Department of Geography, University of Western Australia, p. 419. 1994.

HEGGE, B.J.; ELIOT, I.; HSU, J. **Sheltered sandy beaches of Southwestern Australia**. Journal of Coastal Research, vol.12, p. 748 - 760, 1996.

JACKSON, N.L., NORDSTROM, K.F., ELIOT, I. & MASSELINK, G. **Low energy sandy beaches in marine and estuarine environments: a review**. Geomorphology, vol. 48, p. 147 – 162, 2002.

JACKSON, N. L; NORDSTROM, K. F., FARRELL, E. J. **Longshore sediment transport and foreshore change in the swash zone of an estuarine beach**. Marine Geology, vol. 1, p. 1- 43, 2017.

NORDSTROM, K. F. **Bayside beach dynamics: implications for simulation modeling on eroding sheltered tidal beaches**. Marine Geology, vol. 25, p. 333 - 342, 1977.

NORDSTROM, K. F. **Cyclic and Seasonal Beach Response: A Comparison of Oceanside and Bayside Beaches**. Physical Geography, p. 177 - 196, 1980.

NORDSTROM, K. F. **Erosion control strategies for bay and estuarine beaches**. Coastal Management, vol. 17, p. 25-35, 1989.

NORDSTROM, K. F.; JACKSON, N. L. **Distribution of surface pebbles with changes in wave energy on a sandy estuarine beach**. Journal of Sedimentary Petrology, vol. 63, n. 6, p. 1152-1159, 1993.

NORDSTROM, K. F.; JACKSON, N. L. **Physical processes and landforms on beaches in short fetch environments in estuaries, small lakes and reservoirs: A review**. Earth-Science Reviews, vol. 111, p. 232 - 247, 2012.

NORDSTROM, K.F.; JACKSON, N. L.; FARRELL, E. J.; RAFFERTY, P.; TENGWALL C. **Restoring sediment to compensate for human-induced erosion of na estuarine shore**. Geomorphology, vol. 262, p. 37- 46, 2016.

PINHEIRO, A. B. **Geomorfologia de praias e sensibilidade ambiental do litoral de Paraty (RJ) a potenciais eventos de derramamento de óleo**. Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. p.141, 2018.

PRANZINI, E., ROSAS, V., JACKSON, N.L.; NORDSTROM, K.F. **Beach Changes from Sediment Delivered by Streams to Pocket Beaches During a Major Flood Elba Island, Italy**. Journal ELSEVIER Geomorphology vol.199, p. 36 - 47, 2013.

SAINI, S.; JACKSON, N. L.; NORDSTROM, K. F. **Characteristics of sediment in transport in the swash zone of a steep estuarine foreshore**. Sedimentology, vol. 1, p. 1- 15, 2011.

SANTOS, C. L. dos, SILVA, M. A. M. e SALVADOR, M. V. S. **Dinâmica Sazonal e os Efeitos das Ressacas nas Praias de Niterói/RJ**. Revista Brasileira de Geociências. p. 355 - 360, 2004.

SERRA, M. V., SERRA, M. T. F. 2012. **Guia de História Natural do Rio de Janeiro**. Editora Cidade Viva, Rio de Janeiro, p. 284, 2004.

SILVA, M. A. M., RESENDE, M. C. C. M. & SANTOS, C. L. **Um Estudo sobre a Dinâmica das Praias de Niterói (Baía de Guanabara, RJ)**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, nº 71 (4), p. 962 - 967,1999.

SILVA, M. A. M.; SILVA, A. L. C.; SANTOS, C. L.; SILVESTRE, C. P.; ANTONIO, R. V. M.; CUNHA, A. B. C.; GRALATO, J. C. A.; SOUZA, R. D. **Praias da Baía de Guanabara no estado do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.17, n.2, p.205 - 225, 2016.

## PROCESSO DE MODELAGEM PARA FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS ACÚSTICOS PARA O MAPEAMENTO DE RUÍDO DE SINOP-MT

*Data de aceite: 10/12/2019*

*Data de submissão: 14/10/2019*

### **Priscila Maria Gonçalves Guilherme**

Universidade do Estado de Mato Grosso,  
Departamento de Engenharia Civil  
Sinop – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/7278880380261592>

### **Cristiane Rossatto Candido**

Universidade Federal do Paraná, Departamento  
de Engenharia Civil  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/9106176065499458>

### **Emília Garcez da Luz**

Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de  
Física  
Cuiabá – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/5960137943241493>

### **Érika Fernanda Toledo Borges Leão**

Universidade do Estado de Mato Grosso,  
Departamento de Engenharia Civil  
Sinop – Mato Grosso  
<http://lattes.cnpq.br/8535093780127446>

**RESUMO:** O mapeamento acústico vem sendo adotado como ferramenta para a avaliação da exposição populacional ao ruído e tomada de decisões relacionadas à regulamentação das dinâmicas urbanas. O objetivo desse estudo foi criar um banco de dados que torne possível

a confecção de um mapa de ruído para o município de Sinop-MT. A metodologia está baseada em critérios internacionais do processo de criação de mapas de ruído, devido a falta de diretrizes brasileiras, aliada a adequações que consideram a realidade do objeto de estudo e os recursos disponíveis. As adequações e aferições em campo de grandezas acústicas são necessárias, principalmente, na aplicação dos métodos para a modelagem acústica necessária ao utilizar o software Predictor-LimA. Com os resultados foi gerado um mapa de ruído pertencente a avenidas dos Tarumãs, para os parâmetros nível equivalente contínuo para o dia-tarde-noite (Lden), que possibilita avaliar a incomodidade, e o nível equivalente contínuo noturno (LNight), que possibilita avaliar o distúrbio do sono.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem acústica; Mapeamento de Ruído; Base de dados.

### MODELING PROCESS FOR ACOUSTIC DATABASE FORMATION OF NOISE MAPPING OF SINOP-MT

**ABSTRACT:** Acoustic mapping has been adopted as a tool for the assessment of population exposure to noise and decision-making related to the regulation of urban dynamics. In Brazil, there are no standards for the elaboration of noise maps and many studies

have shown results with different acoustic indexes to use diversified methodologies. In this study, the methodology is based on international criteria of the process of creating noise maps, together with the adjustments that they consider the reality of the object of study and resources available. The adjustments and measurements in the field of acoustic quantities are needed, especially in the application of the methods for acoustic modeling required when using the Predictor-LimA software. The goal of the research in question is a database format that makes possible the manufacture of a noise map for the city of Sinop/MT. With the expected results for this step in the process of mapping, the map show continuous equivalent noise to the day-late-night (Lden), which makes it possible to evaluate the discomfort, as well as continuous equivalent Nocturne (LNight) , which makes it possible to evaluate the sleep disorder.

**KEYWORDS:** Acoustic mapping. Acoustic modeling. Database.

## 1 | INTRODUÇÃO

A poluição sonora ganhou visibilidade nos estudos de impacto ambiental ao ser relacionado os seus efeitos a problemas de saúde pública, como sono e estresse. O mapeamento acústico cada vez mais é adotado como ferramenta para a avaliação da exposição populacional ao ruído e a tomada de decisões relacionadas à regulamentação das dinâmicas urbanas. Sendo assim, em 20 de julho de 2016 a prefeitura de São Paulo instituiu a Lei 16.499, que objetiva a criação de mapa de ruído para a cidade de São Paulo.

Apesar da aprovação desta lei, não existem, no Brasil, normas para a regulamentação da confecção de mapas de ruído. Analisando pesquisas realizadas em diversos países, percebe-se que são adotadas metodologias diferenciadas em cada uma delas, tendo-se como resultado, uma diversidade de parâmetros e procedimentos para as coletas de dados.

O principal foco de estudo para o mapeamento sonoro é o ruído ambiental, sendo caracterizado pelas diversas fontes sonoras presentes no local da medição. No caso de mapeamentos urbanos, tem sido comprovado que o tráfego rodoviário representa um dos maiores poluidores ambientais (NUNES et al., 2000). Desse forma, a elaboração de mapas de ruído pode servir como referencial na gestão pública, para melhorar as condições de conforto na cidade, assim como também servir de base para valorização de imóveis (SILVA et al., 2017).

Conforme Guedes e Stelamaris (2014), os principais resultados que podem ser obtidos com a elaboração de mapas de ruído são: (1) quantificar e avaliar a exposição da população ao ruído em uma dada região; (2) formar banco de dados para o planejamento urbano, apontando principais atividades ruidosas, e oferecendo subsídios para um zoneamento acústico municipal; (3) identificar zonas de conflito entre níveis de ruído medidos ou simulados com níveis estabelecidos por normas

(internacionais e/ou nacionais) e legislações municipais; (4) fornecer informações para planos de controle da poluição sonora; (5) predizer cenários futuros, avaliando-se o impacto sonoro de infraestruturas e medidas mitigadoras do ruído.

O processo de modelagem tem papel fundamental na elaboração dos mapas de ruído, pois a partir dessa que será realizada simulação, tendo como resultado o nível equivalente contínuo para o dia-tarde-noite (Lden), que possibilita avaliar a incomodidade, assim como nível equivalente contínuo noturno (LNight), que possibilita avaliar o distúrbio do sono. Diante disso, é importante que a modelagem seja feita com coerência, mas também que seja levado em consideração a simplificação de algumas edificações com alturas similares e próximas, a fim de diminuir o tempo de simulação, que pode ser muito grande, dependendo do perímetro urbano estudado.

O objetivo geral dessa pesquisa é criar um banco de dados que torne possível a confecção de um mapa de ruído para o município de Sinop, Mato Grosso. Com essa avaliação é possível aferir os níveis de ruídos aos quais a população está sendo exposta e, a partir de então, definir propostas de melhoria das condições de conforto na cidade.

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Ruído Ambiental

O ruído ambiental é caracterizado como ruído proveniente de qualquer fonte que emane som (ISO 1996). Os estudos de ruído urbano em geral podem ser apresentados como mapas de ruído (NAGEM, 2004). Vários fatores podem influenciar a geração de ruído em um meio urbano, porém tem sido indicado sistematicamente em estudos que o ruído gerado pelo tráfego de veículos é o mais presente nos grandes centros urbanos (NUNES, DORNELES, SOARES, 2000; NAGEM, 2004; BRASILEIRO, 2017).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) os ruídos considerados prejudiciais à saúde são: para o período diurno acima de 55 dB(A) e para período noturno 40 dB(A) (WHO, 1999). Estudos como de Brasileiro (2017) e Nagem (2004) demonstraram que, pelo menos, na situação atual do Brasil, não são atendidas as recomendações da OMS.

Brasileiro (2017) avaliou o impacto sonoro provocado por ruído de tráfego em um bairro de João Pessoa, na Paraíba. Para tanto foram realizadas simulações para três situações, primeiramente com o cenário atual em período de férias, depois o cenário atual no período de aulas e cenário futuro para o ano de 2026. Os níveis sonoros encontrados nas três situações foram acima do recomendado pelas normas.

Já Nagem (2004) realizou o mapeamento sonoro do terreno da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) a partir de medições em campo a fim de coletar

grandezas acústicas, meteorológicas, de tráfego e geométricas. Os resultados demonstraram que, para todo o período de medição nos 28 pontos, os níveis de pressão sonora estavam acima do estabelecido pelas normas.

Os diversos tipos de transporte veicular, tanto automóveis, motocicletas, ônibus, vans ou caminhões, trazem benefícios a população, mas sua concentração em locais específicos produz a contaminação sonora do ambiente e prejudica o bem-estar da população (GAVINOWICH e RUFFA, 2000).

## 2.2 Mapas acústicos

De acordo com Guedes (2014), o mapa acústico objetiva principalmente a criação de representações visuais do ruído ambiental referente à uma área geográfica, onde os níveis de ruído são representados de maneira semelhante às curvas topográficas de mapas convencionais.

Segundo Holtz (2012), os países pioneiros no desenvolvimento de mapas de ruído, geralmente realizados pelos órgãos de planejamento urbano e meio ambiente, levantam dados necessários para a simulação, com medições e cálculos da potência sonora das fontes principais de ruído do local de estudo. A partir desses dados, criam-se modelos tridimensionais das edificações e das fontes sonoras coletadas, que resultam em mapas indicativos das áreas com excesso de ruído, causadoras de perturbações na população local. Com esses resultados, estratégias e planos de ação podem ser elaborados para reduzir os níveis de ruído a patamares aceitáveis.

Brito (2017) ressalta a importância dos mapas acústicos no planejamento urbano, permitindo distribuir as edificações para conformar a paisagem sonora visada, definir recuos necessários entre edificações e vias de tráfego a fim de otimizar rotas e reduzir o nível de ruídos em zonas residenciais, praças e parques, entre outros.

De acordo com a Diretiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, três etapas principais precisam ser cumpridas em sequência para a elaboração de mapas acústicos: 1) Levantamento e confecção de uma base de dados gerais e dados georeferenciados, das condições topográficas e acústicas da região; 2) Produção de mapas estratégicos de ruído das principais fontes de ruído, através da criação de modelos provisionais em software de simulação acústica em conjunto com normas vigentes; e 3) Criação de planos de ação junto aos órgãos competentes para a aplicação e disponibilização dos resultados para o público.

Assim, o mapeamento acústico além de visar a melhoria da qualidade ambiental, também, é uma importante ferramenta de controle do ruído urbano. As informações presentes nas Cartas de Ruído permitem a integração com o Plano Diretor das cidades, que auxiliam em decisões para as estratégias de intervenção e elaboração de leis contra a poluição sonora. Também possibilitam a identificação de fontes de ruído, como o ruído do trânsito rodoviário, aéreo, industrial, ferroviário, e de locais de

entretenimento (AKKERMAN, 2013).

### 2.3 Mapas de ruído no Brasil

No Brasil, a elaboração de mapas acústicos não tem sido feita de forma sistemática no cenário municipal (GUEDES, 2014). De acordo com Holtz (2012), existem apenas alguns exemplos isolados, como a carta acústica de Fortaleza (CE) de iniciativa da Secretaria do Meio Ambiente e Controle Urbano. Porém, esse assunto passou a ser mais debatido, com o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos (NAGEM, 2004; GUEDES, 2005; ZANNIN, et al, 2013) e também devido ao aumento da poluição sonora em médias e grandes cidades.

Segundo Guedes (2014), a elaboração desses mapas pode ser feita utilizando diversas escalas, como de uma quadra, de um bairro ou até mesmo de uma cidade, a partir de medições de níveis de ruído, utilizando uma malha de pontos pré-determinados, ou a partir de *softwares* de simulação acústica.

ABRÜEL & KJÆR (2000) aponta as vantagens da elaboração de mapas acústicos com base nos *softwares* de simulação, uma vez que apresentam informações mais detalhadas das fontes de ruído principais, além de possibilitarem análises de uma rede mais ampla de pontos na área em estudo, avaliações de situações hipotéticas e rápidas atualizações. No entanto, para garantir maior confiabilidade nos resultados, as coletas de dados geométricos e acústicos, com os quais é feita a calibração do modelo proposto, além da habilidade e conhecimento técnico em modelagem acústica por parte do usuário, são necessários.

Conforme indicado por Guedes (2014), os *softwares* para simulação acústica utilizam diferentes métodos de cálculo considerando variados tipos de fonte de ruído, no qual são adotados modelos matemáticos que descrevem a propagação sonora ao ar livre, considerando-se a influência das características acústicas das fontes (nível de potência sonora), geométricas da área (topografia, edifícios, muros, etc.), meteorológicas (vento, temperatura, umidade relativa), além de importantes fenômenos acústicos (reflexão e difração).

### 2.4 Índice para a avaliação do ruído

Em diversos países criaram-se índices para avaliação do ruído de comunidades, entretanto, frente a multiplicidade de dados, que podem variar conforme a fonte sonora avaliada, as comparações entre eles pode ser dificultada. Dessa forma, o índice mais usado é o LAeq, definido pela ISO 1996 (ISO, 2007).

A Diretiva 2002/49/EC firmou o índice Lden, indicativo dos níveis diurnos, vespertino e noturno. O índice é medido em decibéis (dB) e pode ser obtido a partir do LAeq, conforme a Equação 1, sendo aplicado para qualquer fonte sonora.

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left[ 12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right] \quad \text{Equação [1]}$$

Onde:

$L_{day}$  - nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, conforme definido na ISO 1996-2: 1987, determinado durante todos os períodos diurnos de um ano;

$L_{evening}$  - nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, conforme definido na ISO 1996-2: 1987, determinado durante todos os períodos vespertinos de um ano;

$L_{night}$  - nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, conforme definido na ISO 1996-2: 1987, determinado durante todos os períodos noturnos de um ano.

Para realizar a medição do  $L_{den}$ , o microfone do aparelho deve estar posicionado a 4 metros de altura do piso.

### 3 | METODOLOGIA

Esta pesquisa está inserida dentro de uma proposta de maior dimensão, que tem como finalidade o mapeamento de ruído do município de Sinop/MT. Assim, a metodologia é dedicada às duas primeiras etapas descritas na Diretiva 2002/49/EC, com enfoque na coleta de parâmetros geométricos, acústicos e meteorológicos e confecção do mapa acústico da região definida pelos pontos de medição.

#### 3.1 Área de estudo

O local escolhido para o mapeamento sonoro, onde serão coletados os dados, é o município de Sinop – MT, que segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) apresentou no mês de março de 2015 um avanço de 150% no seu campo industrial. Além disso, apresentou um crescimento de até cinco vezes maior do que a média nacional. Conforme o órgão, Sinop tem crescido em média anual 10%, chegando a 13%, um índice muito superior ao nacional, que tem girado em torno de menos de 2%. Macedo e Ramos (2015) ressaltam que o crescimento recente na economia do município gerou um aumento populacional e ampliou as demandas por serviços urbanos.

A Figura 1 apresenta o mapa da região principal do município escolhido para o desenvolvimento da pesquisa.

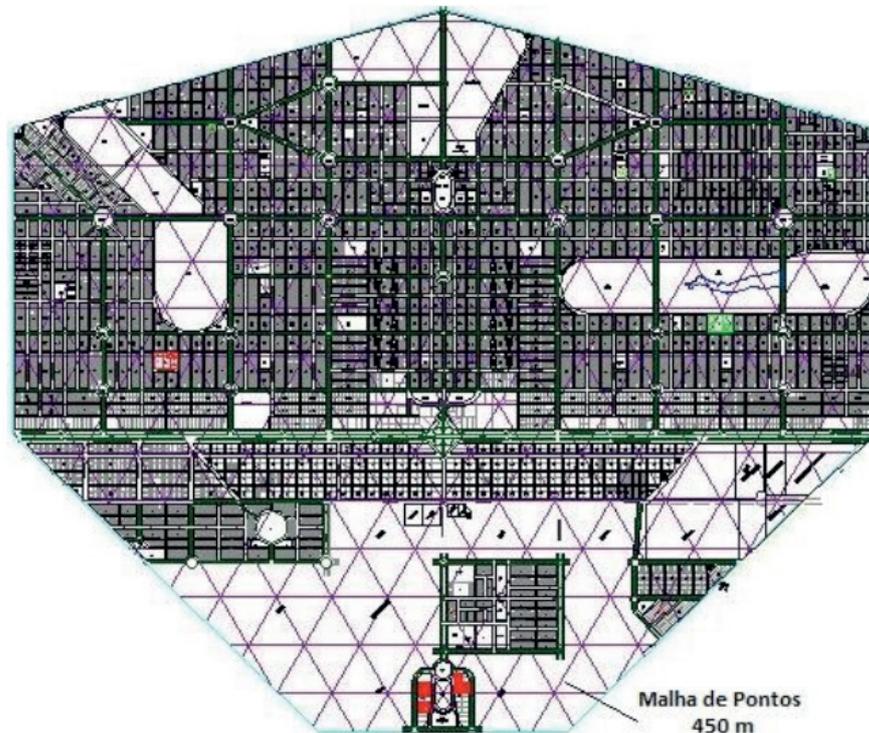


Figura 1. Polígono principal de Sinop/MT.

No entanto, o Plano Diretor do município está desatualizado e a fiscalização não é efetiva, sendo as atividades humanas as principais responsáveis pela geração do ruído ambiental, conforme já mencionado, por vezes a população fica exposta a poluição sonora oriunda de fontes fixas, erigidas em locais inapropriados, além de outros tipos de fontes emissoras.

Portanto, um estudo visando mapear e caracterizar o ruído no município escolhido, é de suma importância, uma vez que assim pode-se utilizar o resultado desta pesquisa como ferramenta na adoção de diretrizes para mitigar os problemas gerados pelo ruído urbano.

### 3.2 Modelagem do ambiente acústico

A modelagem do ambiente urbano que compreende esse estudo é um dos primeiros e principais passos a serem efetuados para um bom mapa de ruído. A modelagem já efetuada está delimitada no sentido norte-sul pela Avenida dos Jequitibás e Avenida dos Flamboyants, e no sentido leste-oeste pela BR-163 e Avenida dos Garantãs.

O processo de modelagem foi efetuado na interface do software Predictor-LimA versão 11.2, o qual possibilita a importação de dados de imagem e arquivos \*.dwg e \*.dxf, como base para realizar a modelagem, também foi utilizado o método de cálculo da norma LimA – ISO 9613. 1/2. O programa descrito apresenta diversas ferramentas para a realização da modelagem, como a “*building*”, que permite a

criação de um bloco de edificação em 3 dimensões, sendo o fator de reflexão destas edificações igual a 0,80.

Para obtenção dos isovalores referentes ao ruído ambiental, foi necessário inserir fontes de ruído no programa Predictor-LimA. Essas variam devido ao emissor de ruído, para a modelagem com finalidade de avaliar o ruído do tráfego de veículos foi utilizado a ferramenta fonte “*Road*”.

As imagens utilizadas foram retiradas do *software* livre Google Earth. Para melhor precisão nos resultados e posteriormente do mapeamento de ruído, a modelagem efetuada previu a construção da modelagem não só das edificações, mas também das árvores, reservas e material de cobertura do solo. Conseqüentemente, após o processo de modelagem, foi realizado medições em campo para aferir os dados de ruído de tráfego, realizadas nos meses de agosto e setembro de 2017. Essa aferição de dados é importante para inserção correta das Roads, como indicado anteriormente.

As alturas das edificações modeladas foram determinadas através de aferição a campo e observações utilizando o *Google Street View*, que possibilita a visualização vertical delas. As construções no município estudado apresentam alturas similares entre as categorias com as mesmas características, portanto foram estipuladas as alturas para diferentes tipos de edificações existentes, conforme apresentado na Tabela 1.

Categorias	Alturas (m)
Residência térrea	3,5
Residência c/ 2 pavimentos	7
Comercial c/ platibanda	6
Comercial c/ sobrado	7
Institucional	6
1 Pavimento – Comercial	4
2 Pavimentos – Comercial	9
1 Pavimento – Residencial Edifício	3
Vegetação	7

Tabela 1. Alturas das edificações

Os elementos modelados possuem propriedades físicas distintas, que de acordo com as suas características, influenciam na absorção, transmissão e reflexão do ruído incidente. Portanto, utilizando as ferramentas do programa que permitem determinar as características dos elementos, é realizada a modelagem do local amostrado.

### 3.2.1 Definição da malha de pontos de medição

Uma etapa importante para a realização da modelagem foi a determinação dos nós da malha de amostragem, que corresponde ao local de posicionamento das estações de medição em campo. A determinação da malha não é simples, uma vez que diversas bibliografias apresentam espaçamentos distintos entre os “nós”.

Conforme Nagem (2004), as distâncias dos pontos onde serão posicionadas as estações podem ser de 450 a 2000 metros. Portanto, a pesquisa em questão, optou por determinar um número mínimo de dados que deverão ser coletados, através da elaboração de um semivariograma que é uma medida da variabilidade geológica condicionada pela distância. Sua análise gráfica possibilita o conhecimento de elementos importantes como o alcance, que é a distância, dentro da qual, as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente (LANDIM, 2006), ou seja, é possível descobrir a distância máxima necessária entre os nós da malha de pontos, onde será posicionada a estação de medição de ruído ambiental através do semivariograma.

Para gerar um semivariograma são necessários pelo menos 30 pares de dados (LANDIM, 2006), portanto o número mínimo de dados coletados deve ser 60. Optou-se então pela utilização de 62 pontos dispostos como pode ser observado na Figura 2.

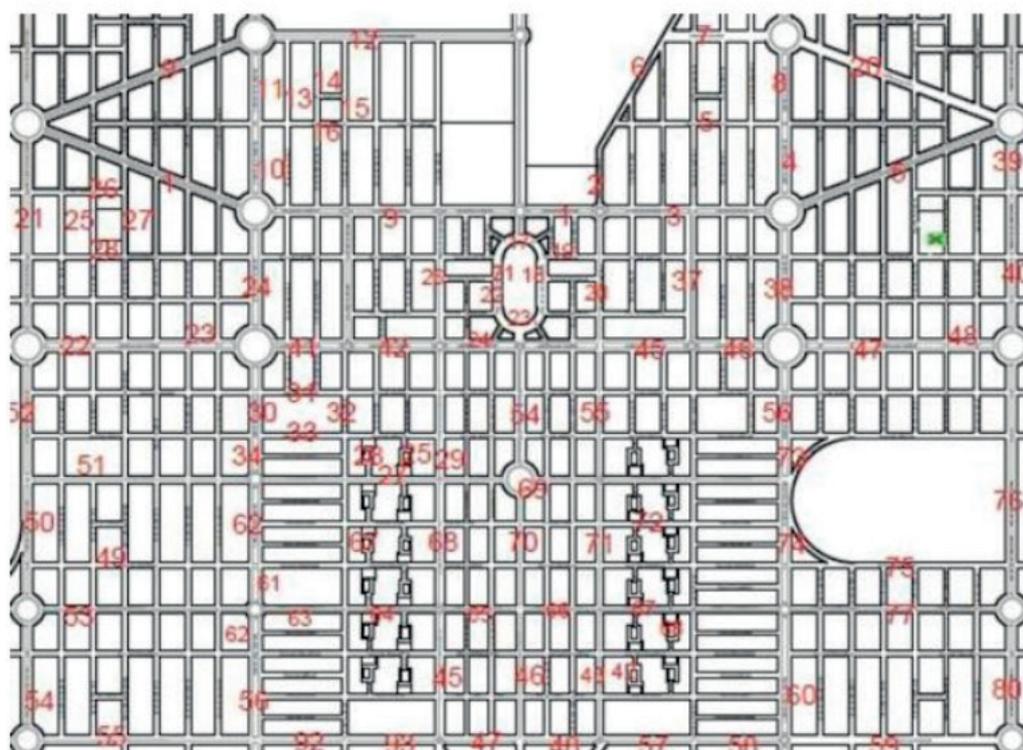


Figura 2. Localização dos pontos de medição.

### 3.3 Equipamentos utilizados

O sonômetro utilizado é o modelo ITDEC-4020 da marca Instrutemp, classe 2, montado com um tripé a 1,5 metros de altura e posicionado a 2,5 metros de todas as

superfícies refletoras presentes no local, assim como pode ser visualizado na Figura 3.



Figura 3. Montagem do equipamento utilizado nas coletas de dados

As medições em campo são importantes nesse tipo de estudo pois auxiliam na validação do nível sonoro obtido em campo e do simulado (GUEDES e BERTOLI, 2014). Nas medições em campo além de medir o nível sonoro foi feita a contagem de veículos que passaram nas vias adjacentes ao ponto de medição.

#### 4 | RESULTADOS

O resultado da modelagem pode ser visualizado tanto em 3D como em 2D. Dessa forma é possível fazer avaliações dos níveis de ruído tanto em plano verticais, como em fachadas, quanto em planos horizontais, como a propagação do ruído horizontal no meio urbano.

A Figura 4 mostra a visualização 3D da modelagem, nela é possível observar a modelagem das edificações em cinza, a modelagem da vegetação em verde, e o grid vertical para análise de ruído no plano vertical.

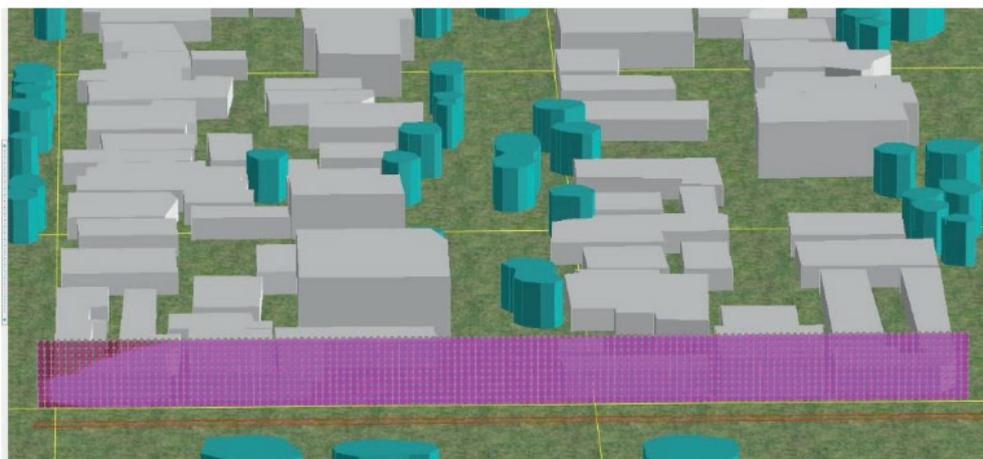


Figura 4. Representação em 3D com o grid vertical.

Um dos resultados que podem ser obtidos pela simulação com o modelo no PredictorLimA é o Nível Sonoro Equivalente Contínuo para o dia-tarde-noite (Lden), que pode ser entendido como o nível sonoro médio durante um período de 24 horas, avaliando incomodidade.

A Figura 5 é uma demonstração de parte da modelagem já efetuada com respectivos resultados do tráfego veicular da Av. Tarumãs em Sinop, MT. Para realização da simulação foi utilizado um grid de 10x10 metros, a fim de obter-se resultados mais precisos de interpolação para resolução do mapa sonoro. Além disso, foi utilizado o recurso do *software* denominado *road* para indicar a fonte de ruído do tráfego de veículos ao longo da extensão da avenida estudada.

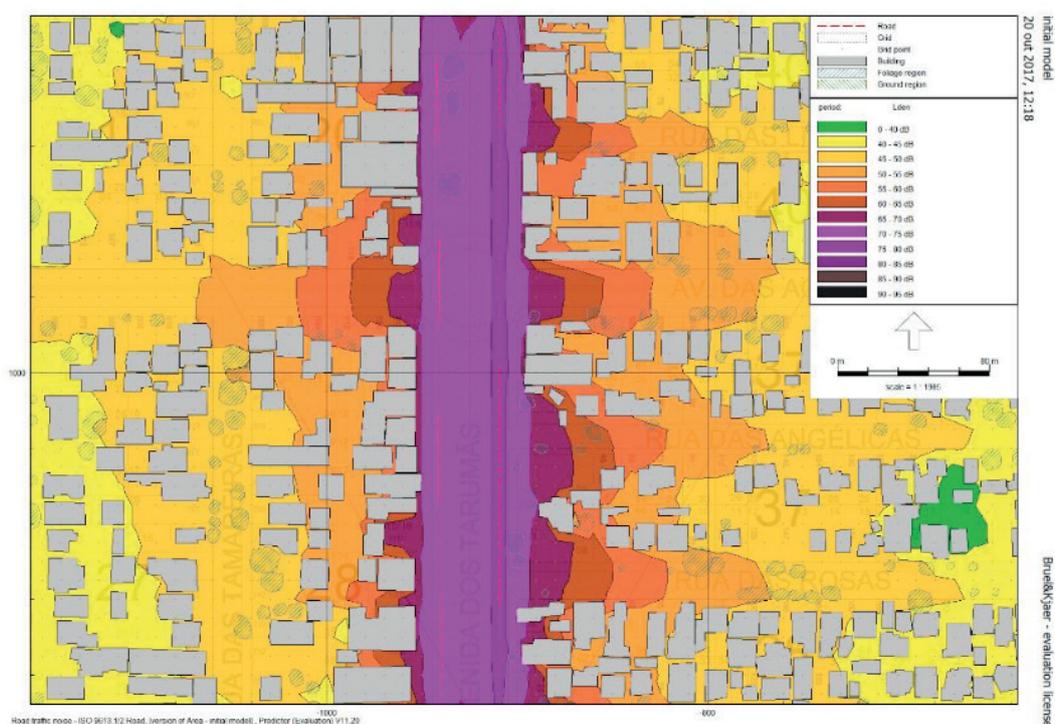


Figura 5. Mapa acústico horizontal.

Os valores simulados para o trecho da Figura 5 demonstraram que ao longo da via aonde o ruído é originado e na altura do passeio público, o nível sonoro ficou entre 70 dB e 75 dB, valor acima do recomendado pela legislação vigente, podendo causar desconforto aos transeuntes da via. Além disso, percebe-se que próximo as edificações mais próximas da via os valores encontrados ainda são mais altos dos que os recomendados, ficando entre 65 dB a 70 dB. Esses valores ainda continuam altos ate cerca de 90 metros em relação a fonte do ruído de tráfego o que é alarmante.

Nesse sentido é possível perceber que existe a necessidade de se implantarem políticas públicas que diminuam ou minimizem os efeitos do ruído ao longo da Avenida dos Tarumãs, essas medidas podem ser, entre outras, o uso de vegetação, que é um importante elemento de absorção sonora, diminuição da velocidade de tráfego, imposto limites menores e sendo mais rigorosos na fiscalização.

Evidencia-se ainda que o mapa simulado só levou em consideração o ruído de tráfego da própria Avenida dos Tarumãs, não levando em consideração as vias adjacentes. Isso pode indicar que o nível sonoro, nesse mapa, está indicando valores abaixo da realidade.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem do processo de mapeamento de ruído deve ser sempre que possível otimizada e simplificada, a fim de evitar simulações muito extensas em tempo e que podem gerar erros.

A modelagem parcial apresentada nesse estudo resultou em um mapa de nível sonoro resultante do tráfego de veículos na Avenida dos Tarumãs, em Sinop, Mato Grosso. Os resultados mostraram que a exposição de quem transita, mora ou trabalha no trecho pesquisado, está acima do recomendado pela legislação vigente.

Além disso, recomenda-se visando obtenção de maior aproximação entre o valor físico e a sensação humana, considerar o nível de pressão sonora ponderado na curva A - o dB(A). Esse é o parâmetro mais utilizado na descrição do ambiente sonoro vinculada à percepção do ruído pelas pessoas.

## REFERÊNCIAS

AKKERMAN, V.; LAW, C. K. Flame dynamics and consideration of deflagration-to-detonation transition in central gravitational field, **Proceedings of the Combustion Institute**, v. 34, n. 2, p. 1921-1927, 2013. DOI: 10.1016/j.proci.2012.07.044.

BERGLUNG, B.; LINDVALL, T. **Community Noise** (Document prepared for the World Health Organization), Stokholm University and Karolinska Institute, 1995.

BRASILEIRO, T. C. **Mapeamento Sonoro**: Estudo do ruido urbano no bairro Castelo Branco, em João Pessoa/PB. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio

Grande do Norte, Natal, 2017, 174 f.

BRITO, L. A. P. F. A utilização de mapas acústicos como ferramenta de identificação do excesso de ruído em áreas urbanas. **Eng. Sanit. Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1095-1107, 2017. DOI: 10.1590/S1413-41522017152589

BRÜEL & KJÆ. **Environmental noise**. Denmark: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S, 2000. 65p.

EPA - Environmental Protection Agency. **Guidance Note for Strategic Noise Mapping**. For the Environmental Noise Regulations 2006 Version 2. 2011. Disponível em: [https://www.epa.ie/pubs/advice/noisemapping/EPA%20Guidance%20Note%20for%20Strategic%20Noise%20Mapping%20\(versionpercentage202\).pdf](https://www.epa.ie/pubs/advice/noisemapping/EPA%20Guidance%20Note%20for%20Strategic%20Noise%20Mapping%20(versionpercentage202).pdf). Acesso em: 22 fev. 2016.

International Organization for Standardization. **ISO 1996/1: Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures**. 2003. 26 p.

GAVINOWICH, D. S.; RUFFA, F. Actualización de estudios sobre ruido dentro del plan urbano ambiental de la ciudad de Buenos Aires. **Acústica e vibrações**, Florianópolis, n. 26, p. 12-17, 2000.

GUEDES, Italo César Montalvão; BERTOLI, Stelamaris Rolla. Mapa acústico como ferramenta de avaliação de ruído de tráfego veicular em Aracaju - Brasil. **PARC - Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 40-51, 2014.

HOLTZ, M. C. B. **Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos**. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo. 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012, 118 f.

LANDIM P.M.B. **Sobre Geoestatística e mapas**. *Terra Didática*, 2(1):19-33. 2006. <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica>.

MACEDO, F. C. e Ramos, P. Formação, Expansão e Diversificação Econômica: Caso do Município Projetado de Sinop//MT. In: Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional, 7, 2015, Santa Cruz do Sul. **Anais eletrônicos**. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2015. Disponível em: <<http://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidr/article/view/13408>>. Acesso em: 10 out. 2019

NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental**: diretrizes e metodologia. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

NETO, W. Z. 1997. **Infraestrutura Urbana**. Disponível em: <<http://pcc2561.pcc.usp.br/ttinfraestrutura17.pdf>>. Acesso em 26/05/2016.

NUNES, M. F. O.; DORNELLES, G. T.; SOARES, I. N. Medidas de atenuação do ruído de tráfego urbano para o conforto acústico em áreas residenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ENTAC, 2000. n. 484.

SATTLER, M. A.; ROTT, J. A. A.; CORADINI, R.A. Avaliação do ruído ambiental em Porto Alegre, RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENTAC, 1995. p. 647-652.

SILVA, G.; CÔRTEZ, P. L.; DIAS, A. G.; LIMA, I. S.; GRANGEIRO, A. L. D.; FERNANDES, H. C... Ruídos urbanos na cidade de São Paulo, Brasil: um estudo de caso. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.8, n.2, p.61-72, 2017.

SUÁREZ, H.; PÉREZ, M. A. Desarrollo y aplicación de una metodología simples para determinar

índices de contaminación acústica en una zona urbana (caso Comuna Talcahuano). In: Congresso Iberoamericano De Acústica, 1; Simpósio De Metrologia E Normatização Em Acústica Do Mercosul, 1; Encontro Da Sociedade Brasileira De Acústica, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 467-470.

STEVENS, S. S. Perceived Level of noise by Mark VII and Decibels (E). **Journal of the Acoustical Society of America**, vol. 51, n. 2 part 2, p. 575-601, 1972.

ZANNIN, P. H. T, et al. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. **Rev. Saúde Pública**, v. 36, n. 4, p. 521-524, 2002.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Community noise**, 1999. Disponível em: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region>. Acesso em: out. 2019.

## PROTEÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO 2024 CONTRA CORROSÃO POR FILMES DE POLIPIRROL ELETRODEPOSITADOS EM MEIO DE LÍQUIDO IÔNICO

Data de aceite: 10/12/2019

### Julio Cesar Verli Chagas

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de São Paulo  
São José dos Campos – São Paulo

### Andrea Santos Liu

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de São Paulo  
São José dos Campos – São Paulo

**RESUMO:** O alumínio é um metal muito utilizado no setor industrial devido às excelentes propriedades físico-químicas. A liga de alumínio 2024, empregada no setor aeronáutico, contém cobre em sua composição e apresenta excelente resistência mecânica. Entretanto, a presença de pares galvânicos torna essa liga mais susceptível à corrosão localizada. Atualmente, no setor aeronáutico, as ligas de alumínio são protegidas contra a corrosão por tratamentos que utilizam compostos à base de cromo hexavalente que, apesar da alta eficiência, tem efeitos carcinogênicos e provoca graves impactos ambientais. Dentre as alternativas ambientalmente favoráveis para proteger a liga 2024, destacam-se os polímeros condutores, principalmente o Polipirrol (PPy) e a Polianilina (PANI). Os líquidos iônicos também têm sido estudados como inibidores

de corrosão. Nesta perspectiva, o presente trabalho objetivou investigar o desempenho de filmes de Polipirrol eletrodepositados em meio contendo Líquido Iônico. Os filmes foram depositados por cronoamperometria e a morfologia das superfícies recobertas pelo Polipirrol foi analisada por Microscopia Eletrônica de Varredura. Os resultados mostraram a formação de filmes homogêneos e aderentes sobre a liga de alumínio. Ensaio eletroquímicos realizados em meio agressivo de cloreto indicaram que o filme depositado a 1,2 V apresenta bom desempenho para a proteção do metal contra corrosão.

**PALAVRAS-CHAVE:** liga de alumínio 2024; polipirrol; líquido iônico; eletrodeposição.

### CORROSION PROTECTION OF ALUMINUM 2024 ALLOYS BY POLYPYRROLE DEPOSITED IN IONIC LIQUID

**ABSTRACT:** Aluminum is a metal largely employed in industry due to its excellent physical-chemical properties. Aluminum alloy 2024, widely used in the aviation industry, contains copper (Cu) in its composition and presents excellent mechanical strength. However, the presence of galvanic couples makes this alloy more susceptible to localized corrosion. Currently, in the aeronautical industry, aluminum alloys have been protected against corrosion by

a treatment using compounds of hexavalent chromium which, even though effective corrosion inhibitor, has carcinogenic effects, causing severe environment impacts. Among the environmentally friendly alternatives to protect the 2024 alloy, conducting polymers stand out, particularly Polypyrrole (PPy) and Polyaniline (PANI). Ionic Liquids are also studied as corrosion inhibitors. In this perspective, this study aimed to investigate the performance of electrodeposited Polypyrrole films in solution containing Ionic Liquid. The films were deposited by chronoamperometry. The morphology of the surface covered by Polypyrrole, investigated under Scanning Electron Microscope, indicate that homogeneous films adherents had been obtained by chronoamperometry. Electrochemical tests performed in aggressive chloride medium, indicated that the film deposited at 1.2 V had provided good performance on protecting the corrosion of aluminum alloys.

**KEYWORDS:** aluminum alloy 2024; polypyrrole; ionic liquid; electrodeposition.

## 1 | INTRODUÇÃO

O alumínio é amplamente utilizado no setor industrial devido às suas excelentes propriedades físico-químicas. Entretanto, apresenta baixa resistência mecânica, o que torna necessária a adição de elementos de liga, que resultam em combinações que conferem propriedades mecânicas ajustadas ao produto desejável (ABAL, 2007). A liga 2024, que contém cobre em sua composição, tem sido largamente utilizada no setor aeronáutico (QUEIROS, 2008). Entretanto, a incorporação de constituintes torna a liga mais suscetível à corrosão localizada, em que se desenvolvem pites na superfície metálica em determinados meios agressivos (ABAL, 2012).

Atualmente, as ligas de alumínio são protegidas contra corrosão por tratamentos que utilizam compostos à base de cromato que, apesar de eficiente inibidor de corrosão, tem efeitos carcinogênicos e provoca graves impactos ambientais. Desta forma, grupos de pesquisa têm investigado possíveis alternativas para substituí-lo. Os polímeros condutores, como Polianilina (PANI) e Polipirrol (PPy), têm sido investigados para a proteção do alumínio e suas ligas (PALOUMPA, 2004).

Ressalta-se que o eletrólito utilizado no processo de eletrodeposição do PPy desempenha um papel chave na eletropolimerização, pois é necessário que o eletrodo metálico não oxide concorrentemente com o monômero. Devido à elevada estabilidade química, eletroquímica e térmica, baixa pressão de vapor e alta condutividade iônica, os líquidos iônicos são considerados eletrólitos interessantes a serem utilizados na eletropolimerização de polímeros condutores (LU, 2009).

Nessa perspectiva, o presente trabalho objetivou a eletrodeposição e investigação do desempenho anticorrosivo do filme de PPy eletrodepositado em meio contendo o líquido iônico brometo de 1-butil-3-metilimidazólio (BMImBr) na proteção da liga.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios eletroquímicos foram realizados em um potenciostato modelo MQPG-01 da Microquímica. Foi utilizado uma célula eletrolítica contendo 3 eletrodos: o eletrodo de trabalho (liga Al 2024 embutida em teflon e com área exposta de  $0,53 \text{ cm}^2$ ); o eletrodo de referência (Ag/AgCl); e o eletrodo auxiliar (fio de platina).

A superfície de alumínio foi polida com lixas granulométricas de 220, 400, 600 e 1200, respectivamente, e lavada com água destilada antes de cada ensaio eletroquímico. A solução eletrolítica foi preparada diluindo-se  $0,15 \text{ mol.L}^{-1}$  de líquido iônico (BMImBr) e  $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$  de pirrol em acetonitrila. A eletrodeposição do polipirrol foi realizada por cronoamperometria, aplicando-se o potencial de  $1,2 \text{ V vs Ag/AgCl}$ .

A morfologia das superfícies revestidas com os filmes de polipirrol foi analisada por Microscopia Eletrônica de Varredura, utilizando o equipamento Jeol JXA-840A. A proteção contra a corrosão de superfícies de alumínio por filmes de polipirrol foi investigada por meio de curvas de polarização potenciodinâmica em uma solução de cloreto de sódio  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  ( $\text{pH} = 5,9$ ), à temperatura ambiente. Os parâmetros de corrosão foram obtidos a partir das curvas de Tafel.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar o desempenho dos filmes de PPy eletrodepositados na proteção da liga contra corrosão realizou-se ensaios de polarização potenciodinâmica em meio agressivo de cloreto. Os parâmetros eletroquímicos, potenciais de corrosão e densidades de correntes de corrosão, foram obtidos a partir das curvas de Tafel (Figura 1).

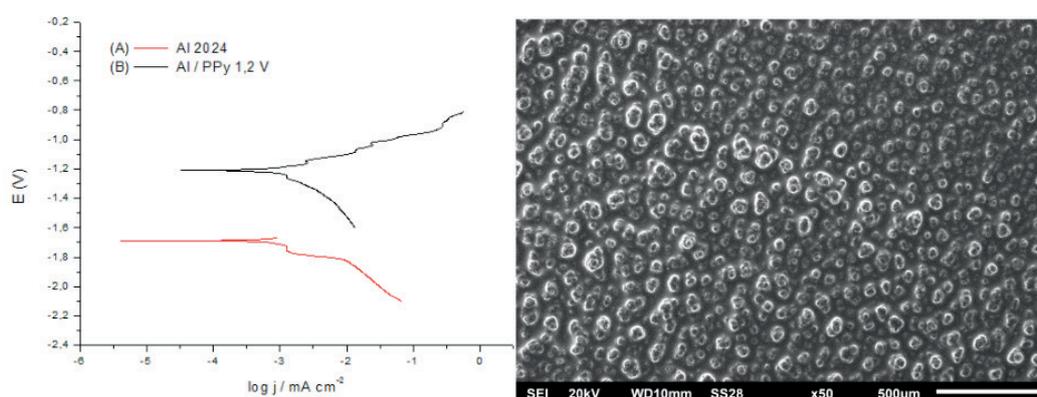


FIGURA 1. Curvas de polarização potenciodinâmica para a liga sem recobrimento (curva (A)) e com recobrimento (curva (B)) do filme de polipirrol eletrodepositado - (à esquerda). Microscopia eletrônica de varredura da superfície da liga de alumínio recoberta com o filme de polipirrol - (à direita).

Pode ser observado, através das curvas de Tafel, que o potencial de corrosão para as superfícies de alumínio recobertas com os filmes de polipirrol é deslocado

para a região para mais positiva, indicando proteção anódica.

A morfologia da liga de alumínio recoberta com filme de polipirrol foi analisada por Microscopia Eletrônica de Varredura (Figura 1). Foi observado que a camada depositada é compacta e homogênea, o que justifica a proteção do metal contra corrosão, pois o filme dificulta a penetração de espécies corrosivas, como o cloreto, inibindo a formação de pites no alumínio.

## 4 | CONCLUSÕES

Pode ser inferido que filmes de PPy homogêneos e aderentes foram obtidos por cronoamperometria em meio contendo líquido iônico. Conclui-se também que as superfícies de alumínio recobertas com as camadas poliméricas são menos suscetíveis à corrosão, conforme constatado pelos parâmetros eletroquímicos provenientes das curvas de Tafel.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação e ao Laboratório de Eletroquímica Orgânica do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba (Univap) pela infraestrutura.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). **Fundamentos e aplicações do alumínio**. São Paulo: ABAL, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO (ABAL). **Fundamentos e aplicações do alumínio**. São Paulo: ABAL, 2012.

LU, J. et al. **Advanced applications of ionic liquids in polymer science**. Progress in Polymer Science, v. 34, p. 431–448, 2009.

PALOUMPA, I.; YFANTIS, A.; HOFFMANN, P. BURKOV Y, YFANTIS D, SCHMEIBER D. **Mechanisms to inhibit corrosion of Al alloys by polymeric conversion coatings**. Surface and Coatings Technology. v.180, p.308-312. 2004.

QUEIROS, F.M. **Estudo do comportamento de corrosão dos intermetálicos presentes nas ligas AA2024-T3, por meio de técnicas de microscopia associadas a técnicas eletroquímicas**. Tese de doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

## REFLEXÕES PROJETUAIS: O CASO DA DISCIPLINA DE CONFORTO AMBIENTAL

Data de aceite: 10/12/2019

### Yuri Viana Loiola

Universidade de Fortaleza – Programa de  
Monitoria Voluntária  
Yuriarq@edu.unifor.br

### Thais Carvalho Cardoso

Universidade de Fortaleza – Programa de  
Monitoria Voluntária

### Ana Paula Nogueira Vidal Menezes

Universidade de Fortaleza – Programa de  
Monitoria Voluntária

### Ana Caroline de Carvalho Lopes Dantas Dias

Universidade de Fortaleza – Docente do Curso de  
Arquitetura e Urbanismo

**RESUMO:** O presente artigo aborda a análise de um método de ensino aplicado em uma das etapas de avaliação de nota parcial da disciplina de Conforto Ambiental, do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIFOR. O trabalho consiste em fazer com que o aluno procure refletir sobre as decisões projetuais acatadas na proposta desenvolvida na disciplina Ateliê I – Projeto de Arquitetura e Interiores, que é ofertada no 3 semestre da graduação em arquitetura e urbanismo da UNIFOR, antecedendo as duas disciplinas obrigatórias de conforto ambiental

presentes na matriz curricular do curso, que só serão ofertadas no 4 e 5 semestres. O objetivo final do trabalho desenvolvido na disciplina de Conforto Ambiental é fazer com que o aluno some o conhecimento teórico abordado na disciplina de Ateliê II – Arquitetura e Conforto Ambiental ao da disciplina de Conforto Ambiental e faça uma análise crítica sobre as deficiências acerca da adequabilidade bioclimática do projeto desenvolvido na disciplina Ateliê 1 – Projeto Arquitetônico e Interiores, e faça as alterações projetuais após o amadurecimento teórico acerca do tema da arquitetura bioclimática e do conforto ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto Ambiental. Estratégias Ativas. Adequação Ambiental

### 1 | INTRODUÇÃO

O ensino de Conforto Ambiental na Universidade de Fortaleza – UNIFOR é dado em dois momentos. Primeiramente, na disciplina Ateliê II – Projeto de Arquitetura e Conforto Ambiental que é ofertada no 4 semestre, são abordadas questões relacionadas aos aspectos bioclimáticos de insolação e ventilação natural, ou seja, estratégias passivas de condicionamento ambiental.

Em um segundo momento, a disciplina de Conforto Ambiental está situada no 5 semestre

do currículo da graduação em arquitetura e urbanismo e nela são discutidos aspectos relacionados a acústica, morfogenia sonora, condicionamento acústico, eficiência energética, além das estratégias artificiais de condicionamento ambiental, tais como, iluminação artificial e climatização artificial.

O trabalho proposto como requisito de avaliação da segunda nota parcial da disciplina, propõe que o aluno deva utilizar o projeto da residência unifamiliar que foi desenvolvido na disciplina de Ateliê I -Projeto de Arquitetura e Interiores , é após o somatório de conhecimento amalhado após já ter cursado a disciplina de Ateliê II e após o conteúdo de eficiência energética ministrado na disciplina de Conforto Ambiental , ele possa aprimorar suas decisões projetuais, somando soluções concretas voltadas à utilização racional da insolação e ventilação visando à eficiência energética.

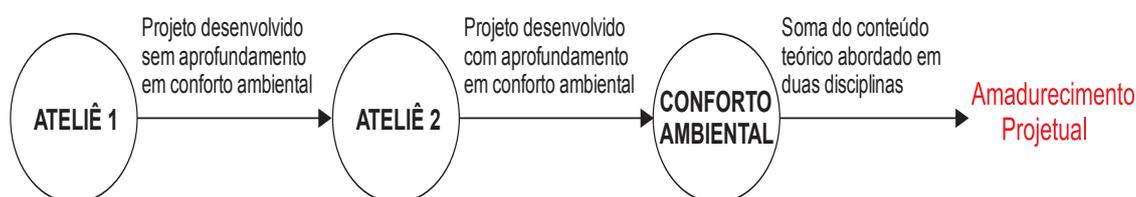


Foto: Ordem das disciplinas da Graduação

Fonte: Elaborado pelo autor

## 2 | METODOLOGIA

Para a concepção deste artigo, foi realizado um paralelo entre o conteúdo teórico ministrado em sala de aula e as soluções projetuais desenvolvidas na disciplina de Ateliê I – Arquitetura e Interiores, buscando identificar as deficiências, com o auxílio dos monitores e do docente em sala de aula, tudo isso fundamentado em uma revisão bibliográfica em livros e artigos de conforto ambiental que visam as estratégias passivas de condicionamento ambiental e a promoção da eficiência energética em edificações.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Refletindo o projeto

A primeira etapa do trabalho consiste em uma breve revisão sobre o conteúdo ministrado na disciplina Ateliê II – Arquitetura e Conforto Ambiental, seguido da introdução do conteúdo de eficiência energética, iluminação artificial, condicionamento artificial do ar, proposto pela disciplina.

Nesta etapa, o aluno, com o auxílio em sala de aula do professor/monitor, avalia as decisões projetuais tomadas no projeto antes do conteúdo de conforto

ambiental ser abordado diretamente no curso e a partir daí ele constata os possíveis problemas, que variam desde: esquadrias mal posicionadas, erros de implantação, ambientes com excessiva insolação e ambientes com pouco ou nenhum uso da iluminação e da ventilação natural.

### 3.2 Solucionando os problemas

O segundo passo do trabalho consiste em solucionar os problemas diagnosticados no projeto, propondo as modificações que vão desde: mudança de implantação com o intuito de buscar uma melhor orientação da edificação com relação a vento e insolação, utilizar dispositivos arquitetônicos de controle da insolação tais como: brises, toldos e beirais, como se pode ver na fig. 01, em seguida e feito o lançamento dos condicionadores de ar, que são dimensionados com o auxílio de simuladores disponibilizados pelos próprios fabricantes.

Em paralelo ao projeto de condicionamento artificial do ar, é feito o lançamento da iluminação artificial, tendo como foco a iluminação geral e de tarefa. Para o dimensionamento da iluminação é utilizado um método de cálculo que vai expressar em Lux, qual a necessidade de iluminação do ambiente, tendo como base a NR 17. Com essas informações, os alunos selecionam as lâmpadas e luminárias suficientes em catálogos de fornecedores, e por fim são lançados todos os circuitos de acendimento das luminárias, como se pode ver no trabalho desenvolvido por uma equipe na fig. 02 abaixo.



Figura 01: Projeto modificado

Fonte: Acervo da disciplina

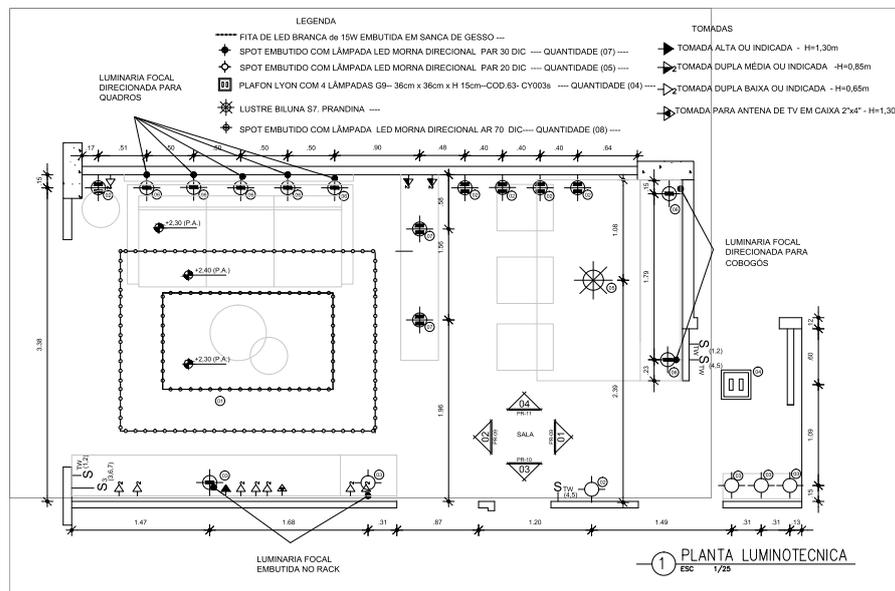


Figura 02: Projeto luminotécnico

Fonte: Acervo da disciplina

## 4 | CONCLUSÃO

Podemos concluir após o fim desse trabalho o amadurecimento projetual do aluno, tendo em vista a ordem das disciplinas de conforto ambiental da ementa do curso. É perceptível a evolução do “traço” do aluno enquanto futuro arquiteto, saindo do campo empírico, para uma tomada de decisões pautadas no conhecimento técnico, e com a consciência de que cada decisão projetual, desde a implantação até a especificação dos materiais tem consequências positivas e negativas e ambas são de inteira responsabilidade do projetista.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Agradeço ao programa de monitoria da Universidade de Fortaleza, minhas colegas monitoras, Thais Cardoso e Ana Paula Nogueira e a minha orientadora, Ana Caroline.

## REFERÊNCIAS

CORBELLA, Óscar & YANNAS, Simos. **EM BUSCA DE UMA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL PARA OS TRÓPICOS – CONFORTO AMBIENTAL**. 2 Edição. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2016.

FROTA, Anésia Barros & Schiffer, Sueli Ramos. **MANUAL DE CONFORTO TERMICO**. São Paulo: Editora Nobel, 2003.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ARQUITETURA**. 3 Edição – Rio de Janeiro: Editora Eletrobrás\Procel, 2014.

SZOKOLAY, Steve V. **INTRODUÇION TO ARCHITETURAL SCIENCE**. 1 Edição. Estados Unidos: Taylor & Francis USA, 2014

## USO DO MIRITI COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE ANÁLISE COMBINATÓRIA

Data de aceite: 10/12/2019

### **Anildo das Chagas Dias**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais- Campus Abaetetuba- Pa

### **Jociléa Rodrigues Cardoso**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais-Campus Abaetetuba- Pa

<http://lattes.cnpq.br/9702082117284782>

### **José Francisco da Silva Costa**

Universidade Federal do Pará. Faculdade de Formação e Desenvolvimento do Campo – FADECAM. Abaetetuba - Pa

<http://lattes.cnpq.br/9492719731740641>

### **Nayara dos Santos Rodrigues**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais- Campus Abaetetuba- Pa

<http://lattes.cnpq.br/7315572003866689>

### **Raimundo das Graças Carvalho de Almeida**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais- Campus Abaetetuba- Pa

<http://lattes.cnpq.br/8447434150719179>

### **Reginaldo Barros**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais- Campus Abaetetuba- Pa

<http://lattes.cnpq.br/9658271624403087>

### **Genivaldo Passos Correa**

Universidade Federal do Pará. Faculdade Ciências Exatas e Naturais- Campus Abaetetuba- Pa

<http://lattes.cnpq.br/6321452953013620>

**RESUMO:** Este artigo estuda a relevância da experimentação no ensino da análise combinatória levando em conta o miriti como um recurso no processo de ensino e aprendizagem o que pode descomplicar o conteúdo, causando motivação e interesse nos alunos pelo conteúdo. O recurso do miriti pode proporcionar um melhor ensino de análise. A relevância do artigo está no fato de considerar que por meio das experimentações nas aulas de matemática, especialmente de análise combinatória, o aluno passa a entender o conteúdo sob outra ótica, o que proporciona um significado maior na aprendizagem. Acredita-se, portanto, que a experimentação tendo como recurso o miriti confeccionado com materiais para o ensino de análise combinatória, proporciona que o aluno consiga aprofundar o conhecimento, pois está diante de situações problemas voltados para o cotidiano. Assim sendo, o trabalho se restringe na metodologia de característica qualitativa, que por meio de pesquisas bibliográficas, de consultas a trabalhos relacionados a temática, serviram de referência para o desenvolvimento do estudo. A forma de ensinar a análise

combinatória sobre o aspecto da experimentação tendo como recurso o miriti, pode ser utilizada em escola pública ou particular e que possa abordar sobre essa ótica o estudo de análise combinatória. Dessa maneira, o trabalho dispõe de proposta de experimentações que o professor pode realizar, possibilitando que o aluno perceba que a importância de que as práticas comuns do cotidiano pode ampliar a visão da aplicabilidade da matemática.

**PALAVRAS-CHAVE:** Matemática. Análise Combinatória. Experimentação

**ABSTRACT:** This article studies the relevance of experimentation in the teaching of combinatorial analysis considering miriti as a resource in the teaching and learning process which can complicate the content, causing motivation and interest in the students for the content. The miriti resource can provide better teaching of analysis. The relevance of the article lies in the fact that through experiments in math classes, especially combinatorial analysis, the student comes to understand the content from another perspective, which provides greater meaning in learning. Therefore, it is believed that experimentation using the Miriti made with materials for the teaching of combinatorial analysis, allows the student to deepen the knowledge, because it is facing problems situations turned to daily life. Thus, the work is restricted to the methodology of qualitative characteristic, which through bibliographic research, consultations to works related to the theme, served as a reference for the development of the study. The method of teaching combinatorial analysis on the aspect of experimentation using miriti can be used in a public or private school that can address the study of combinatorial analysis. Thus, the work has a proposal of experiments that the teacher can perform, enabling the student to realize that the importance of common everyday practices can broaden the view of the applicability of mathematics.

**KEYWORDS:** Mathematics. Combinatorial analysis. Experimentation

## 1 | INTRODUÇÃO

Em termos históricos a Análise Combinatória surgiu no século XVII, com a necessidade de calcular o número de possibilidades existentes de resultados dos jogos de azar, e isso foi o que incentivou o estudo dos métodos de contagem (BOYER, 2001). Por solucionarem problemas de jogos de azar, Blaise Pascal (1623-1662) e Pierre de Fermat (1601-1665) impulsionaram essa área. Pascal escreveu, em 1654, o Tratado do Triângulo Aritmético, uma exposição das propriedades dos coeficientes binomiais e das relações entre eles.

Assim a Análise Combinatória visa desenvolver métodos que permitam contar o número de elementos de um conjunto, sendo estes elementos, agrupamentos formados conforme algumas condições. Por sua vez, pode-se dizer que a teoria das probabilidades decorre da necessidade de avaliar hipóteses e de tomar decisões. A primeira vista pode parecer desnecessária a existência destes métodos, isto de fato

é verdade, se o número de elementos que se quer contar for pequeno. Entretanto, se o número de elementos a serem contados for grande, esse trabalho, torna-se quase que impossível, sem o uso de métodos especiais. Tais métodos são as combinações, arranjos e permutações.

A Análise Combinatória é um tema de fundamental importância para o ensino médio e o professor pode utilizar de recursos, como por exemplo o miriti como estratégia metodológica para realizar uma abordagem capaz de aguçar, motivar e causar um maior interesse nos alunos. Para alcançar essa motivação, é preciso que ele construa uma relação entre o conteúdo de análise combinatório com situações problemas vivenciado pelos alunos. De que forma seria capaz de aprimorar esse estudo fazendo essa correspondência biunívoca?

Para responder essa pergunta, segundo os autores, D'Ambrósio (2010) e Ogliari (2008) consideram que a Matemática ganha destaque, quando o assunto é a necessidade de mudança no modelo de ensino adotado. Nessa questão vale ressaltar que por modelo de ensino se pode referir a necessidade de mudança na forma de como o professor pode desenvolver o trabalho pedagógico sobre determinado tema da matemática. É importante que ele possa construir uma metodologia que venha aflorar a experimntação onde consiga mostrar a aplicabilidade do conteúdo com o cotidiano do aluno.

Isto é aquilo que pode chamar atenção dele sobre o tema que o professor aborda, teroricamente em sala. Assim sendo, os autores consideram que se o professor não ministrar um conteúdo ligado com a experimntação e outros recursos que podem facilitar, os alunos podem apresentar dificuldade de aprendizagem.

Nesse sentido o professor pode fazer que os alunos aprendem melhor o conteúdo de análise combinatório, buscando melhorar o processo de ensino a partir de usos de recursos que podem auxiliar a aprendizagem. Para o autor Lorenzato (2006), o professor tem um papel relevante no sucesso ou fracasso do aluno, pois depende da metodologia que desenvolve. Para Lorenzato (2006). não basta o professor dispor de um bom material didático para que se tenha a garantia de uma aprendizagem significativa é preciso saber utilizar estes materiais.

O que o autor procura mostrar é que o professor deve saber manipular os diferentes recursos para saber utilizar nos conteúdos ministrados. É preciso ter conhecimento, por exemplo, se for utilizar um recurso computacional, é necessário conhecer os aplicativos para que consiga construir uma metodologia que venha auxiliar e ensinar também os alunos. Nesse aspecto, a experiência ou a prática docente é importante para que o conteúdo cause motivação e interesse no alunado ao ponto de conseguir uma melhor aprendizagem. .

Levando em conta esse contexto, tem-se como objetivo geral: verificar que o uso do miriti como recurso didático para as aulas de estudo de análise combinatória

pode auxiliar que o aluno adquira uma aprendizagem muito mais prazerosa a partir de situações problemas que estejam ligados com a vivência ou com a aprendizagem significativa. Nesse sentido, procura-se mostrar como requisito crucial para o desenvolvimento desse trabalho uma proposta de experimentação para melhorar a compreensão do conteúdo ministrado e considerando o miriti como um recurso capaz de auxiliar o aluno para o desenvolvimento de competências, na organização do pensamento e do raciocínio dedutivo e dessa maneira será possível com base na proposta de experimentação, compreender e avaliar a escolha da contagem dos elementos de um conjunto considerando o miriti como um recurso didático como um auxiliar para interpretação e compreensão dos problemas a serem tratados nesse trabalho.

A partir dessa proposta para o estudo do tema a que propõe esse trabalho, o desenvolvimento de capacidades cognitivas, como: analisar, investigar, refletir, levantar hipóteses, testar, argumentar, generalizar serão possíveis pelo fato de que a proposta experimental é capaz de preencher a lacuna para uma melhor compreensão da contagem, tomando o miriti como uma maneira de mostrar problemas que estarão ligados com o cotidiano do aluno, como por exemplo, as diferentes maneiras de se vestir, de comer uma sala de frutas ou até mesmo de escolher um determinado caminho entre duas ou mais cidades e de dispor os livros numa instante.

Assim, a Análise Combinatória visa desenvolver métodos que permitam contar o número de elementos de um conjunto, sendo estes elementos, agrupamentos formados conforme algumas condições. Por sua vez, pode-se dizer que a teoria das probabilidades decorre da necessidade de avaliar hipóteses e de tomar decisões. As aplicações são diversas e ela tem tido um crescimento muito grande nas últimas décadas, devido sua utilização em teoria dos grafos, em análise de algoritmos, etc. muitos problemas importantes podem ser modelados, matematicamente, como problemas de teoria dos grafos. (problemas de pesquisas operacional, de armazenamento de informações em bancos de dados nos computadores, e também problemas de matemática pura, como o famoso problema das 4 cores).

No contexto de sala de aula é visível a existência de uma problemática que são evidenciadas informalmente por meio de trocas de experiências docentes e formalmente através dos resultados das avaliações. De maneira simples, este trabalho é direcionado como objetivos específicos, oferecer propostas de experimentação com a utilização de miriti como um recurso didático para auxiliar na contagem de elementos relacionados a permutação, arranjo e combinações; compreender a partir desse recurso didático um melhor processo de ensino aprendizagem de modo a superar dificuldades no repasse dos conceitos de Análise Combinatória em sala de aula; mostrar que a contextualização no estudo de análise combinatória levando em conta a aprendizagem significativa do cotidiano do aluno pode enriquecer o

conhecimento sobre o tema proposto.

Dessa maneira, a proposta é destacada como experimentação que pode ser capaz de responder a problemática vivenciada pelos alunos quando sentem dificuldades de aprenderem o conteúdo longe da realidade das vivências e da aprendizagem significativa. Nesse sentido, torna-se indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em matemática, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável.

Por meio da experimentação o conhecimento é levado juntamente com a motivação para o aluno, pois deste modo àquele que não conseguiu entender um determinado conteúdo abstratamente, tem ainda a chance de experimentá-lo, visualizando ou tocando objetos relacionados a um determinado conteúdo de modo a facilitar a aprendizagem. Os experimentos matemáticos além de sua importância teórica possuem o papel de conseguir esta aproximação, pois quando o aluno consegue compreender que o assunto estudado está sendo experimentado, inclusive com a possibilidade de manipulação de objetos concretos, acaba por perceber a utilidade daquele conhecimento, tornando o estudo efetivamente significativo.

O trabalho, em termos metodológicos, é qualitativo que seguiu as seguintes etapas. De princípio, foi realizado levantamentos bibliográficos, cuja preocupação é extrair elementos capazes de fundamentar a compreensão do tema proposto, partindo para a sistematização e exposição das propostas de experiências que poderão ser utilizadas.

## **2 | TEORIA, CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE ANÁLISE COMBINATÓRIA**

Nesse tópico será abordado métodos utilizados para resolver problemas de análise combinatória, O Princípio Fundamental da Contagem, Arranjos, Permutação e Combinações Simples. Essa abordagem tem como princípio mostrar conceitos, definições e formulações matemáticas para consolidar o estudo com futuras aplicações.

### **2.1 Fatorial**

Antes de iniciar o conceito de fatorial do ponto de vista matemático é importante para aplicar a utilidade do ponto de vista cotidiano. Assim sendo, o uso do fatorial envolve muitas situações práticas e para introduzir os conceitos de permutações

e combinações são necessários compreender o conceito de fatorial onde tanto a permutação quanto a combinação dependem do fatorial, como será observado.

Antes de verificar exemplos de aplicação de fatorial, combinação e permutação é importante compreender o que significa, matematicamente, o conceito de fatorial. Assim sendo, dado um número natural qualquer  $n$ , sendo  $n > 1$  define-se o fatorial de  $n$ , o que denotamos por  $n!$ , o produto decrescente de  $n$  até 1 (IEZZI, 2000, p-19)

$$n! = n.(n-1).(n-2)...3.2.1$$

Nos casos particulares  $n = 1$  e  $n = 0$  define-se:

$$1! = 1$$

E

$$0! = 1$$

Note que:

$$0! = 1$$

$$1! = 1$$

$$2! = 2.1 = 2$$

$$3! = 3.2.1 = 6$$

## 2.2 Princípio fundamental da contagem

Se um evento é composto por duas etapas sucessivas e independentes de tal maneira que o número de possibilidades na 1ª. Etapa é  $m$  e o número de possibilidades na 2ª. Etapa é  $n$ , então o número total de possibilidades de o evento ocorrer é dado por  $m.n.$  (IEZZI, 2000, p-2)

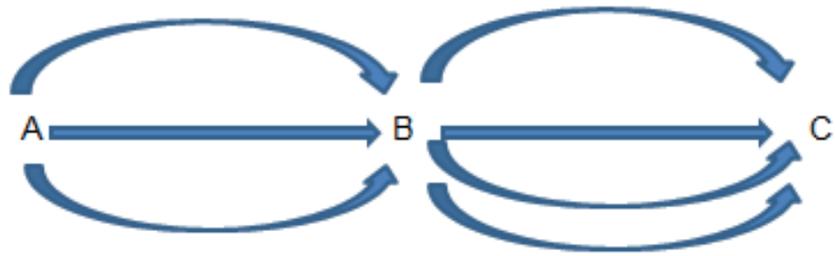
Pode-se generalizar este resultado para qualquer número finito de etapas: Se a 1ª. Etapa ocorre de  $p_1$  possibilidades, a 2ª. Etapa de  $p_2$  possibilidades e assim até a  $n$ -ésima etapa de  $p_n$  possibilidades, o número total de possibilidades é dada por:

$$p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdots p_n$$

A questão nesse ponto é de indagar qual a importância de aprender sobre o princípio fundamental da contagem?

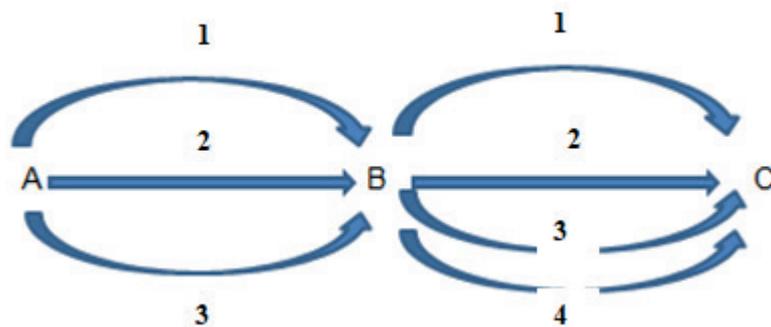
Para responder a essa pergunta, considere que se Deseja sair de uma cidade de  $A$  e chegar à cidade  $C$ , passando, necessariamente, por uma cidade  $B$ , onde de  $A$  até  $B$ , tem-se 3 caminhos possíveis para seguir e de  $B$  para  $C$  temos 4 caminhos possíveis para seguir. De quantas são as maneiras de partir da cidade  $A$  e chegar a cidade  $C$ , passando, necessariamente, por  $B$ ?

Para responder a essa questão, considere o seguinte diagrama:



Fonte: Acervo do autor( ANILDO< 2019)

Observando a figura, pode-se considerar que uma pessoa pode tomar o caminho 1 de A a B e escolher quaisquer um dos quatro caminhos que vai de B para C. Em seguida, pode escolher o segundo caminho de A a B e optar, novamente, pelos quatro quaisquer dos caminhos de B a C e por fim, poderá ir pelo caminho 3 ( A a B) e escolher os outros quaisquer dos quatro caminhos de B a C. Observe o diagrama a seguir,



Ou seja, o numero de pares ordenados serão,

(1,1), (1,2), (1,3), (1,4)

(2,1) (2,2), (2,3), (2,4)

(3,1) (3,2), (3,3), (3,4)

Verifica-se, portanto que há 12 possibilidades de escolhas.

então pelo Princípio Fundamental da Contagem, existem 12 caminhos possíveis para sair da cidade A e chegar à cidade C, pois  $3 \cdot 4 = 12$ .

### 2.3 Permutações Simples

Denomina-se permutações simples de  $n$  elementos distintos dados a toda sucessão de  $n$  termos formada com esses  $n$  elementos distintos. Tal permutação é obtida fazendo ( IEZZI, 2000,p-18) :

$$P_n = n!$$

Os exemplos 1 e 2 que ilustram algumas aplicações envolvendo as permutações simples, uma bem direta e outra que requer um pouco mais de raciocínio, além da utilização da fórmula da permutação simples.

Exemplo 1: Quantos anagramas<sup>1</sup> pode-se formar com a palavra AMOR.

Solução:

Como a palavra AMOR é formada por quatro letras distintas, logo:

$$P_4 = 4! = 4.3.2.1 = 24$$

Assim pode-se formar 24 anagramas distintos com a palavra AMOR.

Exemplo 2: De quantos modos é possível sentar 7 pessoas em cadeiras em fila de modo que duas determinadas pessoas dessas 7 não fiquem juntas?

**Solução:**

O número total de modos de sentar 7 pessoas em 7 cadeiras é o número de modos de arrumar 7 pessoas em fila, ou seja,  $7!$ . Só que o problema quer que duas determinadas pessoas dessas 7 não fiquem juntas, logo do total de  $7!$ , temos que retirar a possibilidade de duas pessoas  $A$  e  $B$  ( $AB$  ou  $BA$ ), estejam juntas. Assim estando  $A$  e  $B$  ( $AB$  ou  $BA$ ), não têm 7 pessoas e sim 6 e como pode ser  $AB$  ou  $BA$ , logo faz-se  $2.6! = 1.400$ . Desta forma a solução do problema é dada por:

$$7! - 2.6! = 5.040 - 1.440 = 3.600 \text{ modos.}$$

## 2.4 Permutações circulares

De quantas maneiras distintas pode-se formar uma ciranda (um círculo formado de objetos, pessoas, etc.)?

Suponhamos que se queira formar uma ciranda com três pessoas, por exemplo, com Antônio, Beatriz e Fernando, logo pode-se pensar na ciranda conforme ilustra a Figura

Três posições, três pessoas então pelo princípio Fundamental da Contagem existem  $3!$ , ou melhor, quando girar a ciranda da figura 3, ter-se-á a ciranda distribuída conforme a figura 4.

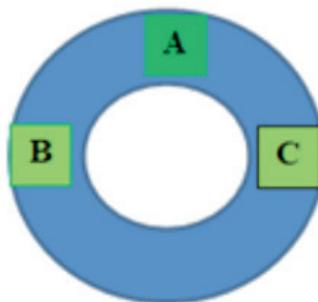
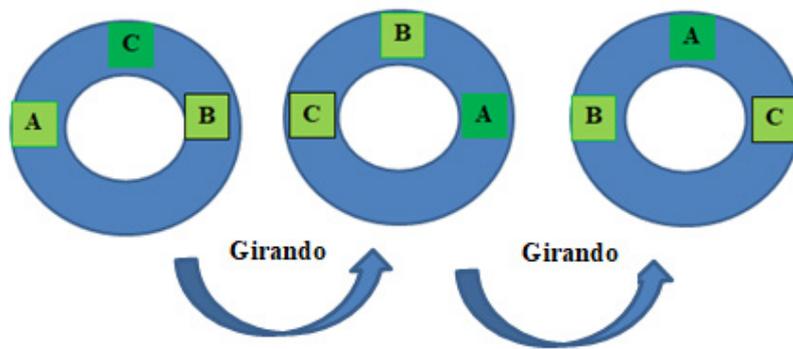


Figura 4- Ciranda da figura

Fonte: Acervo do autores

1 Os anagramas são alterações da sequência das letras de uma palavra.



Fonte: Acervo do autores

Pela Figura 4 pode-se perceber que ao girar a ciranda ela não deixa de ser a ciranda original.

Formada então uma disposição inicial, qualquer outra disposição que gire a ciranda, sempre consegue voltar à disposição inicial na verdade é a mesma roda formada pela disposição inicial!. A figura 5, apresenta a posição inicial da ciranda diferente da disposta na figura 3.

Note que a Figura 5 é totalmente diferente da figura 4, não importa o quanto a ciranda gire.

Pode-se ver então que cada roda formada conta como 3 no número total apresentado pelo princípio da contagem (que contou todas as possíveis maneiras de se montar uma roda com 3 pessoas).

Suponha uma ciranda formada por quatro pessoas, por exemplo, Angélica, Felipe, Bernardo e Cleide. Pode-se pensar na ciranda conforme a Figura 6.

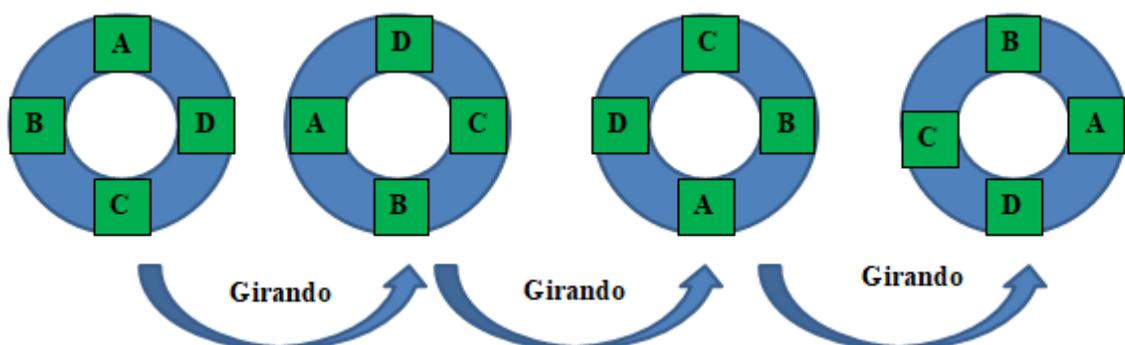


Figura 6: Ciranda rotacionada 3

Fonte: Acervo dos autores.

Pode-se perceber que com 3 elementos, tem-se 3 rodas iguais, para 4 elementos 4 rodas iguais, continuando desta maneira, tem-se  $n$  para pessoas brincando de roda uma quantidade de  $n$  rodas iguais a inicial.

Como fazer então para saber a quantidade total de rodas distintas possíveis?

Solução:

Analisando a situação, para o caso de 3 elementos compondo a ciranda, tem-se a seguinte regra de três simples:

Rodas distintas	Rodas iguais
1	3
$x$	$3!$

$$x = \frac{3!}{3} = \frac{3 \cdot 2!}{3} = 2!$$

Analisando a situação, para o caso de 4 elementos compondo a ciranda, tem-se a seguinte regra de três simples:

Rodas distintas	Rodas iguais
1	4
$x$	$4!$

$$x = \frac{4!}{4} = \frac{4 \cdot 3!}{4} = 3!.$$

Assim por diante, analisando a situação, para o caso de  $n$  elementos compondo a ciranda, tem-se a seguinte regra de três simples:

Rodas distintas	Rodas iguais
1	$n$
$x$	$n!$

$$\begin{aligned} x &= \frac{n!}{n} \\ &= \frac{n \cdot (n-1)!}{n} \\ &= (n-1)!. \end{aligned}$$

Conclusão: Uma permutação circular com  $n$  elementos é obtida fazendo:

$$(PC)_n = (n-1)!$$

Considere os exemplos 3 e 4 como aplicações da expressão de  $(PC)_n$ .

### Exemplo

De quantos modos  $n$  casais podem formar uma roda de ciranda de modo que cada homem permaneça ao lado de sua mulher e que pessoas de mesmo sexo não fiquem juntas?

**Solução:**

Há

$$(PC)_n = (n-1)!$$

modos distintos de formar uma roda com as  $n$  mulheres. Depois disso, há dois

modos de pôr os maridos na roda: à direita ou à esquerda de suas mulheres.

Portanto existem  $2 \cdot (n - 1)!$  modos distintos de formar à roda de ciranda.

## 2.5 Permutação de Elementos Nem Todos Distintos

Conforme foi estudado no item 2.3.1, o número de anagramas da palavra PRATICO é dado por:  $7!$ , que a palavra PRATICO é formada por 7 letras todas distintas, mas como calcular o número de anagrama da palavra ANA?

Resposta:

Como ANA é uma palavra pequena, ela pode ser escrita com todas suas possibilidades do anagrama. Assim:

AAN, ANA, NAA.

Ou seja, o número de anagramas da palavra ANA são 3.

Note que ao utilizar a fórmula da permutação simples tem-se:

$$3! = 6 \neq 3.$$

E se fosse o da palavra ARARA?

Resposta:

Escrevendo todas as possibilidades do seu anagrama, temos:

AAARR, AARAR, AARRA, ARARA, ARRAA, RARAA, RRAAA, ARAAR, RAARA, RAAAR.

Ou seja, o número de anagramas da palavra ARARA são 10.

Pela fórmula de Permutação Simples teríamos:

$$5! = 120 \neq 10.$$

O que está acontecendo?

Note que supondo que podemos enumerar as letras iguais  $A_1, A_2, A_3, R_1, R_2$ .

Quando utilizamos o princípio da multiplicação contamos para

$A_1 A_2 A_3 R_1 R_2, A_1 A_3 A_2 R_1 R_2, A_2 A_1 A_3 R_1 R_2, A_2 A_3 A_1 R_1 R_2, A_3 A_1 A_2 R_1 R_2, A_2 A_3 A_1 R_1 R_2,$   
 $A_1 A_2 A_3 R_2 R_1, A_1 A_3 A_2 R_2 R_1, A_2 A_1 A_3 R_2 R_1, A_2 A_3 A_1 R_2 R_1, A_3 A_1 A_2 R_2 R_1, A_2 A_3 A_1 R_2 R_1$

Como sendo todas diferentes, quando na verdade são todas iguais ao anagrama AAARR.

No total conta-se  $3! \cdot 2!$  quando na verdade deveria ter contado apenas 1.

Logo, o total de anagramas da palavra ARARA é  $\frac{5!}{3!2!} = 10$ .

Para a palavra ANA tem-se:

$$\frac{3!}{2! \cdot 1!} = 3.$$

Ou seja, de modo geral se existe uma palavra com  $n$  letras onde destas  $n$  tem-se  $n_1, n_2, \dots, n_p$  iguais de modo que  $n_1 + n_2 + \dots + n_p = n$  então o número de anagramas diferentes com estas letras é

$$\frac{n!}{n_1! \dots n_p!}$$

e denota-se este tipo quociente por

$$P_n^{n_1, n_2, \dots, n_p}.$$

Abaixo são apresentados alguns exemplos de aplicações da fórmula da permutação com alguns elementos repetidos

Exemplo 5: Quantos números com 5 algarismos podem ser formados usando apenas os algarismos 1, 1, 1, 1, 2 e 3?

Solução:

Tem-se 1, 1, 1, 1 e 2 onde

$$P_5^{4,1} = \frac{5!}{4!1!} = 5 \text{ números.}$$

Usando 1, 1, 1, 1 e 3 onde há outros 5 números, pois, 1, 1, 1, 2 e 3 há

$$P_5^{3,1,1} = \frac{5!}{3!1!1!} = 20 \text{ números.}$$

Assim;  $5 + 5 + 20 = 30$ .

## 2.6 Arranjos Simples

Dado um conjunto com  $n$  elementos distintos, chama-se arranjo simples de taxa  $k$ , a todo agrupamento de  $k$  elementos distintos dispostos numa certa ordem. Dois arranjos diferem entre si, pela ordem de colocação dos elementos. Assim, no conjunto  $E = \{a, b, c\}$ , tem-se:

- a) Arranjos de taxa 2: ab, ac, bc, ba, ca, cb.
- b) Arranjos de taxa 3: abc, acb, bac, bca, cab, cba.

Representa-se pelo símbolo  $A_{n,k}$  o número de arranjos de  $n$  elementos distintos tomados  $k$  a  $k$  e calculamos usando a fórmula:

$$A_{n,k} = \frac{n!}{(n-k)!}$$

Ou

$$A_{n,k} = \underbrace{n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \dots}_{k \text{ elementos}}$$

Note que  $A_{n,n} = \frac{n!}{(n-n)!} = \frac{n!}{0!} = n! = P_n$ .

Veja os exemplos 7 e 8 que são característicos de Arranjos Simples.

Exemplo 7: Um cofre possui um disco marcado com os dígitos 0, 1, 2, ..., 9. O segredo do cofre é marcado por uma sequência de 3 dígitos distintos. Se uma pessoa tentar abrir o cofre, quanta tentativa deverá fazer (no máximo) para conseguir abri-lo?

### 2.6.1 Arranjos com repetição

Define-se arranjo com repetição, de  $n$  elementos tomados  $p$  a  $p$ , a todo grupo ordenado de  $p$  elementos escolhidos entre os  $n$  elementos disponíveis. Para tais problemas tais elementos  $p$  a serem escolhidos podem ser repetidos.

Considere o conjunto  $A = \{2,3,4,5\}$ , pode-se escrever todos os números com 2 elementos escolhidos entre os 4 elementos de  $A$ .

São eles: 23, 24, 25, 32, 42, 52, 34, 43, 45, 54, 22, 33, 44, 55, 35, 53.

Neste caso, o número de arranjos é representado por  $AR_{4,2} = 16$  e que pelo PFC, tem-se:

$$4 \cdot 4 = 4^2.$$

Assim de maneira geral para um conjunto com  $n$  elementos tomados  $p$  a  $p$  seu arranjo com repetição é dado por:

$$AR_{n,p} = n^p.$$

Os exemplos 9 e 10 típicos de arranjos com repetição.

Exemplo : Quantos números de 3 algarismos podemos formar com os algarismos 1,2,3,4,5,6,7,8 e 9?

Solução:

Como os algarismos não são distintos, isso possibilita que se usem as mesmas quantidades de números tanto para a 1º, 2º e 3º posição, assim tem-se;  $AR_{9,3} = 9^3 = 9 \times 9 \times 9 = 729$ .

Exemplo 10: Qual é o número total de anagramas que pode ser formado juntando três letras quaisquer de um alfabeto de 23 letras?

Solução:

Neste caso o número de anagramas será calculado utilizando a fórmula

$$AR_{23,3} = 23^3 = 23 \times 23 \times 23 = 12167$$

anagramas formadas com 3 letras, começando por AAA e terminando com ZZZ.

## 2.7 Combinações Simples

Define-se combinações simples de  $n$  elementos distintos tomados  $k$  a  $k$  aos conjuntos formados de  $k$  elementos distintos escolhidos entre os  $n$  elementos dados.

Representa-se pelo símbolo

$$C_{n,k}$$

ou

$$C_n^k$$

o número de combinações de  $n$  elementos tomados  $k$  a  $k$  e calcula-se usando a fórmula:

$$C_{n,k} = \frac{n!}{(n-k)!k!}$$

ou

$$C_{n,k} = \frac{A_{n,k}}{P_k}.$$

A diferença do Arranjo Simples para a Combinação Simples é que para o Arranjo Simples a ordem dos elementos é importante, ou seja faz diferença, enquanto para a Combinação Simples a ordem dos elementos não é importante, ou seja, se trocar a ordem dos elementos o resultado é o mesmo. Os exemplo 11 e 12 envolvem combinações simples.

### 2.7.1 Combinações Completas ou Com Repetição

Para introduzir a ideia de combinações com repetições, é apresentado um exemplo: De quantos modos é possível comprar 3 sorvetes em uma sorveteria que os oferece em 5 sabores?

Normalmente utiliza-se a seguinte solução

$$C_{5,3} = 10.$$

Esta resposta não está correta. Ela estaria certa caso a pergunta fosse: De quantos modos podemos escolher 3 sorvetes diferentes, em uma sorveteria que os oferece em 5 sabores? Essas 10 possibilidades representam as combinações simples de 5 elementos, tomados 3 a 3.

Na questão apresentada, a resposta correta seria

$$CR_{5,3},$$

que são as combinações completas de 5 elementos, tomados 3 a 3, ou seja, nesse caso admitiríamos a hipótese da pessoa escolher sabores repetidos.

O cálculo das combinações completas, seguirá um raciocínio com as permutações com elementos repetidos.

Para que haja uma melhor compreensão do problema inicial, deve-se supor que a sorveteria oferecesse os sabores: manga, abacaxi, goiaba, cereja e limão. Nas combinações simples, desses 5 sabores, tomados 3 a 3, só existiria composições do tipo: manga, abacaxi, goiaba ou goiaba, cereja, limão ou abacaxi, goiaba, limão, etc... Como se pode perceber, essa opção das combinações completas dará um resultado maior que na primeira, que gerou 10 possibilidades de escolha.

Pode-se encarar a solução do problema das combinações completas da escolha de 3 sabores (distintos ou não), numa sorveteria que oferece 5 opções de escolha, como sendo as soluções inteiras e não negativas da equação:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 3$$

Tem-se, portanto, 5 variáveis que representam a quantidade comprada, de cada um dos sabores oferecidos.

No exemplo da sorveteria:

$$\begin{aligned} CR_{5,3} \\ &= P_7^{3,4} \\ &= \frac{7!}{3!4!} = 35. \end{aligned}$$

Pode-se então concluir, sobre as combinações completas de  $n$  elementos,  $p$  a  $p$ .

$$CR_{n,p} = P_{n-1+p}^{n-1,p} = \frac{(n-1+p)!}{(n-1)!p!}.$$

Uma importante propriedade: As combinações com repetição podem também ser transformadas em combinações simples equivalentes de acordo com a relação:

$$CR_{n,p} = C_{n+p-1,p}$$

Os exemplos 13, 14 e 15 são de aplicações das Combinações Completas.

Exemplo: De quantos modos pode comprar 4 salgadinhos em uma lanchonete que oferece 7 opções de escolha de salgadinhos?

Solução:

Tem-se que em primeiro lugar determinar a quantidade de soluções inteiras positivas de uma equação do tipo:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 4.$$

Logo a solução será dada por;

$$CR_{7,4} = P_{10}^{6,4} = \frac{10!}{6!4!} = 210.$$

Exemplo 14: Podendo escolher entre 5 tipos de queijo e 4 marcas de vinho, de quantos modos é possível fazer um pedido num restaurante, com duas qualidades de queijo e 3 garrafas de vinho?

Solução:

Primeiramente escolhe-se os dois tipos de queijos entre os 5 disponíveis (distintos ou não), isto será igual a

$$CR_{5,2} = P_6^{4,2} = \frac{6!}{4!2!} = 15,$$

depois se escolhe 3 garrafas entre os 4 vinhos disponíveis, ou seja,

$$CR_{4,3} = P_6^{3,3} = \frac{6!}{3!3!} = 20,$$

assim o número de pedidos de queijos e vinhos, de acordo como proposto na questão, deverá ser dado por  $15 \times 20 = 300$

### 3 I PROPOSTAS DE EXPERIMENTAÇÃO PARA A ANÁLISE COMBINATÓRIA COM O AUXÍLIO DE MATERIAL CONFECCIONADO DE MIRITI

Nesse tópico é apresentado proposta de trabalho em sala de aula que podem ser utilizados pelos professores quando ministrarem análise combinatória. Deve-se atentar que é necessária a atenção do professor para as escolhas de cada experimentação, isso deve levar em consideração o contexto do aluno, o nível de entendimento e a disponibilidade de se trabalhar na sala ou no laboratório de matemática. Para esses problemas, utilizam plaquinhas de material confeccionados de miriti como recurso na aplicabilidade e solução do problema proposto

ATIVIDADE	OBJETIVOS
Construção de Anagramas	Mostrar as diversas formas de se realizar a permutação dos nomes dos alunos com o uso de blocos de miriti
Números de vestimentas	De quantas maneiras o aluno pode se vestir se tiver calças, camisas e sapatos de cores diferentes
Permutação de livros	Permutar os livros de forma que cada coleção específica não se misture

Tabela 1: Atividades de experimentação

Fonte: Acervo dos autores

### 3.1 A construção de anagramas com o recurso de blocos de miriti

#### 3.1.1 Material utilizado

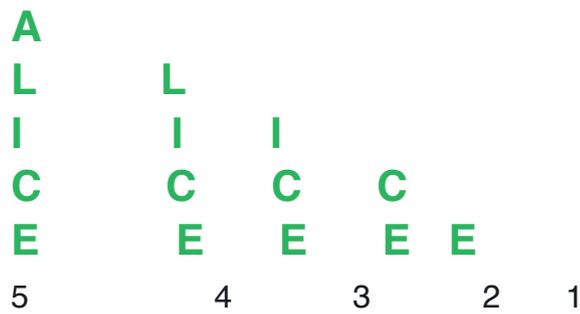
O material utilizado para a confecção desse experimento consiste em em considerar o alfabeto da língua portuguesa construído em quadrados de miriti ( Figura 1)



2º PASSO construção dos anagramas a partir dos seguintes nomes:

ALICE CARLOS MARIA ANA JOÃO VIVIANE

Nesse caso, o professor poderá mostrar por meio do uso do fatorial explicar o numero de anagramas que cada aluno pode ter. Observe o esquema a seguir



Ou seja, há 5 maneiras de escolher uma letra para a primeira posição, 4 para a segunda, 3 para a terceira, 2 para a quarta e 1 para a quinta.

Usando a notação fatorial, tem-se que

$$5! = 5.4.3.2.1 = 60$$

Quer dizer que com a palavra ALICE, existem 60 anagramas.

### 3.1.2 A construção de maneiras de se vestir de maneiras distintas

#### Masculino

Para n pequeno



Camisas



Calça



sapatos

Fonte: Acervo dos autores

#### - Procedimento:

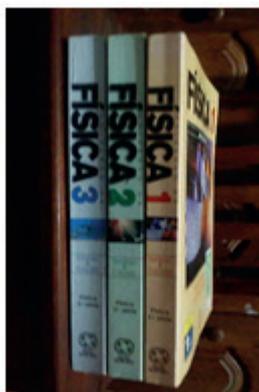
Primeiramente distribuem-se três casas sobre a mesa (A, Z e R), em seguida, coloca-se uma estrada entre A e Z e outra entre Z e R. Sucessivamente vai sendo colocadas mais estradas entre elas. O objetivo desta primeira etapa é que o sujeito compreenda a diferença entre “estradas” e “caminhos”, visto que ligando mais de uma estrada podemos obter um único caminho. Em sala de aula o professore poderá levar as plaquinhas de miriti e aplicar esse problema para os alunos, mostrando a importância do recurso para uma melhor compreensão do problema.

### 3.1.3 Permutação de livros de mesma coleção

Um dos problemas que o professor poderá utilizar em aulas experimentais, consiste em levar para a sala de aula plaquinhas de miriti com diferentes cores escritos em nomes de livros de Química, Física e Geografia. O objetivo desse problema consiste ensinar o aluno como deve permutar as coleções entre si sem no entanto, separá-las das coleções.



**Química**



**Física**



**Geografia**

A solução desse problema se baseia em determinar o número de possibilidades que se deve permutar cada coleção sem que os separe entre si.

Solução do problema.

Considere que cada coleção seja representada por quadrinhos ( Figura 2)



Podem-se permutar essas coleções. Assim sendo, existem 3 possibilidade de escolher cada coleção. Suponha-se que a primeira coleção escolhida seja de Física. Logo, tem-se que há apenas duas restantes. Considere que a segunda possibilidade seja a de Química ou de Geografia e por fim há apenas uma possibilidade. Logo, pode-se concluir que as permutações das coleções dadas de Química, Física e Geografia seja de 3!.

Desse modo, pode-se considerar que o numero de possibilidade para as permutações das coleções, será

$$N = 6.$$

Deve-se considerar as permutações para cada coleção.

Para a coleção de Quimica, Tem-se que



Como as coleções devem ser permutadas entre si, pode-se considerar que. Existem três possibilidades de colocar na primeira posição qualquer um dos tres livros de química, duas possibilidade para a segunda posição e uma possibilidade para a terceira posição.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a abordagem do tema, por meio das revisões bibliográficas, a proposta de se trabalhar com a experimentação é muito válida e permite o aluno possa interagir com a construção da solução do problema estudado. A experimentação em sala de aula é útil porque o professor poderá realizar, considerando o conhecimento que o aluno possui e a partir disso organizar os planos de aula.

A experimentação por si não suficiente para que problemas de ensino e aprendizagem sejam solucionados de maneira rápida e efetiva. A experimentação é na verdade uma proposta direcionada ao professor, que por meio de suas análise de turma consegue criar em sala de aula um ambiente de participação de todos. Essa participação é inerente na experimentação, em que o aluno tem que interagir com a teoria, sabendo dos conceitos e definições para poder ter eficiência na prática de sala de aula.

Por meio do trabalho desenvolvido, tornou-se evidente que a experimentação nas aulas de matemática se torna um auxílio substancial para a ocorrência a aprendizagem significativa, melhorando o processo de ensino e aprendizagem em todos as etapas e anos de ensino.

Dada à importância do assunto, e a limitação do tema, torna-se necessário um aprofundamento nessa área de conhecimento que venha contribuir para que pesquisas nesse sentido sejam desenvolvidas de maneira significativa no ensino de matemática com ênfase na experimentação, considerando a aprendizagem significativa. Desse modo, a proposta aqui apresentada é uma parte de um todo que ainda está em desenvolvimento e precisa ser aprimorado, investigado de maneira sistemática para que outras propostas sejam apresentadas e que venham contribuir para o ensino de matemática de maneira significativa.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. L. de. **Ensinando e aprendendo análise combinatória com ênfase na comunicação matemática**: um estudo de caso com o 2º ano do ensino médio. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.
- ALMEIDA, A. L. de; FERREIRA, A. C. **Ensinando e aprendendo análise combinatória com ênfase na comunicação matemática**. Ouro Preto: UFOP, 2010. Disponível em: <[http://www.ppgedmat.ufop.br/arquivos/livreto\\_Adriana\\_Luzie.pdf](http://www.ppgedmat.ufop.br/arquivos/livreto_Adriana_Luzie.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2019.
- BARROSO, J. M. **Conexões com a matemática**: ensino médio. São Paulo: Moderna, 2010.v. 2, 440 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2006. 137 p.
- BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais: **ensino médio**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 1998. 58 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- BRASIL. **PCN+ ensino médio**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília, 2010. 144 p.
- CARNEIRO, M. J. D.; SPIRA, M.; SABATUCCI, J. **Matemática: ensinamentos fundamental e médio**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de educação de Minas Gerais, 2007. 80 p. Disponível em: <[http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/banco\\_objetos\\_crv/%7B4DA513B4-3453-4B47-A322-13CD37811A9C%7D\\_Matem%C3%A1tica%20final.pdf](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/banco_objetos_crv/%7B4DA513B4-3453-4B47-A322-13CD37811A9C%7D_Matem%C3%A1tica%20final.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- CHARNAY, R. Aprendendo (com) a resolução de problemas. In: PARRA, C. (Org.). **Didática da matemática: reflexões psicopedagógicas**. Porto Alegre: Artmed, 1996.
- DANTE, L. R. **Didática da resolução de problemas de matemática**. São Paulo: Ática, 1998. 176 p.
- DANTE, L. R. **Matemática: ensino médio**, volume único. São Paulo: Ática, 2005. 504 p.
- DURO, Mariana Lima. **Análise Combinatória e Construção de Possibilidades**: O raciocínio formal no ensino médio. 2012.
- HUANCA, R. R. H. **A resolução de problemas no processo ensino aprendizagem**: avaliação de matemática na e além da sala de aula. 2006. 247 p. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- IEZZI, G. et al. **Matemática**: ciência e aplicações, ensino médio. São Paulo: Saraiva, 2010. v. 2, 320 p.
- MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.
- MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.
- MORGADO, A. C. O. et al. **Análise combinatória e probabilidade**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Matemática, 1991. 343 p. (Coleção do Professor de Matemática).
- MORGADO, Augusto Cesar de Oliveira, CARVALHO, João Bosco Pitombeira, CARVALHO, Paulo Cesar Pinto, FERNANDEZ, Pedro. **Análise Combinatória e Probabilidade**. Coleção do Professor de Matemática, Rio de Janeiro, 1991.

ONUCHIC, L. R. **Ensino-aprendizagem de matemática através da resolução de problemas**. In: BICUDO, M. A. V. (Org.). Pesquisa em educação matemática: concepções e perspectivas. São Paulo: UNESP, 1999.

VAZQUEZ, Cristiane Maria Roque. MALAGUTTI, Pedro Luiz Ap. artigo científico: **Atividades Experimentais de Análise Combinatória no Ensino Médio em uma Escola Estadual**. Disponível em: [www.enrede.ufscar.br/participantes\\_arquivos/E5\\_Vazquez\\_TA.pdf](http://www.enrede.ufscar.br/participantes_arquivos/E5_Vazquez_TA.pdf). Acesso em: 20 de mar. 2019.

TADEU, Walter. Análise combinatória. Disponível em: <http://professorwaltertadeu.mat.br/>. Acesso em 15 de jun. 2019.

OGLIARI, L. N. A Matemática no Cotidiano e na Sociedade: perspectivas do aluno do ensino médio. 2008. 146 f. Dissertação de Mestrado. – Mestrado em Educação em Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

D'AMBROSIO, B. S. Como Ensinar Matemática Hoje? SBEM, Brasília, ano 2, n.2, p.15-19, 2010.

LORENZATO, S. Laboratório de ensino de matemática e materiais didáticos manipuláveis. In: LORENZATO, Sérgio. Laboratório de Ensino de Matemática na formação de professores. Campinas: Autores Associados, 2006. p. 3-38.

## VARIABILIDADE MULTITEMPORAL DA LINHA DE COSTA DA PRAIA DO BALBINO, CASCAVEL – CEARÁ

*Data de aceite: 10/12/2019*

*Data de submissão: 13/10/2019*

### **Francisco Oricélio da Silva Brindeiro**

Universidade Estadual do Ceará - Uece

Fortaleza – Ceará

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0357447890664526>

### **Filipe Maciel de Moura**

Universidade Estadual do Ceará - Uece

Fortaleza – Ceará

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0020018953154453>

### **Francisco José Maciel de Moura**

Universidade Estadual do Ceará - Uece

Fortaleza – Ceará

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1315706759935544>

### **Jader Onofre de Morais**

Universidade Estadual do Ceará - Uece

Fortaleza – Ceará

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2171381547908150>

**RESUMO:** O recuo da linha de costa que atualmente é verificado em diversas praias, é resultado de processos erosivos intensos que não são apenas de origem natural, mas possuem estreita relação com as atividades humanas. O objetivo deste trabalho é analisar a variabilidade (2004- 2018) da linha de costa da praia do Balbino, Cascavel/CE, através da ferramenta Digital Shoreline Analysis System

– DSAS, que é uma extensão do software ArcGIS 10.1. Os resultados apontaram uma tendência erosiva para todo o trecho costeiro. O processo é mais acentuado nos setores onde há uma maior dinâmica ocupacional, associada a presença de residências e barracas em áreas de transpasse sedimentar para praia, como nas dunas frontais e pós-praia. Atualmente a ação da maré atinge constantemente as barracas de praia, principalmente em períodos de ressaca, causando destruição e prejuízos socioeconômicos para população local. A simplicidade de aplicação deste método representa um importante auxílio ao gerenciamento ambiental de municípios costeiros que sofrem com a problemática da erosão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Praia, Linha de costa, Erosão costeira.

### MULTITEMPORAL VARIABILITY OF THE BALBINO BEACH COASTLINE, CASCAVEL - CEARÁ

**ABSTRACT:** The coastline retreat that is currently observed in several beaches is the result of strong erosion processes, due to the natural and anthropic origin. The aim of this work was to analyze the variability (2004-2018) of the Balbino beach coastline, Cascavel / CE, through the Digital Shoreline Analyzes System

- DSAS tool, which is an extension of ArcGIS 10.1 software. The results showed an erosive tendency for the entire coastal stretch. The process is more pronounced in sectors where there is higher occupancy, associated with the presence of residences and huts in areas of beach by-pass, such as the backshore and foredune. The tide action constantly reaches the beach huts, especially in periods of storm surge, causing destruction and socioeconomic damage to the local population. The simplicity of application of this method represents an important support to the environmental management of coastal cities that are in coastal erosion.

**KEYWORDS:** Beach, Shoreline. Coastal erosion.

## 1 | INTRODUÇÃO

A erosão costeira, caracterizada pelo recuo da linha de costa em direção ao continente, é atualmente um dos principais fatores de destruição de empreendimentos instalados na costa, gerando prejuízos e preocupação para as populações que habitam essas áreas.

Nas praias arenosas oceânicas a erosão ocorre em virtude do balanço sedimentar negativo, quando é ocasionado um déficit de material sedimentar que alimenta as praias. Esse fenômeno está ligado tanto a fatores naturais como antrópicos (MORAIS, 1996).

No Estado do Ceará, o recuo da linha de linhas de costa pelo avanço da erosão já foi verificado em diversas praias, tais como: Caponga, Iguape, Morro Branco, Icaraí, Paracuru, Lagoinha, além do litoral do município de Fortaleza e Icapuí. A ação combinada de agentes naturais como as ondas, marés, ventos, configuração da costa e as intervenções em áreas de aporte sedimentar como as dunas móveis são as principais causas (PINHEIRO, 2000; MEIRELES, 2012, BARROS, 2018).

No município de Cascavel, localizado na Região Metropolitana de Fortaleza no litoral leste Cearense, o avanço dos processos erosivos na praia de Caponga danificou diversas estruturas instaladas na orla do município como calçadas, vias de acesso, casas de veraneio e barracas de praia e trouxeram prejuízos econômicos para setores como o turismo, a pesca, o artesanato e o comércio.

A área do presente estudo é a praia do Balbino, também localizada no município de Cascavel (figura 01). A intensificação da erosão costeira nos últimos anos ocasionou a destruição de residências e barracas de praia, gerando prejuízos socioambientais significativos para a comunidade local. O objetivo deste trabalho é analisar as taxas de variação da linha de costa, utilizando dados multitemporais (2004 a 2018).

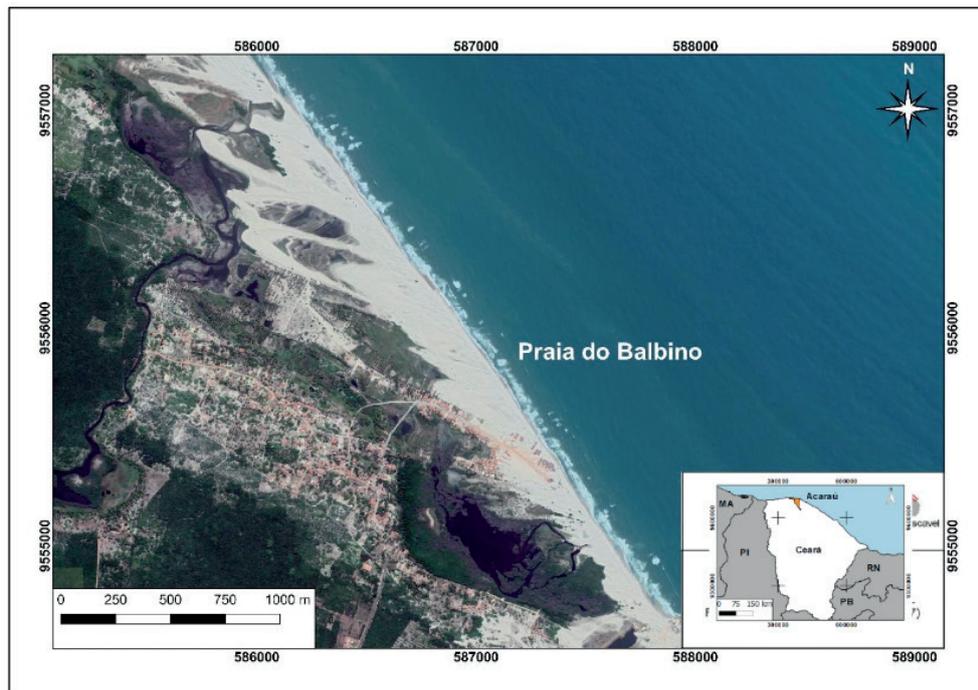


Figura 01- Carta imagem de localização da área de estudo

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A ferramenta Digital Shoreline Analysis System-DSAS é uma extensão vinculada ao software ARCGis® e foi elaborada pelo United States Geological Survey(USGS), é utilizada para analisar a variação da linha de costa durante um determinado período de tempo através de cálculos estatísticos gerados pelo próprio programa que permite a análise quantitativa das tendências de erosão e deposição. Esta metodologia foi utilizada em diversas áreas costeiras que sofrem com a problemática da erosão como nos trabalhos de Farias e Maia (2010), Oliveira (2014) e Barros (2018).

Inicialmente é necessário o estabelecer no DSAS uma linha de base (baseline) pelo usuário que também define sua distância em relação a linha de costa. Em seguida, é preciso gerar no programa transectos ortogonais que saem desta linha de base e cruzam as linhas de costas. Posteriormente são calculadas as taxas de mudanças por métodos estatísticos que são expostos no programa em uma tabela de atributos (figura 02).

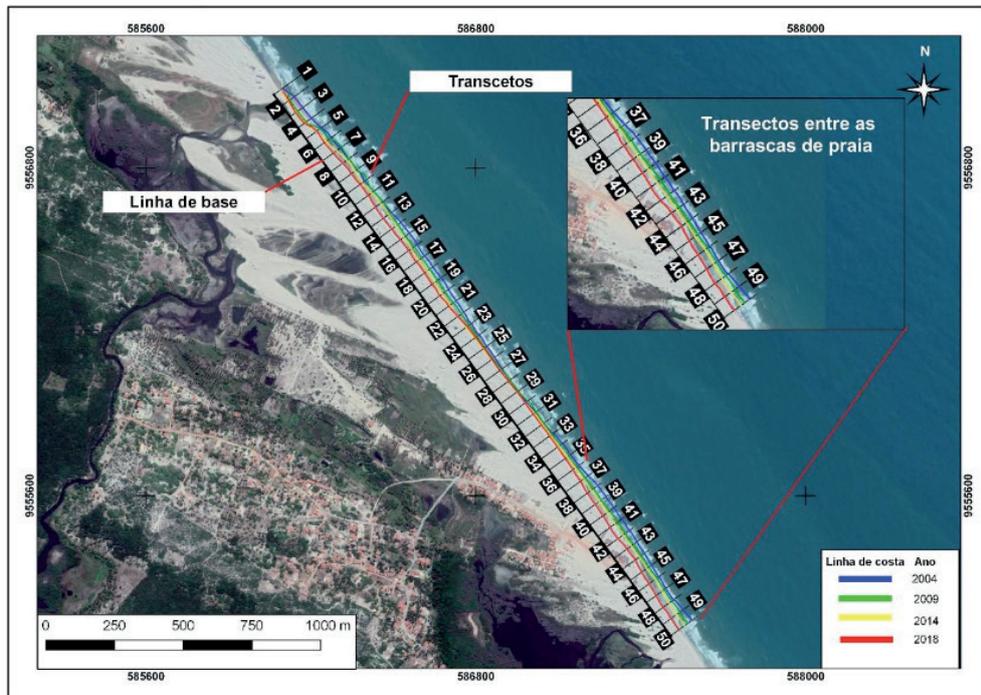


Figura 02: Linha de base e transectos estabelecidos no DSAS

Fonte: Elaborado pelos autores

Neste trabalho foram utilizados os seguintes métodos estatísticos, dentre outros que o DSAS é capaz de executar: Shoreline Change Envelope (SCE); Net Shoreline Movement (NSM); End Point Rate (EPR) e o Linear Regression Rate (LRR)), (HIMMELSTOSS, 2009).

Os indicadores para identificar a linha de costa são variados. Em inúmeros trabalhos é comum encontrar autores que utilizam a base de dunas frontais, base de falésias, máxima linha de água alcançada e até mesmo o lixo marinho depositado pela ação das ondas (BOAK E TURNER, 2005). O critério escolhido pode depender, dentre outros fatores, da nitidez de certas feições em imagens e fotografias ou das morfologias mais representativas em determinados trechos costeiros.

Neste trabalho as linhas de costa foram obtidas através de imagens de satélite que foram adquiridas no Google earth – pro. Os anos de cada imagem foram: 2004, 2009, 2014 e 2018. A linha de costa foi vetorizada, considerando a diferença entre a tonalidade da areia seca e molhada, bastante nítida em cada imagem.

A linha de costa mais recente (2018) foi obtida em um trabalho de campo, através de um caminhamento realizado com um GPS de navegação (modelo *garmin-etrex 10*). Nesta etapa também foi possível obter o registro fotográfico de impactos do avanço erosivo na área.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro dado estatístico analisado para a linha de costa da praia do Balbino

foi o referente ao SCE que considera a distância máxima e mínima da linha de costa em relação a linha de base. Os dados apontaram uma distância mínima de 5,3 m (transecto 28) e máximas de 48,4m (transecto 48) (gráfico 01).

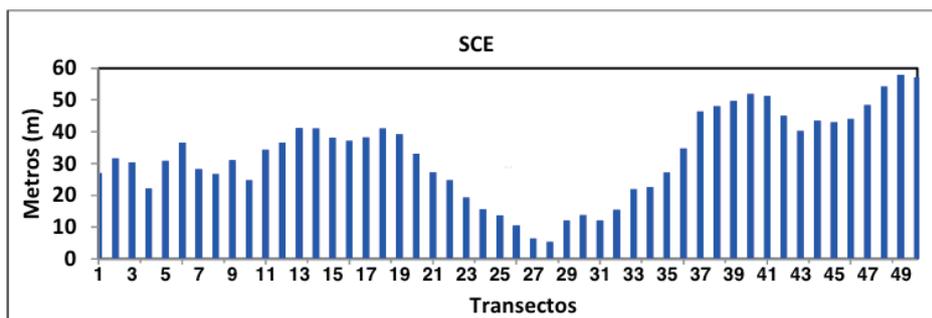


Gráfico 01: Distância máxima entre as linhas de costa

O NSM, considera a variação máxima entre a linha de costa mais atual e a mais antiga, neste caso, 2018 e 2004 respectivamente. O menor registro foi de -4,7 metros (transecto 29) e o valor máximo foi de -56,9 metros (transecto 49) (gráfico 02).

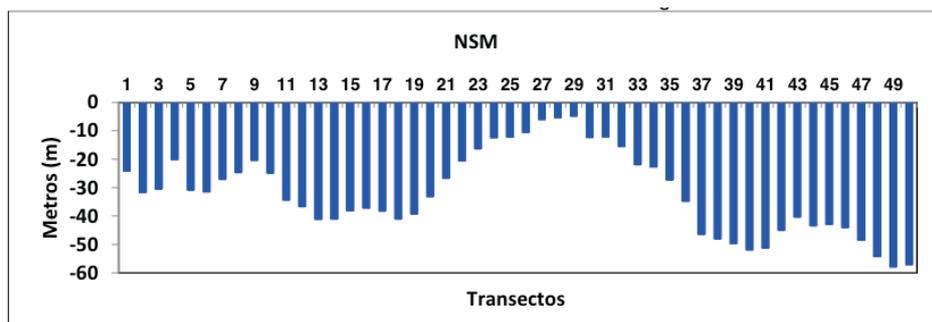


Gráfico 02: Distância entre a linha de costa mais antiga e mais atual

O EPR expõe o valor da média de variação da linha de costa, considerando a distância em metros entre a linha mais recente (2018) e a mais antiga (2004), dividida pelo período de tempo (14 anos). A variação média entre os transectos foi de -0,34 (transecto 29) e -4,14 metros (transecto 49) (gráfico 03).

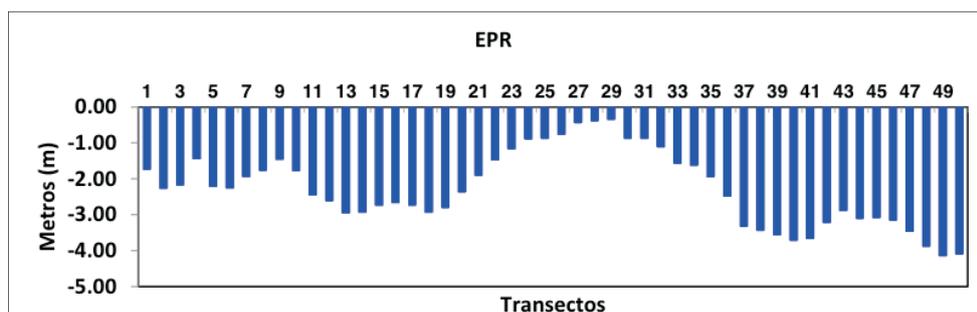


Gráfico 03: Média de variação da linha de costa no período analisado

O método LRR, também apresenta a média anual, porém, considerando todas as linhas de costa, através de um cálculo computacional de regressão linear. Os dados registrados apontaram um mínimo de -0,45 m (transecto 29) e máximo de -3,97 m (transecto 50) (gráfico 04).

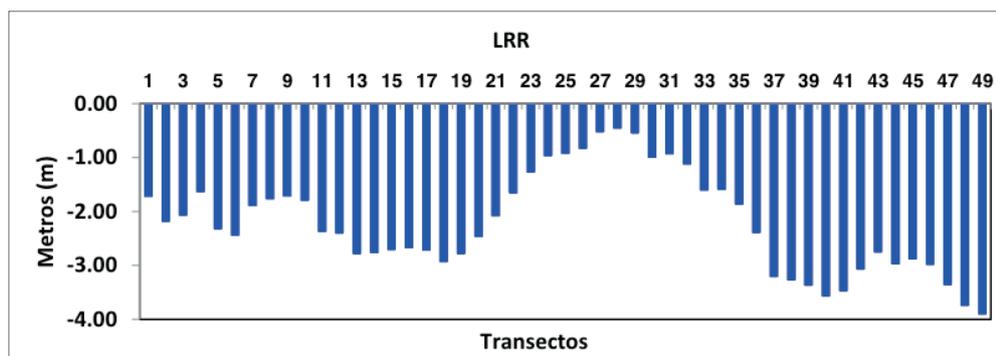


Gráfico 04: Variação da linha de costa conforme a taxa de regressão linear

A execução dos métodos estatísticos SCE, NSM, EPR e LRR apontou um predomínio dos processos erosivos em todo trecho analisado. Do transecto 37 ao 50 observa-se, de maneira geral, valores mais acentuados que podem estar associados a uma maior dinâmica ocupacional local, principalmente pela presença de residências e barracas em áreas de transpasse sedimentar para praia, como as dunas frontais.

Segundo Silva (2002), a linha de preamar máxima localizava-se a aproximadamente 20 metros das barracas de praia. Nos últimos anos, os moradores locais recuaram as barracas inúmeras vezes devido ao avanço do mar e a consequente erosão. Atualmente a ação da maré atinge constantemente as barracas de praia, principalmente em períodos de ressaca, como a ocorrida em outubro de 2016 (figuras 03 – A e B).



Figura 03: Destrução de barracas

Fonte: autores

É válido ressaltar que outros fatores como barramentos de rios para construção de barragens e os campos de dunas urbanizados, principalmente na região metropolitana de Fortaleza, aprisionam extensos pacotes de sedimentos e impedem sua distribuição ao longo das praias. Além de fatores ligados a dinâmica global, como a subida do nível do mar.

## 4 | CONCLUSÃO

A aplicação da metodologia permitiu a análise da variação da linha de costa em 14 anos (2004 a 2018), através dos procedimentos estatísticos SCE, NSM, EPR e LRR. Não foi identificado nenhum trecho com progradação costeira e a erosão tem um grau de intensidade maior na área de influência de barracas de praia.

É de suma importância uma intervenção do poder público, principalmente em relação ao atual quadro de ordenamento das barracas que se localizam muito próximo ao mar, estando bastante susceptível a novos desmoronamentos, principalmente em períodos de ressacas do mar.

Este estudo é uma contribuição importante para um trecho costeiro ainda pouco estudado, e sua simplicidade de aplicação pode ser método importante de auxílio ao gerenciamento ambiental de municípios costeiros que sofrem com a problemática da erosão.

## REFERÊNCIAS

- BARROS.E. L. (2018). **Erosão costeira no litoral do município de icapuí na última década: causas, consequências e perspectivas futuras.** Tese (doutorado em ciências marinhas tropicais). Universidade federal do Ceará, Fortaleza.
- BOAK, E.H.; TURNER, I.L. 2005. **Shoreline Definition and Detection: A Review.** *Journal of Coastal Research*, v.21, n. 4, p. 688-703
- FARIAS, G. G. F.; MAIA, L. P. **Uso de técnicas de Geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do Estado do Ceará, Brasil.** *Revista de Gestão Integrada da Zona Costeira*, v. 10, n. 4, p. 521-544, 2010.
- HIMMELSTOSS, E.A. 2009. "DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide". *In*: THIELER, E.R., HIMMELSTOSS, E.A., ZICHICHI, J.L., AND ERGUL, AYHAN. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0** — An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey, 2009.
- MAIA.G. O. (2014). **Erosão costeira no litoral do município de icapuí na última década: causas, consequências e perspectivas futuras.** Tese (doutorado em ciências marinhas tropicais). Universidade federal do Ceará, Fortaleza.
- MEIRELES, A. J. A. **Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais.** Fortaleza: Edições UFC, 2012.
- MORAIS, J.O. de. **Processos e impactos ambientais em zonas costeiras. Geologia do**

**Planejamento Regional.** Revista de Geologia. UFC. v. 9. 1996.

PINHEIRO, L. S. **Compatibilização dos processos erosivos com o uso e ocupação da praia da Caponga-Ceará.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza (2000).

SILVA, E. A. **Zoneamento geoambiental e diretrizes para o desenvolvimento sustentável: o litoral do município de Cascavel-ce.** DISSERTAÇÃO DE MESTRADO (PRODEMA-UFC),(2002).

## A OSCILAÇÃO MADDEN-JULIAN

*Data de aceite: 10/12/2019*

*Data de submissão: 04/11/2019*

### Renato Ramos da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),  
Departamento de Física  
Florianópolis-SC

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3714-0870>

### Reinaldo Haas

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),  
Departamento de Física  
Florianópolis-SC

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3435-0477>

**RESUMO:** A Oscilação Madden-Julian (OMJ) é uma perturbação atmosférica que tem origem geralmente sobre o Oceano Índico e pode se propagar pelos oceanos Pacífico e Atlântico tropical influenciando o clima regional de muitas regiões do planeta. Neste capítulo, fizemos uma breve introdução sobre a OMJ e apresentamos resultados de um caso observado com o modelo Ocean-Land-Atmosphere Model (OLAM). Os resultados mostraram que a capacidade de refinamento de grade do modelo para a região equatorial em combinação com a correção semanal da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e da adoção da parametrização física de cumulus Grell-Freitas proporcionaram os melhores resultados para a precipitação

acumulada observada e também permitiu representar a propagação para leste do fenômeno observado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Oscilação Madden-Julian, Previsão atmosférica

### THE MADDEN-JULIAN OSCILLATION

**ABSTRACT:** The Madden-Julian Oscillation (MJO) is an atmospheric disturbance that generally originates over the Indian Ocean and can move across the Pacific and tropical Atlantic oceans influencing the regional climate of many regions of the planet. In this chapter, we made a brief introduction to MJO and presented results from a case observed using the Ocean-Land-Atmosphere Model (OLAM). The results showed that the model's grid refinement capacity for the equatorial region in combination with the weekly Sea Surface Temperature (SST) boundary correction and the adoption of the Grell-Freitas cumulus physical parameterization provided the best results for the observed accumulated precipitation and also allowed to represent the eastward propagation of the observed phenomenon.

**KEYWORDS:** Madden-Julian Oscillation, Atmospheric forecast

## 1 | A OSCILAÇÃO MADDEN-JULIAN

A Oscilação Madden-Julian (OMJ) é a principal variabilidade na escala intrasazonal (i.e. 20-90 dias) da atmosfera tropical (Madden & Julian, 1994, 1971)172W. Dados observacionais mostram que esta oscilação propaga-se ao longo da região equatorial na forma de um pulso organizado de convecção úmida de oeste para leste. Ao considerar o pulso convectivo posicionado inicialmente sobre o Oceano Índico, observa-se a propagação zonal, entrando no Oceano Pacífico, podendo atingir a região do continente americano (Zhang, 2013) e, posteriormente, África e finalmente de volta ao Oceano Índico.

A propagação nem sempre ocorre com velocidade uniforme e frequentemente surgem situações em que o pulso convectivo principal fica estacionado em alguma região ou surgem novos pulsos que reiniciam o processo (Kiladis et al., 2014).

Esta oscilação possui vários estágios de evolução incluindo formação, desenvolvimento e dissipação (Waliser et al., 2009). Durante a propagação existe um notável acoplamento entre a dinâmica dos campos de larga escala e a convecção local (Dias, Silva Dias, Kiladis, & Gehne, 2013) que modula a velocidade de propagação e a extensão meridional da perturbação associada a fonte de calor da OMJ. Embora o sinal da convecção associada à OMJ frequentemente desapareça no leste do Oceano Pacífico, perturbações nos ventos e pressão atmosférica continuam se propagando na forma de ondas que podem atingir velocidade da ordem de 30-35 m/s (Matthews, 2000).

## 2 | INFLUÊNCIAS GLOBAIS DA OMJ

Estudos de dados meteorológicos e climáticos tem mostrado que a OMJ influencia a variabilidade climática em várias partes do planeta. Sua influencia inclui: a África do Sul (Pohl, Richard, & Fauchereau, 2007), o Ártico (L'Heureux & Higgins, 2008), a América do Norte (Jones & Carvalho, 2014; Jones, Hazra, & Carvalho, 2015), a China (Jia, Chen, Ren, & Li, 2011), o Canadá (Lin, Brunet, & Mo, 2010), a Indonésia (Kanamori, Yasunari, & Kuraji, 2013), e a Austrália (Wheeler, Hendon, Cleland, Meinke, & Donald, 2009). Além disto, análises climáticas mostraram também que a OMJ é um importante mecanismo na formação de ciclones tropicais (Ching, Sui, Yang, & Lin, 2015); que durante seu desenvolvimento ocorre interação com a variabilidade das concentrações estratosféricas da camada de Ozônio (Tian et al., 2007); e pode provocar eventos de precipitação extremas (Jones & Carvalho, 2014). A Figura 01 apresenta os principais efeitos da OMJ nas várias regiões para o período do inverno austral..

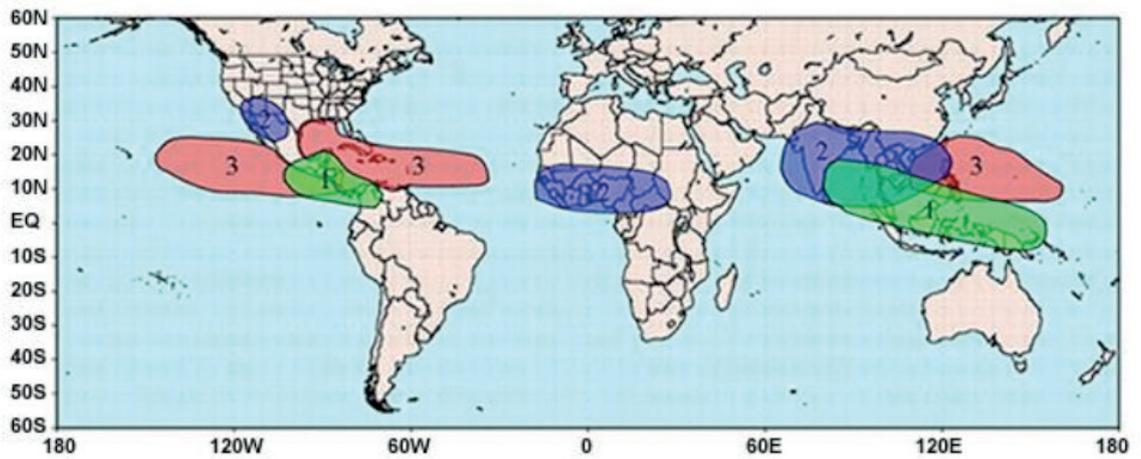


Figura 1- Padrão global dos impactos da MJO durante o inverno austral (JJA). Os impactos identificados são: (1) períodos alternados de condições mais úmidas e secas; (2) modulação das monções; (3) modulação da atividade de ciclones tropicais. Adaptado de NOAA/CPC/NCEP/NWS.

### 3 | INFLUÊNCIAS DA OMJ NA AMÉRICA DO SUL

Além dos efeitos nas localidades supra-citadas existe também importantes efeitos na América do Sul (Figura 2). Estes efeitos podem ser observados na Amazônia (De Souza & Ambrizzi, 2006; Ventura De Oliveira, Vitorino, Deane De, Sá, & De Oliveira, 2015); no nordeste do Brasil (Valadão, Lucio, Chaves, Carvalho, & Valadão, 2015) "abstract": "The influence of the Madden Julian Oscillation (MJO, e no sudeste do Brasil (Alvarez et al., 2016). Além destes impactos existem também potenciais conexões com padrões de teleconexão de impacto global (Grimm & Reason, 2015).

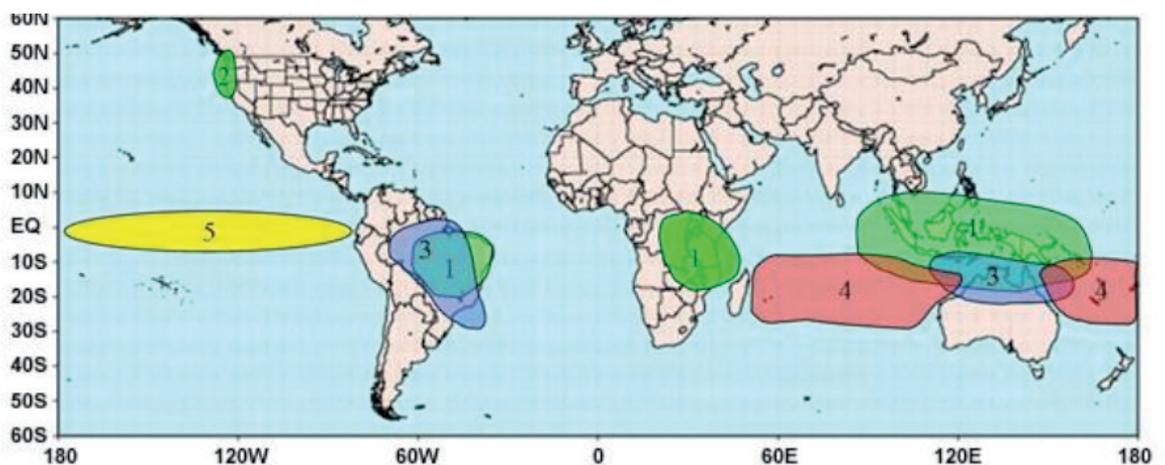


Figura 2- Padrão global dos impactos da MJO durante o verão austral (DJF): (1) períodos alternados de condições mais úmidas e secas; (2) extensão de uma pluma tropical de umidade (o 'Pineapple Express') para latitudes mais altas, alimentando eventos de chuvas; (3) modulação de sistemas de monção; (4) modulação da atividade do ciclone tropical; (5) modulação do ENSO através das ondas oceânicas de Kelvin. Adaptado de NOAA/CPC/NCEP/NWS.

## 4 | PREVISIBILIDADE DA OMJ

Devido ao impacto dos efeitos da OMJ no clima regional, tornou-se de grande importância para a sociedade melhorar a capacidade do entendimento dos processos envolvidos na sua formação, evolução e de sua previsão, da expectativa do aumento do número de eventos (Jones & Carvalho, 2011) e do potencial impacto na previsibilidade dos modelos de previsão de tempo (Jones et al., 2015).

Vários estudos tem procurado modelar sua formação e evolução com objetivo de entender os fenômenos físicos envolvidos e também melhorar sua previsibilidade. Estes estudos numéricos incluem modelos climáticos como o BCC (Zhao, Ren, Song, & Wu, 2015), o ECHAM (Crueger, Stevens, & Brokopf, 2013), o GLA-NASA (Jones, Waliser, Lau, & Stern, 2004) e o modelo CFS (Jones et al., 2015). No entanto, os resultados de modelagem da OMJ ainda não conseguem representar suas características de evolução e propagação corretamente. Embora alguns modelos consigam reproduzir a propagação da OMJ estes modelos não conseguem reproduzir a correta velocidade de propagação, as distribuições espaciais ainda não são realísticas e existe um desacoplamento entre a dinâmica dos ventos e a convecção (Ching et al., 2015; Hung et al., 2013; Kim et al., 2009).

Testes recentes com o modelo do ECMWF apresentaram relativo sucesso na representação da OMJ através mudanças no tempo de escala do ajuste convectivo da parametrização de cumulus e nos parâmetros de mistura da parametrização de turbulência (Bechtold et al., 2008). Por outro lado, aparentemente, melhorias na resolução espacial horizontal e vertical podem ser fundamentais para simular de forma mais realística o comportamento da OMJ. A escolha do modelo mais conveniente deve, portanto, possuir grade global devido á propagação da OMJ pelo cinturão tropical e deve ter capacidade de resolver espacialmente os processos envolvidos em sua formação e evolução da convecção dinâmica associada, e principalmente o ciclo diurno como foi detectado através do uso de imagens do satélite TRMM (Peatman, Matthews, Stevens, & Peatman, 2014).

Uma opção que se aplica bem ao problema de modelar a OMJ é o modelo Ocean Land Atmosphere Model (OLAM) (Walko & Avissar, 2008). O modelo OLAM possui a capacidade de representar simultaneamente os vários processos através do refinamento da grade para uma região de interesse. Este modelo usa uma grade do tipo não estruturada em que as células possuem um formato triangular na direção horizontal e, portanto, formam um prisma pentaedra. Esta estrutura de células equilaterais permite preencher totalmente uma esfera, sendo conveniente para a representação da atmosfera terrestre. Cada um dos triângulos originais é subdividido em outros triângulos, permitindo assim, refinamento na resolução espacial (Ramos da Silva, Silva-Dias, Moreira, & Souza, 2009). Em recente estudo, Medivgy et al. (2008)

avaliaram o desempenho do modelo OLAM na representação das características envolvidas na interação entre o fenômeno El Niño/Oscilação Sul (ENOS) e sua influência na variabilidade interanual do hidroclima da Amazônia. Neste estudo eles verificaram que a representação nos modelos climáticos da cadeia dos Andes com resoluções mais grosseiras do que 100km podem causar um efeito reverso do ENSO na região da Amazônia. Verificaram, portanto, que somente simulações com resolução espacial com malhas mais finas do que 100km sobre a região dos Andes é que se consegue representar bem o efeito do ENSO na Amazônia. Comparações entre os resultados do modelo mostraram que as simulações de precipitação e radiação comparam-se muito bem com dados observados (Medvigy et al., 2010). Adicionalmente, outros resultados mostraram que o modelo pode ser usado em previsão numérica de tempo (Ramos da Silva, Gandú, Cohen, Kuhn, & Mota, 2014), e que se fornecermos boas condições oceânicas como condição de fronteira superficial o modelo tem alta capacidade de prover previsões climáticas sub-sazonais (Ramos da Silva, Vitorino, Kuhn, Dos, & Ananias, 2014) e também permite produzir estudos do impacto do aquecimento global dos oceanos nos cenários climáticos para a América do Sul (Ramos da Silva & Haas, 2016). Resultados recentes mostraram que o modelo conseguiu simular bem um caso recente de MJO (Ramos-da-Silva et al., 2017), principalmente através do uso de novas opções de parametrizações da convecção cumulus como a opção Grell-Freitas (Grell & Freitas, 2014). Portanto, o uso deste modelo pode produzir importantes resultados para a melhoria do entendimento da evolução da OMJ e se seus efeitos no clima da América do Sul. Resultados deste estudo são apresentados a seguir.

## **5 | ESTUDO DO DESEMPENHO DA SIMULAÇÃO DA OMJ COM O MODELO OLAM**

O modelo OLAM foi configurado para a região da ocorrência de um evento da OMJ que se propagou por toda a região equatorial do globo (Figura 03). Outras características importantes do modelo OLAM são: (i) sendo global, independe de condições atmosféricas de fronteira durante a integração numérica; (ii) usa o método de volumes finitos que conserva momento, energia térmica, e massa; (iii) usa as equações de Navier-Stokes em sua forma de fluxos e portanto conservativa; (iv) usa uma grade icosaédrica que não necessita transformação de coordenadas; (v) a comunicação entre grades de diferente resolução é feita através de transporte conservativo advectivos e difusivos; (vi) usa as parametrizações físicas do modelo BRAMS que tem sido amplamente usado em vários centros de previsão de tempo e climática.

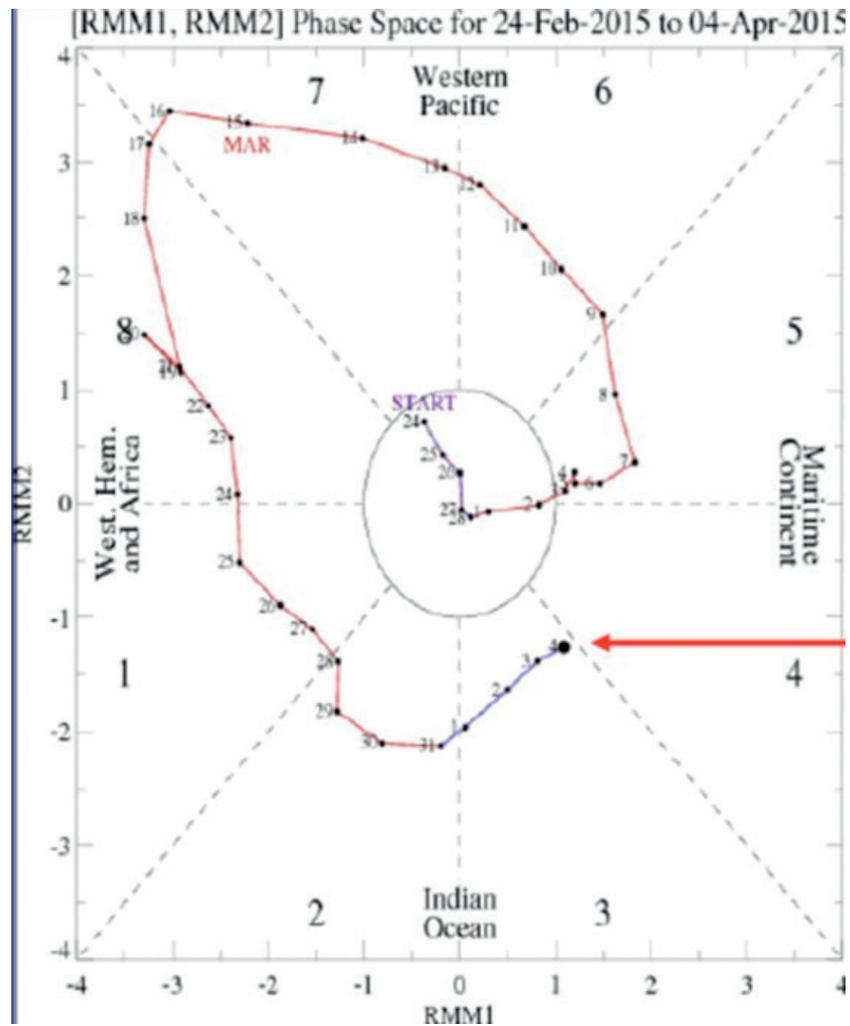


Figura 3- Diagrama de Wheeler-Hendon mostrando a propagação de uma OMJ por toda a região equatorial entre 24 de Março a 04 de Abril de 2015. As componentes RMM1 e RMM2 são estimadas para estabelecer a intensidade e localização da OMJ. Por conveniência, as localizações são divididas em 08 fases.

Uma grade global foi estabelecida com espaçamento das células hexagonais da ordem de 200km. Experimentos numéricos foram executados para avaliar o impacto do refinamento da resolução espacial com a inclusão de grades refinadas no cinturão de latitudes tropicais de 100km e 50km, respectivamente (Figura 04). Esta região tropical foi escolhida pois corresponde á região onde a OMJ se forma e se propaga. Além da estrutura de grade foram feitos experimentos considerando a TSM média climatológica e em outros experimentos foi considerado sua correção semanal e também foram testadas as parametrizações cumulus de Kain-Fritsch e Grell-Freitas (Tabela 01). Na vertical o modelo foi configurado com 50 níveis até a altitude de 35km. O período escolhido para simulação compreende os dias entre 05 de Março e 04 de Abril de 2015, quando foi observada a formação e propagação da OMJ (Fig. 03). Como condição atmosférica inicial foi usado os campos de reanálise versão 2 do NCEP para o dia 05 de Março (00 UTC). O modelo é global e não houve necessidade de aplicar o *nudging* lateral como ocorre com os modelos regionais.

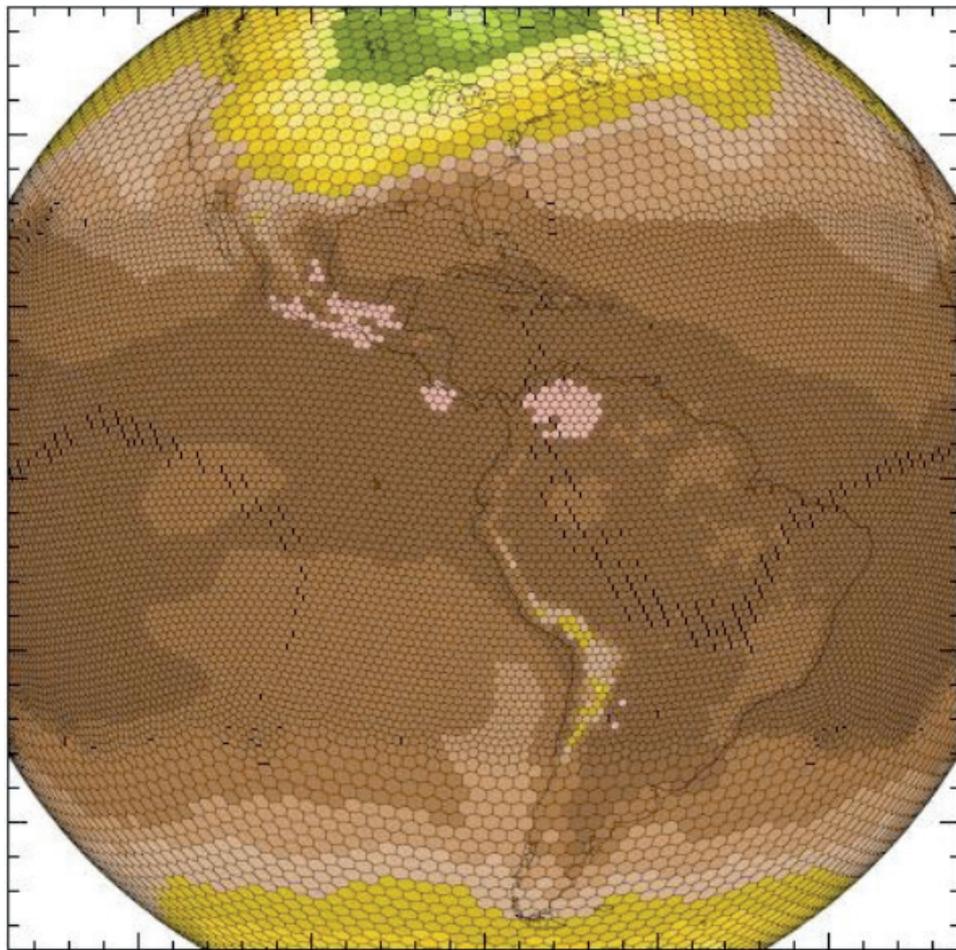


Figura 4- Configuração da grade numérica do Modelo OLAM mostrando a grade global e as células de refinamento horizontal na região equatorial.

Dados do satélite TRMM foram usados para avaliar os campos de precipitação acumulada simulados pelo modelo.

Parametrização Física	Opção
Parametrização Cumulus	Kain-Fritsch / Grell-Freitas
Difusão Turbulenta	Smagorinski-Lilly-Hill
Solo-Vegetação	Modelo LEAF (Walko)
Radiação	RRTMG
Microfísica de Nuvens	Walko-Meyers

Tabela 1- Opções de parametrização física adotadas na simulação com o modelo OLAM.

## 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 05 mostra que os resultados da precipitação acumulada simulada pelo modelo OLAM para o período da ocorrência da OMJ foi bem representada pelo modelo. Os resultados mostraram que o modelo consegue representar os principais centros de precipitação convectiva tropicais como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Análise da

precipitação média espacial (Tabela 02) mostra que a combinação de TSM corrigida semanalmente com a parametrização Grell-Freitas produziu os melhores resultados tanto para a região equatorial quanto para as regiões nordeste e sul do Brasil.

Análises através de um diagrama hovmoller da componente do vento média zonal para as simulações do OLAM, mostraram que o modelo consegue representar a propagação da OMJ pelo cinturão tropical, principalmente sobre o Oceano Pacífico e Atlântico (Fig. 06).

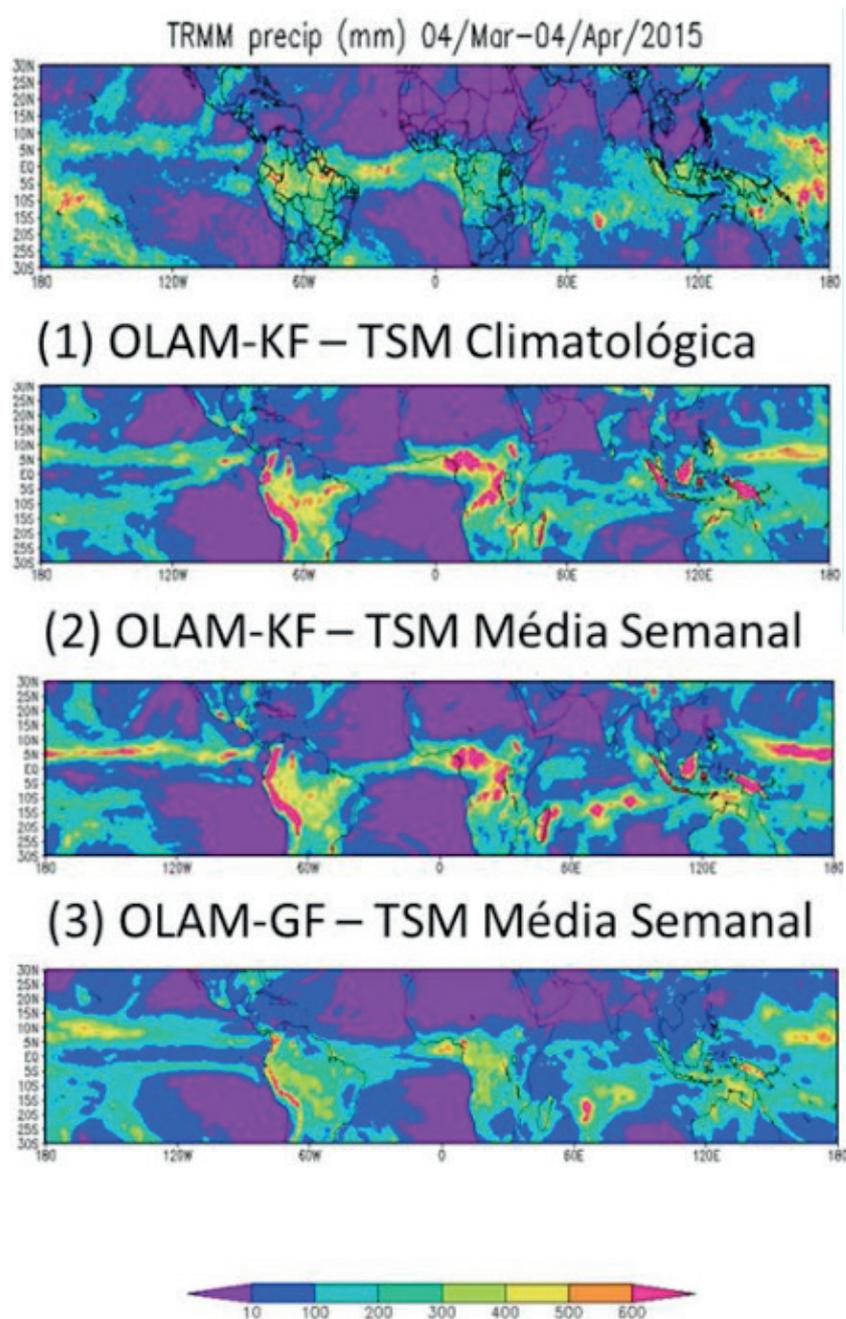


Figura 5- Precipitação acumulada para o período entre 05 de março a 04 de abril de 2015 observada TRMM (topo) e simuladas pelo modelo OLAM com TSM Climatológica e TSM corrigida semanalmente e parametrizações Kain-Fritsch (KF) e Grell-Freitas (GFs).

	TRMM-OBS	(1) OLAM-KF TSM- CLIMATICA	(2) OLAM-KF TSM-SEMANAL	(3) OLAM-GF TSM-SEMANAL
Trópicos	<b>90</b>	135	137	<b>114</b>
NEB	<b>178</b>	144	137	<b>170</b>
SUL	<b>131</b>	273	258	<b>171</b>

Tabela 2- Precipitação média acumulada estimada pelo satélite TRMM e simuladas pelo modelo OLAM para os três experimentos numéricos com TSM climatológica e corrigida semanalmente para as duas parametrizações cumulus de Kain-Fritsch (KF) e Grell-Freitas (GF).

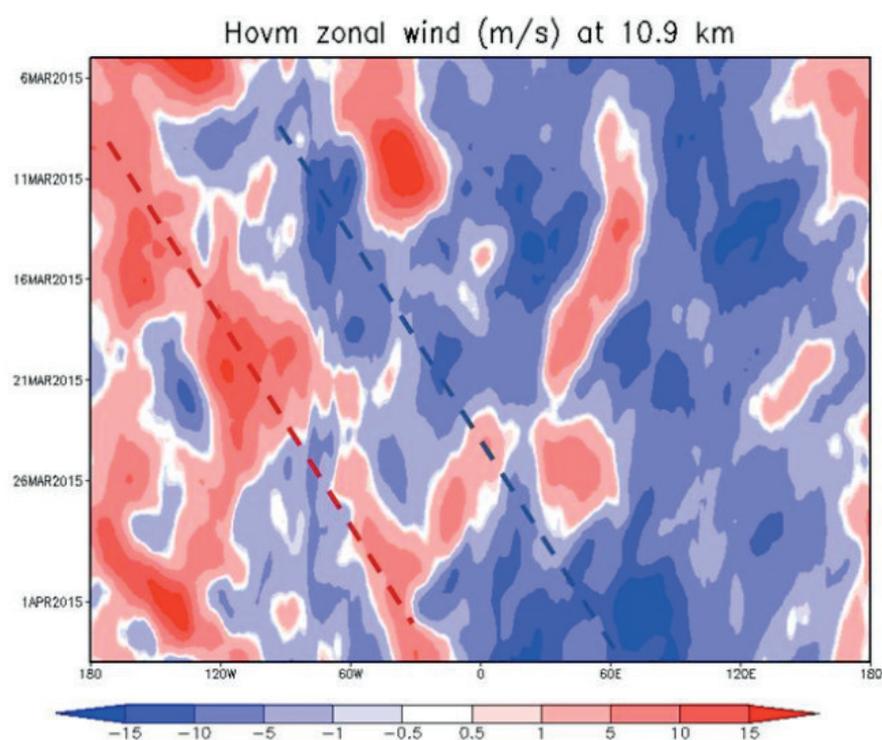


Figura 6 - Diagrama Hovmoler da componente zonal do vento (m/s) a 10.9 km de altitude para o cinturão de latitude entre 5N e 5S, simulados com o modelo OLAM com células de grade regional de 50km, TSM corrigida semanalmente e parametrização cumulus de Grell-Freitas (GF).

## 7 | CONCLUSÕES

Os resultados do modelo OLAM para o caso da OMJ estudada mostraram que a consideração da correção da TSM semanalmente em combinação com a opção de parametrização cumulus de Grell-Freitas apresentaram os melhores resultados. Esta nova opção de parametrização cumulus GF permite boa transição na representação para o caso de grades não estruturadas como ocorre no modelo OLAM, permite boa representação das frentes de rajadas e considera os aerossóis como núcleos de condensação (Grell & Freitas, 2014). As melhorias na resolução espacial através do refinamento de grade para a região equatorial permite simular a propagação para

leste da OMJ estudada. Em geral, os resultados mostram que o OLAM consegue representar a evolução e propagação para leste da OMJ estudada e, portanto é uma importante ferramenta para avaliar a previsão de sua ocorrência.

## REFERENCIAS

- Alvarez, M. S., Vera, C. S., Kiladis, G. N., Liebmann, B., Vera, C. S., Kiladis, G. N., ... Liebmann, B. (2016). Influence of the Madden Julian Oscillation on precipitation and surface air temperature in South America. *Climate Dynamics*, 46(1), 245–262. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2581-6>
- Bechtold, P., Köhler, M., Jung, T., Doblas-Reyes, F. J., Leutbecher, M., Rodwell, M. J., ... Balsamo, G. (2008). Advances in simulating. *Quarterly Journal of the Royal ...*, 134, 1337–1351.
- Ching, L., Sui, C., Yang, M., & Lin, P. (2015). A modeling study on the effects of MJO and equatorial Rossby waves on tropical cyclone genesis over the western North Pacific in June 2004. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 72, 70–87. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2015.10.002>
- Crueger, T., Stevens, B., & Brokopf, R. (2013). The Madden-Julian oscillation in ECHAM6 and the introduction of an objective MJO metric. *Journal of Climate*, 26(10), 3241–3257. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00413.1>
- De Souza, E. B., & Ambrizzi, T. (2006). Modulation of the intraseasonal rainfall over tropical Brazil by the Madden-Julian oscillation. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.1331>
- Dias, J., Silva Dias, P. L., Kiladis, G. N., & Gehne, M. (2013). Modulation of shallow water equatorial waves due to a varying equivalent height background. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 70, 2726–2750. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-13-04.1>
- Grell, G. A., & Freitas, S. R. (2014). A scale and aerosol aware stochastic convective parameterization for weather and air quality modeling. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14(10), 5233–5250. <https://doi.org/10.5194/acp-14-5233-2014>
- Grimm, A. M., & Reason, C. J. C. (2015). Intraseasonal teleconnections between South America and South Africa. *Journal of Climate*, 28(23), 9489–9497. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0116.1>
- Hung, M. P., Lin, J. L., Wang, W., Kim, D., Shinoda, T., & Weaver, S. J. (2013). Mjo and convectively coupled equatorial waves simulated by CMIP5 climate models. *Journal of Climate*, 26(17), 6185–6214. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00541.1>
- Jia, X., Chen, L., Ren, F., & Li, C. (2011). Impacts of the MJO on winter rainfall and circulation in China. *Advances in Atmospheric Sciences*, 28(3), 521–533. <https://doi.org/10.1007/s00376-010-9118-z>
- Jones, C., & Carvalho, L. M. V. (2011). Will global warming modify the activity of the Madden-Julian Oscillation? *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. <https://doi.org/10.1002/qj.765>
- Jones, C., & Carvalho, L. M. V. (2014). Sensitivity to Madden-Julian Oscillation variations on heavy precipitation over the contiguous United States. *Atmospheric Research*, 147–148, 10–26. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.05.002>
- Jones, C., Hazra, A., & Carvalho, L. M. V. (2015). The Madden-Julian oscillation and boreal winter forecast skill: An analysis of NCEP CFSv2 reforecasts. *Journal of Climate*, 28(15), 6297–6307. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0149.1>
- Jones, C., Waliser, D. E., Lau, K. M., & Stern, W. (2004). The Madden-Julian Oscillation and Its Impact on Northern Hemisphere Weather Predictability. *Monthly Weather Review*, 132(6), 1462–1471. <https://doi.org/10.1175/MWR1320401.1>

- Kanamori, H., Yasunari, T., & Kuraji, K. (2013). Modulation of the diurnal cycle of rainfall associated with the mjo observed by a dense hourly rain gauge network at sarawak, borneo. *Journal of Climate*, 26(13), 4858–4875. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00158.1>
- Kiladis, G. N., Dias, J., Straub, K. H., Wheeler, M. C., Tulich, S. N., Kikuchi, K., ... Ventrice, M. J. (2014). A Comparison of OLR and Circulation-Based Indices for Tracking the MJO. *Monthly Weather Review*, 142(5), 1697–1715. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-13-00301.1>
- Kim, D., Sperber, K., Stern, W., Waliser, D., Kang, I. S., Maloney, E., ... Zhang, G. (2009). Application of MJO simulation diagnostics to climate models. *Journal of Climate*, 22(23), 6413–6436. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI3063.1>
- L'Heureux, M. L., & Higgins, R. W. (2008). Boreal winter links between the Madden-Julian oscillation and the arctic oscillation. *Journal of Climate*, 21(12), 3040–3050. <https://doi.org/10.1175/2007JCLI1955.1>
- Lin, H., Brunet, G., & Mo, R. (2010). Impact of the Madden–Julian Oscillation on Wintertime Precipitation in Canada. *Monthly Weather Review*, 138(10), 3822–3839. <https://doi.org/10.1175/2010MWR3363.1>
- Madden, R. a., & Julian, P. R. (1994). Observations of the 40–50-Day Tropical Oscillation—A Review. *Monthly Weather Review*.
- Madden, R. a, & Julian, P. R. (1971). Detection of a 40–50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific. *Journal of the Atmospheric Sciences*.
- Matthews, A. J. (2000). Propagation mechanisms for the Madden-Julian Oscillation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological ...*, 126(569), 2637–2651. <https://doi.org/10.1002/qj.49712656902>
- Peatman, S. C., Matthews, A. J., Stevens, D. P., & Peatman, S. C. (2014). Propagation of the Madden–Julian Oscillation through the Maritime Continent and scale interaction with the diurnal cycle of precipitation MJO Propagation and Scale Interaction with the Diurnal Cycle 815. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 140, 814–825. <https://doi.org/10.1002/qj.2161>
- Pohl, B., Richard, Y., & Fauchereau, N. (2007). Influence of the Madden-Julian oscillation on southern African summer rainfall. *Journal of Climate*, 20(16), 4227–4242. <https://doi.org/10.1175/JCLI4231.1>
- Ramos-da-Silva, R., Haas, R., Magina, L., Silva Dias, P. L., Grimm, A. M., & Jones, C. (2017). A Madden-Julian Oscillation Case Simulated by OLAM Model. In *International Symposium of Climatology. Petropolis*.
- Ramos da Silva, R., Gandú, A. W., Cohen, J. C., Kuhn, P., & Mota, M. A. (2014). Weather forecasting for Eastern Amazon with OLAM model. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(spe), 11–22. <https://doi.org/10.1590/0102-778620130026>
- Ramos da Silva, R., & Haas, R. (2016). Ocean Global Warming Impacts on the South America Climate. *Frontiers in Earth Science*, 4(March), 1–8. <https://doi.org/10.3389/feart.2016.00030>
- Ramos da Silva, R., Silva-Dias, P., Moreira, D. S., & Souza, E. B. (2009). Modelo OLAM (Ocean-Land-Atmosphere-Model): Descrição, Aplicações, e Perspectivas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 24(2), 144–157.
- Ramos da Silva, R., Vitorino, M. I., Kuhn, P., Dos, D., & Ananias, S. (2014). Climate estimates for Eastern Amazon with OLAM model. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(spe), 2–10. <https://doi.org/10.1590/0102-778620130047>

- Tian, B., Yung, Y. L., Waliser, D. E., Tyranowski, T., Kuai, L., Fetzer, E. J., & Irion, F. W. (2007). Intraseasonal variations of the tropical total ozone and their connection to the Madden-Julian Oscillation. *Geophysical Research Letters*, *34*(8), 1–7. <https://doi.org/10.1029/2007GL029451>
- Valadão, C. E. A., Lucio, P. S., Chaves, R. R., Carvalho, L. M. V., & Valadão, C. E. A. (2015). MJO Modulation of Station Rainfall in the Semiarid Seridó, Northeast Brazil. *Atmospheric and Climate Sciences*, *5*(5), 408–417. <https://doi.org/10.4236/acs.2015.54032>
- Ventura De Oliveira, J., Vitorino, M. I., Deane De, L., Sá, A., & De Oliveira, J. V. (2015). Implication of Madden–Julian Oscillation phase on the Eastern Amazon climate. *ATMOSPHERIC SCIENCE LETTERS Atmos. Sci. Let*, *16*, 318–323. <https://doi.org/10.1002/asl2.560>
- Waliser, D., Sperber, K., Hendon, H., Kim, D., Maloney, E., Wheeler, M., ... Woolnough, S. (2009). MJO simulation diagnostics. *Journal of Climate*, *22*(11), 3006–3030. <https://doi.org/10.1175/2008JCLI2731.1>
- Walko, R. L., & Avissar, R. (2008). The Ocean–Land–Atmosphere Model (OLAM). Part I: Shallow-Water Tests. *Monthly Weather Review*.
- Wheeler, M. C., Hendon, H. H., Cleland, S., Meinke, H., & Donald, A. (2009). Impacts of the Madden-Julian oscillation on australian rainfall and circulation. *Journal of Climate*, *22*(6), 1482–1498. <https://doi.org/10.1175/2008JCLI2595.1>
- Zhang, C. (2013). Madden-Julian oscillation: Bridging weather and climate. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *94*(12). <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00026.1>
- Zhao, C., Ren, H.-L., Song, L., & Wu, J. (2015). Madden–Julian Oscillation simulated in BCC climate models. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, *72*, 88–101. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2015.10.004>

## CRITICALIDADE AUTO-ORGANIZADA EM PROTEÍNAS COM REPETIÇÃO EM TANDEM

Data de aceite: 10/12/2019

**Fernando Santos Silva**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas (DCET), Vitória da Conquista - Bahia

**RESUMO:** As proteínas são biopolímeros essenciais a vida, constituídas por uma longa sequência de aminoácidos. A presença de repetições em tandem de aminoácidos, de 20 a 50 aminoácidos, tem despertado grande interesse em diversas áreas. As proteínas de repetição em tandem possuem como vantagem os percursos dobráveis que são passíveis de serem planejadas. Este artigo propõe a aplicação da q-Gaussiana para justificar o comportamento fractal de 1213 proteínas de repetição em tandem. Nossos resultados mostram que a criticalidade auto-organizada é uma explicação para enovelamento de proteínas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Enovelamento; Criticalidade; Fractal;

**ABSTRACT:** Proteins are biopolymers essential to life, constituted by a long amino acid sequence. The presence of tandem repeats of amino acids, 20-50 amino acids, has aroused great interest in several areas. The

tandem repeat proteins have the advantage of the folding pathways that are likely to be planned. This article proposes the application of q-Gaussian to justify the fractal behavior of 1213 repeat proteins in tandem. Our results show that the self-organized criticality is an explanation for protein folding.

**KEYWORDS:** Folding; Criticality; Fractal;

### 1 | INTRODUÇÃO

As proteínas adotam uma estrutura tridimensional específica para executarem corretamente várias funções em todos os processos biológicos mantenedores da vida. O nível mais simples da estrutura da proteína, a estrutura primária, é simplesmente uma sequência de aminoácidos em uma cadeia polipeptídica. Sendo que esta sequência determina parcialmente a eventual estrutura tridimensional da proteína, e a similaridade no nível da sequência proteica implica similaridade de função (ANFINSEN, 1973; HOU *et al.*, 2005). A compreensão do processo que conduz uma proteína do estado desnaturado até a sua conformação nativa constitui um dos mais desafiadores enigmas da biologia molecular.

De acordo com Marcotte *et al.* (1999) cerca de 14% de todas as proteínas possuem

segmentos repetidos. Nessa perspectiva, no banco de dados de proteínas UNIPROT, aproximadamente 25% das proteínas possuem segmentos repetidos com comprimento de pelo menos 20 aminoácidos (PELLEGRINI; RENDA; VECCHIO, 2012). Tais repetições quando ocorrem *in tandem* (lado a lado) desencadeiam estruturas terciárias regulares, exatamente pela sua multiplicidade, de diversos tamanhos e, por sua vez, geram várias famílias de proteínas ditas de repetição (ANDRADE; PEREZ-IRATXETA; PONTING, 2001).

A espontaneidade do enovelamento é explicada pela termodinâmica, uma vez que o sistema evolui na direção do estado termodinamicamente mais estável, isto é, de mais baixa energia livre (JACKSON, 2006). Além disso, essas estruturas nativas podem sofrer flutuações (grandes) para garantir o seu adequado funcionamento (STEINBACH *et al.*, 1991), isto é, elas não são sólidos clássicos. De fato, segundo Banerji e Ghosh (2013) a distância não constante entre dois átomos ( $\neq$  constante) em qualquer proteína biologicamente funcional pode ser facilmente verificado. Dessa forma, trata-se de um fenômeno molecular complexo que depende da ação cooperativa de muitas interações não ligadas (KARPLUS; MCCAMMON, 2002).

O principal motivo que leva uma proteína ao enovelamento são as forças hidrofóbicas (MORET *et al.*, 2006). As macromoléculas estão sob ação de forças de dobras e de repulsão, devido à sua constituição eletrônica. Além disso, segundo as leis da termodinâmica um sistema de partículas tende a seguir os caminhos de menor consumo de energia até que encontre um ponto de equilíbrio e ali permanecerá enquanto não for perturbado. Kaya e Chan (2000) descreveram proteínas como “sistemas complexos” ao passo que Fitzkee *et al.* (2005) como polímeros deformáveis. Além do mais, verificou-se recentemente que as proteínas existem em um estado de comportamento crítico auto-organizado (SOC) (MORET, 2011; PHILLIPS, 2009).

De acordo com Bak, Tang e Wiesenfeld (1988), os sistemas críticos auto-organizados evoluem para um estado complexo crítico sem a interferência de qualquer agente externo. O processo de auto-organização acontece depois de um período muito longo de transiente. Em outras palavras, não podemos querer entender um determinado sistema, olhando apenas para um pequeno intervalo temporal. Ademais, Bak (1996) afirma que “a criticalidade auto-organizada é a maneira da natureza fazer enormes transformações em escalas de curto prazo”.

Antes de discutirmos a base matemática e estatística da escala de proteínas, devemos primeiro considerar a complexidade do problema. Uma cadeia proteica típica pode conter 200 locais, cada um potencialmente ocupado por um dos 20 aminoácidos. O número resultante de possíveis sequências de aminoácidos é  $200^{20} \sim 10^{46}$ , um número muito maior do que o normalmente encontrado na física, mesmo na astrofísica.

Neste artigo investigamos a auto-similaridade de famílias de proteínas de

repetição em tandem, utilizamos o método de Gomes (1987) e Moret et al (2005) e, conseqüentemente, a geometria fractal dessas famílias. Apresentamos uma distribuição q-Gaussiana para representar esse sistema complexo. Dentro desse contexto, o objetivo do estudo é investigar as características de fractalidade das famílias de proteínas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Embora, do ponto de vista estritamente formal, uma proteína não seja um objeto fractal, uma vez que não possui a mesma regularidade geométrica invariável sob a mudança de escala, é possível estudar sua geometria, as irregularidades de sua conformação, seu grau de compactação, por meio das famílias. As proteínas de uma família descendem de um ancestral comum e geralmente possuem processo de enovelamento semelhantes, funções, padrões conservados no posicionamento geométrico dos átomos e estruturas tridimensionais semelhantes.

Para a realização dos testes foram selecionadas 1213 estruturas de proteínas, armazenadas no RCSB Protein Data Bank (<http://www.rcsb.org/pdb/home>). A estratégia foi a de estudar o enovelamento pelas propriedades coletivas, e não por propriedades individuais de cada proteína.

### 2.1 Proteínas de Repetição em Tandem

A partir do trabalho de Andrade, Perez-Iratxeta e Ponting (2001), obtivemos a lista de arquivos PDB (\*.pdb) utilizados para nossa análise. A razão dessa escolha das classes estruturais é devido à importância delas nos estágios iniciais do enovelamento proteico e por serem blocos fundamentais na formação de estruturas terciárias. Foram extraídos, de forma aleatória, 1213 arquivos de proteínas da base de dados RCSB Protein Data Bank: Anquirina, beta-Propeller, beta-Tetrafoil, Tetratricopeptídeos, Armadillo/HEAT e Ricas em Leucina. Para cada arquivo PDB foi então processado com um script C++ personalizado que faz a leitura de cada linha do arquivo PDB, em seguida lê a sequência de aminoácidos presentes no arquivo e compara o aminoácido lido com valor aproximado da Tabela 1. O Script retorna o valor da massa do aminoácido e adiciona em uma variável, o processo é repetido até que todo o arquivo possa ser lido pelo programa para retornar a massa da proteína analisada. Com relação ao raio de giração, também foram utilizados os dados do arquivo PDB. O programa SURFMDS (MORET; ZEBENDE, 2007) foi utilizado para o cálculo da área de superfície acessível ao solvente das proteínas, com raio da esfera de prova de 1.4 Å.

Aminoácido	Peso (u)	Aminoácido	Peso (u)
ALA	71	ARG	157
CYS	103	LEU	113
SER	87	PHE	147
TYR	163	ILE	113
PRO	97	GLU	128
VAL	99	GLN	128
ASN	126	THR	105
HIS	137	TRP	186
LYS	129	MET	131
ASP	115	GLY	59

**Tabela 1:** Massa aproximada dos 20 aminoácidos

O raio de giração ( $R_g$ ), ou raio de giro, é a distância a um ponto no qual se poderia concentrar a massa total ( $M$ ) do corpo de modo que reproduziria o mesmo momento de inércia ( $I$ ). Por definição, o raio de giro ( $R_g$ ) de uma proteína, tratada como uma esfera hipotética, é dado por:

$$R_g = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N [r_j - r_{CM}]^2}{N}}, \quad (1)$$

onde  $r_j$  sendo as posições dos átomos de  $C_\alpha$  da cadeia polipeptídica,  $r_{CM}$  a posição do centro de massa definido por estes átomos em um instante  $N$ , o número total destes átomos. Além disso, ele pode ser usado como um indicativo da compactação da estrutura tridimensional de proteínas (LOBANOV; BOGATYREVA; GALZITSKAYA, 2008). Logo, altos valores de raio de giro indicam uma estrutura mais aberta, com cadeias mais distantes do centro de massa. Enquanto que valores menores indicam cadeias mais próximas de um ponto central e com maior grau de compactação.

Segundo Spoel et al. (2009) o raio de giração auxilia na verificação do estado de enovelamento da proteína, pois à medida que o colapso hidrofóbico ocorre, diferentes valores de  $R_g$  em função do tempo indicam as etapas sucessivas do *folding*. Como é suposto o caso em que a proteína se encontra enovelada em um mínimo de energia e transita para outro estado através de pequenas oscilações, o centro de massa é considerado como estando em repouso.

## 2.2 Revisitando o modelo de Flory-Huggins

A partir do modelo de Flory-Huggins (Flory, 1953), num espaço euclidiano conveniente, a energia livre é a soma de uma energia elástica ou entrópica  $E_{el}$  mais uma energia de auto-exclusão  $E_{sa}$ . A energia elástica  $E_{el} = \frac{1}{2} k R_g^n$ , com  $k > 0$  e  $n$  é o expoente dimensional. Além disso, o termo elástico está associado a fatores entrópicos envolvidos no empacotamento e as interações hidrofóbicas que tem

sua origem microscópica no princípio de exclusão de Pauli que tende a privilegiar configurações estendidas da proteína com uma força elástica

$$F_{el} = -\frac{1}{2}kR_g^{n-1}. \quad (2)$$

A outra parcela  $E_{sa}$  aparece como consequência da interação entre dois corpos, portanto proporcional ao quadrado da densidade média de massa  $\rho = \frac{M}{V}$ . Dessa forma,  $E_{sa} \propto M^2 R_g^{-3}$  está associada a uma força não-linear para o exterior

$$F_{sa} = -\frac{\partial E_{sa}}{\partial R_g} \propto \frac{M^2}{R_g^4}. \quad (3)$$

Fases do processo de enovelamento pode ser caracterizado pelo raio de giração  $R_g$  numa lei de potência *massa X raio de giro*,  $M \propto R_g^D$ . Segundo Moret et al. (2009) encontramos o expoente  $D$  a partir de um simples modelo de campo médio baseado na modelo de Flory-Huggins. Nesse modelo, a energia total associada com a estrutura dobrada da proteína é da forma

$$E = \frac{kR_g^n}{2} + \beta R_g^{2D-4}. \quad (4)$$

Ao minimizar a energia total em relação  $R_g$ ,  $\frac{\partial E}{\partial R_g} = 0$ , obtemos a excepcional relação de dependência do tamanho da massa no equilíbrio como função de  $n$ , com  $D = \frac{3+n}{2}$  e

$$E_{min} = \frac{kR_g^n}{2} + \beta R_g^{n-1}. \quad (5)$$

### 2.3 Distribuição de q-gaussiana

A distribuição q-gaussiana ou de Tsallis surge no estudo da mecânica estatística não extensiva (GELL-MANN; TSALLIS, 2004) quando aplicado o princípio da máxima entropia, utilizando a entropia apresentada por Tsallis (1988). Nesse formalismo, a distribuição de Tsallis tem a forma:

$$P_q(x) = A_q [1 - \beta(1 - q)x^2]^{\frac{1}{1-q}} \quad (6)$$

Onde  $A_q$  é um fator de normalização para esta distribuição e  $\beta$  o parâmetro de Lagrange correspondente. Para  $q > 1$ , a distribuição tem cauda longa quando comparada com a gaussiana, com comportamento assintótico do tipo lei de potência,  $P_q(x) \approx x^{-\frac{2}{q-1}}$ . A literatura de mecânica estatística não extensiva é vasta e recomendamos (TSALLIS, 2009) como livro texto para seu estudo. Para o corrente trabalho, estamos interessados nas q-gaussianas onde  $1 \leq q \leq 2$ . Estes limites são bastante interessantes, pois, sendo  $q = 1$  a distribuição de Tsallis retorna a gaussiana e para  $q = 2$  ela converge para a distribuição de Cauchy-Lorentz.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Definidos os arquivos PDB das proteínas com repetição de interesse realizou-se o preparo dos mesmos para a execução dos cálculos computacionais de extração das massas e os raios de giro de todas as 1213 proteínas. De um ponto de vista físico uma proteína é perfeitamente modelada por uma esfera, grosseiramente uma função exclusiva de sua massa, visto que seu raio de giro depende de sua massa molecular.

A Figura 1 representa a auto-similaridade da área da superfície acessível ao solvente como função do número de aminoácidos  $N$  e obedece a seguinte lei de potência  $A \propto N^\gamma$  com  $\gamma = 0,95 \pm 0,01$ . A dimensão fractal  $\gamma$  fornece uma indicação quantitativa do grau de acessibilidade da superfície em relação a diferentes solventes, caracterizando a irregularidade das superfícies moleculares de repetição em tandem.

A massa  $M$  de uma proteína é diretamente proporcional ao número  $N$  de seus de aminoácidos que compõe sua cadeia. A dependência do raio de giração com o tamanho da cadeia é dado por

$$M \propto N \propto R_g^D. \quad (7)$$

A relação *Massa X Raio de Giro* das 1213 proteínas foi analisada, veja Figura 2, sendo encontrado a lei de potência da Equação 7,  $M(R_g) = R_g^D$ , com  $D = 2,15 \pm 0,03$  e coeficiente de correlação  $R = 0,92$ . Este resultado está bem distante de  $D = 2,47 \pm 0,03$  para proteínas globulares (MORET et al., 2009). A análise mostra que dimensão fractal encontrada está bem próxima de 2, o que leva a concluir que a família de proteínas de repetição em tandem tem um comportamento de um objeto suavemente amassado (GOMES, 1987).

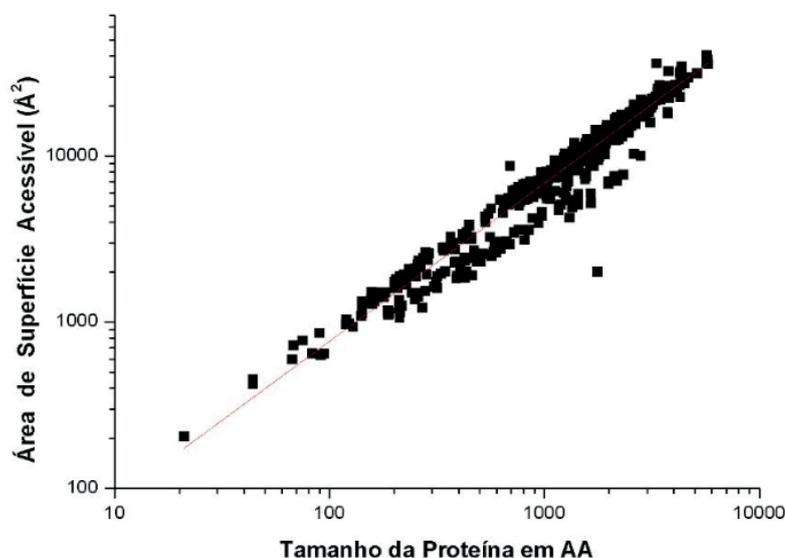


Figura 1: Área acessível ao solvente em função do raio de Giração ( $R_g$ ), com  $\gamma = 0,95 \pm 0,01$  e o coeficiente de correlação de Pearson 0,98.

A dimensão encontrada acima reflete a compactação das proteínas de repetição, i. e., o quão compactas estão estas macromoléculas. Para verificar esta afirmação, basta encontrar a densidade de compactação onde a massa de cada proteína fica aproximadamente contida numa esfera bem determinada pelo seu raio de giro. A saber, para cada proteína tome a esfera dada pelo seu raio de giro, ou seja, a  $j$ -ésima proteína tem densidade  $\rho_j = \frac{M_j}{V_j}$ , onde  $M_j$  e  $V_j$  são massa e o volume, respectivamente, onde  $V_j = \frac{4}{3}\pi R_{g,j}^3$ .

A Figura 3 descreve a densidade média das proteínas de repetição. Assim, como consequência da análise do ajuste, segue a lei de distribuição q-Gaussiana, com valor médio de  $\langle\rho\rangle = 0,88 \text{ u}/\text{\AA}^3 = 1,46 \text{ g}/\text{cm}^3$ , próximo do valor  $\langle\rho\rangle = 0,86 \text{ u}/\text{\AA}^3$  para as proteínas globulares encontrada no trabalho de Moret e colaboradores (Moret et al., 2006). O achado é interessante pois corrobora com Fischer Hannes (FISCHER; POLIKARPOV; CRAIEVICH, 2004) segundo o qual a densidade de proteínas não pode ser considerada igual a  $\langle\rho\rangle = 0,81 \text{ u}/\text{\AA}^3$  independente da natureza da proteína.

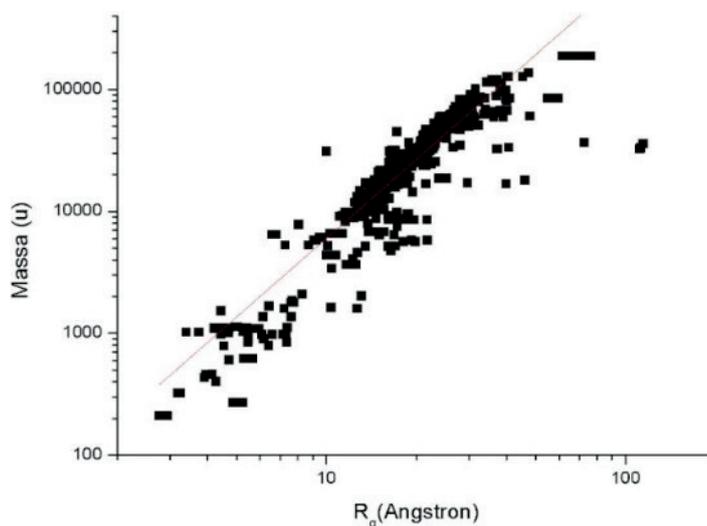


Figura 2: Relação *Massa X Raio de Giro* das 1213 proteínas de repetições em tandem. A dimensão fractal  $D = 2,15 \pm 0,03$ , com coeficiente de correlação de Pearson  $R = 0,92$ .

Vale observar que massas e volumes de proteínas são variáveis extensivas e o comportamento não-extensivo observado na Figura 3 é devido à auto-similaridade que é uma característica inerente a este sistema complexo. Observando o índice entrópico  $q = 1,88 \pm 0,10 < 2$  a distribuição encontrada segue assintoticamente uma lei de potência do tipo  $x^{-\frac{2}{q-1}}$ , sugerindo que o dobramento de proteínas se comporta como um objeto SOC.

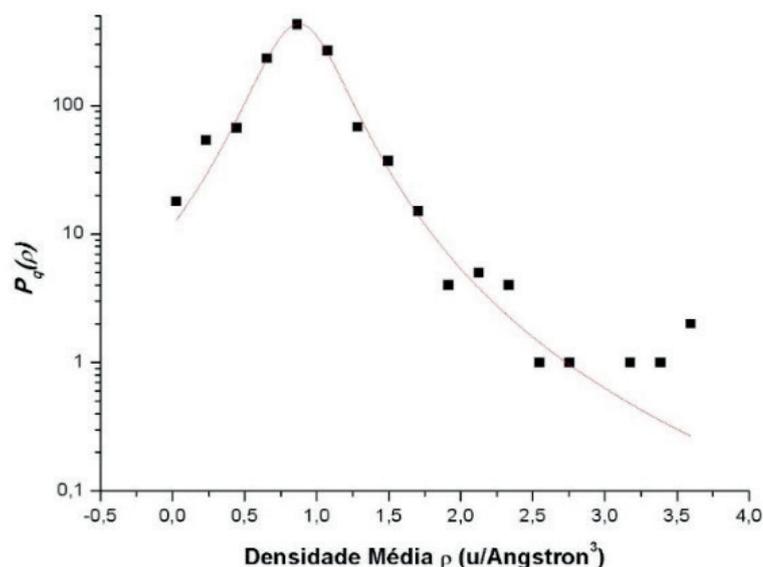


Figura 3: A distribuição q-Gaussiana das 1213 densidade das proteínas de repetição em tandem com índice entrópico  $q = 1,88 \pm 0,10$ , com coeficiente média de compactação  $\langle \rho \rangle = 0,88 \text{ u}/\text{\AA}^3 = 1,46 \text{ g}/\text{cm}^3$  e  $R^2 = 0,99$ .

A partir de um simples modelo de campo médio justifica-se a forma das proteínas de repetição serem alongadas pois o expoente  $n = 2D - 3$  com  $D = 2,15 \pm 0,03$ , mostra que a força de restituição não obedecem à lei de Hooke,  $E_{el} \propto R_g^{1,30 \pm 0,06}$ . Dessa forma, para massas muito grande uma proteína de repetição tem um formato muito fino e próximo a uma folha lisa de papel levemente amassado devido as forças de restituições serem muito inferior a Lei de Hooke, o que não ocorre nas proteínas globulares com o mesmo raio de giração (MORET, 2009).

#### 4 | CONCLUSÃO

Ao aplicar o modelo da distribuição q-gaussiana em 1213 massas das proteínas de repetição em tandem foi possível associar, de um estado enovelado, a ideia de um processo recursivo de um sistema dinâmico. Aqui, a estrutura primária pode ser tratada como um análogo a um ponto inicial e o processo de dobra como regra recursiva, o caminho aleatório de dobragem como órbita e, finalmente, a dobra nativa como um fractal.

Do modelo de campo médio revisitado de Flory, as proteína de repetição em tandem no estado nativo tem comportamento de mola dura, e a força elástica de restauração  $F \propto R_g^{0,3 \pm 0,06}$  não obedece à lei de Hooke. Esta força está associada a energia hidrofóbica, uma vez que a ligação de hidrogênio é significativa nesta fase. Além disso, o comportamento médio da família das proteínas tem característica do tipo “mola dura” ou mola não linear. Ou seja, fica cada vez mais difícil deformá-la à medida que aumenta a sollicitação por tração, compressão, flexão ou cisalhamento.

Sendo estas proteínas ricas em estruturas secundárias  $\alpha$ -hélices e folhas- $\beta$ , devem ser mais rígidas porque possuem um grande número de ligações de hidrogênio, exatamente como a família  $\beta$ -propeller, conforme Fülöp e Jones (1999).

Nas reações químicas é sabido que há vários sistemas que mostram comportamentos aditivos e, por vezes, não extensivos. Observamos que nas proteínas de repetição em tandem as áreas, volumes e massas se comportam como objetos fractais. A densidade média das proteínas segue uma distribuição q-Gaussiana, com índice entrópico observado  $1 < q = 1,88 \pm 0,10 < 2$ . Do comportamento assintótico da densidade média de compactação, a distribuição das massas e volumes das proteínas de repetição seguem uma lei de potência e, portanto, o enovelamento de proteínas com repetição em tandem pode ser visto como um sistema SOC.

A densidade de empacotamento é uma quantidade biofísica básica para determinar o número de moléculas por células unitárias (MATTHEWS, 1968). É também um parâmetro de entrada útil para a determinação da estrutura macromolecular em cristalografia de raios X de cristal único. A aplicação prática do valor da densidade média de macromoléculas para a determinação do número de moléculas por célula unitária tem sido bem conhecido por cristalógrafos. Nossos resultados indica que a famílias de proteínas pode ser a chave para entender seu empacotamento.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. A.; PEREZ-IRATXETA, C.; PONTING, C. P. **Protein repeats: structures, functions, and evolution**. Journal of structural biology, v. 134, n. 2, p. 117-131, 2001.

ANFINSEN, C. B. **Principles that govern the folding of protein chains**. Science, v. 181, n. 4096, p. 223-230, 1973.

BAK, P. **How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality**. Springer-Verlag, 1996.

BAK, P.; TANG, C.; WIESENFELD, K. **Self-organized criticality**. Physical review A, APS, v. 38, n. 1, p. 364, 1988.

BANERJI, A. & GHOSH, I. **Effectiveness of fractal dimension based measures to investigate protein structures**. In Biomolecular Forms and Functions: A Celebration of 50 Years of the Ramachandran Map, p. 482-491, 2013.

FISCHER, Hannes; POLIKARPOV, Igor; CRAIEVICH, Aldo F. **Average protein density is a molecular-weight-dependent function**. Protein Science, v. 13, n. 10, p. 2825-2828, 2004.

FITZKEE, N. C.; FLEMING, P. J., GONG, H., PANASIK Jr, N., STREET, T. O., & ROSE, G. D. **Are proteins made from a limited parts list?** TRENDS in Biochemical Sciences, v. 30, p. 73-80, 2005.

FLORY, Paul J. **Principles of polymer chemistry**. Cornell University Press, 1953.

FÜLÖP, Vilmos; JONES, David T.  **$\beta$  propellers: structural rigidity and functional diversity**. Current opinion in structural biology, v. 9, n. 6, p. 715-721, 1999.

- GELL-MANN, Murray; TSALLIS, Constantino (Ed.). **Nonextensive entropy: interdisciplinary applications**. Oxford University Press on Demand, 2004.
- GOMES, M. A. F. **Paper crushes fractally**. Journal of Physics A: Mathematical and General, v. 20, n. 5, p. L283, 1987.
- HOU, J., JUN, S.R., ZHANG, C. & KIM, S.H. **Global mapping of the protein structure space and application in structure-based inference of protein function**. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 102, n. 10, p. 3651-3656, 2005.
- JACKSON, M. **Molecular and Cellular Biophysics**. London: Cambridge University Press, 2006.
- KAYA, H. & CHAN, H. S. **Energetic components of cooperative protein folding**. Physical review letters, v. 85, n. 22, p. 4823-4826, 2000.
- KARPLUS, M. & MCCAMMON, J. A. **Molecular dynamics simulations of biomolecules**. Nature Structural & Molecular Biology, v. 9, p. 646-652, 2002.
- LOBANOV, M. Y.; BOGATYREVA, N. S.; GALZITSKAYA, O. V. **Radius of gyration as an indicator of protein structure compactness**. Molecular Biology, v. 42, n. 4, p. 623-628, 2008.
- MARCOTTE, E. M; PELLEGRINI, M.; YEATES, T. O. & EISENBERG, D. **A census of protein repeats**. Journal of molecular biology, v. 293, n. 1, p. 151-160, 1999.
- MATTHEWS, Brian W. **Solvent content of protein crystals**. Journal of molecular biology, v. 33, n. 2, p. 491-497, 1968.
- MORET, M. A. **Self-organized critical model for protein folding**. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, v. 390, n. 17, p. 3055-3059, 2011.
- MORET, M. A. et al. **Self-similarity and protein compactness**. Physical Review E, v. 80, n. 4, p. 041908, 2009.
- MORET, M. A. et al. **Stochastic strategy to analyze protein folding**. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, v. 353, p. 353-364, 2005.
- MORET, M.A.; SANTANA, M.C.; NOGUEIRA, E. & ZEBENDE, G.F. **Protein chain packing and percolation threshold**. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, v. 361, n.1, p. 250, 2006.
- MORET, M. A.; ZEBENDE, G. F. **Amino acid hydrophobicity and accessible surface area**. Physical Review E, APS, v. 75, n. 1, p. 011920, 2007.
- PELLEGRINI, M.; RENDA, M. E. & VECCHIO, A. **Ab initio detection of fuzzy amino acid tandem repeats in protein sequences**. BMC bioinformatics, BioMed Central, v. 13, n. 3, p. 1, 2012.
- PHILLIPS, J. C. **Scaling and self-organized criticality in proteins I**. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 106, n. 9, p. 3107-3112, 2009.
- SPOEL, D. V. et al. Gromacs User Manual, version 4.0; Gromacs: Groningen, The Netherlands, 2009.
- STEINBACH, P.J.; ANSARI, A., BERENDZEN, J.; BRAUNSTEIN, D.; CHU, K.; COWEN, B.R.; EHRENSTEIN, D.; FRAUENFELDER, H. & JOHNSON, J.B. **Ligand binding to heme proteins: connection between dynamics and function**. Biochemistry, v. 30, p. 3988-4001, 1991.
- TSALLIS, C. **Introduction to nonextensive statistical mechanics: approaching a complex world**. Springer Science & Business Media, 2009.

## PROPRIEDADES BIOFÍSICAS DO BIOMA PAMPA: O PAPEL DA VEGETAÇÃO NATIVA NA REGULAÇÃO CLIMÁTICA

Data de aceite: 10/12/2019

Data de submissão: 04/11/2019

### Guilherme Goergen

Universidade Federal do Pampa

Bagé – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/0281142461061985>

### Roilan Hernández Valdés

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/2034564343767972>

### Débora Regina Roberti

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/6952076109453197>

**RESUMO:** Estudos têm identificado ultimamente a regulação climática como um importante serviço ambiental prestado pelos ecossistemas. Uma forma de avaliarmos o papel da vegetação na regulação biofísica do clima é através da simulação dos fluxos entre a superfície da terra e a atmosfera por meio de modelos de superfície, comparando os resultados das simulações com dados observados. Em biomas como o Pampa, que tem sofrido nas últimas décadas uma expressiva expansão agrícola e uso para pecuária, ainda não é claro como as propriedades biofísicas estão sendo afetadas. Nesse sentido, este trabalho avalia os serviços

ambientais do bioma Pampa, através da comparação entre as forçantes biofísicas em simulações com vegetação representativa do bioma em relação ao solo nu. Para tanto, foi utilizado o modelo Simples da Biosfera (SiB2). Os resultados mostraram que a conversão da vegetação nativa (VN) em solo nu tem impacto significativo nas forçantes radiativas, através da diminuição do albedo médio diário (em torno de 11%) e da diminuição do saldo de radiação (aproximadamente 6%). Além disso, houve significativa redução na magnitude da média diária do fluxo de calor latente ( $-21 \text{ W/m}^2$ ) e aumento do fluxo de calor sensível ( $+14 \text{ W/m}^2$ ). Observou-se também, no inverno e verão um aumento médio da temperatura da superfície de aproximadamente  $0,2^\circ\text{C}$  e  $1,5^\circ\text{C}$ , respectivamente. De forma geral, os resultados deste trabalho mostraram que a presença da vegetação nativa é componente essencial para a regulação climática, tanto em relação a alteração das componentes do balanço de energia quanto das variáveis climáticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** regulação climática, propriedades biofísicas, Pampa, SiB2.

### PAMPA BIOME PHYSICAL PROPERTIES: THE ROLE OF NATIVE VEGETATION IN CLIMATE REGULATION

**ABSTRACT:** Studies have recently identified

climate regulation as an important environmental service provided by ecosystems. One way to evaluate the role of vegetation in biophysical climate regulation is by simulating the fluxes between the earth's surface and the atmosphere using surface models, comparing the simulation results with observed data. In biomes such as Pampa, which has undergone significant agricultural expansion and livestock use in recent decades, it is still unclear how biophysical properties are being affected. In this sense, this work evaluates the environmental services of the Pampa biome by comparing the biophysical forcing in simulations with representative vegetation of the biome in relation to the bare soil. For this, the Simple Biosphere model (SiB2) was used. The results showed that the conversion of native vegetation (NV) to bare soil has a significant impact on radiative forcing, by decreasing the average daily albedo (around 11%) and decreasing the net radiation (approximately 6%). In addition, there was a significant reduction in the magnitude of the daily average latent heat flux ( $-21 \text{ W/m}^2$ ) and increased sensitive heat flux ( $+14 \text{ W/m}^2$ ). In winter and summer, there was also an average increase in surface temperature of approximately  $0.2^\circ\text{C}$  and  $1.5^\circ\text{C}$ , respectively. In general, the results of this work showed that the presence of native vegetation is an essential component for climate regulation, both regarding the alteration of energy balance components and climate variables.

**KEYWORDS:** climate regulation, biophysical properties, Pampa, SiB2.

## 1 | INTRODUÇÃO

Muitos estudos têm identificado ultimamente a regulação climática como um importante serviço ambiental prestado pelos ecossistemas (West et al. 2011, Zhao e Jackson, 2014, Shen et al. 2019). A absorção e o armazenamento de carbono (ou outros gases do efeito estufa) na forma de biomassa nas plantas ou matéria orgânica no solo não é a única maneira dos ecossistemas regularem o clima. Eles também desempenham um papel fundamental na composição dos balanços de energia, água e momentum, e têm influência sobre o clima local e regional.

Esses processos constituem a chamada regulação biofísica do clima. Uma forma de avaliarmos o papel da vegetação nessa regulação é através da simulação dos fluxos entre a superfície da terra e a atmosfera por meio de modelos de superfície, comparando os resultados das simulações com dados observados.

As características inerentes dos biomas têm papel significativo nos fluxos de energia (fluxo de calor latente - LE e fluxo de calor sensível - H) e  $\text{CO}_2$  (fluxo de carbono - Fc), albedo ( $\alpha$ ), razão de Bowen ( $\beta$ ) e temperatura da superfície ( $T_{sup}$ ). Entretanto, em biomas como o Pampa, que tem sofrido nas últimas décadas uma expressiva expansão agrícola e uso para pecuária (Vélez e Chomenko, 2009; Pillar et al. 2009), ainda não é claro como essas propriedades estão sendo afetadas.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar os serviços ambientais

do bioma Pampa, através da comparação entre o comportamento das forçantes biofísicas em simulações com vegetação representativa do bioma em relação ao solo nu. Utilizamos o modelo Simples da Biosfera (SiB2) para realizar as simulações, com forçantes coletadas no sítio experimental localizado na cidade de Santa Maria, RS.

## 2 | METODOLOGIA

As simulações dos processos de transferência de energia, massa e momentum que ocorrem no sistema solo-vegetação-atmosfera foram realizadas utilizando o modelo Simples da Biosfera (SiB2) (Sellers et al., 1996). Baseado em aspectos físicos e biológicos, o SiB2 procura representar os processos de transferência de energia, massa e momentum que ocorrem no sistema solo-vegetação-atmosfera. A caracterização do solo nu (SN) foi realizada a partir da configuração do tipo de vegetação “7”, no qual o parâmetro fração de cobertura da vegetação (*vcover*) é igual a 10% da área.

O modelo foi calibrado para o bioma Pampa (BP) utilizando o algoritmo de calibração multiobjetivo geneticamente adaptativo (AMALGAM), desenvolvido por Vrugt e Robinson (2007). O AMALGAM usa uma metodologia de calibração multicritério, que minimiza um vetor com várias funções objetivo simultaneamente. Este algoritmo tem sido amplamente utilizado na calibração de diversos modelos de superfície do ecossistema terrestre (Rosolem et al., 2012; Wöhling; Samaniego; Kumar, 2013; Mahyar; A., 2015)

As análises das simulações foram realizadas a partir de dados micrometeorológicos observados em um sítio experimental localizado em uma área com vegetação representativa do bioma Pampa, na cidade de Santa Maria, RS, (Figura 1a e b) durante o período de 20/11/2013 a 07/09/2015.

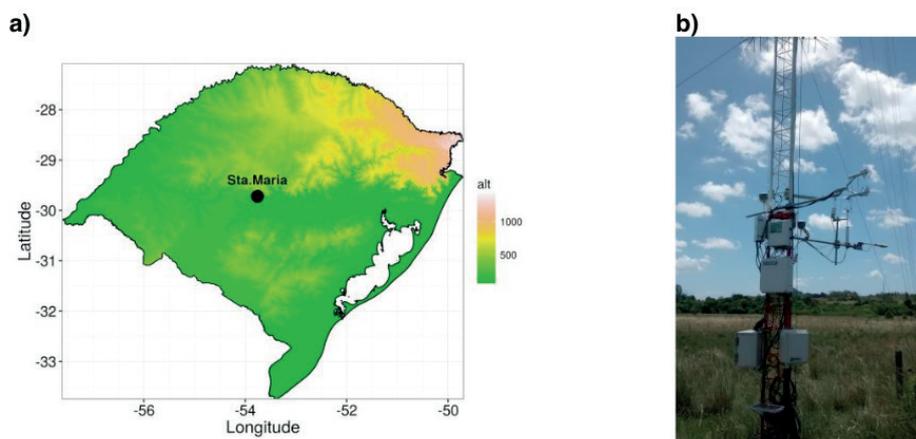


Figura 1: **a)** Localização do sítio experimental sobre o estado do Rio Grande do Sul (escala de cores indicando a elevação do terreno). **b)** Imagem da torre micrometeorológica instalada no sítio experimental.

O sítio experimental faz parte da Rede Sul Brasileira de Fluxos Superficiais e Mudanças Climáticas – SULFLUX, que realiza pesquisas a cerca das trocas de carbono, água e energia entre a superfície e a atmosfera em importantes ecossistemas do sul do Brasil. Maiores detalhes sobre a instrumentação da torre podem ser consultados em Rubert et al. (2018).

A Figura 2 mostra as séries temporais das forçantes atmosféricas do modelo SiB2. Os dados horários foram preenchidos utilizando estações meteorológicas automáticas (EMAs) vizinhas mantidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

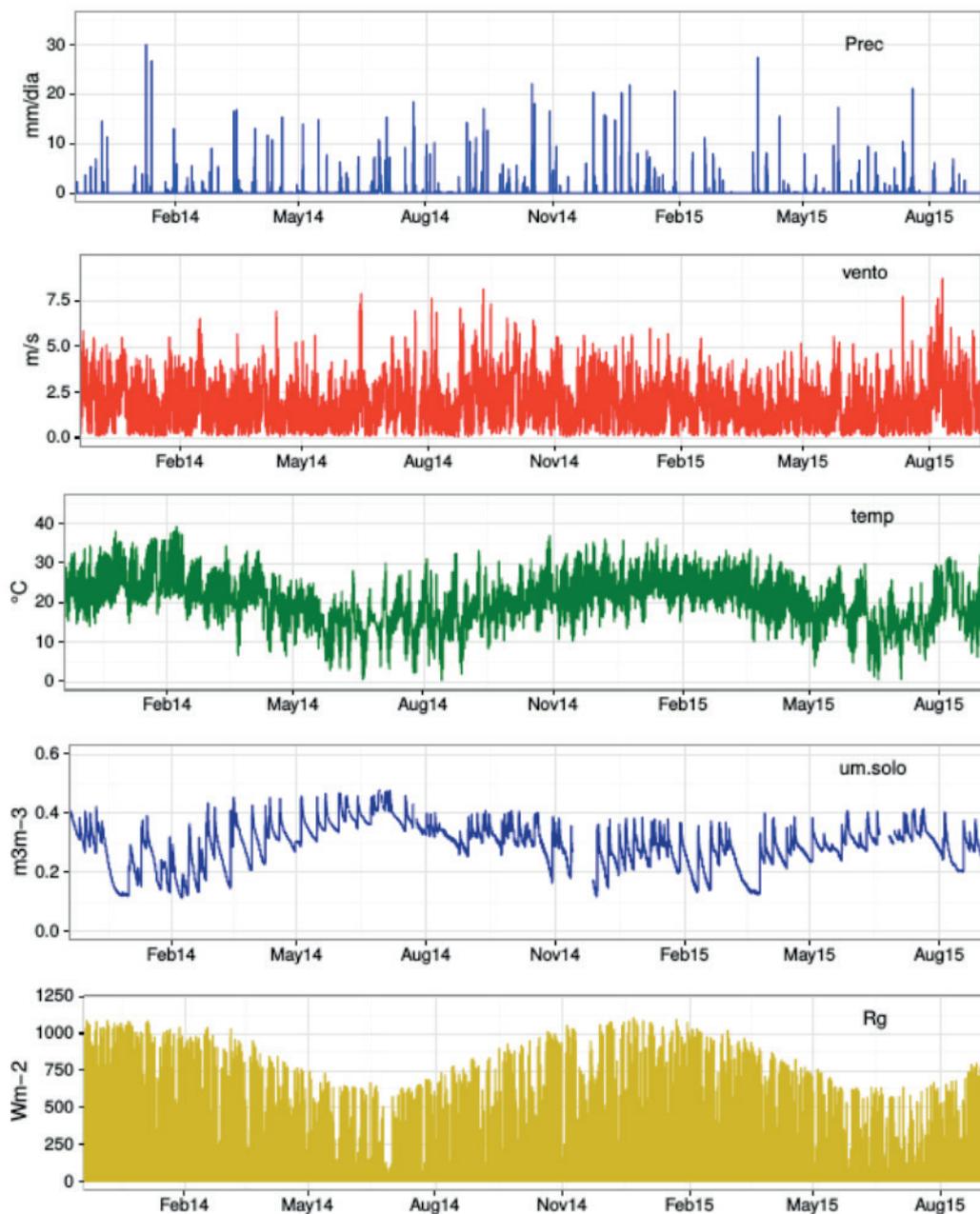


Figura 2: Séries temporais dos dados horários das forçantes atmosféricas utilizadas no modelo SiB2: precipitação (*Prec*, mm/dia), velocidade do vento (*ws*, m/s), temperatura do ar (*temp*, °C), umidade do solo (*um.solo*, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) e radiação global (*Rg*, W/m<sup>2</sup>). Dados observados no sítio experimental localizado em Santa Maria, RS.

### 3 I RESULTADOS

A Figura 3 mostra, através dos diagramas de dispersão, que o modelo SiB2 conseguiu reproduzir satisfatoriamente o saldo de radiação (Rn) e os fluxos de calor latente (LE) e sensível (H) observados no sítio experimental.

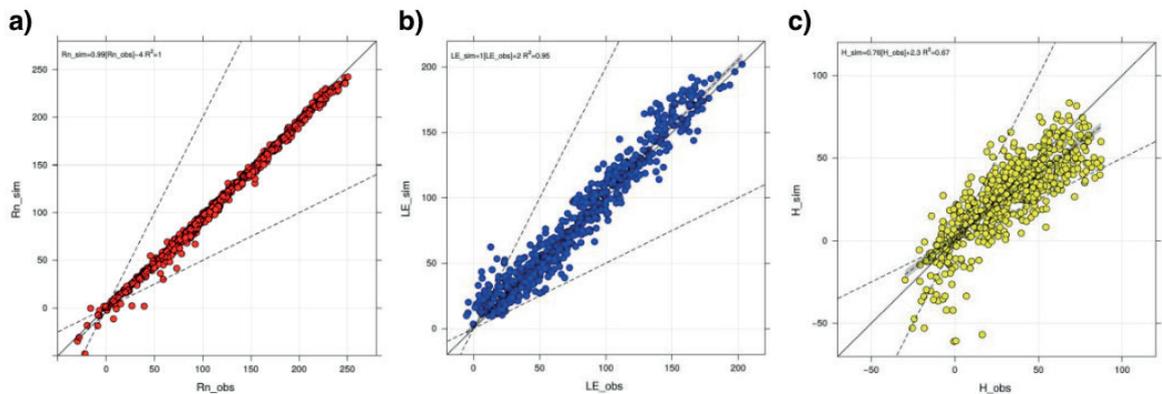


Figura 3: Diagramas de dispersão do **a)** saldo de radiação (Rn), **b)** fluxo de calor latente (LE) e **c)** fluxo de calor sensível (H).

Na Figura 4 podemos observar que o modelo SiB2 conseguiu reproduzir com boa acurácia a média sazonal do albedo observado (*obs*), e que a conversão da vegetação nativa (*sim.bp*) em solo nu (*sim.sn*) reduz o albedo da superfície em aproximadamente 11%. Adicionado a isso, a média diária do saldo de radiação apresentou redução de aproximadamente 6% (não mostrado). Essa característica, em geral, tem grandes impactos sobre as componentes dos balanços de energia em superfície.

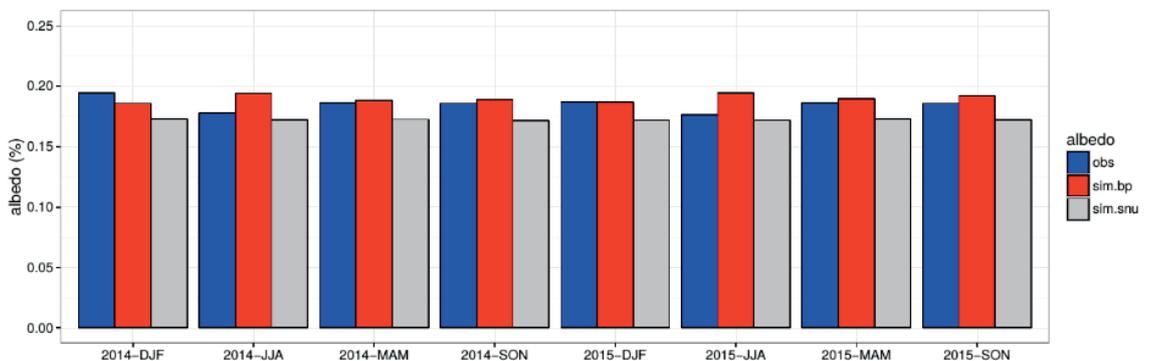


Figura 4: Média sazonal do albedo da superfície observado (*obs*), simulado para o bioma Pampa (*sim.bp*) e simulado para o solo nu (*sim.sn*).

Isso pode ser comprovado a partir da análise das Figuras 5 e 6. A Figura 5 mostra ciclo médio diário do fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e temperatura da superfície (*tsup*) simulados para o bioma Pampa (*bp*) e para o solo nu (*bar*). Nelas é possível observar que houve diminuição na magnitude do LE e da *Tsup* na comparação entre as simulações com vegetação nativa (*bp*) e com solo nu (*bar*). Por outro lado, é claro o aumento da magnitude do H nessa configuração simulada. Enquanto LE e *Tsup* diminuíram a média diária em aproximadamente 27 e

4%, respectivamente, H aumentou 52%.

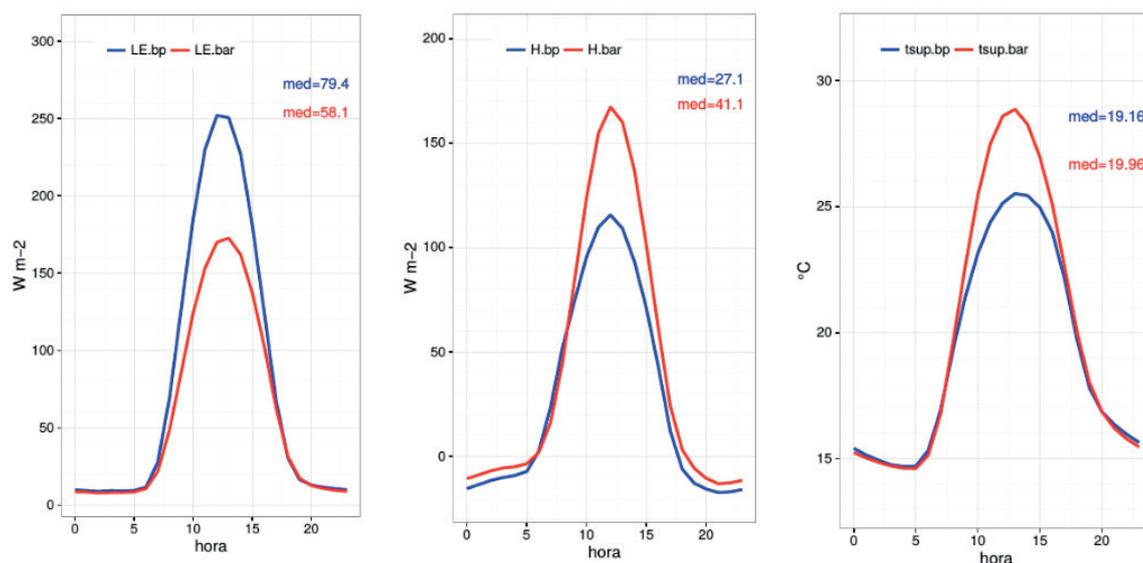


Figura 5: Ciclo médio diário do fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e temperatura da superfície (tsup) simulados para o bioma Pampa (bp) e para o solo nu (bar).

A Figura 6 mostra a série temporal da temperatura média diária da superfície simulada para o bioma Pampa (*tsup.bp*) e para o solo nu (*tsup.bar*). Aqui é possível destacar que, apesar do aumento da *tsup* média diária para todo o período ser de apenas 0,8°C, a magnitude da diferença no verão é expressiva (cerca de 1,5°C), evidenciando que nesta estação do ano a eventual retirada da cobertura vegetal pode causar grande impacto na condição atmosférica em superfície.

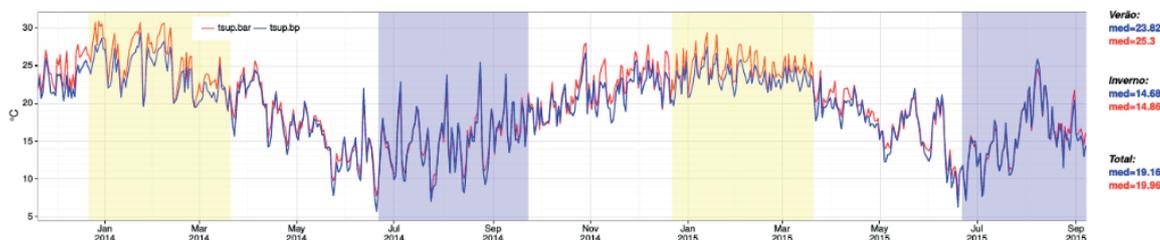


Figura 6: Temperatura média diária da superfície simulada para o bioma Pampa (*tsup.bp*) e para o solo nu (*tsup.bar*). As regiões sombreadas em amarelo (azul) correspondem a estação de verão (inverno). Ao lado do gráfico, as médias diárias para o verão, inverno e todo o período.

#### 4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho avaliamos os impactos das mudanças da cobertura do solo (conversão da vegetação nativa, bioma Pampa – BP, em solo nu - SN) nas forçantes biofísicas e no clima local.

Neste trabalho avaliamos os impactos das mudanças da cobertura do solo (conversão da vegetação nativa, bioma Pampa – BP, em solo nu - SN) nas forçantes biofísicas e no clima local.

Os resultados mostraram que a conversão BP-SN ocasionou uma redução de

aproximadamente 11% do albedo da superfície e uma leve diminuição do saldo de radiação (~6%). Apesar de termos menos energia disponível, observou-se um aumento do  $H$  (média diária +14 W/m<sup>2</sup>) e diminuição do  $LE$  (média diária -21 W/m<sup>2</sup>). Associado a isso, a média diária da  $T_{sup}$  para todo o período analisado aumentou 0,8°C, sendo mais expressiva sua elevação no verão (+1,5°C) do que no inverno (+0,2°C).

De forma geral, os resultados deste trabalho mostraram que a presença da vegetação nativa é componente essencial para a regulação climática, tanto em relação a alteração das componentes do balanço de energia quanto das variáveis climáticas.

## REFERÊNCIAS

- Mahyar, S.; A., T. B. **Optimizing hydrological consistency by incorporating hydrological signatures into model calibration objectives**. *Water Resources Research*, v. 51, n. 5, p. 3796–3814, 2015.
- Pillar, V. P.; Muller, S. C.; Castilhos, Z. M. S.; Jacques, A. V. A. **Campos Sulinos - Conservação e uso sustentável da biodiversidade**; MMA: Brasília, 2009; p. 403.
- Rosolem, R. et al. **Towards a comprehensive approach to parameter estimation in land surface parameterization schemes**. *Hydrological Processes*, v. 27, n. 14, p. 2075–2097, 2012. ISSN 1099-1085.
- Rubert, G. C.; Roberti, D. R.; Pereira, L. S.; Quadros, F. L. F.; Campos Velho, H. F. D.; Leal de Moraes, O. L. **Evapotranspiration of the Brazilian Pampa Biome: Seasonality and Influential Factors**. *Water* 2018, 10. doi:10.3390/w10121864.
- Sellers, P. J.; Randall, D. A.; Collatz, G. J.; Berry, J. A.; Field, C. B.; Dazlich, D. A.; Zhang, C.; Collelo, G. D.; Bounoua, L. **A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs Part I: Model Formulation**. *Journal of Climate*, v. 9, p. 676–705, 1996
- Vélez E., L.; Chomenko, S.; Madeira, M. W. **Um panorama sobre as iniciativas de conservação dos campos sulinos**. In: PILLAR, V. P. et al. (Ed.). *Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília: MMA, 2009. p. 403.
- Vrugt, J.; Robinson, B. **Improved evolutionary optimization from genetically adaptive multimethod search**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 104, n. 3, p. 708–711, 2007.
- Shen, W.; Li, M.; Huang, C.; He, T.; Tao, X.; e Wei, A. **Local land surface temperature change induced by afforestation based on satellite observations in Guangdong plantation forests in China**, *Agricultural and Forest Meteorology*, 276-277, (2019).
- West, P. C., Narisma, G. T., Barford, C. C., Kucharik, C. J. and Foley, J. A. (2011), **An alternative approach for quantifying climate regulation by ecosystems**. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9: 126-133.
- Wöhling, T.; Samaniego, L.; Kumar, R. **Evaluating multiple performance criteria to calibrate the distributed hydrological model of the upper neckar catchment**. *Environmental Earth Sciences*, v. 69, n. 2, p. 453–468, 2013. ISSN 1866-6299.
- Zhao, K. and Jackson, R. B. (2014), **Biophysical forcings of land-use changes from potential forestry activities in North America**. *Ecological Monographs*, 84: 329-353.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos:** Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPI (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. E-mail para contato: raissasalustriano@yahoo.com.br; raissa.matos@ufma.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

**Nitalo André Farias Machado:** Possui graduação em Agronomia (2015) e mestrado em Ciência Animal (2018) pela Universidade Federal do Maranhão. Atualmente é aluno regular do doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Possui experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Ambiência e Bioclimatologia, atuando principalmente nos seguintes temas: biometeorologia, bem-estar animal, biotelemetria, morfometria computacional, modelagem computacional, transporte de animais, zootecnia de precisão, valorização de resíduos, análise de dados e experimentação agrícola. E-mail para contato: nitalo-farias@hotmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3622313041986385>

**Hosana Aguiar Freitas De Andrade:** Graduada em Agronomia (2018) pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Atualmente é mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Ceará (PPGCS/UFC) como bolsista CAPES. Possui experiência na área de fertilidade do solo, adubação e nutrição de plantas, com ênfase em aproveitamento de resíduos na agricultura, manejo de culturas, propagação vegetal, fisiologia de plantas cultivadas e emissão de gases do efeito estufa. E-mail para contato: hosana\_f.andrade@hotmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5602619125695519>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ácido metanosulfônico 46, 49, 50, 51, 56

Adequação ambiental 194

Análise combinatória 198, 199, 200, 201, 202, 213, 217, 218

Anilina 46, 49, 51

Aplicações 16, 18, 21, 26, 46, 57, 81, 83, 84, 90, 106, 193, 201, 202, 205, 207, 209, 212, 217

Aplicativo 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 126

### B

Baía da Ilha Grande 162, 168, 172, 173, 174

Baía de Guanabara 146, 147, 162, 164, 168, 169, 170, 171, 174, 175

Base de dados 39, 176, 179

Bioindicadores 136, 143

### C

Carcinicultura 10, 11, 12, 13, 14, 15

Carne bovina 108, 109, 110, 111, 112, 114, 117, 118

Cbers 4 16, 17, 18

Cenário educacional 1

Competência 1, 4, 5, 6, 7, 8, 168

Conforto ambiental 149, 150, 153, 154, 194, 195, 197

Contorno ativo 16, 18

Controle solar 149

### D

Deposição eletroquímica 46, 49, 51, 53

Didática profissional 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8

### E

Eletrodeposição 46, 50, 51, 52, 53, 57, 190, 191, 192

Ensino 1, 5, 7, 38, 58, 67, 69, 70, 71, 80, 81, 121, 122, 133, 134, 149, 194, 198, 200, 201, 216, 217, 218

Ensino das geociências 58

Ensino de astronomia 70, 81

Ensino fundamental 58, 71, 81

Ensino médio 58, 71, 200, 217, 218

Erosão costeira 163, 219, 220, 225

Espaço-temporais 10

Estratégias ativas 194

Estuário 10, 13, 14, 15, 164

Estudos topográficos 121

Experimentação 198, 199, 201, 202, 213, 216, 227  
Extração de feições 16, 17, 20, 21  
Extração de proteínas 108, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118

## F

Filmes de polianilina 46  
Física médica 37, 38, 40, 44  
Fitólitos de plantas 135, 137, 140  
Formação dos adultos 1, 4  
Função exponencial 82, 94, 99, 100, 104, 106

## G

Geociências 15, 58, 60, 62, 69, 81, 175  
Geomorfologia fluvial 10

## I

Interatividade 37, 38

## K

Kinect 121, 122, 124, 125, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 134

## L

Lâmpada fluorescente 70, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80  
Landsat 8 16, 17, 18, 19, 20, 21  
Liga de alumínio 2024 48, 49, 190  
Linha de costa 14, 165, 172, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225  
Líquido iônico 190, 191, 192

## M

Mapeamento de ruído 176, 181, 183, 187  
Mata atlântica 135, 136, 137, 138, 146  
Matemática 1, 3, 5, 6, 7, 8, 83, 84, 90, 102, 106, 107, 198, 199, 200, 201, 202, 213, 216, 217, 218  
Meta-heurística 155, 156, 157, 158, 159, 160  
Metais oxidáveis 46, 48  
Métodos 3, 12, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 45, 48, 72, 110, 111, 123, 128, 139, 147, 156, 176, 180, 192, 199, 200, 201, 202, 221, 222, 224  
Modelagem 126, 155, 156, 160, 161, 176, 178, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 227  
Modelagem acústica 176, 180

## O

Ouro 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 52, 53, 54, 62, 217  
Oxidação álcool benzílico 22

## P

Paládio 22, 23, 24, 25, 26, 27, 32

Planejamento fatorial 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117

Planície flúvio-marinha 10, 12

Polipirrol 48, 57, 190, 191, 192, 193

Praia 138, 141, 143, 147, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 219, 220, 222, 224, 225, 226

Praias abrigadas 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 173, 174

Professor 1, 5, 6, 7, 8, 58, 61, 68, 81, 121, 122, 195, 199, 200, 213, 214, 215, 216, 217

Proteções solares 149, 150, 152

## R

Radiação 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 114

Realidade aumentada 121, 122, 127, 132, 133

Reconstituição paleoambiental 136

Recursos de informações 37

Rio Acaraú 10, 11, 12, 14

## S

Secado de café 155

Sensoriamento remoto 16, 21

Série de Taylor 82, 83, 99

Superfície de resposta 108, 110, 111, 117

## T

Tecnologia móvel 37, 38, 39

Teoria quântica 70, 71, 72, 73, 74, 78, 80

Topografia 10, 121, 122, 123, 127, 133, 134, 137, 162, 168, 180

## V

Variabilidade multitemporal 219

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**