

# Estudos Teórico-Metodológicos nas Ciências Exatas

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

# Estudos Teórico-Metodológicos nas Ciências Exatas

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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)**

E82 Estudos teórico-metodológicos nas ciências exatas [recurso eletrônico] / Organizador Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-81740-05-4  
 DOI 10.22533/at.ed.054201702

1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Gonçalves, Antonio Machado Fagundes.

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](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Atualmente, podemos notar a grande necessidade do desenvolvimento das ciências, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade. Sabe-se também que as ciências exatas cumprem um papel importantíssimo na construção de saberes ligados a humanidade e a tecnologia.

Tal desenvolvimento só se torna capaz por meio de autores que dedicam o seu tempo e estudo na construção teórica-metodológica de pesquisas científicas que vêm contribuir com a sociedade como um todo, encorpando o conhecimento sobre vários assuntos que envolvem as ciências exatas.

Neste e-book como o próprio título sugere, o leitor encontrará uma mescla de assuntos ligados a estudos em ciências exatas nas mais diversas áreas do conhecimento. Desde temas ligados ao ensino de ciências a temas muito particulares envolvendo mecânica, robótica, computação, algoritmos, dentre outros.

Ao leitor, corroboro que esta obra intitulada “Estudos Teórico-Metodológicos nas Ciências Exatas” tem muito a contribuir com a área, podendo engrandecer o trabalho de pesquisadores em ciências exatas nas mais diversas áreas do conhecimento.

Bons estudos

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
JOGOS NO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO: APRENDENDO AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS	
Emiliana Batista de Oliveira Hyanka Cezário de Paula Adriana Aparecida Molina Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0542017021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
ESTIMATIVA DE PARÂMETROS BÁSICOS DE UM SEDIMENTADOR PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS	
Raimundo Tavares Zane Alex Martins Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0542017022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
O ENSINO DE DERIVADAS DE FUNÇÕES SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA DE RAYMOND DUVAL	
Renata Gaspar da Costa Geraldo Magella Obolari de Magalhães Oswaldo Antonio Ribeiro Junior Suzana Nunes Rocha Edislana Alves Barros Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0542017023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO METROLÓGICO DOS MÉTODOS DE MQ E MZ UTILIZADOS EM MMC	
João Pedro Correa Argentin Denise Pizarro Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0542017024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>35</b>
INTEGRANDO TECNOLOGIA DIGITAL NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NA PREPARAÇÃO PARA O ENEM	
Lucas Antônio Xavier Chirlei de Fátima Rodrigues José Izaias Moreira Scherrer Neto Kátia Sotelle Maia Luzinete Louzada Bianchi Kahowec Luciano Carneiro Cardozo Mateus Geraldo Xavier	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0542017025</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>45</b>
CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO DA ARTE DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO PARA A 5ª GERAÇÃO DE COMUNICAÇÃO MÓVEL	
Andréia Vanessa Rodrigues Lopes Fabrício José Brito Barros	

Hugo Alexandre Oliveira da Cruz  
André Augusto Pacheco de Carvalho  
Iury da Silva Batalha  
Jasmine Priscyla Leite de Araújo  
Cristiane Ruiz Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.0542017026**

**CAPÍTULO 7 ..... 53**

**AUTOMAÇÃO E INTELIGÊNCIA EM PROCESSOS INDUSTRIAIS**

Késsia Thais Cavalcanti Nepomuceno  
Djamel Fawzi Hadj Sadok

**DOI 10.22533/at.ed.0542017027**

**CAPÍTULO 8 ..... 59**

**FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS APLICADAS NA CONSTRUÇÃO DE  
MODELOS ATOMÍSTICOS DE NANOPARTÍCULAS FUNCIONALIZADAS**

Jônatas Favotto Dalmedico  
Guilherme Camargo  
Bruno de Camargo Barreto Silva  
Alessandro Botelho Bovo  
Fernando José Antonio  
Vagner Alexandre Rigo

**DOI 10.22533/at.ed.0542017028**

**CAPÍTULO 9 ..... 77**

**UTILIZAÇÃO DE CARTAS DE BARALHO NO ENSINO DE ALGORITMOS  
COMPUTACIONAIS**

Suzana Lima de Campos Castro  
Ronaldo Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.0542017029**

**CAPÍTULO 10 ..... 86**

**COMPARAÇÃO DE APROXIMAÇÕES NÃO-HIPERBÓLICAS DE TEMPOS DE  
TRÂNSITO DE DADOS SÍSMICOS UTILIZANDO DIFERENTES ALGORÍTMOS DE  
OTIMIZAÇÃO**

Nelson Ricardo Coelho Flores Zuniga

**DOI 10.22533/at.ed.05420170210**

**CAPÍTULO 11 ..... 91**

**CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DE ESTADO DA ARTE DO  
DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO AR-TERRA EM VEÍCULOS  
AÉREOS NÃO TRIPULADOS**

Andréia Vanessa Rodrigues Lopes  
Fabrício José Brito Barros  
Hugo Alexandre Oliveira da Cruz  
Cristiane Ruiz Gomes  
André Augusto Pacheco de Carvalho  
Iury da Silva Batalha  
Jasmine Priscyla Leite de Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.05420170211**

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>97</b>
VARIABILIDADE DIURNA E TEMPORAL DA ALCALINIDADE TOTAL EM DOIS ESTUÁRIOS DE PERNAMBUCO	
Thiago de Oliveira Caminha Manuel de Jesus Flores Montes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05420170212</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>111</b>
GERENCIAMENTO DE REDES USANDO A FERRAMENTA ZABBIX	
Marco Antônio Corrêa Baião Rômulo Henrique de Carvalho Brandão Lilian Coelho de Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05420170213</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>123</b>
PROJETO CONCEITUAL DE UMA MINIMÁQUINA-FERRAMENTA MULTIFUNCIONAL CNC	
Gilberto Fernandes Resende de Brito Victor Augusto de Paiva Lopes Vitor Nakayama de Araújo Pires Ferreira João Eduardo Lacerda L. dos Santos Déborah de Oliveira Artur Alves Fiocchi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05420170214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>132</b>
CANOPY WALKING AS A PROPOSAL FOR THE AÇAÍ HARVEST IN AMAZONAS	
Magnólia Grangeiro Quirino Patrícia dos Anjos Braga Sá dos Santos Luiz Guilherme Oliveira Marques Karla Mazarelo Maciel Pacheco	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05420170215</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>144</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>145</b>

## JOGOS NO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO: APRENDENDO AS FUNÇÕES EXPONENCIAIS

Data de aceite: 07/02/2020

### **Emiliana Batista de Oliveira**

Universidade Federal de Goiás, Jataí-Goiás,  
<http://lattes.cnpq.br/8426339425179177>

### **Hyanka Cezário de Paula**

Universidade Federal de Goiás, Jataí-Goiás,  
<http://lattes.cnpq.br/0199040609632137>

### **Adriana Aparecida Molina Gomes**

Universidade Federal de Goiás, Jataí-Goiás,  
<http://lattes.cnpq.br/8063443416453254>

**RESUMO:** Este trabalho é um recorte do Relatório Final da disciplina de Estágio Supervisionado I, cujos sujeitos de pesquisa foram alunos do 1º ano do Ensino Médio, de um Colégio Estadual de Tempo Integral, localizado na cidade de Jataí, GO. A questão investigativa que subsidiou a investigação, realizada em 2018, foi como os jogos podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de funções exponenciais? Objetivamos fazer com que os alunos pudessem compreender o conceito da função exponencial, bem como utilizar estratégias que os auxiliassem no desenvolvimento do pensamento lógico. Por ser uma pesquisa de cunho qualitativo, foram utilizados testes diagnósticos, jogos, listas de exercícios e uma gincana entre as turmas. Após analisar os resultados, percebemos que

grande parte dos alunos compreendeu tanto o conceito de função exponencial quanto os conteúdos que o antecederiam. No que se refere às estagiárias, este trabalho contribuiu para aprenderem, juntamente com os alunos, que a prática de sala de aula difere de turma para turma.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino e Aprendizagem. Jogos de treinamento. Ensino médio.

### GAMES ON 1<sup>ST</sup> YEAR OF HIGH SCHOOL: LEARNING EXPONENTIAL FUNCTIONS

**ABSTRACT:** This article analyzes part of the supervised internship I Final Report, which subjects were 1<sup>st</sup> year high school students from a full-time school in Jataí, GO. In 2018, this study was triggered by the following questions: how can games assist exponential functions teaching-learning process? The aim was to provide students the opportunity to comprehend the concept of exponential function, as well as use strategies to develop logical thinking. Being a qualitative research, diagnosis test, games, exercises lists and competitions between groups were used. After data analysis, it was noticeable that majority of students were able to comprehend both the concepts of exponential functions and preceded content. In respect of the interns, this project provided them opportunity to learn, along with students, that classroom

practices may vary from group to group.

**KEYWORDS:** Teaching and learning. Training games. High School.

## 1 | INTRODUÇÃO

O presente texto refere-se ao trabalho desenvolvido na disciplina de Estágio Supervisionado I, do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal de Goiás (UFG) – Regional Jataí, GO. O primeiro passo foi a escolha, pelas estagiárias, da instituição que seria utilizada como campo de pesquisa. Optou-se por uma escola conveniada à UFG, a qual tem o objetivo de, dentre outros, melhorar do ensino de matemática.

Optamos por trabalhar com duas turmas de 1º ano do Ensino Médio (Turmas C e D) de um colégio estadual de tempo integral, em Jataí-GO. As turmas representaram um desafio a mais, tendo em vista que são bastante heterogêneas em relação ao interesse dos alunos. O trabalho foi desenvolvido no terceiro bimestre de 2018, com foco nos conceitos funções exponenciais e logarítmicas.

Tendo como tema o uso de jogos no ensino e aprendizagem da matemática no 1º ano do Ensino Médio de um colégio pública, a questão de investigação que subsidiou o trabalho foi: quais as potencialidades dos jogos no processo de ensino-aprendizagem do conceito de funções exponenciais? Escolhemos trabalhar com os jogos numa perspectiva da resolução de problemas.

Entendemos, tal como Beatriz D’Ambrósio (1989, p. 16), que “o uso dos jogos matemáticos no ensino são alguns exemplos de propostas de trabalho visando a melhoria do ensino de matemática segundo uma perspectiva construtivista”. Para Moura (1996, p. 53), existe uma relação do jogo com a resolução de problemas. Para ele, o

jogo tem fortes componentes da resolução de problemas na medida em que jogar desenvolve uma atitude psicológica do sujeito que, ao se predispor para isso, coloca em movimento estruturas do pensamento que lhe permitem participar do jogo. O jogo, no sentido psicológico, desestrutura o sujeito que parte em busca de estratégias que o levam a participar deles. Podemos definir jogo como um problema em movimento, problema que envolve atitude pessoal de querer jogar tal que o resolvidor de problema que só os tem quando estes lhes exigem busca de instrumentos novos de pensamento.

De acordo com a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) (BRASIL, 2018, p. 528), uma das habilidades que precisa ser desenvolvida com os alunos é resolver “e elaborar problemas com funções exponenciais nos quais é necessário compreender e interpretar a variação das grandezas envolvidas”. Nesse sentido, este trabalho pressupõe o desenvolvimento de uma sequência didática envolvendo listas de exercícios, testes diagnósticos e três jogos – Torre de Hanói e Trilha – para ensinar

e aprender os conceitos de funções exponenciais e logarítmicas.

O uso de jogos possibilita o desafio, a cooperação e a competição que podem ajudar na produção de conhecimentos matemáticos, ou seja, ele pode ser um facilitador da aprendizagem, pois mobiliza a dimensão lúdica para resolver problemas do jogo (GRANDO; MARCO, 2007, p. 116). Dessa forma, os jogos serão utilizados com a intenção de treinar, exercitar, praticar e reforçar os conteúdos já estudados nas aulas de matemática. Este tipo de jogo pode ser classificado como sendo de treinamento, tal como evidenciado por Lara (2003).

Compreendemos que, apesar de o jogo ser uma ferramenta essencial para o aprendizado, transformá-lo em um recurso pedagógico não é fácil, mesmo porque cabe ao professor adequá-lo ao conteúdo, ao objetivo da aula e à idade dos alunos.

É nessa ocasião que o professor se depara com a tarefa de precisar, em determinados momentos, de (re)ensinar um conceito de modo que o aluno entenda e perceba sua inserção na realidade do dia-a-dia. Ou seja, o objetivo é fazer com que a matemática e seus objetos se tornem compreensíveis a todas as pessoas.

Assim, cremos que este tipo de trabalho pode possibilitar que o aluno desenvolva a criticidade, os raciocínios – lógico, geométrico, abstrato, pictórico, espacial, etc. – e a comunicação de ideias e estratégias.

## 2 | METODOLOGIA

A opção pela utilização dos jogos partiu tanto da professora supervisora quanto das autoras deste trabalho, devido à complexidade dos conceitos a serem ministrados.

Entendemos que é imprescindível que o professor, enquanto profissional, utilize de todas as ferramentas disponíveis para o melhor aprendizado de seus alunos. Nesse sentido, a aplicação dos jogos pode possibilitar ao aluno uma forma diferenciada de exposição e assimilação do conteúdo a ser ministrado.

Inicialmente, aplicamos uma lista de exercícios, um teste diagnóstico com diferentes níveis de aprendizado, contendo 05 (cinco) questões, para verificar os conhecimentos prévios dos alunos quanto aos conceitos da função exponencial. A correção desse teste foi feita concomitantemente com uma revisão acerca das propriedades de potenciação e radiciação juntamente com os alunos.

Iniciamos a aplicação do primeiro jogo, qual seja: Torre de Hanói, com o fator histórico, ou seja, buscamos mostrar aos alunos o surgimento do jogo, suas regras e sua história.

A Torre de Hanói é um tipo de jogo, um “quebra-cabeça”. Este tem uma base com três pinos, como na Figura 1, sendo que sobre um dos pinos estão dispostos alguns discos empilhados uns sobre outros, numa ordem crescente de tamanho, na

orientação de cima para baixo.

O objetivo do jogo é mover todos os discos do pino esquerdo para o pino da direita, ou vice-versa. Para jogar, o aluno deve movimentar uma peça de cada vez, sendo que o disco de tamanho maior não pode ficar nunca sobre um disco menor.



Figura 1: Torre de Hanói

Fonte: Foto tirada pelas autoras, em 17 abr. 2018.

Em seguida, as turmas confeccionaram o jogo, jogaram e fizeram exercícios referentes ao conceito e propriedades da função exponencial.

Após esse contato inicial com o jogo, foi entregue a cada dupla uma tabela de registro na qual deveria ser anotada a quantidade de discos e, conseqüentemente, a de movimentos. Concomitantemente, explicamos que cada peça era condicionada a uma quantidade mínima de jogadas e que, somente após cada dupla conseguir a jogada mínima, seriam entregues os próximos discos.

Num momento posterior, aplicamos uma lista de exercícios referente ao jogo Torre de Hanói, e (re)aplicamos o jogo. A intenção foi verificar se os alunos, após resolverem problemas do jogo, aprimoraram ou não suas estratégias de resolução.

Como a torre de Hanoi aborda apenas uma classificação dessa função, os alunos resolveram uma lista de exercícios, que incluía todo o conteúdo exponencial.

Ao todo, foram 14 (catorze) questões, que também foram corrigidas com os alunos. Por último, aplicamos o jogo Trilha, para exploração de conteúdo relacionado a funções exponenciais.

A aplicação deste último jogo ocorreu em dois momentos. O primeiro momento se deu na sala de sala, para cada turma; no segundo momento, entre as turmas na

quadra da escola.

Como os alunos já haviam visto todo o conteúdo de função exponencial, a aplicação deste jogo ocorreu na forma de teste diagnóstico. A intenção era analisarmos o desenvolvimento de cada aluno. Apesar de ser um jogo que precisaria ter um pouco de sorte, as questões tinham os níveis fácil, médio e difícil.

O jogo ocorreu da seguinte forma em ambas as salas:

- foram feitas demarcações, com fita crepe, de forma a criar, no chão da sala de aula, uma sequência de quadrados, como uma trilha.
- vinte e oito quadrados foram numerados, e cada um deles correspondia a uma questão de mesmo número, em que a metade das questões, ou seja, de 01 a 14 eram médias e fáceis e as questões 14 a 28 eram médias e difíceis.
- foram incluídos, de forma aleatória, alguns quadrados marcados com “X” entre os 28 quadrados numerados. Tais marcações compreendiam questões extras, retiradas de um envelope, e correspondiam a determinados comandos do jogo, como “avance uma, duas ou três casas; “volte uma, duas ou três casas”, “fique uma rodada sem jogar”, etc.
- as turmas C e D foram divididas em dois grandes grupos da seguinte forma: a professora supervisora indicou um líder para cada equipe e estes foram escolhendo o restante da turma. À medida que os líderes iam indicando os integrantes de seus grupos, foi pedido a eles que anotassem os nomes em uma folha, que foi entregue às estagiárias com a posição do integrante no jogo. Cada estagiária ficou com uma equipe. A única pessoa que se movimentava ao longo da trilha era o líder, que, devido a essa responsabilidade, foi o primeiro a responder por seu grupo;
- como havia uma separação no nível das questões, foram disponibilizados, para cada equipe, três envelopes, quais sejam: um para questões de 01 a 14, outro para questões de 14 a 28 e, por fim, um destinado aos quadrados com marcação em “X”.
- o diferencial foi que as questões só poderiam ser respondidas pelos participantes que foram indicados, no início do jogo, para aquele número específico. Cada questão deveria ser respondida em cinco minutos cronometrados pela estagiária que acompanhava a equipe. Caso a equipe não conseguisse respondê-la em tempo hábil, passaria a vez para a outra equipe. A equipe só andaria no jogo, caso o integrante respondesse corretamente à questão retirada.
- a equipe campeã era aquela que chegasse primeiro ao fim da trilha.

A única diferença entre as salas foi que, no 1º ano D, alguns alunos se recusaram a participar.

Em ambas as turmas, três alunos tentaram responder a mesma questão, sendo

a mesma trocada. Por conta desses casos, os peões humanos que estavam na trilha ficaram parados por várias jogadas, pois eles só poderiam sair do lugar se os alunos acertassem a questão sorteada.

O fator surpresa foi que após aplicarmos no 1º ano D, os próprios alunos tiveram a ideia de jogar com o 1º ano C. Esta ideia foi totalmente aprovada pela turma e por todos os envolvidos neste trabalho.

O jogo na quadra ocorreu de forma tranquila. Foram demarcados no chão, com giz e fita, 32 (trinta e dois) quadrados, alguns com X, ou seja, todas as regras do jogo realizado em cada uma das salas foram mantidas.

Jogamos “par ou ímpar” para saber qual equipe iria começar. Observamos que as turmas eram grandes e, por isso, pedimos para que os líderes de cada turma organizassem a disposição em duplas. A disposição dos integrantes, em dupla, foi feita pelo líder da equipe e entregue às estagiárias. Cada questão era, então, respondida pela dupla correspondente.

Como esperado, a animação foi comum a ambas as turmas, que se mostraram igualmente bastante entusiasmadas com a competição.

As questões foram as mesmas jogadas e respondidas em sala. Essa decisão ocorreu porque as turmas não tinham utilizado todas as questões dos envelopes.

Venceu a equipe do 1º ano “C”, mas todos ganharam, tendo em vista que todos aprenderam.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos maiores temores dos alunos e alunas de graduação é o estágio supervisionado. É nele que temos o primeiro contato com a profissão que escolhemos e, naturalmente, deixamos de nos preocupar apenas com nós mesmos para nos ocuparmos da vida de mais de 20 alunos. Sim, mesmo com contato breve, conseguimos, ao final do trabalho, discernir o humor de cada aluno. É gratificante vermos progresso dos alunos e é desafiador procurar fazer com que se interessem pelo conteúdo ministrado.

Acompanhamos as duas turmas no conteúdo de função exponencial e percebemos que a maior dificuldade se encontrava na ausência de domínio dos conceitos prévios para a aprendizagem desse conteúdo, ou seja, nos conteúdos básicos necessários para o entendimento do conceito a ser ministrado, tais como potenciação e radiciação.

No que se refere à aprendizagem desses conceitos, pudemos perceber que houve uma grande evolução na aprendizagem do conteúdo, além de ter havido muita interação entre as turmas, o que também pode ser apontado como resultado positivo do trabalho.

Em todas as atividades aplicadas em ambas as turmas, notamos um grande empenho da maioria dos alunos presentes. Nos dias dos jogos eles ficam mais empolgados, dedicavam-se e se comprometiam em fazer tudo certo, nos surpreendendo na busca por estratégias de resolução.

Podemos afirmar que os alunos aprovaram a metodologia, visto que o trabalho estimulou não apenas o desenvolvimento da criticidade, mas também o respeito mútuo.

A grande lição por nós aprendida foi a (re)afirmação do importante papel do educador nas vidas de seus alunos. Somos, altamente, responsáveis pelo ensino-aprendizagem de nossos alunos. Cabe a nós a responsabilidade de propiciar aos alunos uma aprendizagem conceitual significativa, utilizando, sempre que possível, metodologias diferenciadas e inovadoras para aplicarmos quaisquer atividades que contribuam com a aprendizagem deles.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria Executiva. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: a educação é a base: ensino médio [Versão Preliminar]. Brasília, DF: MEC/SE/SEB, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site\\_110518.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf). Acesso: 12 de mai.2018.

D'AMBROSIO, Beatriz. Como ensinar matemática hoje? **Temas e Debates**. ano II, n. 2. Brasília: Sociedade Brasileira de Educação Matemática: 1989. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=988565> . Acesso: 13 mai. 2018.

GRANDO, R. C.; MARCO. F. F. de. O movimento da resolução de problemas em situações com jogo na produção de conhecimento matemático. In: MENDES, J. M., GRANDO, R. C. (Org). **Múltiplos Olhares**. São Paulo, SP: Musa, 2007, p. 95-118.

LARA, I. C. M. de. **Jogando com a matemática de 5ª a 8ª série**. São Paulo, SP: Rêspel, 2003.

MOURA, M. O. A séria busca no jogo: do lúdico na matemática. In: KISHIMOTO, Tizuko Morchida (org.). **Jogo, brincadeira e a educação**. 1. ed. São Paulo, SP: Cortez, 1996, p. 73-87.

## ESTIMATIVA DE PARÂMETROS BÁSICOS DE UM SEDIMENTADOR PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Data de aceite: 07/02/2020

Data de submissão: 03/12/2019

### Raimundo Tavares Zane

Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, UFAM  
– AM

<http://lattes.cnpq.br/3566594017382249>

### Alex Martins Ramos

Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, UFAM  
– AM

<http://lattes.cnpq.br/3647300336718935>

**RESUMO:** O tratamento convencional de água para consumo humano depende de um bom sistema de coagulação para produzir água dentro dos padrões de qualidade. Por isso, este trabalho tem como objetivo obter as melhores condições experimentais em termos de pH, turbidez, tempo de agitação e sedimentação, visando projetos de sedimentadores. Para isto, utilizou-se uma solução de sulfato de alumínio a 1,0 % como agente coagulante. Com esta solução, aplicou-se o teste dos jarros para escolher o volume apropriado para o ensaio da proveta. A solução que apresentou o melhor desempenho em termo de turbidez foi de uma rotação rápida de 500 rpm por 2 minutos e lentamente de 220 rpm por 5 minutos. O pH ficou em torno de 4,95 depois da coagulação. Já o tempo que levou para sedimentar foi de 40

minutos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coagulação, Teste de jarros, Sulfato de alumínio.

### ESTIMATION OF BASIC PARAMETERS OF A SEDIMENTATOR FOR SURFACE WATER TREATMENT

**ABSTRACT:** Conventional water treatment for human consumption depends on a good coagulation system to produce water within quality standards. Therefore, this work aims to obtain the best experimental conditions in terms of pH, turbidity, agitation time and sedimentation, aiming at sedimentation projects. For this, a 1.0% aluminum sulfate solution was used as a coagulant. With this solution, the jug test was applied to choose the appropriate volume for the beaker test. The solution with the best turbidity performance was a fast rotation of 500 rpm for 2 minutes and slowly of 220 rpm for 5 minutes. The pH was around 4.95 after coagulation. The time it took to settle was 40 minutes.

**KEYWORDS:** Coagulation, Jug test, Aluminum sulfate.

### 1 | INTRODUÇÃO

A coagulação consiste na desestabilização de partículas em suspensão presentes na água (que possuem sua superfície carregada

com cargas elétricas negativas), pela adição, na maioria dos casos, de sais de ferro ou alumínio, os quais em contato com a água formam espécies hidrolisadas que, por sua vez, adsorvem nas partículas coloidais presentes na água e as desestabilizam. A etapa de coagulação depende basicamente das características da água como pH, alcalinidade, turbidez, temperatura, mobilidade eletroforética, força iônica, concentração de sólidos totais dissolvidos, tamanho e distribuição de tamanhos das partículas em estado coloidal e em suspensão, entre outros (MEDEIROS et al., 2011; CARDOSO et al., 2008). Assim, a coagulação é fundamental para processo de aglutinação das partículas presentes na água formando flocos que possam ser separados na fase de sedimentação e filtração (LEME, 2010). Para a coagulação pode ser adicionado produtos químicos, os mais usados são o sulfato de alumínio, sulfato férrico, sulfato ferroso, cloreto férrico, aluminato de sódio e os polieletrólitos (SANTOS, 2011).

A coagulação, portanto, é uma operação unitária fundamental tanto para projetos de estação de tratamento quanto para projeto de sedimentadores. Por isso, o objetivo deste estudo foi de obter as melhores condições experimentais em termo de pH, turbidez, tempo de agitação lenta e rápida e tempo de sedimentação.

## **2 | METODOLOGIA**

### **2.1 Sólidos totais em suspensão**

A coleta foram realizada no município de Itacoatiara, o mesmo localiza-se à 270 km da capital Manaus, possui uma população estimada em 98.503 habitantes (IBGE, 2016).

As amostras de água foram apanhadas à margem esquerda do rio Amazonas pertencente ao município. Sendo que essas foram filtradas em um sistema de filtração à vácuo com filtro de membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  previamente pesados, que após a filtragem foram secos em estufa entre 105 e 110 °C, seguido de pesagem até massa constante.

### **2.2 Determinação do pH**

Para as leituras de pH das amostras de água foi utilizado o medidor multiparâmetro de modelo AK88, da marca Akso. Cada leitura, o eletrodo do aparelho foi lavado abundantemente com água destilada a fim de se evitar interferências nas leituras posteriores.

### **2.3 Determinação da turbidez**

A turbidez das amostras foi obtida com turbidímetro portátil TU430, da marca

Akso a temperatura ambiente. Essa variável foi medida antes e depois do processo de coagulação para acompanhamento do desempenho do coagulante.

## 2.4 Teste de jarros

Foi utilizada uma solução 1,0%(m/v) de sulfato de alumínio  $Al_2(SO_4)_3$  que foi preparada a partir do reagente comercial, com pureza de 99%, da marca BIOTEC. Em uma mistura de água destilada em um balão volumétrico de 2000 mL. Neste procedimento, cujo objetivo foi determinar a melhor dosagem de sulfato de alumínio  $Al_2(SO_4)_3$  para o controle da cor e turbidez da água. O procedimento se inicia adicionando 100 mL de água bruta em cada um dos seis beakers, depois desse processo, acrescentou-se a solução de sulfato de alumínio em diferentes quantidades. No primeiro becker foi adicionado 0,5 mL de sulfato de alumínio, no segundo 1,0 mL, no terceiro 1,5 mL, no quarto 2,0 mL, no quinto 3 mL e no sexto 5 mL. O sétimo becker não se adicionou a solução, pois foi utilizado para comparação. Agitou-se vigorosamente as amostras por 30 segundos e, em seguida, agitou-se vagorosamente durante 2 minutos. Após todos esses processos citados anteriormente deixou-se as soluções em repouso para decantar por aproximadamente 30 minutos. De acordo com a figura 1:



Figura 1: Procedimento do testes dos jarros

Fonte: A autor (2018).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise da água bruta

Os resultados da análise da água bruta estão descritos na Tabela 1, para algumas variáveis físico-químicas.

Variável	Valor	Unidade
pH	6,5	-----
Sólidos totais em suspensão	1,084	g/L
Turbidez	100,5	NTU*

Tabela 1- Variáveis físico-químicas da água bruta

Fonte: A autor (2018).

As variáveis da Tabela 1 são fundamentais em projeto de sedimentadores, pois, todas influenciam consideravelmente a coagulação promovida pelo sulfato de alumínio (DI BERNARDO et al., 2012). Além disso, nota-se que a concentração de sólidos totais em suspensão é cerca de 35 a 100 vezes menor que os valores encontrados por Cristina et al., (2002) e Brasil (2002). Isto leva a suposição de que a água analisada é uma solução diluída. Isso implica que em um gráfico entre a altura de sedimentação *versus* tempo, é de se esperar que aparece uma relação linear, ou seja, uma curva reta.

### 3.2 Análise do teste dos jarros

A partir da solução de sulfato de alumínio a 1,0% (m/v), adicionou-se alíquotas de volumes dessa solução em seis diferentes béqueres contendo água bruta, com o intuito de encontrar a quantidade ideal de coagulante. O resultado desse teste é apresentado na Tabela 2, juntamente com a concentração do coagulante em cada béquer, bem como a turbidez de cada solução.

Becker	V( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) – mL	[ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ] g/L	Turbidez(NTU)
1	0,5	0,050	15,0
2	1,0	0,100	11,2
3	1,5	0,150	6,6
4	2,0	0,200	14,5
5	3,0	0,300	18,0
6	5,0	0,500	20,0

Tabela 2 – Adição de sulfato de sulfato de alumínio.

Fonte: A autor (2018).

Como se pode perceber da Tabela 2, a solução que apresentou a menor turbidez foi a do béquer 3, sendo portanto, a alíquota de 1,5 mL usada para se ampliar o cálculo da quantidade de coagulante para um volume de água bruta de 1000 mL.

### 3.3 Dimensionamento do sedimentador

Para se calcular as dimensões do sedimentador, ou seja, seu diâmetro, altura e área é necessário obter os dados da altura de sedimentação em função do tempo. Por isso, foi necessário o teste dos jarros que forneceu a quantidade apropriada de coagulante a ser usada no ensaio da proveta, contendo um volume de 1000 mL. Os resultados deste ensaio estão descritos na Tabela 3.

Altura(cm)	T (min)
12,0	0
11,0	2
10,5	4
10,0	6
9,0	8
8,7	10
8,0	12
7,3	14
6,6	16
5,2	18
4,7	20
4,0	22
3,3	24
3,0	26
2,6	28
2,0	30
1,5	32
1,0	34
1,0	36
1,0	38
1,0	40

Tabela 3: Valores do ensaio da proveta

Fonte: A autor (2018).

Para calcular o diâmetro do sedimentador e sua altura, utilizou-se o método de Kinch, conforme apresentado em Cremasco (2012). Deste modelo, serão apresentadas neste artigo apenas as equações do diâmetro e da altura como será mostrado a seguir.

A partir da Tabela 3, traçou-se um gráfico entre a altura de sedimentação (z), no eixo y (ordenadas) *versus* o tempo de sedimentação (t) no eixo x (abcissas), como

mostra a Figura 2. De posse desse gráfico, traçou-se retas tangentes aos pontos até a intersecção com o eixo das ordenadas, ou seja, até que a reta tangente cruzasse o eixo y. O valor obtido nessa intersecção, corresponde aos valores de  $z_i$ , na Figura 2.

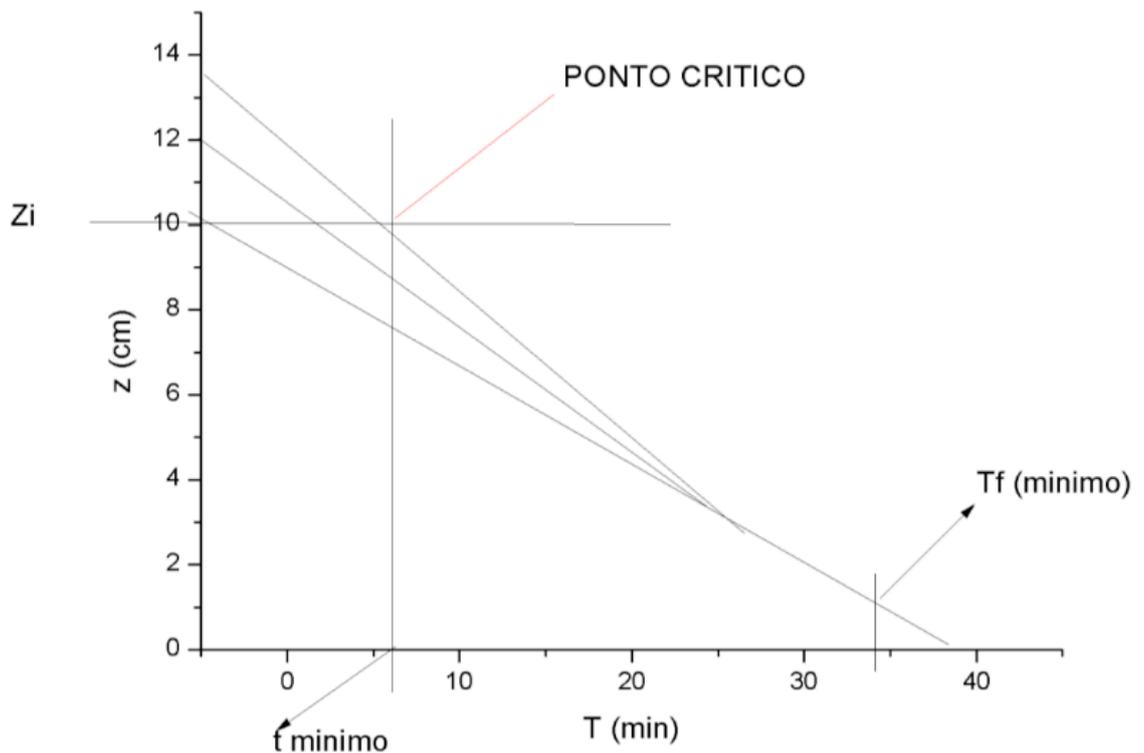


Figura 2: Comportamento da Curva de Sedimentação

Fonte: A autor (2018).

Posteriormente, escolheu-se o tempo crítico ( $t_c$ ), que é dado pelo último ponto da parte reta da curva da Figura 2, sendo seu valor de 10,2. Em seguida, calculou-se a altura mínima ( $Z_{min}$ ) pela Equação (4):

$$Z_{min} = Z_0 \frac{\varepsilon_{p0}}{\varepsilon_{pL}} \quad (4)$$

Onde  $Z_{min}$  é a mínima variação que altura de sedimentação,  $Z_0$  a altura antes da sedimentação,  $\varepsilon_{p0}$  é a concentração de partícula na alimentação,  $\varepsilon_{pL}$  é a concentração de partícula no espessado. De posse do valor de  $Z_{min}$ , traçou-se uma linha reta até cruzar a curva dos pontos a partir do eixo das ordenadas. Do ponto de cruzamento entre a curva e  $Z_{min}$ , traçou-se outra linha reta em direção ao eixo das abcissas. Nessa intersecção, encontrou-se o tempo mínimo ( $t_{min}$ ) e seu valor é 6,3. Do ponto  $Z_{min}$  traçou-se também outra linha reta, tangenciando a última parte da curva, na qual encontrou-se o tempo final ( $t_f$ ), cujo valor foi 34.

De posse desses valores e para uma dada vazão, por exemplo,  $1 \text{ m}^3/\text{h}$ , obteve-se o diâmetro do sedimentador, que foi de 6,0 m, calculado pela Equação 5:

$$D = \left[ \frac{4 Q_A \varepsilon_{pA}}{\pi q_i} \left( \frac{1}{\varepsilon_{pi}} - \frac{1}{\varepsilon_{pL}} \right) \right]^{1/2} \quad (5)$$

Onde Q é a vazão volumétrica da suspensão,  $q_i$  é a velocidade da sedimentação, e o subscrito A e L referem-se à alimentação no sistema, já o  $\varepsilon_p$  e  $\varepsilon_{pi}$  são a camada limitante é a lama espessado.

Um sedimentador convencional é dividido em três altura distintas de acordo com a Figura 3.

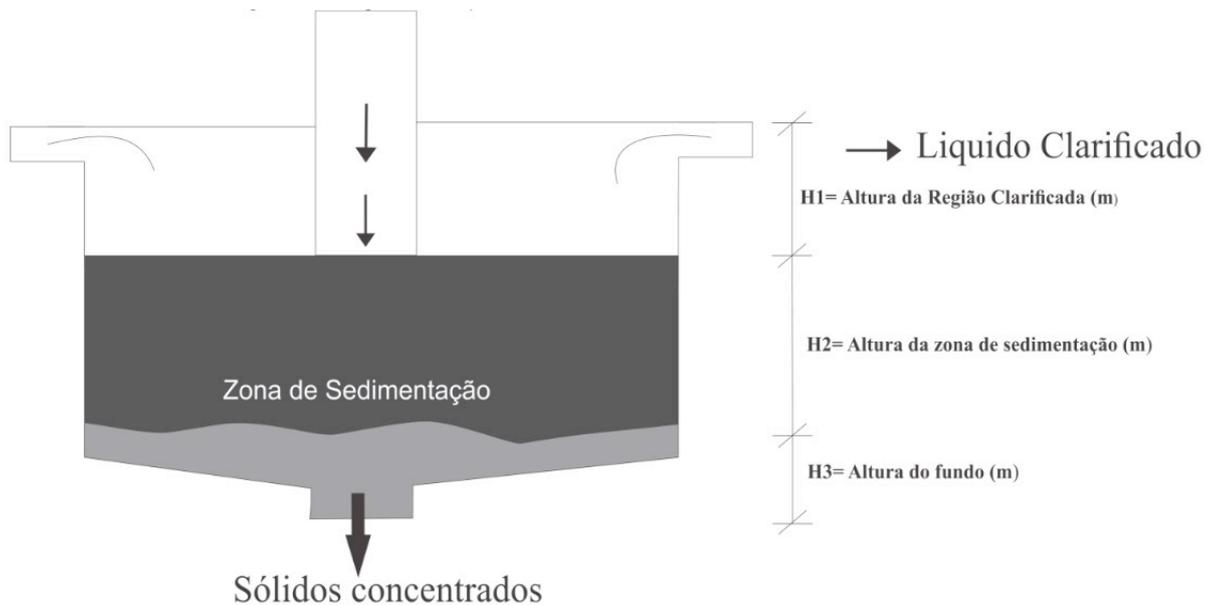


Figura 3: Diagrama esquemático de um Sedimentador

Fonte: A autor (2018).

Onde ( $H_1$ ) é a altura de clarificação, onde inexistente a presença de partículas sólidas depois de determinado tempo e seu valor é pré-estabelecido em 0,75 m.

A altura da zona de decantação ( $H_2$ ) é dada pela seguinte Equação 6:

$$H_2 = \frac{4}{3} z_{\min} \left( \frac{t_R}{t_{\min}} \right) \quad (6)$$

Onde  $t_R$  é a tempo de residência, que é a diferença entre tempo final e o tempo mínimo ( $t_{\min}$ ).

E por fim, altura do fundo ( $H_3$ ) que é dada pela Equação 7:

$$H_3 = 0,073 \times D \quad (7)$$

Em que D é o diâmetro do sedimentador. A altura total do sedimentador é resultado da soma de  $H_1$ ,  $H_2$  e  $H_3$  cujo valor é 1,4 m.

Com os valores do diâmetro e da altura do sedimentador, assim possibilitando

explicitar a sua área através da equação 8:

$$A = \frac{F \cdot ca \left( \frac{1}{ci} - \frac{1}{cl} \right)}{vi} \quad (8)$$

Onde F é vazão de entrada, Ca é a concentração inicial, Ci é a concentração pontual, Vi é a velocidade pontual da sedimentação e Cl é a concentração ideal de lodo.

Vale a pena ressaltar que o gráfico da Figura 2 apresenta uma observação interessante: a curva mostrada se aproxima visualmente de uma reta. Isto é característico de sistemas diluídos, correspondendo portanto a discussão no tópico 3.1. Esse resultado é muito importante, pois, tanto o cálculo do tempo de sedimentação bem como da quantidade de coagulante empregada são proporcionais, o que facilita enormemente a ampliação das escala.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O teste dos jarros mostrou que a quantidade a ser adicionada à água bruta é de 1,5 mL a partir da solução-mãe. O gráfico traçado entre a altura de clarificação e tempo mostrou a princípio que é necessário aumentar o tempo de agitação para que partículas maiores e mais uniformes sejam formadas. Desta forma a concentração dos sólidos na suspensão, a concentração dos sólidos na lama e a densidade do líquido apresentaram valores próximos ao da literatura. Visto que o dimensionamento de sedimentador convencional consta do cálculo da sua altura e área transversal e é baseado em dados operacionais de sedimentação em batelada podendo calcular as dimensões do sedimentador.

#### REFERÊNCIAS

BRASIL, A. **DETERMINAÇÃO DA TURBIDEZ E DO pH DA ÁGUA DE UMA PISCICULTURA EM TANQUES-REDE NO RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS, ILHA SOLTEIRA - SP.** v. 357, p. 2–5, 2002.

CARDOSO, K. C. et al. **Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da moringa oleifera lam.** Acta Scientiarum - Technology, v. 30, n. 2, p. 193–198, 2008.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos.** São Paulo: Blucher, 2012.

CRISTINA, S.; FRANÇA, A. **Edição do Livro de Tratamento de Tratamento de Minérios** Cap.14, p.571-609. p. 571–609, 2002.

DI BERNARDO L. et al. **Ensaio de tratabilidade da água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** São Paulo: Ed. Rima, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2016.

LEME, F. C. **Teorias e técnicas de tratamento de águas**. Rio de Janeiro: Ed. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2ª edição (Atualizada), 2010.

MEDEIROS, C. O. et al. **Estudo da sedimentação para o tratamento de água de processo de indústria beneficiadora de arroz**. p. 1–6, 2011.

SANTOS, Gabriel Rosa. **Estudo de Clarificação de Água de Abastecimento Público e Otimização da Estação de Tratamento de Água**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2011.

## O ENSINO DE DERIVADAS DE FUNÇÕES SOB A PERSPECTIVA DA TEORIA DE RAYMOND DUVAL

Data de aceite: 07/02/2020

### Renata Gaspar da Costa

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Maranhão – IFMA  
São Luís – MA

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6672944134148197>

### Geraldo Magella Obolari de Magalhães

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Tocantins – IFTO  
Paraíso – TO

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0764763742969387>

### Oswaldo Antonio Ribeiro Junior

Colégio Estadual Idalina de Paula  
Paraíso – TO

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0831776146589137>

### Suzana Nunes Rocha

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Tocantins  
Paraíso – TO

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3350936305243909>

### Edislana Alves Barros Andrade

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Tocantins  
Paraíso – TO

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3181793168262612>

**RESUMO:** A disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, popularmente conhecida como Cálculo, encontra-se nos cursos de ciências exatas como Engenharia, Matemática, Química, Física entre outros. Estudos mostram que esta disciplina apresenta altos índices de reprovação. A presente pesquisa tem como objetivo apresentar a Teoria dos Registros de Representação Semiótica, criada por Raymond Duval, como proposta pedagógica para o ensino de derivada de funções. A pesquisa tem abordagem qualitativa. O primeiro passo foi conhecer a teoria de Duval, para, em seguida, trabalhar o conteúdo de derivada de funções usando a teoria. Através desta prática, acredita-se na efetiva contribuição para o docente, para o discente e para a difusão da teoria de Duval como proposta pedagógica para os demais conteúdos da Matemática.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teoria dos Registros de Representação Semiótica. Cálculo Diferencial e Integral. Derivadas de funções.

### TEACHING OF DERIVED FROM FUNCTIONS UNDER RAYMOND DUVAL'S THEORY PERSPECTIVE

**ABSTRACT:** The discipline of Differential and Integral Calculus, popularly known only as Calculus, is found in exact science courses, such as Engineering, Mathematics, Chemistry,

Physics and so on. Studies already show that this discipline has high rates of failure. This objective research presents the Theory of Registers of Semiotic Representation, created by Raymond Duval, as a pedagogical proposal for the teaching of derivative functions. The research has a qualitative approach and a study on the Duval theory was performed, later we make a combination of the Derivative content of functions with this theory. Thus, it is intended to contribute to the teaching practice and the student, spreading the Duvalian theory as a pedagogical proposal for the other contents of Mathematics.

**KEYWORDS:** Theory of Registers of Semiotic Representation. Differential and Integral Calculus. Derivative of functions.

## 1 | INTRODUÇÃO

A disciplina de Cálculo Diferencial e Integral, popularmente chamada de Cálculo, consta no currículo de diversos cursos da área de Ciências Exatas, tais como, Matemática, Física, Química, as Engenharias, etc. Barufi (1999, p.3), afirma que “o Cálculo é uma ferramenta extremamente útil, pois a variação de grandezas e a necessidade de aproximações locais é uma problemática presente em praticamente todas as áreas do conhecimento”. O estudo dessa disciplina inicia-se com os conteúdos de funções reais de uma variável real, Limites e Continuidade, Derivadas e Aplicações, e Integral.

Souza (2007) acredita que a metodologia tradicional, utilizada na maioria das vezes para o ensino, resulta em altos índices de reprovação nessa disciplina, alegando que essa dificuldade apresentada pelos alunos na compreensão dos conceitos básicos do Cálculo, tem se tornado objeto de estudos de pesquisas nacionais e internacionais no âmbito da Educação Matemática.

O foco deste trabalho é propor uma forma de ensinar derivadas de funções reais de uma variável real sob a perspectiva da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, teoria desenvolvida pelo pesquisador francês Raymond Duval, que permite investigar como se dá a forma de pensar e trabalhar com os conteúdos do domínio da matemática (DUVAL, 2018).

A respeito do conceito de derivada, Gonçalves e Reis (2013) afirmam que este conceito pode ser entendido como limite, taxa de variação e como inclinação da reta tangente a uma curva em um ponto dado.

Segundo os autores, o assunto derivadas resume-se apenas na aplicação das regras de derivação, e no entanto, quando o aluno se depara com uma situação-problema não consegue resolvê-la, pois, apenas memorizou as regras de derivação sem entender o conceito.

As dissertações de Campos (2007), Marques (2009), Vaz (2010), Lobo (2012) e a tese de Lobo (2017) são exemplos de pesquisas que utilizam a Teoria dos

Registros de Representação Semiótica como referencial teórico para verificar se os livros didáticos de Cálculo utilizam as transformações semióticas em seu conteúdo.

Esta pesquisa se classifica como abordagem qualitativa. Os estudos do psicólogo francês Raymond Duval foram utilizados como referencial teórico para seu desenvolvimento. Trata-se de apresentar esta teoria como uma proposta pedagógica para o ensino de derivada de funções reais de uma variável real.

## 2 | TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA

A Teoria dos Registros de Representação Semiótica foi elaborada pelo filósofo e psicólogo francês Raymond Duval, que durante o período de 1970 a 1995 foi pesquisador do Instituto de Pesquisa sobre o Ensino de Matemática – IREM de Estrasburgo – França. Sua teoria aborda a importância da linguagem e de representações para as atividades matemáticas.

Duval afirma que “a matemática é um tipo de conhecimento que, do ponto de vista epistemológico, é completamente diferente dos outros tipos de conhecimento” (DUVAL, 2018, p.7).

A matemática possui sua própria maneira de pensar e trabalhar seus conteúdos. Esta maneira configura-se como condição necessária para apreender os conceitos matemáticos. Todavia, esta forma é tida como o maior desafio para ensinar a matemática (DUVAL, 2018).

De acordo com Duval (2015), as atividades matemáticas possuem duas faces: a exposta e a oculta. A *face exposta* diz respeito aos conceitos dos objetos matemáticos, à escolha de um procedimento matemático para solucionar um problema, enquanto que a *face oculta*, diz respeito ao modo que é pensado e trabalhado os conceitos matemáticos. É nessa face que se encontra a Teoria dos Registros de Representação Semiótica.

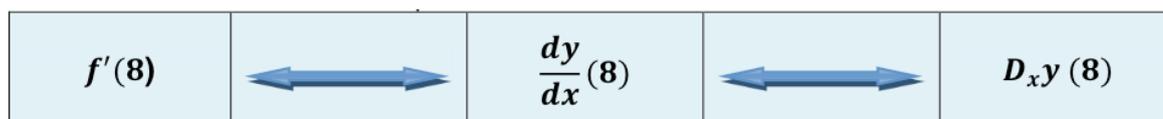
Intitula-se de *registro* ou *sistema semiótico* designa o sistema onde é representado o objeto enquanto que *registros de representações* são as formas possíveis de representar um objeto matemático. Segundo o autor, para se ter acesso aos objetos matemáticos é necessário que estes sejam primeiramente representados (DUVAL, 2018).

Para que um registro semiótico seja aceito como registro de representação é necessário o desenvolvimento de três atividades cognitivas:

- I. **Formação de uma representação identificável:** Refere-se “seleção de relações e de dados no conteúdo a representar” (DUVAL, 2012b, p.271, grifo do autor).
- II. **Tratamento:** É considerada uma transformação interna devido a não ocorrência de mudança no registro de representação, isto é, a transformação

realiza-se no mesmo registro (DUVAL, 2012b).

A respeito do ensino de derivadas, podemos notar uma transformação de tratamento na notação da derivada. Observe o exemplo a seguir:

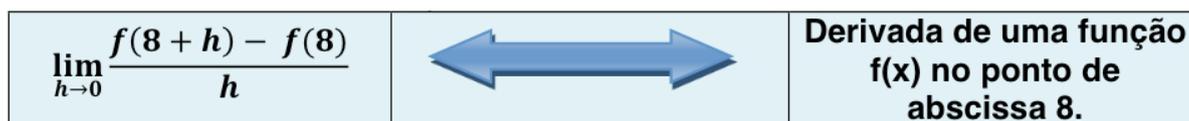


Quadro 1 – Exemplo de tratamento no conteúdo de derivada

Fonte: Autores

Houve mudança no modo de representar a derivada de uma função no ponto de abscissa 8, entretanto, o registro simbólico continuou o mesmo.

**III. Conversão:** Se refere a uma transformação externa, pois há uma modificação no registro de representação, ou seja, nessa transformação o registro de representação inicial não corresponde ao registro de representação final, (DUVAL, 2012b).



Quadro 2 – Exemplo de conversão no conteúdo de derivada

Fonte: Autores

O quadro 2 apresenta um exemplo de conversão presente no ensino de derivada onde há uma conversão do registro algébrico para o registro linguístico.

É fundamental a articulação de vários registros de um mesmo objeto matemático para a apreensão do seu conceito matemático, além de conseguir reconhecer este objeto em cada uma de suas representações sem que estas sejam confundidas com o objeto estudado (DUVAL, 2012b).

“Uma simples mudança na escrita é suficiente para exibir propriedades diferentes do objeto, mesmo se for mantida a mesma referência” (DUVAL, 2012a, p.99).

A transformação semiótica de conversão pode se dá de forma simples ou custosa caso não haja congruência semântica.

O problema da congruência ou da não congruência semântica de duas apresentações de um mesmo objeto é, portanto, o da distância cognitiva entre estas duas representações, sejam elas pertencentes ou não ao mesmo registro (DUVAL, 2012a, p.105)

Duval (2012) define três critérios para verificar o fenômeno de congruência, que são:

- 1) Conservação de uma correspondência semântica de elementos significantes.
- 2) Conservação da correspondência semântica das unidades de significado.
- 3) A organização das unidades significantes.

Para que haja congruência semântica, todos os três critérios precisam ser satisfeitos, porventura se algum deles falhar, a passagem de uma representação para outra tende a apresentar obstáculos, podendo a representação não ser entendida ou mesmo não realizada (DUVAL, 2012a).

### 3 | POSSIBILIDADES DE ENSINO DE DERIVADAS DE FUNÇÕES REAIS DE UMA VARIÁVEL REAL USANDO A TEORIA DE DUVAL

O ensino de derivada de funções reais de uma variável real, limita-se na determinação do coeficiente angular da reta tangente, através do limite dos coeficientes angulares da reta secante.

Em alguns cursos, como no curso de Licenciatura em Matemática, por exemplo, é feita a demonstração dessa definição.

**Definição:** A derivada de uma função em um ponto fixo  $a$ :

$$f'(a) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h}$$

Se o limite existir.

Em seguida, apresenta-se o gráfico dessa função, e por fim, resolve-se listas de exercícios, que muitas das vezes são exercícios parecidos mudando apenas alguns valores. Esse estilo de atividade ajuda o aluno apenas a memorizar os passos da resolução do exercício, sem, entretanto, ter havido compreensão do conteúdo por parte do aluno.

Ao realizar a transição da definição de derivada para o gráfico, o professor está empregando o tratamento de conversão, pois, ocorre a modificação do registro linguístico para o registro gráfico. Todavia, o docente utiliza apenas um sentido da conversão e excede no uso de tratamentos.

O professor ao fundamentar sua aula na teoria de Duval deve favorecer os dois sentidos da conversão. Por exemplo, além de utilizar da transição do registro linguístico para o registro gráfico da definição de derivada, deve mostrar como se dá do registro gráfico para o registro linguístico, do registro gráfico para o registro algébrico e do registro algébrico para o registro gráfico.

É necessária a conversão nos dois sentidos para que haja compreensão do objeto matemático em sua totalidade. Não deve ser privilegiado um único sentido da

conversão.

Moretti, Ferraz e Ferreira (2008), através de três representações explicam os casos para quando não há limite. Observe o primeiro caso na figura 1:

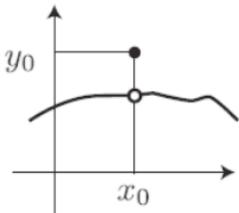
Unidade básica gráfica	Unidade básica linguística	Unidade básica simbólica
	<p>Limites laterais em <math>x_0</math> são iguais</p> <p>Descontínua em <math>x_0</math></p>	<p><math>y'(x_0)</math> não existe</p> $\lim_{x \rightarrow x_0^+} y = \lim_{x \rightarrow x_0^-} y \neq y(x_0)$

Figura 1 – Caso onde não se tem o limite da função

Fonte: Moretti, Ferraz e Ferreira (2008)

Para que o limite de determinada função exista, dois critérios precisam ser satisfeitos, como é mostrado na Unidade básica linguística, que são: A função precisa ser contínua no ponto solicitado e os limites laterais nesse ponto precisam ser iguais.

No caso da figura 1, a derivada da função não existe, pois conforme mostra o registro gráfico, a função é descontínua em  $x_0$ . Logo, os limites divergem.

Observe na figura 2 outra forma de mostrar a descontinuidade em uma função:

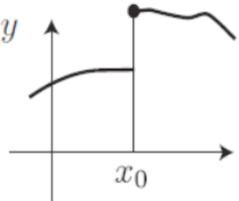
Unidade básica gráfica	Unidade básica linguística	Unidade básica simbólica
	<p>Limites laterais em <math>x_0</math> são diferentes</p> <p>Descontínua em <math>x_0</math></p>	<p><math>y'(x_0)</math> não existe</p> $\lim_{x \rightarrow x_0^+} y \neq \lim_{x \rightarrow x_0^-} y$ <p><math>y(x_0) \exists</math></p>

Figura 2 - Caso onde não se tem o limite da função

Fonte: Moretti, Ferraz e Ferreira (2008)

A diferença para o exemplo anterior está no registro gráfico, onde este mostra outra forma de uma função descontínua.

As unidades básicas são os registros de representação. A transformação de uma unidade básica para outra está ligada à transformação semiótica de conversão.

A compreensão da derivada não se resume somente em mostrar as diversas formas de representar o objeto matemático, mas, entender como ocorre a conversão de um registro ao outro. Moretti, Ferraz e Ferreira (2008), nos mostram três maneiras de comprovar que uma função não possui limite. Cabe ao professor da disciplina de Cálculo trabalhar com seus alunos como ocorre a modificação de uma representação em outra, abordando os dois sentidos da conversão.

Um exemplo da aplicação da definição 1 é mostrada na figura 3:

**EXEMPLO 4** Encontre a derivada da função  $f(x) = x^2 - 8x + 9$  em um número  $a$ .

**SOLUÇÃO** Da Definição 4 temos

$$\begin{aligned}
 f'(a) &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h} \\
 &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{[(a+h)^2 - 8(a+h) + 9] - [a^2 - 8a + 9]}{h} \\
 &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{a^2 + 2ah + h^2 - 8a - 8h + 9 - a^2 + 8a - 9}{h} \\
 &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{2ah + h^2 - 8h}{h} = \lim_{h \rightarrow 0} (2a + h - 8) \\
 &= 2a - 8
 \end{aligned}$$

Figura 3 – Aplicação da Definição 1

Fonte: Stewart (2009)

O uso da definição tende a ser demorado e pode acontecer do aluno se confundir com as variáveis. Mais adiante, mostraremos outro modo de resolução através das regras de derivação.

As notações para a derivada são diversas, como é possível observar na figura 4:

$$\begin{aligned}
 &(i) f'(x_0); \frac{dy}{dx}(x_0); \frac{df}{dx}(x_0); D_x(f(x_0)); D_x f(x_0); f'(x_0); y'(x_0). \\
 &(ii) \left. \frac{\partial f}{\partial x}(x_0, y_0) \right]_{y=y_0}; \frac{\partial f}{\partial x}(x_0, y_0); \frac{\partial f(x_0, y_0)}{\partial x}; \frac{\partial}{\partial x}[f(x_0, y_0)]; f_x(x_0, y_0); D_x[f(x_0, y_0)].
 \end{aligned}$$

Figura 4 – Notações para derivada

Fonte: Alves (2012)

Alves (2012), no item (i), apresenta as notações utilizadas no ensino para uma variável. Para duas variáveis, as notações são apresentadas no item (ii).

Nota-se a presença da transformação semiótica de tratamento, pois, apesar das diversas formas de representar a derivada, não houve mudança no registro de representação.

A respeito das regras de derivação, temos:

**Regra da Soma:**  $[f(x) + g(x)]' = f'(x) + g'(x)$

**Regra da Diferença:**  $[f(x) - g(x)]' = f'(x) - g'(x)$

**Regra do Produto:**  $[f(x) \cdot g(x)]' = f'(x) \cdot g'(x) + f(x) \cdot g'(x)$

**Regra do Quociente:**  $\frac{f'(x)}{g'(x)} = \frac{f'(x) \cdot g(x) - f(x) \cdot g'(x)}{[g(x)]^2}$

O uso destas regras implica nos registros algébricos e numéricos e permite que o aluno responda mais rápido se comparado com o uso da Definição 1. O exemplo da figura 3 pode rapidamente ser resolvido utilizando a regra da soma e da diferença, bastando, apenas, substituir o  $x$  por  $a$ .

Assim:

$$\begin{aligned} f(x) = x^2 - 8x + 9 & \implies f(a) = a^2 - 8a + 9 \\ f'(x) = 2x - 8 & \implies f'(a) = 2a - 8 \end{aligned}$$

Quando se faz uso das regras de derivação, tende-se a manter o mesmo de registro de representação e de registro numérico. Logo, pode-se afirmar que os alunos mobilizam em atividades desse tipo a transformação semiótica de tratamento.

O uso da transformação de tratamento é necessário para que o aluno adquira prática na realização dos cálculos matemáticos. É através do tratamento que o aluno pode escolher qual o melhor registro para lhe deixar mais confortável no manuseio dos cálculos matemáticos.

O uso de tratamento está bastante presente, também, na disciplina Equações Diferenciais Ordinárias, onde o aluno, para responder às questões, primeiro precisa reconhecer que tipo de equação se trata (equação redutível a linear, equação exata ou redutível a exata, equação de Ricatti, etc.), para aplicar a técnica correta. O obstáculo está em reconhecer o tipo de equação, pois, em muitos casos, as equações não são facilmente reconhecidas, obrigando o aluno a manuseá-las até surgir uma outra equação equivalente, para, então, escolher o método adequado de resolução.

Um exemplo é a seguinte equação:

$$\frac{dy}{dx} = y(x \cdot y^3 - 1)$$

Trata-se de uma Equação de Bernoulli, da forma  $\frac{dy}{dx} + P_y = Q \cdot y^n$ , onde  $P$  e  $Q$  são constantes ou funções de  $x$ , com  $n$  diferente de 0 e 1 ( $n \neq 0, n \neq 1$ ). Todavia, para reconhecer como de Bernoulli precisa aplicar alguns procedimentos matemáticos para deixá-la na forma que será:

$$\frac{dy}{dx} = y(x \cdot y^3 - 1) \longrightarrow \frac{dy}{dx} = x \cdot y^4 - y \longrightarrow \frac{dy}{dx} + y = x \cdot y^4$$

A equação continua a mesma, porém, reescrita de outra forma, isto é, houve uma transformação de tratamento, já que não houve mudança no registro de representação.

Quando o professor privilegia em suas aulas os dois sentidos de conversão, além de fazer uso do tratamento para a prática dos cálculos matemáticos, afirma-se que está utilizando a Teoria dos Registros de Representação Semiótica como metodologia de ensino.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Teoria dos Registros de Representação Semiótica possui grande potencial para superar as dificuldades em aprendizagem de derivada de funções reais de uma variável real. Todavia, é necessário que o professor, além de ter domínio sobre o objeto matemático de estudo, saiba utilizar a teoria sem causar confusão na cabeça do aluno.

Observou-se que a transformação de tratamento auxilia no processo de realização dos cálculos matemáticos, mas, a aula não deve apenas restringir-se a esse tipo de transformação.

A conversão possui grande valia no processo de aprendizagem quando o professor sabe trabalhar com os dois sentidos que essa transformação oferece.

Por ser considerada uma teoria relativamente recente, pouco conhecida, pode-se dizer que quase sempre o seu uso é incorreto. Como a maioria dos professores desconhecem a Teoria de Raymond Duval, é importante sua difusão, pois trata-se de um instrumento que beneficia tanto o professor quanto o aluno, trazendo diferentes caminhos para chegarem ao mesmo lugar, aumentando a interação entre alunos e professores, aprimorando, assim, a qualidade do ensino.

Referente ao ensino de derivada de funções reais de uma variável real, esta ferramenta deve priorizar a transformação de conversão, cabendo ao professor equilibrar as duas atividades semióticas, isto é, responder e propor exercícios que possibilitem o uso das duas técnicas, sem que uma sobressai sobre a outra.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Francisco Régis Vieira; Borges. **IMPLICAÇÕES DA TEORIA DAS REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS NO ENSINO DO CÁLCULO**. Conexões: Ciência e Tecnologia, v. 1, p. 1-15, 2012.

BARUFI, M.C.B. **A construção/ negociação de significados no curso universitário de Cálculo Diferencial e Integral**. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 1999.

CAMPOS, Ronaldo Pereira. **A abordagem do teorema fundamental do cálculo em livros didáticos e os registros de representação semiótica**. 2007. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de

Mestrado em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC-SP, São Paulo, 2007.

DUVAL, Raymond; MORETTI, Trad. Méricles Thadeu. **Como Analisar A Questão Crucial Da Compreensão Em Matemática?** Revemat, Florianópolis, v. 13, n. 2, p.1-27, 2018.

DUVAL, Raymond; MORETTI, Trad. Méricles Thadeu. **Diferenças semânticas e coerência matemática: introdução aos problemas de congruência.** Revemat: revista eletrônica de educação matemática, [s.l.], v. 7, n. 1, p.97-117, 16 jul. 2012a. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/1981-1322.2012v7n1p97>

DUVAL, Raymond; MORETTI, Trad. Méricles Thadeu. **Mudanças, em curso e futuras, dos sistemas educacionais: Desafios e marcas dos anos 1960 aos anos... 2030.** Revemat, Florianópolis, v. 10, n. 1, p.1-23, 2015.

DUVAL, Raymond; MORETTI, Trad. Méricles Thadeu. **Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento.** Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. **Revemat:** revista eletrônica de educação matemática, [s.l.], v. 7, n. 2, p.266-297, 13 dez. 2012b. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/1981-1322.2012v7n2p266>.

GONÇALVES, Daniele Cristina; REIS, Frederico da Silva. Atividades Investigativas de Aplicações das Derivadas Utilizando o GeoGebra. **Bolema**, Rio Claro, v. 27, n. 46, p.417-432, ago. 2013.

LOBO, Rogério dos Santos. **A abordagem dada à taxa de variação no livro didático do ensino médio e a sua relação com o conceito da derivada no livro didático do ensino superior.** 2017. 253 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo PUC/SP, São Paulo - SP, 2017.

LOBO, Rogério dos Santos. **O TRATAMENTO DADO POR LIVROS DIDÁTICOS AO CONCEITO DE DERIVADA.** 2012. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC-SP, São Paulo, 2012.

MARQUES, Leandro. **Sobre a utilização do livro didático no estudo de derivadas parciais.** 2009. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC-SP, São Paulo, 2009.

MORETTI, Méricles Thadeu; FERRAZ, Ademir Gomes; FERREIRA, Verônica Gitirana Gomes. Estudo da conversão de funções entre registros simbólicos e gráficos no ensino universitário. **Quadrante**, [s.l.], v. 17, n. 2, p.97-122, 2008.

STEWART, James. Cálculo: volume 1; tradução técnica Antonio Carlos Moretti, Antonio Carlos Gilli Martins ; revisão técnica Helena Castro. -- São Paulo: Cengage Learning, 2009.

SOUZA, Fernando Eduardo. **A integral na visão de professores de Cálculo Diferencial e Integral frente à produção de alunos.** 2007. Dissertação- Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC/SP, 2007.

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO METROLÓGICO DOS MÉTODOS DE MQ E MZ UTILIZADOS EM MMC

Data de aceite: 07/02/2020

**João Pedro Correa Argentin**

Centro Universitário FEI, joao.pedro.arginin@gmail.com

**Denise Pizarro Vieira**

Centro Universitário FEI, vieiradp@fei.edu.br

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho metrológico dos dois principais métodos, Mínimos Quadrados (MMQ) e Mínima Zona (MMZ), utilizados nos programas computacionais para determinar as geometrias substitutas nas medições em Máquina de Medir por Coordenadas (MMCs). Ambos os métodos foram implementados e os resultados obtidos foram comparados com aqueles resultantes da medição em MMCs. Foi possível concluir que o MMZ apresentou um erro de circularidade, geralmente, pouco inferior ao erro gerado pelo MMQ. Porém, nos quesitos repetibilidade e esforço computacional o MMQ sobressaiu-se ao MMZ.

**PALAVRAS CHAVE:** Máquinas de Medir por Coordenadas, erros de Medição, métodos de Ajuste

**ABSTRACT:** This work aims to evaluate the metrological performance of the two main methods, Minimum Square (MMQ) and

Minimum Zone (MMZ), used in computational software to determine the substitute geometries in Coordinate Measuring Machine (CMM) measurements. Both methods were implemented and the obtained results were compared with those resulting from the MMC measurements. It was concluded that the MMZ showed a circularity errors, generally, lower than those generated by MMQ. However, considering the repeatability and the computational effort the MMQ showed a better performance than the MMZ.

### 1 | INTRODUÇÃO

Máquinas de Medir por Coordenadas (MMCs) possibilitam efetuar o controle dimensional e geométrico das peças de forma rápida e simples, utilizando programas computacionais dedicados. Estes programas utilizam diferentes algoritmos para ajustar a geometria substituta, os quais podem produzir resultados expressivamente distintos quando aplicados para a mesma finalidade. Os dois métodos mais difundidos e utilizados nas MMCs são: o método dos Mínimos Quadrados e o Método da Mínima Zona.

O método da mínima zona (MMZ) consiste em determinar a menor diferença radial entre

dois círculos concêntricos, um exterior e um interior, que contenha todos os pontos apalpados como ilustra a figura 1 (à esquerda). Na literatura existem diferentes algoritmos para implementar este método (Xiuming et al., 2014). A figura 1 (à direita) ilustra o método dos Mínimos Quadrados (MMQ), este método determina o melhor ajuste possível para um conjunto de dados, usando como critério, minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados. Essas diferenças são conhecidas como resíduos.

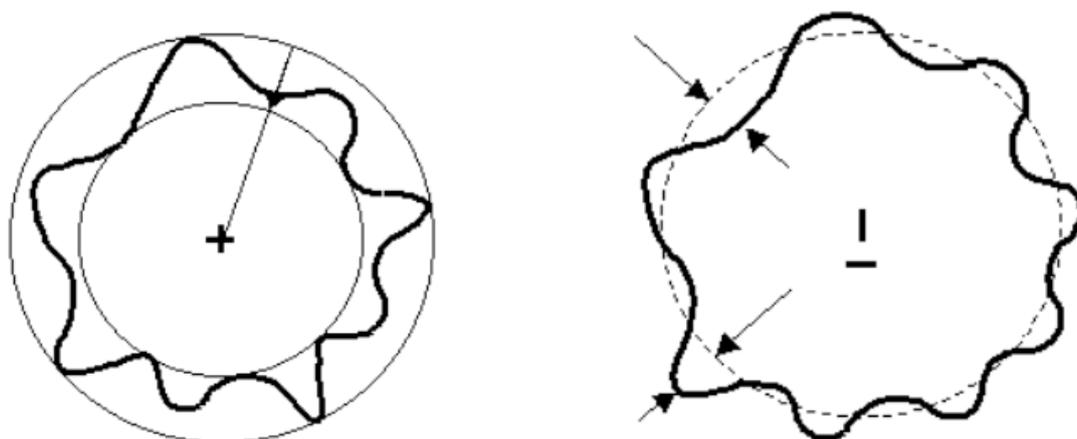


Figura 1. Método da Mínima Zona para determinação do diâmetro de um furo (à esquerda).  
Método dos Mínimos Quadrados para determinação do diâmetro de um furo (à direita)

## 2 | METODOLOGIA

O Método dos Mínimos Quadrados e o Método da Mínima Zona foram implementados na plataforma do MatLab R2017a. Nos programas os dados de entrada foram o número de pontos utilizados para definir a geometria furo e o conjunto de pares ordenados destes pontos. Como resultado, os programas forneceram as coordenadas de centro do furo ( $x_c, y_c$ ) e o raio do furo ( $R_c$ ). Para desenvolvimento do programa responsável pelo MMZ utilizou-se o algoritmo apresentado por Dhanish (2002) e para o MMQ utilizaram-se as equações propostas por Sato (2002).

O diâmetro de quatro furos também foi medido utilizando duas MMCs, uma pertencente ao Centro Universitário FEI e a outra da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Os valores decorrentes das medições efetuadas em ambas as MMCs foram comparados com os valores fornecidos pelos programas desenvolvidos neste trabalho.

Além da comparação com os valores obtidos em medições em MMCs, os programas desenvolvidos também foram submetidos a testes de sensibilidade, alterando os valores das coordenadas dos pontos de entrada da máquina e observando as variações causadas nas respostas dos mesmos. O tempo de resposta de cada algoritmo, assim como, o desvio de circularidade gerado foi observado e registrado em cada caso.

Visando avaliar a sensibilidade dos métodos, pequenas alterações foram introduzidas nos valores das coordenadas dos pontos a partir dos quais são determinadas as geometrias substitutas. Para tanto foi considerado o desvio de circularidade determinado variando-se o número de pontos. As alterações introduzidas em cada caso e o número de pontos considerado são mostrados na Tab. (1). Os valores de circularidade obtidos em cada caso são mostrados nas Figs. 8 a 11.

	Alteração	MMQ	MZ	MC
4 Pontos	Raio Real	2,0000	2,0000	2,0000
	Alterando X em -0,001	2,0005	2,0003	2,0005
	Alterando X em +0,001	1,9998	1,9998	2,0000
	Alterando Y em +0,002	1,9995	1,9995	2,0000
	Alterando X (-0,001) e Y(+0,002)	1,9998	1,9998	2,0000
8 pontos	Raio Real	10,00000	10,00000	10,00000
	Causando distúrbios de $10^{-5}$	10,00011	10,00000	10,00002
12 Pontos	Raio Real	10,00000	10,00000	10,00000
	Distúrbio na ordem $10^{-5}$	10,00000	9,99999	10,00007
	Distúrbio na ordem $10^{-3}$	10,00029	10,00049	10,00369
20 Pontos	Raio Real	10,00000	10,00000	10,00000
	Distúrbio na ordem $10^{-3}$	10,00000	10,00000	10,00101

Tabela 1. Alterações introduzidas nas coordenadas dos pontos e o número de pontos considerado. Todos os valores são expressos em mm.

### 3 | RESULTADOS

Na Figura 2a são mostrados os valores médios de diâmetros obtidos na MMC e pelo programa desenvolvido, aplicando o MMQ. Nesta figura são mostradas as barras de erro representado os valores de desvio padrão para uma confiabilidade de 95,45 %. Para facilitar a análise a Fig. 2b mostra as diferenças observadas entre estes valores para os quatro furos avaliados.

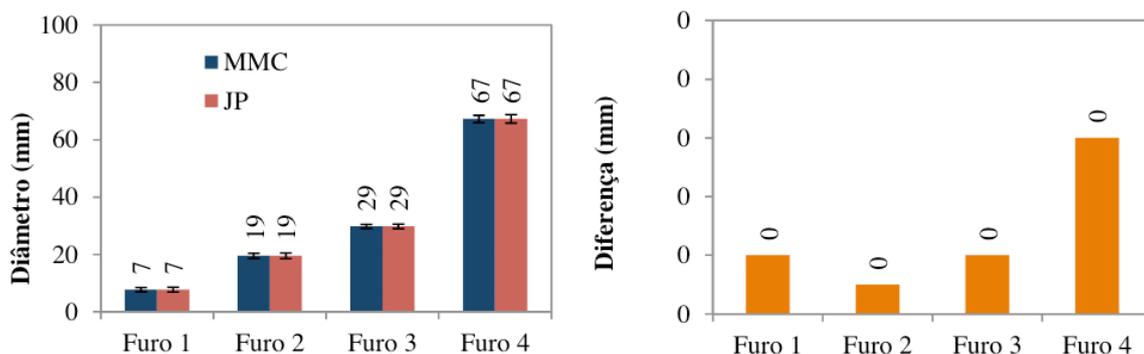


Figura 2. Valores médios de diâmetros obtidos na MMC e pelo programa desenvolvido, aplicando o método dos Mínimos Quadrados (a). Diferença entre os valores fornecidos pela MMC e pelo programa desenvolvido (b)

A partir da Figura 2a se conclui que os valores fornecidos pelo programa desenvolvido e pela MMC foram similares. Observa-se que os valores fornecidos pelo programa desenvolvido sempre foram maiores. As diferenças observadas foram iguais ou menores que  $2 \mu\text{m}$  para os furos 1, 2 e 3, e podem ser considerados adequados com relação à exatidão da medição. Já o furo número 4 apresentou uma diferença de  $6 \mu\text{m}$ . Uma análise deverá ser conduzida visando identificar as possíveis causas. Muito provavelmente houve um erro no registro dos valores de entrada no programa. A Partir da Fig. 2a se conclui que a repetibilidade associada aos valores médios de diâmetro obtidos pelo programa desenvolvido foi similar e ligeiramente pior que a observada para a MMC.

Na Figura 3a são mostrados os valores médios de diâmetros obtidos na MMC e pelo programa desenvolvido, aplicando o MMZ. Nesta figura são mostradas as barras de erro representado os valores de desvio padrão para uma confiabilidade de 95,45 %. Para facilitar a análise a Fig. 3b mostra as diferenças observadas entre estes valores para os quatro furos avaliados. A partir da Fig. 3a se conclui que os valores fornecidos pelo programa desenvolvido e pela MMC foram similares. Na Figura 3b se observa que não houve uma tendência definida do comportamento dos valores de diâmetro fornecidos pelo programa desenvolvido. Estes foram maiores para os furos 2 e 3 e menores para os furos 1 e 4. Os valores de diferença observados neste caso foram expressivos.

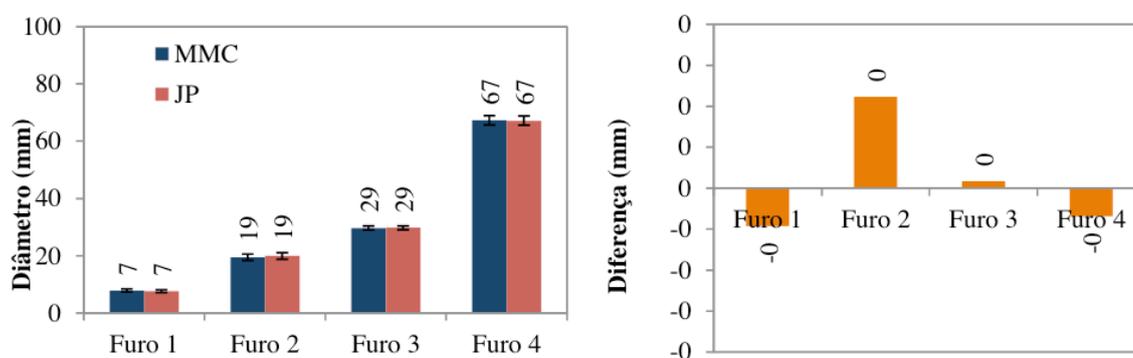


Figura 4. Valores médios de diâmetros obtidos na MMC e pelo programa desenvolvido, aplicando o método da Mínima Zona (a). Diferença entre os valores fornecidos pela MMC e pelo programa desenvolvido (b)

A Partir da Figura 4a se conclui que a repetibilidade associada aos valores médios de diâmetro obtidos pelo programa desenvolvido é similar à observada para a MMC. Não se observou uma tendência definida, uma vez que a repetibilidade pode ser melhor para a MMC em um determinado furo (Furos 2 e 4) e pior (Furos 1 e 3). Fazendo uma comparação entre a repetibilidade associada aos valores médios de diâmetro obtidos pelos MMZ e MMQ pode-se concluir que o MMQ foi superior.

A Figura 5 mostra os valores médios de diâmetro obtidos pelos MMQ e MMZ.

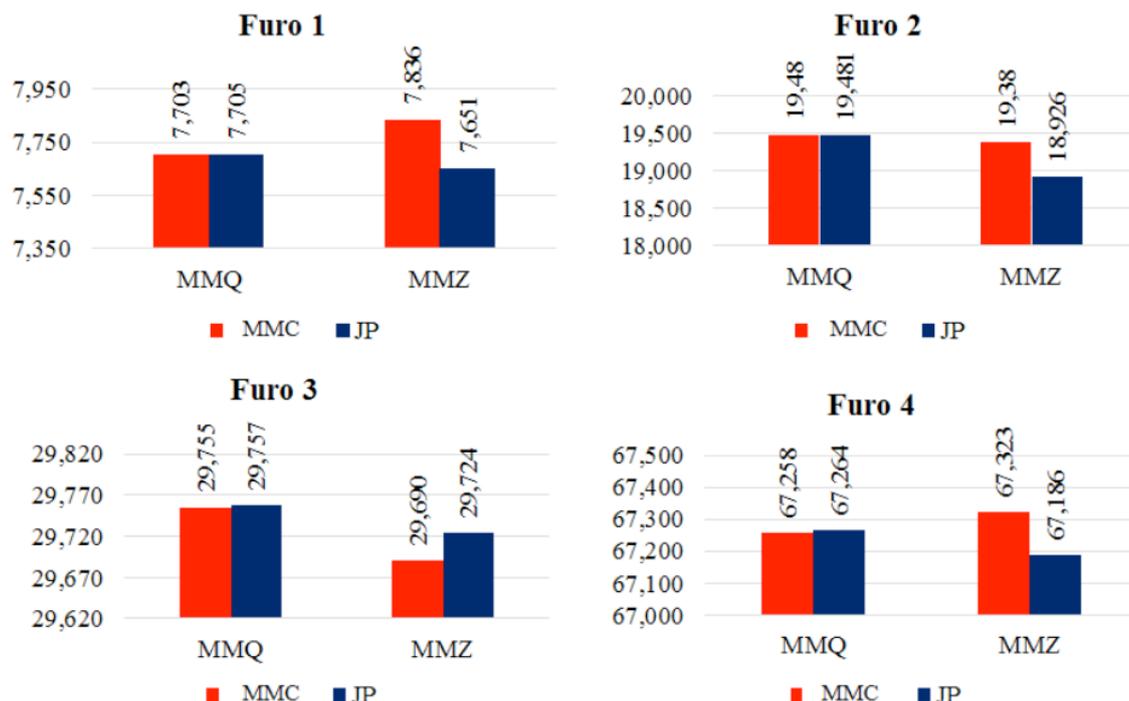


Figura 5. Valores médios de diâmetro obtidos pelos MMQ e MMZ

Na Figura 5 se observa que o desempenho do MMQ foi superior fornecendo valores de diâmetros mais próximos. Vale lembrar que para a determinação do círculo por mínima zona, Barczak (1996) destacou que são utilizados diversos algoritmos heurísticos, algoritmos de aproximação linear e algoritmos baseados em geometria computacional. Assim as diferenças observadas podem ser atribuídas a este fato. Por ser matematicamente mais simples o MMQ é o mais utilizado. Este dispensa o uso de recursos computacionais avançados para sua implementação. Ainda, apresenta baixa sensibilidade à presença de pontos extremos (*outliers*) e é aplicável para ajuste da maioria das geometrias substitutas. Weckenmann et al., (1995) destacaram que é importante entender e quantificar a diferença entre os valores fornecidos pelos métodos de ajuste, a fim de que decisões coerentes sejam tomadas. Rosa (2016) observou ao medir diâmetros de anéis-padrão que os MMQ e MMZ apresentaram valores de erros sistemáticos e exatidão similares.

Na Figura 6 se observa que os valores de circularidade fornecidos pelos métodos MQ e MZ foram similares quando pequenas alterações foram introduzidas nas coordenadas dos pontos. Enquanto que o método MC forneceu valores significativamente diferentes. Este comportamento foi observado mesmo com o aumento do número de pontos considerado, como mostram as Figs. 7 e 8.

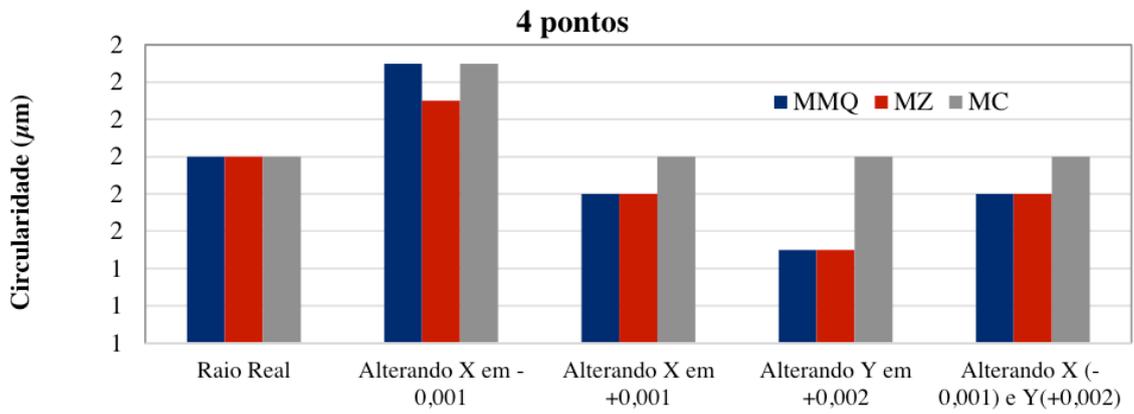


Figura 6. Valores de desvio de circularidade obtidos introduzindo pequenas alterações nas coordenadas dos pontos. Quatro pontos

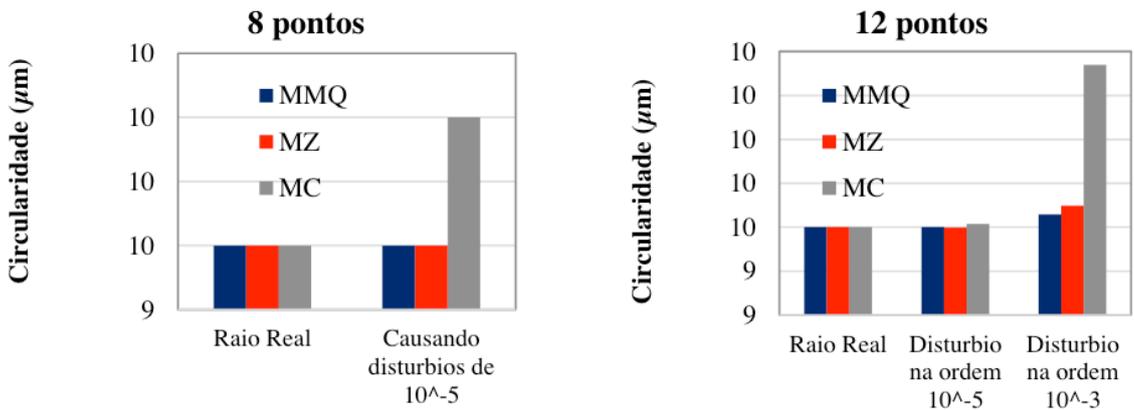


Figura 7. Valores de desvio de circularidade obtidos introduzindo pequenas alterações nas coordenadas dos pontos. Oito e doze pontos

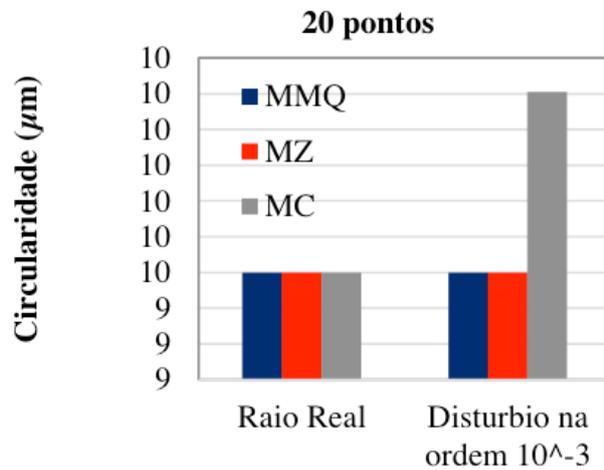


Figura 8. Valores de desvio de circularidade obtidos introduzindo pequenas alterações nas coordenadas dos pontos. Vinte pontos

Percebeu-se que ao aumentar o número de pontos diminui-se a variação geradas pelas alterações nos resultados obtidos, provando assim, que o aumento do número de pontos diminui a sensibilidade aos *outliers* em ambos os métodos. Fazendo uma comparação entre a repetibilidade associada aos valores médios de diâmetro obtidos pelo MZ e pelo MMQ pode-se concluir que o segundo foi superior.

Levando em consideração todas as medições tomadas neste trabalho foi possível observar que o MZ obteve leve vantagem em relação MMQ no quesito erro de circularidade, tendo resultados, geralmente, semelhantes ou pouco inferiores aos do MMQ. Observou-se que o tempo de resposta, no mesmo computador e para a mesma medida, nos dois algoritmos implementados era diferente. O MMQ, em geral, retorna uma resposta mais rápida do que o MZ, comprovando que o primeiro exige um esforço computacional menor do que o segundo.

## 4 | CONCLUSÕES

Dos métodos implementados e da análise de dados pode-se concluir que:

Os algoritmos implementados mostraram-se eficientes para determinar as coordenadas do centro e do raio do furo.

A repetibilidade associada aos valores médios do diâmetro obtido pelo MMQ foi melhor do que a do MMZ.

O esforço computacional associado à implementação do MMQ foi menor do que a do MMZ.

O MMZ apresentou erros de circularidade na mesma ordem de grandeza ou inferiores aos erros de circularidade obtidos nas medições utilizando o MMQ.

Os valores dos diâmetros dos furos obtidos pelo MMZ, dados pela MMC da UFU e do programa implementado foram significativamente diferentes. Diversos algoritmos heurísticos, algoritmos de aproximação linear e algoritmos baseados em geometria computacional são usados para determinar o círculo de mínima zona. As diferenças observadas podem ser atribuídas a este fato. Cabe ressaltar que os erros de circularidade foram similares.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às instituições Centro Universitário FEI e Universidade Federal de Uberlândia pelo empréstimo das MMCs.

## REFERÊNCIAS

Barczak, A.L.C. Comparação entre algoritmos de mínimos quadrados e de zona mínima para desvios de circularidade. 1996. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica.

Dhanish, P. B.. A simple algorithm for evaluation of minimum zone circularity error from coordinate data”, 2002.

ISO (International Organization for Standardization). ISO 1101: Geometrical Product Specifications (GPS) – Geometrical Tolerancing – Tolerances of Form, Orientation, Location and Run-out. Geneva: ISO, 2012. 110 p.

Rosa, V. A. O. Avaliação do Desempenho Metrológico dos Métodos de Ajuste Utilizados nas Máquinas de Medir por Coordenadas. 2016. 181 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Sato D.P.V. Determinação da Incerteza de Medição a Três Coordenadas. Relatório de pós-doutorado, 2002.

Weckenmann, A.; Eitzert, H.; Garmer, M.; Weber, H. Functionality-oriented Evaluation and Sampling Strategy in Coordinate Metrology. Precision Engineering. v. 17, n. 4, p. 244-252, 1995.

Xiuming, L.; Jingcai, Z.; Hongqi, L. Determination of the Minimum Zone Circle based on the Minimum Circumscribed Circle. Measurement Science and Technology. v.25, p. 4. Janeiro, 2014.

## **RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES**

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

## INTEGRANDO TECNOLOGIA DIGITAL NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NA PREPARAÇÃO PARA O ENEM

Data de aceite: 07/02/2020

Data de submissão: (02/11/2019)

### **Lucas Antônio Xavier**

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Vitória – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/6190978119000645>

### **Chirlei de Fátima Rodrigues**

Instituto Federal do Espírito Santo - IFES  
Vitória – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/5246207727584522>

### **José Izaias Moreira Scherrer Neto**

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Vitória – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/7004234418445541>

### **Kátia Sotelle Maia**

Secretaria de Estado da Educação - SEDU  
Piúma – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/1182646602304797>

### **Luzinete Louzada Bianchi Kahowec**

Secretaria de Estado da Educação - SEDU  
Piúma – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/4890514731750200>

### **Luciano Carneiro Cardozo**

Secretaria de Estado da Educação - SEDU  
Piúma – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/1700433561806383>

### **Mateus Geraldo Xavier**

Escola SESC de Ensino Médio - SESC  
Jacarepaguá – Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/0288858570962022>

**RESUMO:** Nos últimos anos têm se discutido sobre metodologias ativas com propósito de melhorar a aprendizagem de nossos educandos. A fim de inovar, foi introduzido o ensino híbrido, como prática pedagógica para fortalecer a capacidade das escolas Prof.<sup>a</sup> Filomena Quitiba e Coronel Gomes de Oliveira de impactar mais diretamente nos resultados de seus alunos do Ensino Médio no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Proporcionando aos alunos condições de serem protagonistas na construção de seu conhecimento de Física e Química a partir da sua própria ação, explorando a construção de mapas mentais até às competências e habilidades exigidas pelo Enem, por meio da produção de *podcast*. A realização de transmissão de arquivos multimídia, como recurso mediador foi com o objetivo de obter melhor aprendizagem, criando a cultura de autoria com os estudantes para alavancar a qualidade do ensino. Foram realizadas oficinas nas turmas a fim de orientar para a produção dos *podcasts* das questões do Enem. Os recursos mais utilizados no processo foram: Computadores, *data show*; aplicativo Hora do Enem, *softwares*, livros, celular dos alunos. Portanto, o ensino híbrido que alternou momentos de aprendizagem individual e/ou coletivo sem abandonar as aulas expositivas teve o objetivo alcançado mostrando como o ensino híbrido pode ser um trabalho mediado

pela cultura digital.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino Híbrido, Enem, TICs.

## INTEGRATING DIGITAL TECHNOLOGY IN THE CONTEXT OF SCIENCE TEACHING IN PREPARATION FOR ENEM

**ABSTRACT:** In recent years it has been discussed about active methodologies for purposes of improving the learning of our students. In order to innovate, was introduced the hybrid teaching as a pedagogical practice to strengthen the ability of schools Prof.<sup>a</sup> Filomena Quitiba and Coronel Gomes de Oliveira to have a more direct impact on the results of their high school students at High School National Exam (Enem). Providing students with the ability to be protagonists in building their knowledge of Physics and Chemistry from their own action, exploring the construction of mental maps to the skills and abilities required by Enem, through the production of podcast. The accomplishment of multimedia files transmission, as mediator resource was with the objective of obtaining better learning, creating the culture of authorship with the students to leverage the quality of the teaching. Workshops were held in groups to guide the production of the podcasts about Enem issues. The most used resources in the process were: Computers, data show; Enem Time application, software, books, student's cell phone. Therefore, hybrid teaching that alternated moments of individual and / or collective learning without abandoning the lectures had the objective reached showing how hybrid teaching can be a work mediated by digital culture.

**KEYWORDS:** Hybrid Teaching, Enem, ICT.

### 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente a disponibilidade de ferramentas tecnológicas no ciberespaço, definido por Lévy (1999) “como o espaço de comunicação aberto pela interconexão mundial dos computadores e das memórias dos computadores” abre caminhos para uma educação inovadora. Segundo Moran (2004), a escola pode ser um espaço de inovação, de experimentação saudável de novos caminhos. Não precisamos romper com tudo, mas implementar mudanças e supervisioná-las com equilíbrio e maturidade. Segundo o autor, as tecnologias são só apoios, meios. Mas elas nos permitem realizar atividades de aprendizagem de formas diferentes às de antes. E é nessa perspectiva de inovação que se apresenta a proposta de integrar a tecnologia digital no ensino de Física e de Química, por meio da utilização do recurso *podcast* na preparação para o Enem e outros exames, como estratégia didática. De acordo com Bottentuit Junior:

O podcast é um arquivo em áudio (em alguns casos, também pode combinar o uso de vídeo) que pode ser gravado tanto pelo professor como pelo aluno, possui pequenas dimensões e as temáticas são variadas, desde um conceito até mesmo um *feedback* sobre um trabalho realizado (BOTTENTUIT JUNIOR, 2013)

E segundo Pisa (2012, p. 72) apud Bottentuit Junior (2013): “o podcast é uma evolução tecnológica que pode servir para alavancar e apoiar as antigas e/ou tradicionais formas de educação, mas também, a ela, está reservada a possibilidade de transformação da aprendizagem”.

A partir de 2009, o Enem passou por uma reformulação, com novas exigências para o acesso e o ingresso nas universidades públicas pelo Sistema de Seleção Unificada (SISU). A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) adotou o Enem em 2000 com 25% da nota da primeira fase e a partir de 2010 foi adotado o resultado dos candidatos como critério da primeira fase. E, em 2017, a UFES, aderiu ao SISU, assim como as demais instituições federais. A mudança da prática pedagógica devido ao baixo desempenho dos alunos no Enem foi necessária para deixá-los em melhores condições para este tipo de avaliação.

O desempenho dos alunos no Enem disponível na Tabela 1, na Área de Ciência da Natureza das duas escolas, é abaixo de 50%, representando nosso maior problema.

Enem	Ciências da Natureza	EEEFM Filomena Quitiba	EEEFM Cel Gomes de Oliveira
2009	1000 pontos	500	482
2010	1000 pontos	483	475
2011	1000 pontos	466	457
2012	1000 pontos	461	466
2013	1000 pontos	455	481
2014	1000 pontos	470	491
2015	1000 pontos	455	475

Tabela 1: Microdados do Enem/Inep

Fonte: QEdu.org.br. (Adaptação dos autores)

Por outro lado, a Secretaria de Educação (SEDU), com o Programa Sedu Digit@l disponibiliza ferramentas para alavancar o aprendizado dos alunos, sua motivação, engajamento e maior participação no processo da própria aprendizagem. A disponibilidade de conteúdo e de ferramentas digitais oportuniza o desenvolvimento da experiência digital integrada ao desenvolvimento e fortalecimento da aprendizagem. O programa também oferece ao professor recursos pedagógicos digitais e sugestões metodológicas, visando aprimorar a sua prática pedagógica e tornar as aulas mais dinâmicas, diversificadas e contextualizadas.

Na perspectiva de inovação foi realizada a integração da tecnologia digital no Ensino da Física e da Química, pela da utilização do recurso *podcast* na preparação para o Enem, desenvolvida trimestralmente com alunos das turmas de 1º, 2º e 3º

anos do Ensino Médio Regular das escolas da rede estadual Prof.<sup>a</sup> Filomena Quítiba e Coronel Gomes de Oliveira localizadas, respectivamente, nos municípios de Piúma e Anchieta.

A utilização do *podcast* com os alunos, realizando transmissão de arquivos multimídia, como recurso mediador, objetiva obter melhor aprendizagem criando a cultura de autoria com os estudantes de todas as séries do ensino médio para potencializar a qualidade do ensino. Entretanto, a iniciativa de preparar os alunos para o Enem com a metodologia do ensino híbrido ajuda na reorganização do tempo e do espaço da aula.

Diante dessa realidade, como criar e manter a motivação dos alunos no ensino das disciplinas de Física e Química? Boruchovitch (2009), diz que “há um conjunto de estímulos muito grande competindo com a sala de aula. Isto exige maior criatividade do professor, que deve propor situações que não se limitem ao decoreba e explorem a energia e a criatividade deles”. Sobre a motivação ela pontua que há várias maneiras de motivá-los, o professor seria uma delas, que se coloque como modelo de pessoa que gosta do que faz. Uma alternativa é quando solicita trabalhos com possibilidades de *feedbacks*. “O feedback deve ser corretivo e informativo, apontando o problema detectado, mas também contendo orientações claras sobre como fazer para o aluno alcançar a meta”.

Portanto, como levar os estudantes a serem protagonistas na construção do conhecimento a fim de melhorar o desempenho na avaliação do Enem? Como inovar nossa prática em sala de aula? São questionamentos frequentes em nosso percurso pedagógico. O tempo de aula é curto para que o professor coloque elementos que possam seduzir o aluno ao aprendizado. Dessa forma, quando o educando produz um *podcast* ele insere imagens, animações, elementos do seu interesse visual que levam às assimilações importantes na construção de sua aprendizagem. A proposta do trabalho almeja estimular o educando do Ensino Médio de duas escolas da rede estadual a se preparar para o Enem, nas disciplinas de Física e Química, utilizando a metodologia de ensino híbrido, como o *podcast* estimulando o protagonismo na produção de conhecimento.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada nessa prática baseia-se numa pesquisa de cunho qualitativo com estudo de caso através da produção e coleta de dados Lüdke e André (1986). Entretanto, o projeto foi organizado para a aplicação em três etapas que correspondem às séries do Ensino Médio Regular e os dados apresentados neste trabalho correspondem à primeira etapa.

Inicialmente realizamos uma avaliação diagnóstica dialógica para checar os

conhecimentos prévios dos alunos objetivando auxiliar aluno e professor no processo ensino-aprendizagem no decorrer do processo. Segundo Belmont (2016) o professor, ao organizar o ensino com foco na aprendizagem significativa, deve considerar os conhecimentos prévios dos alunos, estabelecer o conteúdo a ser ensinado/aprendido assim como organizá-lo de forma lógica e sequencial para favorecer as relações conceituais por parte dos alunos. As ideias trocadas nas turmas foram sobre Física e Química trabalhadas na escola e como os conteúdos destas disciplinas são cobrados na prova do Enem, e como são exigidas as competências e as habilidades. Constatamos que nossos alunos já possuem o hábito de usar dispositivos móveis, então há necessidade de maior familiarização com os elementos constituinte do computador para gerar potencialidades educacionais.

## 2.1 Produção dos podcasts

Foram selecionadas 47 questões do Enem pelos professores, abrangendo conteúdos de Física e de Química trabalhados anteriormente em sala de aula, conforme apresenta a Figura 1.





Figura 1: Conteúdos mais recorrentes na prova do Enem nas disciplinas de Física e Química

Fonte: (aprova.com.br)

De posse das questões os alunos participaram de oficinas *para produção do podcast*, utilizando os recursos: computadores, *tablets*, *notebooks*, *data show*; acesso à internet, aplicativo Hora do Enem, *softwares*: *Word*, *Power Point*, livros de física, dispositivos móveis dos alunos, revistas com questões do Enem, Programa Sedu Digit@I, site [www.wikifisica.com](http://www.wikifisica.com), folhas A4, textos informativos, microfone, máquina de xerox, conforme Figura 2.



Figura 2: Início do trabalho com oficinas realizadas nas turmas.

Fonte: Autores (2019)

Após a realização das oficinas os alunos se sentiram habilitados a produzirem seu *podcast* contendo: conceitos contemplados na questão do ENEM, competências e habilidades exploradas pela questão, mapa mental do percurso adotado pelo aluno, a questão selecionada e a discussão da mesma. Foram produzidos mais de 600 *podcasts*. Ao finalizarem os trabalhos, os alunos foram solicitados a responderem a um questionário como parte da avaliação do projeto e coleta de sugestões para o aperfeiçoamento da atividade em anos posteriores.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto partiu da ideia de que é possível desenvolver uma atividade englobadora para o processo de aprendizagem dos alunos. Por meio do recurso *podcast* diversas habilidades foram desenvolvidas, ampliando a capacidade de utilização de diversas formas de linguagens expressas nesse tipo de apresentação. Os *podcasts* passaram por critérios de avaliação quanto à qualidade do áudio, conteúdo das disciplinas, seleção da competência do Enem e respectivas habilidades envolvidas na questão escolhida; o mapa mental elaborado, demonstrando os percursos realizados e a resposta à questão. Neste último o próprio aluno foi capaz de avaliar sua produção.

Como limitações para execução da atividade foram identificados erros do tipo: dificuldade em selecionar as competências e habilidades que correspondiam à questão e conceitos da física e da química. Sugerimos aos alunos a reestruturação da atividade com as correções necessárias. Na escola Professora Filomena Quitiba seis alunos questionaram: *‘professor vai ter esta atividade chata no próximo trimestre?’* Foi respondido: *‘sim, pois a atividade vem sanar grande deficiência da escola em melhor preparação dos alunos para o Enem, é melhor errar agora e acertar no momento da avaliação’*. Os *feedbacks* foram constantes e de acordo com a necessidade no atendimento dos grupos à proposta da atividade. Foram feitos elogios aos alunos pelo esforço dispendido na atividade e ao capricho e qualidade, fomentando assim, a motivação. Ao receber os trabalhos propomos novos desafios para os alunos no sentido de melhorar a qualidade: *‘que tal adicionar Gifs, mapas mentais?’* Após o desafio vimos que os *podcasts* ficaram mais dinâmicos e os alunos motivados. Com a intenção de analisar o impacto que o *podcast* trouxe e o que poderia ser feito no ano seguinte em busca de aperfeiçoamento do recurso, foi aplicado um questionário com quatro perguntas e para uma delas foi fornecida, pelos alunos, as seguintes respostas: *cobrar dos alunos maior aprofundamento nos conteúdos de Física; podcasts mais breves e mais objetivos; mais computadores na escola; mais tira dúvidas; criação de aplicativo para o podcast; mais imagens explicativas; melhor qualidade do áudio; está bom do jeito que está; podcast em*

*formato de vídeo aula; podcast feito em duplas; adoção do podcast pelos demais professores da escola; colocar mais animação no podcasts com Gifs; aluno poder avaliar o podcast do outro; seria bem legal se usássemos a lousa digital; incluir diagrama Vê e vídeos no podcast; trabalhar com podcast o ano inteiro; a escola adotar o podcast como ferramenta de estudo; os melhores podcasts deveriam ser publicados no Youtube.* A produção obtida nas disciplinas de Física ([www.wikifisica.com/híbrido/](http://www.wikifisica.com/híbrido/)) e na disciplina de Química, ([www.wikifisica.com/podcasts-química/](http://www.wikifisica.com/podcasts-química/)) totalizaram mais de 600 trabalhos. A ferramenta adotada no projeto foi aceita pelos estudantes do ensino médio que solicitaram a continuidade no ano seguinte. Em conformidade com Bottentuit Junior:

De uma maneira mais ativa onde os professores selecionam conteúdos disponibilizam para os alunos estudarem e pedem aos mesmos que gravem *podcasts* como resultado da aprendizagem, desta forma eles terão que ler, resumir, esquematizar seu conteúdo e gravar, além do mais, através dos arquivos gravados eles podem contribuir com a formação dos seus colegas de classe (BOTTENTUIT JUNIOR, 2013).

Portanto, foi possível com a metodologia desenvolvida, dentro da perspectiva de ensino híbrido, abarcar uma gama de recursos voltados para aprendizagem, dentre eles a utilização de recursos de mídia digital. A prática possibilitou ainda o engajamento dos alunos nas diversas atividades de forma a contribuir com o protagonismo por meio de um planejamento personalizado e acompanhamento individual, apontando para uma nova forma de aprender, onde foram estimuladas a autonomia e a autoria de cada estudante.

#### 4 | CONCLUSÃO

No cenário contemporâneo, onde o uso de tecnologias é constante e diversificado, a metodologia do ensino híbrido utilizando como ferramenta o *podcast* se apresentou como um recurso metodológico de grande potencial educador. Foi possível desenvolver diversas habilidades dos estudantes no preparo para o Enem. Essas habilidades foram comprovadas a partir das produções realizadas e comunicadas pelos alunos. Com a crescente competitividade para ingresso nos cursos superiores, onde a porta de entrada é o Enem, é necessário que o aluno dedique mais tempo aos estudos. Com a proposta desenvolvida os alunos tiveram acesso ao tipo de avaliação proposta pelo exame nacional, explorando as habilidades e competências necessárias e identificando os conteúdos relacionados às questões. Com tudo isso, o tempo dedicado ao estudo desses conteúdos foi ampliado significativamente, uma vez que estavam no cerne do trabalho. Com o estímulo ao estudo preparatório para a avaliação Enem um grupo de alunos se organizou espontaneamente para estudos

no contra turno, procurando alguns professores durante os planejamentos para esclarecimentos relacionados a alguns conteúdos.

Além de melhorar o desempenho nas avaliações internas, nas duas escolas, o método influenciou a cultura dos estudantes e de outros professores em relação ao Enem, que passaram a organizar atividades como simulados, seleção e apresentação de reportagens atuais, inserção de charges em apresentações de seminários e confecção de murais com dicas, gráficos, tabelas, informações gerais relacionadas ao Exame, como mostra as figuras 3 e 4. Ou seja, despertou um olhar para as diversas formas de linguagens avaliadas pelo exame e que deveriam ser inseridas no cotidiano escolar.



Figura 3: Mural confeccionado pelos alunos.

Fonte: Autores (2019)



Figura 4: Exposição do mural

Fonte: Autores (2019)

Vale ressaltar que boa parte dos alunos, motivados pelo bom desempenho na metodologia adotada, se inscreveram para participação nos aulões oferecidos pela Secretaria de Educação do Estado. Entretanto, não podemos mensurar totalmente os resultados da prática adotada, uma vez que, estes dependem de avaliações do Enem e somente serão apurados após a realização dos mesmos, levando em conta que o projeto ainda se encontra em andamento.

## REFERÊNCIAS

Belmont, R. S. **Contribuições da teoria da aprendizagem significativa para a avaliação educacional**. Revista/Meaningful Learning Review – V6(3), pp. 79-88, 2016.

BOTTENTUIT JUNIOR, J. B. Revista **EDUCAONLINE**- Volume 7 - No 3 – Setembro/Dezembro de 2013.

Jornal da Unicamp (2009, 13 de agosto). **Mapeando a motivação dos alunos**. Recuperado em 22 de abril, 2018 de [https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/julho2009/ju435pdf/Pag09.pdf](https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/julho2009/ju435pdf/Pag09.pdf)

LÉVY, P. **Cibercultura** / Pierre Lévy: tradução de Carlos Irineu da Costa.- São Paulo: Ed. 34, 1999. 85 – 110

LÜDKE, Menga e ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MORAN, J. M. **Contrapontos**, v. 4, n. 2, p. 347-356, Itajaí, maio/ago. 2004

## CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO DA ARTE DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO PARA A 5ª GERAÇÃO DE COMUNICAÇÃO MÓVEL

Data de aceite: 07/02/2020

### **Andréia Vanessa Rodrigues Lopes**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil.  
andreia.lopes@itec.ufpa.br

### **Fabício José Brito Barros**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil.

### **Hugo Alexandre Oliveira Da Cruz**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil.

### **André Augusto Pacheco De Carvalho**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil.

### **Iury Da Silva Batalha**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil.

### **Jasmine Priscyla Leite De Araújo**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil.  
jasmine@ufpa.br

### **Cristiane Ruiz Gomes**

Instituto de Ciências Exatas e Naturais –  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil  
crisruiz@ufpa.br

**RESUMO:** As características de propagação da onda milimétrica e os modelos de canais estão sendo estudados recentemente para a aplicabilidade dos sistemas de comunicação móvel de quinta geração (5G). Este artigo apresenta um levantamento bibliográfico dos trabalhos mais relevantes acerca de modelos de radiopropagação para 5G. São apresentados modelos de perda de propagação por difração, modelo para avaliar o conceito de Massive MIMO, modelo de eficiência energética – 5G Green, e uma melhoria do coeficiente de atenuação com a distância. Apresentando as propostas mais recentes que mostram como a nova geração de comunicação irá solucionar os problemas do 4G.

**ABSTRACT:** The millimeter wave propagation characteristics and channel models are being studied recently for the applicability of fifth generation mobile communication systems (5G). This article presents a bibliographical survey of the most relevant works on radio propagation models for 5G. We presented propagation loss diffraction models, model to evaluate the concept of Massive MIMO model of energy efficiency - Green 5G, and an improvement in the attenuation coefficient with distance. Introducing the latest proposals that show how the new generation of communication will solve 4G's problems.

## 1 | INTRODUÇÃO

Pela primeira vez na história do rádio, as frequências de onda milimétrica (mmWave) e centímetro onda (cmWave) serão amplamente utilizadas para acesso móvel e fixo, exigindo modelos de propagação precisos que prevejam como o canal varia conforme as pessoas se movem. Registaram-se progressos notáveis na modelagem de perda de caminho de propagação em larga escala em frequências de mmWave [Rappaport 2017], [Lopes 2017][Deng 2016][Chen 2016].

O atual sistema de comunicação sem fio 4G não está equipado para atender a esse crescimento explosivo da demanda de tráfego. Como consequência é necessário desenvolver pesquisas em modelagem de canais para bandas de milímetros e centímetros de onda, a fim de projetar redes ótimas de comunicação de rádio para a nova tecnologia de comunicação móvel. Estas pesquisas englobam ambientes internos e ambientes externos e neste último inclui-se o meio rural, levando em consideração a elevação do terreno, condições climáticas e vegetação [Rappaport 2017].

Espera-se que os volumes de tráfego aumentem 1000 vezes e o número de dispositivos conectados será 10-100 vezes maior do que hoje em uma sociedade em rede com acesso irrestrito à informação e compartilhamento de dados disponíveis em qualquer lugar e a qualquer momento para qualquer pessoa e qualquer coisa. Um dos grandes desafios é fornecer esse aumento de capacidade de 1000 vezes para bilhões de dispositivos de forma acessível e sustentável. O baixo consumo de energia é a chave para vencer esse desafio [Andrews 2014].

O objetivo deste trabalho é apresentar uma breve pesquisa sobre o desenvolvimento mais recente acerca de modelagem de canais de radiopropagação empíricos para as bandas de 10 GHz a 26 GHz em ambientes indoors [Deng 2016] [Lopes 2017][Chen 2016]. Bem como uma abordagem sobre a arquitetura 5G para consumo eficiente de energia, o 5G Green [Wu Q 2017], e um modelo de comunicação eficiente em energia para HetNets em 5G [Mowla 2017].

Este artigo é dividido em cinco seções: A Seção II apresenta uma breve descrição da tecnologia 5G. A Seção III apresenta modelos de radiopropagação empíricos na banda de 6 a 26 GHz, a Seção IV é uma seção aborda especialmente um modelo para o 5G Green e a Seção V resume as considerações finais do trabalho proposto.

## 2 | O SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MÓVEL DE QUINTA GERAÇÃO 5G

Nesta seção serão abordados uma visão geral do 5G e um breve roteiro ou *RoadMap* que abrange toda a trajetória da futura nova geração até sua futura implementação mundial.

## 2.1 Uma breve visão geral

O 5G prevê não apenas uma tecnologia inventada, mas um ecossistema tecnológico de redes *wireless* que trabalham em sinergia para proporcionar um meio de comunicação sem emenda ao usuário final. Ela reunirá versões evoluídas das tecnologias de acesso por rádio já existentes, nuvem e núcleo com novas complementações. As redes celulares poderão servir para novos casos de uso como mais tráfego, mais dispositivos e mais tipos de dispositivos - mesmo com diferentes requisitos operacionais. Assim, o 5G trará muito mais do que apenas melhorias de desempenho.



Figura 1: Objetivos do 5G.

Novas tecnologias complementares incluem (i) comunicação tipo-máquina, (ii) *beamforming*, (iii) *front- and backhaul*, (iv) *hot spots*, e (v) *small-cells*. Embora essas melhorias sejam bastante extensas, elas não representam o impacto total do 5G. A evolução da tecnologia móvel foi impulsionada por requisitos para serviços de banda larga móvel mais rápidos e melhores, por exemplo, as taxas de dados aumentaram de 10 kbps para 1 Gbps, um fator de 100.000 [Mattisson 2017], como mostra a Figura 1. A banda larga móvel melhorada ainda é parte da força motriz por trás do 5G.

## 2.2 RoadMap para o 5G

O EUA iniciaram as pesquisas e portfólio do 5G em 2011, em 2015 no *World Radiocommunication Conference* (WRC) surgiram as primeiras padronizações e até 2018 todas serão estruturadas. Em 2015 a União Internacional de Telecomunicações (ITU) lançou sua estrutura e informações sobre futuros aspectos das tecnologias para o 5G, conhecido como *International Mobile Telecommunications* (IMT) para 2020 e além [International Telecommunication Union 2015]. A Ericsson criou o *Mobile*

and wireless communications Enablers for Twenty-twenty (METIS) que visa chegar a um consenso mundial sobre o futuro sistema de comunicações móveis e sem fio global, e desenvolverá o projeto de rede de acesso de rádio 5G geral para fornecer aos habilitadores técnicos todos os meios necessários para uma integração e uso eficientes das várias tecnologias 5G e componentes atualmente desenvolvidos. E o METIS-II que fornecerá a estrutura de colaboração 5G dentro da Parceria Público-Privada: 5G-PPP . A Figura 2 ilustra o desenvolvimento do 5G [Huawei 2013].

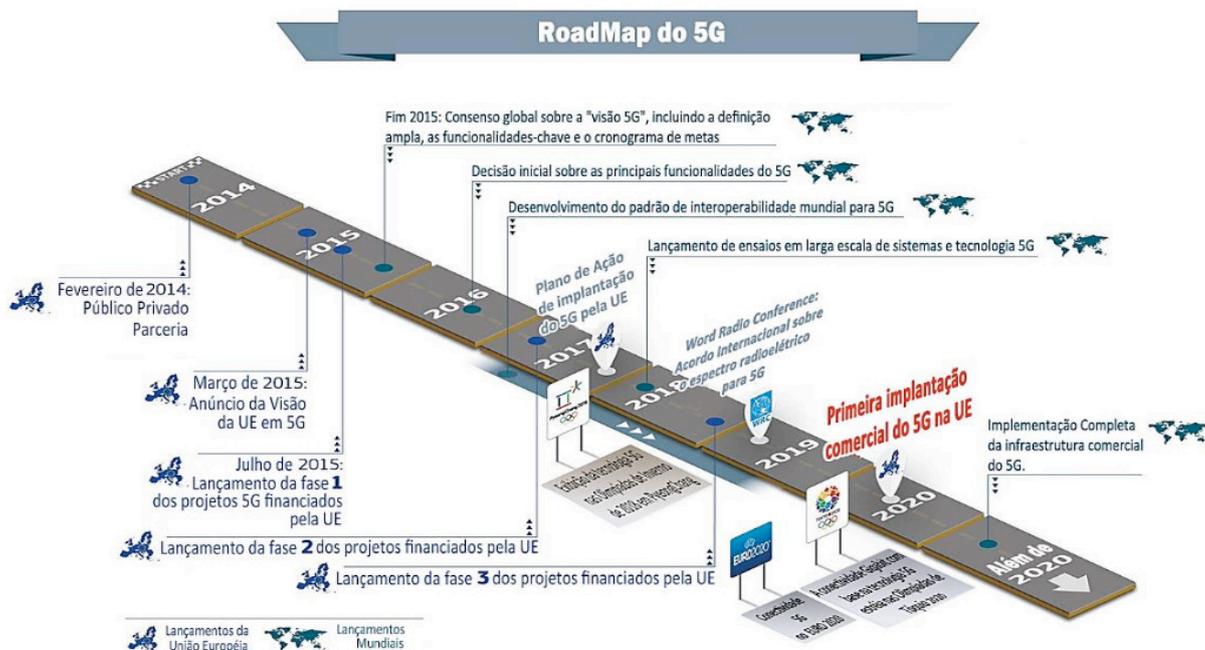


Figura 2: Roteiro para o 5G até 2020.

Fonte: Digital Single Market - European Commission.

Espera-se que um novo espectro seja acordado na WRC 2019, permitindo que as IMT definam os requisitos. As atividades de padronização e a fase de desenvolvimento do produto seguirão até 2020. E que a primeira onda das redes 5G esteja operacional em 2021.

O desenvolvimento de sistemas de comunicação de ondas milimétricas e centímetro onda exigirá modelos precisos de propriedades de canal de rádio [Rappaport 2015]. Afim de ajudar e auxiliar a modelagem de canal para as faixas de frequências acima de 6 GHz, este trabalho visa apresentar uma pesquisa bibliográfica acerca dos trabalhos mais relevantes sobre a modelagem de rádio em ambientes internos, e os trabalhos que apresentam resultados significativos para o cenário atual da quinta geração de comunicação móvel.

### 3 I MODELOS DE RADIOPROPAÇÃO PARA A FAIXA DE 10GHZ A 26 GHZ

Nesta seção serão abordados os modelos empíricos na banda de 10 a 26 GHz

para ambientes *indoors*.

### 3.1 Modelo de Perda por Difração em Construções

O modelo para perda de difração [Deng 2016] atende as faixas de 10, 20 e 26 GHz, e suas medições foram realizadas em ambientes reais em torno de cantos com diferentes materiais, viabilizando a perda de propagação devido à difração por cantos de construção e permitirão a modelagem com precisão os sistemas cmWave e mmWave nessas condições.

O ganho/perda de difração em dB devido à presença de um obstáculo, em comparação com o sinal de espaço livre, pode ser calculado em (1).

$$G(\alpha)[\text{dB}] = -P(\alpha) = 20\log_{10}E = -A(R_h, f)\psi_p\alpha + C(R_h, f) \quad (1)$$

Onde  $A(R_h, f)$  e  $C(R_h, f)$  são funções do raio do objeto e da frequência portadora, que são computacionalmente custosas. Um modelo linear para (1) pode estimar a perda de difração a partir de uma superfície curva em uma única frequência.

Em [Deng 2016] é caracterizada a precisão da difração em frequências de ondas milimétricas e facilita o entendimento sobre a taxa de mudança de intensidade do sinal para comunicações móveis, onde o futuro sistema 5G terá que depender menos da difração como um mecanismo de propagação dominante.

### 3.2 Proposta de Melhoria de Modelos de Propagação para a faixa de 10GHz

O trabalho em [Lopes 2017] apresenta um valor ótimo para o coeficiente de atenuação com a distância para a faixa referida. A Técnica de Mínimos Quadrados Lineares foi usada para estimar o valor ótimo do coeficiente, e este novo valor acrescentado aos modelos clássicos da Recomendação ITU-R P.1238-8, Keenan e Motley e modelo Batalha, ajustando-os. Os modelos ajustados obtiveram melhores comportamentos de perda e melhores valores de RMSE em comparação com os modelos clássicos originais. Os valores de RMSE são mostrados na Tabela 1:

<b>Modelos Originais (RMSE)</b>	<b>9,78</b>	<b>46,43</b>	<b>7,97</b>
<b>Modelos Ajustados (RMSE)</b>	<b>6,40</b>	<b>6,29</b>	<b>5,85</b>

Tabela 1: Valores de RMSE em dB.

A grande contribuição de [Lopes 2017] é a melhoria para os modelos ITU-R P.1238-8, Keenan e Motley e para o modelo Batalha, através do cálculo de valores ótimos de coeficientes de propagação com a distância (N) para trabalhar na faixa de frequência de 10 GHz afim de servir como base para testes e estudos do 5G, bem como aprimoramento da Recomendação ITU-R P.1238-8.

### 3.3 Modelo Estocástico para canais MIMO na banda de 13 a 17 GHz

O modelo estabelecido em [Chen 2016] pode ser utilizado como referência para determinar as estruturas das matrizes de antenas em larga escala e avaliar o desempenho de técnicas *Massive MIMO* (*Múltiplas Entradas e Múltiplas Saídas Maciças*) em ambientes internos no contexto de redes sem fio de 5ª geração (5G).

O ganho do canal pode ser calculado através de (2), e para calcular a relação de potência entre os componentes em visada direta (LOS) e em visada com obstrução (NLOS) é utilizado um fator  $K$ , que é definido por (3).

$$P = \left| \int h(\tau) d\tau \right| \quad (2)$$

$$K_{i,j} = \frac{|h_{i,j}^{LOS}|^2}{\int |h_{i,j}^{NLOS}(\tau)|^2 d\tau} \quad (3)$$

Através dos resultados verificou-se que as características do canal *Massive MIMO* da banda de frequência mais alta no ambiente considerado são altamente influenciadas pela localização do equipamento de usuário emulado pelo transmissor.

## 4 | A SOLUÇÃO PARA O CONSUMO DE ENERGIA EFICIENTE: 5G GREEN

Esta seção fará uma breve abordagem sobre a proposta de Eficiência Energética de comunicação do 5G, que ao que tudo indica, serão as Redes Heterogêneas (*HetNets*) e mostrará uma proposta de modelo que tornará a redução de energia possível.

### 4.1 Breve Visão Geral das Redes Sustentáveis de Energia Verde 5G: 5GGreen

Eficiência Energética (EE) permanecerá como um importante problema de *design* ao desenvolver 5G. Hoje, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) consomem até 5% da eletricidade produzida em todo o mundo e é responsável por cerca de 2% das emissões globais de gases de efeito estufa - aproximadamente equivalente às emissões criadas pelo setor de aviação [Wu 2017]. O que mais diz respeito é o fato de que, se não for tomada nenhuma medida para reduzir as emissões de carbono, essas emissões deverão dobrar até 2020 [Saghezchi 2013].

O benefício do *design* do sistema eficiente em termos de energia é múltiplo. Primeiro, o desempenho desempenha um papel importante no desenvolvimento sustentável, reduzindo a emissão de carbono da própria indústria móvel. Em segundo lugar, as TIC como a tecnologia básica de habilitação das futuras cidades inteligentes também podem desempenhar um papel fundamental na redução da emissão de carbono de outros setores (por exemplo, transporte).

## 4.2 Modelo de comunicação energeticamente eficiente para HetNets 5G

A proposta de [Mowla 2017] é um modelo analítico capaz de calcular o número ótimo de células pequenas (*Small Cell Networks- SCN*) que precisam ser mantidas ativas em vários momentos do dia, para minimizar o consumo de energia ao atender às demandas de Qualidade de Serviço (QoS) dos usuários.

Para esse problema de consumo, uma das soluções é a partir do consumo de energia Ethernet P2P via Fibra Ótica  $P_{bh}^1$ , apresentada em (4). Onde  $N_{dl}^{max}$  é o número máximo de interfaces de *downlink* disponíveis no switch,  $N_s$  o número total de SCN ativos por uma hora específica do dia,  $N_m$  o número da estação base macro do HetNet.

$$P_{bh}^1 = \left| \frac{1}{N_{dl}^{max}} \cdot (N_s + N_m) \right| P_{sw} + (N_s + N_m)P_{sw}^{dl} + N_{ul}P_{sw}^{ul} \quad (4)$$

Onde  $P_{sw}$  é o consumo de energia,  $P_{sw}^{dl}$  e  $P_{sw}^{ul}$  indicam o consumo de energia por uma interface *downlink* e *uplink* no switch de agregação, respectivamente, e  $N_{ul}$  é o número total de interfaces de *uplink*.

O trabalho proposto em [Mowla 2017] é um dos mais completos em consumo eficiente de energia para o 5G e propõe uma série de soluções para os problemas energéticos que a nova geração de comunicação irá enfrentar. Os resultados simulados revelam que o modelo de comunicação verde proposto economiza até 48% mais de potência do que outros modelos existentes.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse levantamento é uma contribuição combinada de modelos que poderão resolver os principais pontos para a nova geração de comunicação móvel, tornando-a ainda mais robusta e precisa. Os modelos aqui fornecidos podem ajudar pesquisadores a analisar e modelar o comportamento do sinal para melhor atender ao ambiente e melhorar ainda mais a propagação em ambientes internos, bem como resolver os problemas de consumo excessivo de energia dos hardwares que serão utilizados na propagação do sinal 5G.

Os trabalhos destacados foram os que mostraram modelos e melhorias mais significativas para a nova proposta do 5G. Modelo para predição de perda através da difração em construções com diferentes materiais, melhoria no coeficiente de perda de propagação através da distância, no qual a Recomendação ITU-R P.1238-8 não contempla valores, um modelo robusto para avaliar o desempenho de técnicas *Massive MIMO* em ambientes internos. E por fim um modelo para redes de acesso 5G que considera a variação temporal do tráfego e calcula o número ótimo de SCN ativos necessários durante várias horas do dia.

Para trabalhos futuros serão feitas campanhas de medições em ambientes

internos para utilizar esse levantamento na modelagem quando o sinal atravessar paredes e sofrer difração, avaliar a perda de propagação para faixas de 8 GHz, 10 GHz e 12 GHz através de novos valores de coeficiente de perda com a distância e para avaliar a técnica de *Massive MIMO* em um ambiente com muitos usuários múltiplos processamentos.

## REFERÊNCIAS

Andrews J. G, et al (2014) “What will 5G be?”, no IEEE Journal and Selected Areas in Communications, Volume 32, número 6, páginas 1065 – 1082.

Chen, J, et al (2016) “Measurement-based massive MIMO channel modeling in 13–17 GHz for indoor hall scenarios”, no IEEE International Conference on Communications, páginas 1 – 5.

Deng S, et al (2016) “Indoor and Outdoor 5G Diffraction Measurements and Models at 10, 20, and 26 GHz”, em IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), páginas 1 – 7.

Ericsson Mobility Report (2015) “On The Pulse Of The Networked Society”. <https://www.ericsson.com/assets/local/news/2016/03/ericsson-mobility-report-nov-2015.pdf> (último acesso em 10 de novembro de 2017).

Huawei (2013) “5G: A Technology Vision”. <http://www.huawei.com/5gwhitepaper/> (ultimo acesso em 09 de Novembro de 2017).

International Telecommunication Union. Radiocommunication Sector. ITU-R M.2083-0 (2015). ). Framework and overall objects of the future development of IMT for 2020 and beyond.

Lopes A, et al. (2017) “Proposal of Improvement of Propagation Models to 5G by Calculating Optimal Value of Their Propagation Loss Coefficients”, no XXXV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos – SBRC2017.

Mattisson S. (2017) “Overview of 5G requirements and future wireless networks”, no IEEE European Solid State Circuits Conference - ESSCIRC 2017, páginas 1 – 6.

Mowla, M. M, et al (2017) “A Green Communication Model for 5G Systems”, no IEEE Transactions on Green Communications and Networking, Volume 1, Páginas 264 – 280.

Rappaport T. S, et al. (2017) “Overview of millimeter wave communications for fifth-generation (5G) wireless networks-with a focus on propagation models”, em IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Volume PP, páginas 1-1.

Rappaport T. S, et al. (2017) “Wideband millimeter-wave propagation measurements and channel models for future wireless communication system design”, em IEEE Transactions on communications, Volume 63, páginas 3029 - 3056.

Saghezchi, F, et al. (2013) “Coalition Formation Game toward Green Mobile Terminals in Heterogeneous Wireless Networks”, no IEEE Wireless Communications, Volume 20, páginas 85–91.

Wu Q, et al (2017) “An Overview of Sustainable Green 5G Networks”, no IEEE Wireless Communications, Volume 24, páginas 72 – 80.

## AUTOMAÇÃO E INTELIGÊNCIA EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

*Data de aceite: 07/02/2020*

*Data de submissão: 31/10/2019*

### **Késsia Thais Cavalcanti Nepomuceno**

Universidade Federal de Pernambuco - CIn

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/1276337923168691>

### **Djamel Fawzi Hadj Sadok**

Universidade Federal de Pernambuco - CIn

Recife – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/3776300004312848>

**RESUMO:** Desde a revolução industrial, o processo de fabricação tem evoluído. Os robôs tiveram papel fundamental nessa evolução, uma vez que sua performance traz vantagens em ambientes desconfortáveis e perigosos para os seres humanos [1]. Entretanto, os robôs enfrentam desafios em ambientes dinâmicos e suscetíveis a erros, como ambientes industriais [2]. Portanto, apesar de toda evolução que a robótica teve ao longo dos anos, ainda há a necessidade de crescimento em diversos aspectos. Nesse contexto, esse projeto teve como objetivo elaborar modelos de automatização tecnológica de processos industriais. Para atingir esse objetivo optamos por participar da competição ARIAC (Agile Robotics for Industrial Automation Competition) organizado pelo NIST em colaboração com

o IEEE CASE. O objetivo da competição é permitir que os robôs industriais sejam mais produtivos e receptivos às necessidades dos trabalhadores. E também motivar o desenvolvimento da robótica ágil no ambiente industrial [3]. Conquistamos o segundo lugar da competição com um modelo que serve como base para futuras pesquisas na área de robótica ágil e afins. A principal contribuição desse projeto foi o protótipo desenvolvido. O protótipo inclui métodos para planejar ações e trajetórias assumidas pelo robô e gerenciar a variedade de informações de sensores fornecidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Robótica Ágil; ARIAC; Gazebo; ROS

### **AUTOMATION AND INTELLIGENCE IN INDUSTRIAL PROCESSES**

**ABSTRACT:** Since the industrial revolution, the manufacturing process has evolved. Robots played a key role in this evolution, as their performance has advantages in environments that are uncomfortable and dangerous for humans [1]. However, robots face challenges in dynamic, error-prone environments such as industrial environments [2]. Therefore, despite all the evolution that robotics has had over the years, there is still a need for growth in several aspects. In this context, this project focused on the development of technological automation

models for industrial processes. To achieve this goal, we opted to participate in the ARIAC (Agile Robotics for Industrial Automation Competition) organized by NIST in collaboration with IEEE CASE. The goal of the competition is to enable industrial robots to be more productive and responsive to workers' needs, and also motivate the development of agile robotics in the industrial environment [3]. We took second place in the competition with a model that serves as a basis for future research in agile robotics. The main contribution of this project was the prototype developed. The prototype includes methods for planning actions and trajectories taken by the robot and managing the variety of sensor information provided.

**KEYWORDS:** Agile Robotics; ARIAC; Gazebo; ROS

## 1 | INTRODUÇÃO

A automação vem assumindo cada vez mais o seu lugar na indústria, robôs são excelentes em tarefas repetitivas e que já estão programadas pelo sistema. Os processos atualmente operam de forma mecanizada e estão mais rápidos, executam tarefas metódicas e de grande esforço físico. Essa evolução trouxe benefícios ao setor industrial e econômico oferecendo o melhor custo-benefício para o cenário que a indústria necessita [4]. Entretanto, alguns ambientes industriais por serem bastante dinâmicos apresentam um desafio para a automação robótica, tornando os robôs ineficientes para as tarefas não conhecidas previamente, visto que o atual robô não ágil não pode fornecer a alta capacidade de resposta e adaptações dinâmicas necessárias para cumprir essas tarefas. Para desenvolvimento e estudo da robótica ágil, são necessários modelos eficientes que atendam cada vez melhor cenários que sejam fiéis à indústria atualmente. Só assim teremos modelos os quais poderíamos testar e analisar operações compatíveis com o cenário industrial real. Assim, o desenvolvimento da robótica ágil e de alta adaptabilidade tornou-se um passo necessário para a evolução da fabricação industrial. Diante dessa realidade, tanto a indústria como a academia estão fazendo esforços para pesquisar e desenvolver sistemas robóticos que se adaptam de forma rápida e intuitiva a mudanças no ambiente, erros e variações em atividades pretendidas [5]. Na tentativa de motivar pesquisas, a Conferência IEEE em Automação Ciência e Engenharia (IEEE CASE) e o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST) promoveram a competição ARIAC. A competição é baseada em simulação e projetada para promover a agilidade do robô, utilizando os últimos avanços em inteligência artificial e planejamento de robôs [3]. Segundo a organização, os desafios da competição foram desenvolvidos com base em contribuições de representantes da indústria. Portanto, tanto o cenário quanto as tarefas são necessidades ou deficiências da indústria real. Com isso temos a garantia de um cenário validado que atende os requisitos da indústria, tornando-o confiável para futuros testes. A competição fornece até duas ordens que

são compostas por um conjunto de kits a serem montados. Cada kit tem uma série de peças com a posição e orientação correspondentes. As ordens são concluídas quando todos os seus kits foram submetidos para montagem, que por sua vez acontece quando todas as peças foram coletadas. A montagem de uma bandeja leva em consideração diversos aspectos, como tipo, quantidade, posição e orientação da peça. Esses aspectos vão compor a nota dos kits. A pontuação final é realizada com base em uma combinação de desempenho, eficiência e métricas de custo em quinze cenários de teste [3]. As tarefas compreendiam as seguintes quatro áreas: (1) Identificação e recuperação de falhas; (2) Planejamento automatizado; (3) Ambiente sem fixação; e (4) Robôs “Plug and Play”. A Figura 2 apresenta uma visão geral dos elementos disponíveis para o ambiente simulado. É possível notar que existem cinco diferentes tipos de peças (disco, polia, haste de pistão, engrenagem, gaxeta), um braço robótico (UR10), oito caixas, uma correia transportadora e dois veículos terrestres autônomos (AGVs).

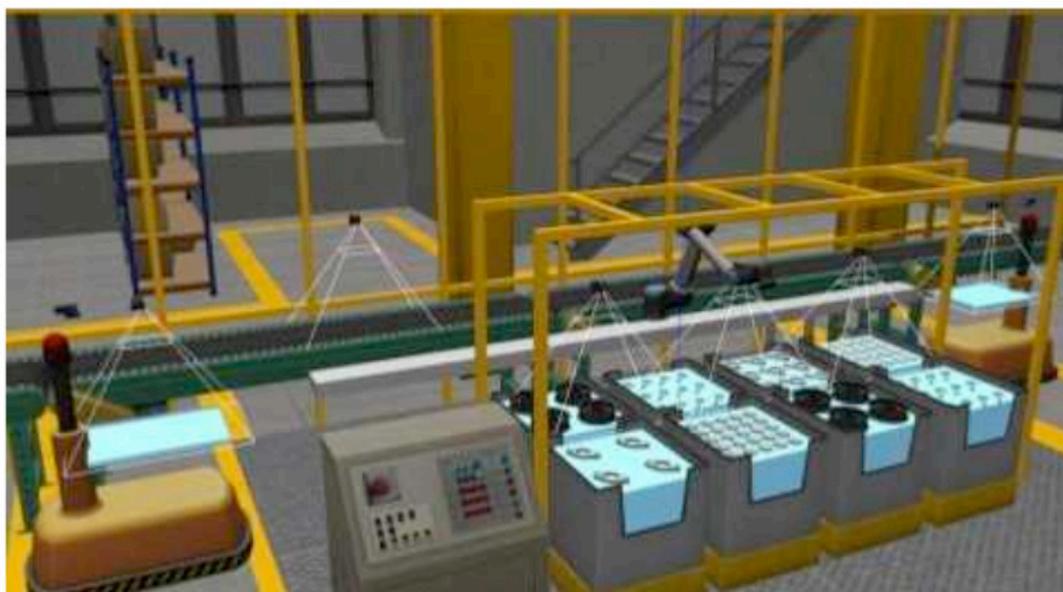


Figura 1: Cenário ARIAC

Com esta pesquisa, projetamos um modelo de automatização tecnológica. Nossa abordagem dos experimentos consistiu em executar nosso protótipo em cenários de testes propostos e validados pela competição. Portanto nosso protótipo serve como base para futuras pesquisas científicas e estado da arte.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foi necessário utilizar ferramentas para execução dos experimentos. Na competição foi preciso completar as tarefas em um ambiente industrial simulado. Essa simulação foi construída em cima das ferramentas

ROS e Gazebo. Também foi utilizado o Moveit, ferramenta de planejamento que dá suporte ao ROS. As ferramentas utilizadas são descritas a seguir: (1) ROS é uma coleção de frameworks para desenvolvimento de robôs que fornece a funcionalidade de um sistema operacional [6]; (2) Gazebo é uma ferramenta de simulação de ambientes que permite a criação de cenários, objetos e robôs [7]; (3) Moveit é um conjunto de frameworks que podem ser facilmente integrado ao ROS, tem como principal objetivo o planejamento de movimentos [8].

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado dos experimentos pode ser organizado da seguinte forma: (1) desempenho da abordagem usando a configuração de teste das qualificações e finais da competição ARIAC. A ideia por trás do primeiro conjunto de resultados foi apoiar quão bem a nossa abordagem se comporta com o ambiente simulado do ARIAC, bem como apresentar dados para várias métricas de desempenho em vários cenários distintos, que poderia ajudar futuras comparações. Neste conjunto de experimentos, usamos as seis configurações de teste disponíveis das qualificações (QUALS), bem como as quinze configurações de teste da rodada final (F01 - F15). Para todas as execuções, nossa maior prioridade com o protótipo era completar todas as tarefas com sucesso, e os resultados (Pontuação Total / Pontuação Máxima) mostram que nossa abordagem atinge o objetivo para as seis configurações das qualificações. Através da tabela 1 é possível verificar o desempenho do nosso protótipo na fase qualificatória da competição. Na coluna “Pontuação Total / Pontuação Máxima” podemos verificar a completude do protótipo em cada cenário, observamos que em todos os cenários foi obtida pontuação máxima. A coluna “Tempo de Viagem da Peça” indica o tempo que o braço robótico leva para transportar uma peça de um ponto a outro. A coluna “Tempo Total Ordem 1” e “Tempo Total Ordem 2” mostram o tempo total para execução de uma ordem, podemos notar que alguns cenários são compostos de apenas uma única ordem. Por fim, a coluna “Tempo Total de Processamento” nos apresenta o tempo total de processamento do sistema, essa é a principal métrica e com ela descobrimos pontos de otimização que será explicado adiante.

Qualificatória	Pontuação Total / Pontuação Máxima	Tempo de Viagem da Peça	Tempo Total Ordem 1	Tempo Total Ordem 2	Tempo Total de Processamento
Q1A	15/15	22.6	55.4	X	55.4
Q1B	15/15	25.7	66.2	X	66.2
Q2A	30/30	46.2	119.1	X	119.1

Q2B	12/12	18.0	59.0	X	59.0
Q3A	27/27	64.9	134.7	57.7	134.7
Q3B	27/27	69.8	165.5	96.7	165.5

Tabela 1: Resultados do Figment para a fase das qualificações da competição ARIAC

A Figura 2 mostra a relação entre o tempo de viagem da peça e tempo total de processamento, para todas as qualificações. A Figura 2 destaca que, para essas configurações, na maioria das vezes, o sistema não está movendo peças de um lugar para outro, mas fazendo outras tarefas, que inclui planejamento e detecção, mas principalmente mover o braço robótico e preparando-o para escolher peças. Isso nos indica pontos de otimização. Por exemplo, a proporção mais baixa pode ser observada para o teste F12. Quando examinamos os detalhes de tal julgamento, nós sabemos que ele só fornece peças na correia transportadora. Embora não seja uma indicação, esta observação ainda aponta que talvez pudéssemos melhorar nossa ação para escolher peças da correia transportadora.

Através dos resultados, podemos notar que o protótipo obteve excelente desempenho. Todas as tarefas, possíveis de serem realizadas, foram completadas; o protótipo foi bastante fiel ao cenário industrial real.

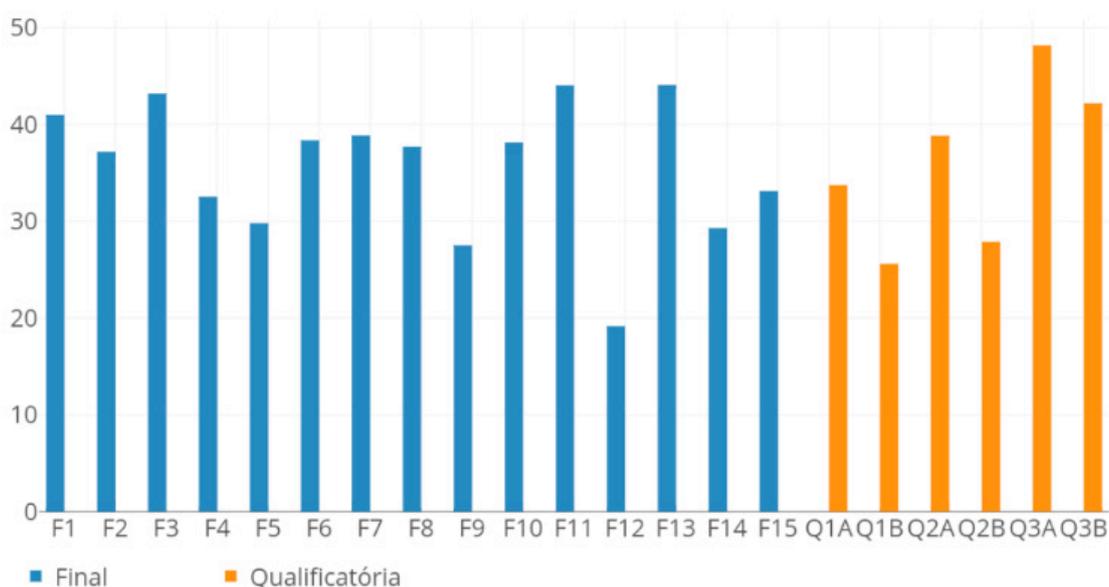


Figura 2: Porcentagem do tempo de viagem de uma peça (PT) sobre o tempo total de processamento (TP) para cada um dos quinze cenários da final

## 4 | CONCLUSÕES

Neste projeto, com o objetivo de elaborar modelos de automatização tecnológica de processos industriais, foi construído um protótipo modular para robótica ágil desenvolvido para a competição ARIAC. Esta experiência possibilitou expandir

o conhecimento na robótica ágil, automação e também em ferramentas bem conhecidas e complexas como Gazebo, ROS e Moveit. A competição possibilitou desenvolver um sistema que pode ser usado como base para pesquisas em diversos campos do conhecimento. Por exemplo, automação, robótica, visão computacional, planejamento de movimentos e outros. Por fim, disponibilizamos em um repositório da internet o protótipo desenvolvido (<https://github.com/Figment-Gprt/ariac-competition>) para servir como base para futuras pesquisas e comparações a fim de melhorar o desenvolvimento na área de robótica ágil.

## REFERÊNCIAS

- [1] Hunt, D. “**Understanding robotics**”. Elsevier, 2012
  
- [2] Kootbally Z. “**Industrial robot capability models for agile manufacturing**”. Industrial Robot: An International Journal, vol 43, issue: 5, pages 481-494, 2016.
  
- [3] Gazebo. “**Agile Robotics for Industrial Automation Competition**”. Disponível em: <http://gazebosim.org/ariac>
  
- [4] Adler, P. “**Managing Flexible Automation**”. California Management Review, vol 30, no 3, April 1988.
  
- [5] Bi Z., Lin Y. and Zhang W. “**The general architecture of adaptive robotic systems for manufacturing applications**”. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol 26, issue 5, pages 461-470, October 2010.
  
- [6] ROS. “**The Robot Operating System**”. Disponível em: <http://www.ros.org/>
  
- [7] Gazebo. “**Robot simulation made easy**”. Disponível em: <http://gazebosim.org/>
  
- [8] Moveit. “**Moveit!**”. Disponível em: <http://moveit.ros.org>

## FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS APLICADAS NA CONSTRUÇÃO DE MODELOS ATOMÍSTICOS DE NANOPARTÍCULAS FUNCIONALIZADAS

*Data de aceite: 07/02/2020*

*Data de submissão: 11/11/2019*

### **Jônatas Favotto Dalmedico**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR), câmpus Cornélio Procópio.

<http://lattes.cnpq.br/2025303908976037>

### **Guilherme Camargo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR), câmpus Cornélio Procópio.

<http://lattes.cnpq.br/4629979142571488>

### **Bruno de Camargo Barreto Silva**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR), câmpus Cornélio Procópio.

<http://lattes.cnpq.br/3420809784356737>

### **Alessandro Botelho Bovo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR), câmpus Londrina.

<http://lattes.cnpq.br/5096294141072886>

### **Fernando José Antonio**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR), câmpus Cornélio Procópio.

<http://lattes.cnpq.br/2833172211868473>

### **Vagner Alexandre Rigo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR), câmpus Cornélio Procópio.

<http://lattes.cnpq.br/8134733370926343>

**RESUMO:** Nanopartículas e aglomerados atômicos podem ser empregados em diversas

aplicações, e são alvos de intensa pesquisa na atualidade. Estudos envolvendo aplicações biológicas e no setor de energia, seja em óleo e gás ou em energias renováveis, merecem destaque como exemplos onde as nanopartículas podem amplificar enormemente a eficiência dos processos e economia de recursos. Em muitos casos as nanopartículas tem a sua superfície funcionalizada por moléculas específicas. Esta funcionalização pode agregar novas e melhoradas funcionalidades, como no caso de nanopartículas suspensas em meio líquido, ou também ser algo indesejado, como ocorre no processo de envenenamento catalítico de células de combustível por moléculas de CO, entre outras. Em geral, as propriedades químicas, físicas, mecânicas e eletrônicas de nanopartículas podem ser alteradas por meio da funcionalização de superfície por grupos moleculares. Métodos de simulação computacional atomística, tais como dinâmica molecular, Monte Carlo e cálculos baseados em primeiros princípios representam uma forma muito eficaz de estudar as propriedades destas nanoestruturas. Em alguns casos os sistemas podem apresentar centenas, milhares, ou até mesmo milhões de átomos. Assim, é interessante que métodos matemáticos possam ser empregados de maneira sistemática para produzir topologias de nanopartículas funcionalizadas. Com esta finalidade,

desenvolveu-se um algoritmo capaz de funcionalizar nanopartículas com moléculas radialmente orientadas, de forma sistemática. O algoritmo apresentado neste trabalho encontra grande aplicabilidade no design de superfície destas NPs.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanomateriais, Nanopartículas, Funcionalização, Simulação Computacional, *Design* de Superfícies.

## COMPUTATIONAL TOOLS APPLIED TO GENERATE ATOMISTIC MODELS OF FUNCTIONALIZED NANOPARTICLES

**ABSTRACT:** Nanoparticles and atomic clusters can be employed in many applications, and are the subject of intense research nowadays. Studies involving biological and energetical applications, whether in oil and gas or renewable energy, deserve to be highlighted as examples where nanoparticles can greatly intensify process efficiency and resource savings. In many cases the nanoparticles have their surface functionalized by specific molecules. This functionalization can add new and improved functionalities, as in the case of nanoparticles suspended in liquid medium, or also be something unwanted, as occurs in the process of catalytic poisoning of fuel cells by CO molecules, among others. In general, the chemical, physical, mechanical and electronic properties of nanoparticles may be altered by surface functionalization by molecular groups. Atomistic computer simulation methods such as molecular dynamics, Monte Carlo and first principle calculations represent a very effective way to study the properties of these nanostructures. In some cases, systems can have hundreds, thousands, or even millions of atoms. Thus, it is interesting that mathematical methods can be systematically employed in order to produce functionalized nanoparticle topologies. To this end, an algorithm capable of functionalizing nanoparticles with radially oriented molecules in a systematic way was developed. The algorithm presented in this work finds great applicability in the surface design of these NPs.

**KEYWORDS:** Nanomaterials, Nanoparticles, Functionalization, Computer simulation, Surface Design.

### 1 | INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Graças aos avanços tecnológicos ocorridos nos últimos anos, a manipulação da bilionésima parte do metro ( $10^{-9}$  m), ou nanômetro (nm), está acessível para desenvolvimento de ferramentas para uso atualmente. Dentre os diversos nanomateriais que podem ser obtidos atualmente, podemos citar o grafeno (ZARBIN, 2013), nanotubos (ZARBIN, 2013), nanofitas de grafeno (RIGO, 2009 e 2011) e nanopartículas (MARTINS, 2012 e RIGO, 2014).

Uma nanopartícula (NP) pode ser formada por um aglomerado amorfo de átomos ou pode apresentar uma forma cristalina. Por definição, para ser considerada uma NP, a partícula deve apresentar diâmetro inferior a 100 nm. A Figura 1 apresenta exemplos de nanopartículas sem funcionalização e funcionalizadas. É importante

mencionar que NPs podem apresentar propriedades físicas, químicas, eletrônicas, óticas e até mesmo mecânicas e de reatividade química diferentes de seus materiais cristalinos. Isto implica que os atributos que definem suas características são dependentes do tamanho dessas partículas. Conforme evidenciado pela literatura (CALLE-VALLEJO, 2015), não apenas o tamanho, mas o formato das nanopartículas e a coordenação dos átomos que a compõe também influencia diretamente nas propriedades químicas e físicas.

Em muitas aplicações envolvendo nanopartículas, estas precisam ficar suspensas em um fluido, de modo que uma funcionalidade desejada seja alcançada. Esta situação pode ocorrer em muitos casos, como por exemplo: em aplicações biomédicas e de novos fármacos (LIN, 2012 e WANG, 2015); para alterar a molhabilidade de superfícies, fornecendo superfícies hidrofóbicas (OGIHARA, 2012) ou oleofóbicas; inseridas em poços de petróleo, onde nanopartículas com propriedades específicas podem ajudar a conhecer características da rocha porosa; para alterar as propriedades interfaciais do sistema rocha-óleo-água-gases, de modo a propiciar a recuperação melhorada do óleo (RIGO, 2014, KHALIL, 2017, AFOLABI, 2019), se destacando também aplicações relacionadas com fontes alternativas e renováveis de energia (AN, 2015, RIGO, 2019), novos materiais e na engenharia de superfícies em geral, onde as NPs podem estar em contato com meio líquido.

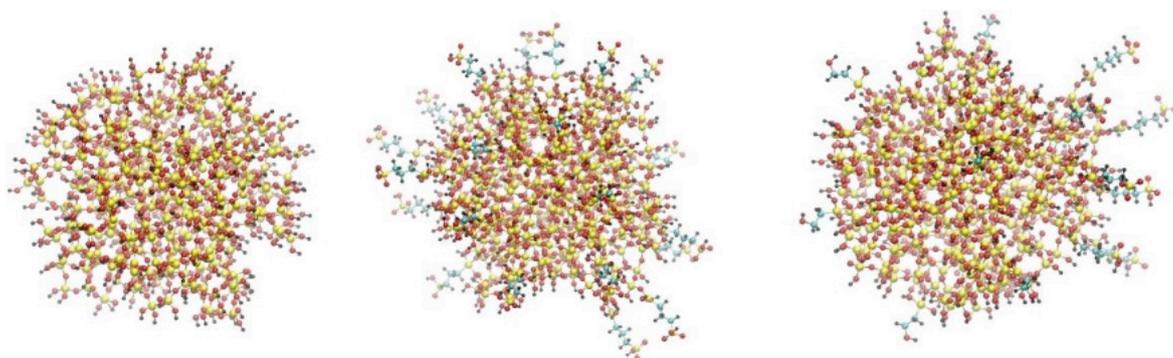


Figura 1. Nanopartícula de sílica com passivação de superfície por átomos de H (esquerda), nanopartícula funcionalizada por grupos funcionais hidrofóbicos (centro) e nanopartícula *janus*, funcionalizada com dois grupos funcionais, sendo 70% da superfície com baixa densidade de grupos hidrofílicos (esquerda) e 30% com alta densidade de grupos hidrofóbicos (direita) de grupos funcionais por unidade de área (direita). Esferas de cor preta, azul, vermelha e amarela representam átomos de hidrogênio, carbono, oxigênio e silício, respectivamente.

## 1.1 Nanopartículas em aplicações biomédicas

Nos casos de sistemas de entrega de fármacos, área que tem recebido muita atenção nos últimos anos (LIN, 2012), o transporte e controle da liberação do medicamento pode ser otimizado pelo emprego das NPs. Entre os transportadores, incluem-se as micropartículas e NPs, tanto para o transporte de fármacos anticancerígenos (UTTEKAR, 2019) quanto antibióticos (WANG, 2015), permitindo

uma distribuição mais seletiva dos mesmos e, assim, o aumento do índice terapêutico. O encapsulamento de fármacos (nanoencapsulação) em NPs possui extrema importância, pois permite que o fármaco encapsulado seja liberado de modo controlado, oposto aos fármacos em geral, que são pequenos o suficiente para atravessar o endotélio (membrana que reveste internamente as câmaras do coração, os vasos sanguíneos e os vasos linfáticos) em quase todas as regiões do corpo, estejam estas enfermas ou sãs. Isto origina muitos dos efeitos colaterais dos medicamentos, porque os fármacos acabam atuando onde devem e também onde não deveriam. No entanto, fármacos encapsulados dentro de NPs de 50 a 300 nm (em média), não serão capazes de atravessar a parede dos vasos em regiões saudáveis do organismo, visto que o espaço entre essas células é de apenas 15 a 30 nm.

O termo NP inclui nanocápsulas e nanoesferas (Figura 2), as quais diferem entre si segundo a composição e organização estrutural. As nanocápsulas são formadas por um envoltório polimérico disposto ao redor de um núcleo oleoso, podendo o fármaco estar diluído neste núcleo e/ou absorvido na parede polimérica. Por outro lado, as nanoesferas, que não apresentam óleo na composição, são formadas por uma matriz polimérica, onde o fármaco pode ficar retido ou absorvido.

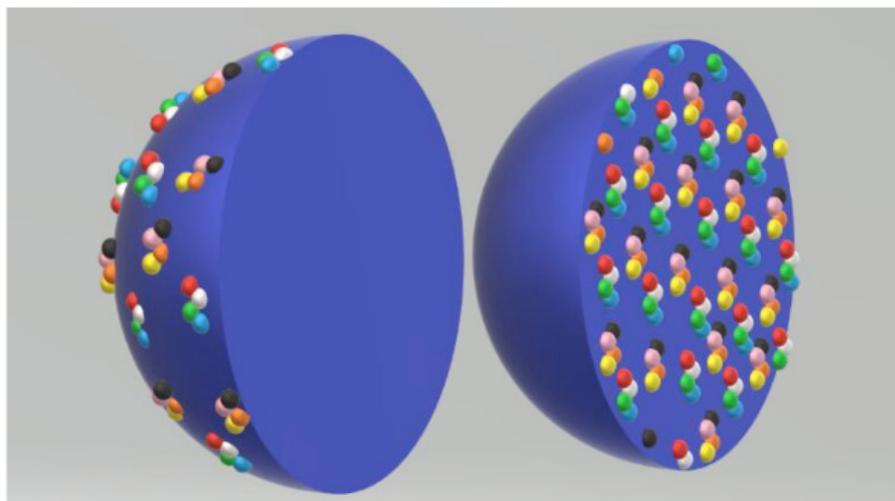


Figura 2. Representação de uma esfera e cápsula (lado esquerdo e direito, respectivamente).

## 1.2 Aplicações de Nanopartículas no Setor de Óleo e Gás

A exploração de petróleo e gás envolve operações complexas de procura, extração e processamento. Neste setor há grande demanda de técnicas e processos inovadores, sendo que muitos destes envolvem nanomateriais (KHALIL, 2017). Em particular, há grande interesse pela recuperação melhorada do óleo (*i.e.* processo de deslocar o óleo da rocha reservatório para o interior do poço), especialmente do óleo pesado e extrapesado. Um método que é utilizado envolve a injeção de CO<sub>2</sub> no reservatório, para recuperação melhorada do óleo. Outra técnica ainda em estudo, inovadora, envolve a injeção de NPs em reservatórios (RIGO, 2015, DE LARA, 2015,

2015a, 2016, 2017). Neste processo, os nanomateriais injetados em reservatórios podem provocar alterações na molhabilidade do sistema gás-óleo-água-rocha matriz, favorecendo uma maior fluidez e recolhimento do petróleo bruto para o interior do poço. Isto implica no desenvolvimento e criação de fluídos com NPs suspensas, que agregam funcionalidades específicas, como aumento da capacidade de escoamento do petróleo nos reservatórios ou de promover uma remoção eficiente de detritos durante os processos de perfuração. A estabilidade das NPs, nas condições químicas e físicas do reservatório, depende em muito da robustez da funcionalização da superfície das NPs.

NPs e nanomateriais também podem ser empregados nas operações de prospecção de hidrocarbonetos. Neste caso, pesquisa-se a criação de NPs que atuam como nanoagentes que, uma vez injetados em reservatórios em fase de prospecção, alteram suas propriedades químicas e físicas de forma previsível, de acordo com as características do reservatório (AFOLABI, 2019). Uma vez recuperados, estes materiais podem trazer informações precisas sobre o campo a ser explorado.

Sabidamente, a composição do óleo pode variar muito dependendo da região geográfica e condições químicas e termodinâmicas nas quais se encontra o reservatório. Em geral, o óleo pode ser classificado como leve, pesado e extrapesado, dependendo da densidade (GUO, 2016). Estas frações apresentam viscosidades muito distintas, onde o óleo leve (viscosidade  $< 1$  g/cm.s) pode fluir muito mais facilmente, auxiliando o recolhimento. Reservatórios com frações mais elevadas de óleo pesado e extrapesado (viscosidade  $> 1$  g/cm.s e  $> 100$  g/cm.s, respectivamente) são especialmente desafiadores do ponto de vista do recolhimento do óleo remanescente. Técnicas de recolhimento melhorado, que alteram as tensões interfaciais do sistema rocha matriz-óleo-água, são pouco eficazes pois estes óleos apresentam fluidez muito reduzida. Na mesma direção, óleos pesados e extrapesados apresentam elevados pontos de fusão, dificultando o uso de métodos que utilizam alteração da temperatura para o recolhimento (GUO, 2016; MURAZA, 2015).

Notoriamente, as reservas de hidrocarbonetos localizadas na América do Sul são as que apresentam a maior porcentagem de óleo pesado de todo mundo (MURAZA, 2015). Por exemplo, o óleo aqui disponível é quase 6 vezes mais pesado que aquele encontrado na Rússia e o dobro que aquele localizado em reservatórios da América do Norte (MURAZA, 2015). Tendo em vista fatores geológicos, termodinâmicos e químicos, este cenário é ainda mais desfavorável quando se considera o caso das reservas da chamada Camada Pré-Sal, localizadas no Brasil.

Em se tratando do recolhimento do óleo pesado e extrapesado, uma rota interessante, que surge na fronteira da área, são metodologias que utilizam catálise *in situ* para promover a quebra dos hidrocarbonetos pesados, tais como resinas e asfaltenos, em moléculas menores, com menor peso molecular e ponto de fusão,

permitindo mais fluidez (MURAZA, 2015; GUO, 2016). Neste contexto, a injeção de NPs metálicas em reservatórios, tais como aquelas constituídas de Mo, Fe, Ni, Cu, são apontadas como uma rota promissora para catalise in situ do óleo pesado e extrapesado (GUO, 2016). Desta forma, o uso de nanopartículas funcionalizadas se destaca também em áreas tradicionais de geração de energia, como é o caso da produção de óleo e gás.

### 1.3 Nanopartículas para Catálise Melhorada e Energias Renováveis

Células de combustível (CC) convertem a energia química acumulada nos combustíveis diretamente em eletricidade, sem necessidade de queima (NA, 2015). Em vistas das perspectivas de melhoria nas condições ambientais e metas associadas com a redução na emissão de gases, estes dispositivos tornam-se particularmente interessantes para uso em automóveis. Atualmente, catalisadores baseados em platina ou paládio são os mais empregados em células combustíveis. Resultados recentes também indicam que ligas binárias de platina-ouro são muito promissoras, especialmente para aumento do rendimento de células combustíveis baseadas em etanol (ENGELBREKT, 2016). Entretanto, se nota que metais nobres são os materiais mais efetivos para catálise em células combustíveis. Assim, o elevado custo ainda é um fator que impede um uso extensivo de células combustíveis na atualidade.

De maneira geral, células de combustível podem ser utilizadas em equipamentos portáteis (carros, veículos aéreos não tripulados e dispositivos móveis), ou centrais geradoras fixas. No caso do Brasil, especificamente, ganham destaque células que empregam o etanol como combustível, pois o País é um grande produtor deste combustível (KAMARUDIN, 2013, AN, 2015). A amplificação no rendimento e durabilidade destes equipamentos torna-se estratégica no contexto nacional, tendo em vista a relevância do combustível na matriz nacional, assim como acordos para redução de emissões.

Nanopartículas podem ser aliadas na tarefa de reduzir custos de produção de CC, onde a elevada área superficial em relação ao volume total destes materiais pode gerar uma maior racionalização no emprego dos metais nobres exigidos. Também, além de racionalizar o uso de material, NPs possuem uma maior efetividade em catalisar reações nos eletrodos de células combustíveis. Este efeito foi recentemente estudado pela literatura, onde ficou demonstrado por (CALLE-VALLEJO, 2015) que o fator chave para melhora no rendimento catalítico das NPs é a coordenação generalizada dos átomos superficiais que ocorrem nas nanopartículas, que estão disponíveis quimicamente para contato com o fluido combustível.

Ainda que NPs amplifiquem muito o rendimento das CC, ainda persistem dificuldades ainda não superadas em relação à durabilidade destes dispositivos.

Em mais detalhes, um fenômeno conhecido como envenenamento catalítico é verificado nos eletrodos, reduzindo sistematicamente a eficiência das células de combustível, e como consequência, sua durabilidade. Trata-se de um fenômeno onde a funcionalização de superfície é indesejada, onde, após uma reação química, grupos moleculares podem se ligar definitivamente ao metal catalizador, causando o bloqueio do sítio ativo e impedindo que outras reações ocorram. Este fenômeno é um fator limitador da vida útil de células combustíveis, dificultando sua utilização em maior escala (BAYRAM, 2012). Este efeito afeta CC que utilizam os mais distintos combustíveis, onde providenciar uma rápida remoção de moléculas tais como  $\text{CH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{OH}$ , ou mesmo moléculas maiores, da nanopartícula após a reação de catálise representa um grande desafio para elevar a vida útil de células de combustível (BARTHOLOMEW, 2001, ERCAL, 2001, BATISTA, 2019). Assim, tratar adequadamente a funcionalização (desejada ou não) de superfície também é um enorme desafio para melhora no rendimento de células de combustível.

#### 1.4 Nanopartículas Funcionalizadas

Uma maneira de modificar, melhorar, ajustar ou agregar novas funcionalidades às nanopartículas em aplicações variadas se dá por meio da utilização da funcionalização de superfície. Neste sentido, a Figura 3 apresenta um exemplo de possível aplicação de NPs funcionalizadas. A funcionalização pode ocorrer pela adição de grupos químicos funcionais à superfície de uma NP, conferindo novas funções, características ou propriedades ao material, alterando a química da superfície (EWERS, 2012, RIGO, 2014, DE LARA, 2015, 2015a, 2016, 2017), as propriedades energéticas a estabilidade do material (RIGO, 2014), as propriedades mecânicas e eletrônicas das nanopartículas (RIGO, 2019). De forma geral, a funcionalização é realizada pela formação de ligações entre grupos funcionais à superfície de uma NP, por meio de reações químicas ou por meio de adsorção. Por exemplo, na referência (OGIHARA, 2012) é mostrado um método simples para criação de uma folha de papel super-hidrofóbica, que consiste em adicionar uma solução com NPs de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) à folha, tornando-a impermeável à água.

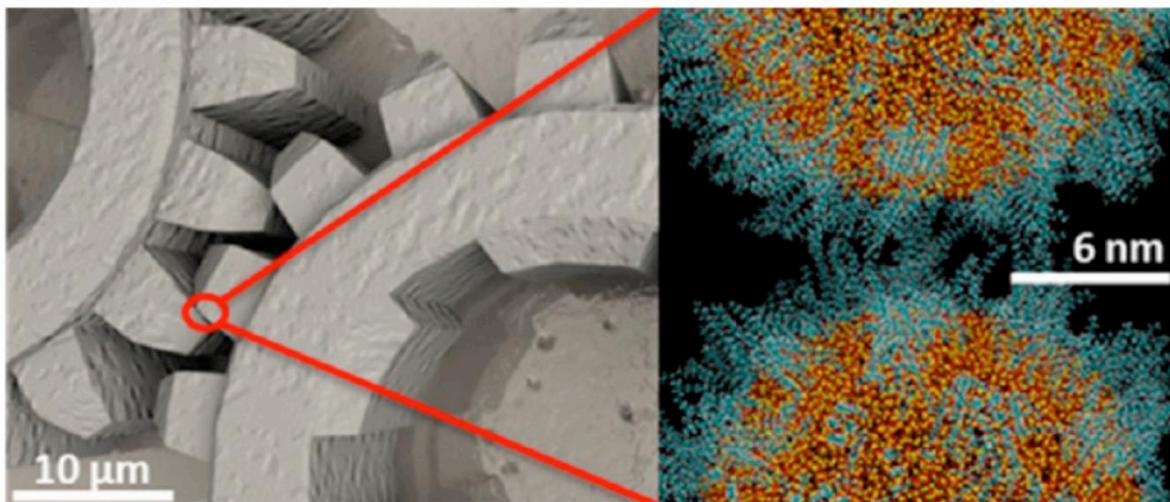


Figura 3. Exemplo de aplicação de nanopartículas funcionalizadas em tribologia. Figura obtida com autorização de (EWERS, 2012). @Copyright J. Phys. Chem. C 2012.

Seja em meio líquido ou não, é importante saber *a priori* se uma funcionalização é estável, ou seja, se as NPs funcionalizadas permanecem suspensas no meio fluido (*i.e.*, água, etanol, CO<sub>2</sub>, etc.) (no caso de NPs em meio fluido) ou se permanecem ligadas (ou não) às NPs. Uma solução muito eficiente e confiável para extrair tal informação é a simulação atomística.

Simulações atomísticas permitem acessar dados de difícil obtenção experimental, ou mesmo modelar e melhor compreender experimentos e processos (ALLEN, 1991, RIGO 2014, RIGO, 2014b). Entre os métodos mais comumente empregados em simulações atomísticas, verifica-se o de Dinâmica Molecular (DM) (ALLEN, 1991, MORGON, 2007) e Monte Carlo (RIGO, 2014b). Metodologias baseadas em Mecânica Quântica também podem utilizar sistemas atomísticos para descrever a posição dos núcleos atômicos no espaço. Este é o caso dos métodos de Primeiros Princípios, tal como aqueles fundamentados na Teoria do Funcional da Densidade (DFT, do inglês) (MARTIN, 2004, MORGON, 2007).

Simulações por DM, em especial, constituem-se em uma das principais ferramentas computacionais utilizadas para o estudo de sistemas atômico-moleculares (ALLEN, 1991). Uma característica importante é que os efeitos da temperatura são considerados nesse tipo de simulação com um custo computacional reduzido, se comparado com cálculos de Primeiros Princípios. Simulações de DM podem ser empregadas para tratar sistemas físicos, químicos e biológicos, tal como propriedades estruturais, transições de fase, proteínas, fragmentos de DNA, entre outros. Embora existam potenciais interatômicos que possam tratar processos reativos, estes métodos apresentam baixa precisão quando comparados com simulações baseadas na DFT.

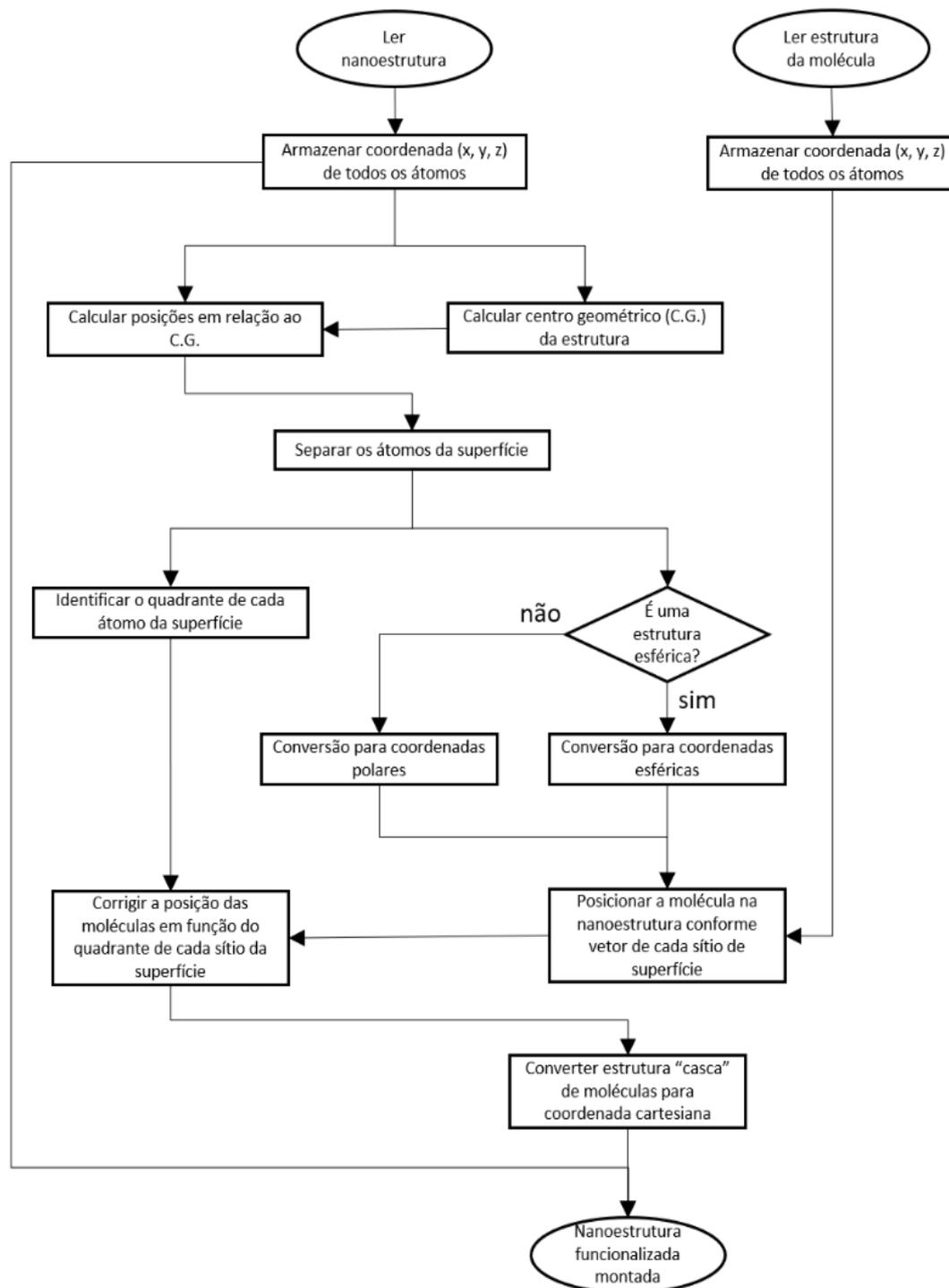
Muitas vezes se deseja determinar propriedades termodinâmicas de sistemas,

onde se requer modelos representativos do limite termodinâmico ( $10^{23}$  partículas). Outras vezes, como é o caso de simulações baseadas na DFT, se deseja encontrar propriedades eletrônicas, barreiras de energia associadas com reações químicas, ou propriedades geométricas com elevada acurácia. Em todos estes casos, a descrição em nível atômico-molecular requer que sejam fornecidas as geometrias iniciais dos sistemas de interesse. No caso específico de NPs funcionalizadas, isso requer que uma geometria deva ser inicialmente gerada. Por exemplo, em (EWERS, 2012) os autores apresentam resultados obtidos por meio de simulações de dinâmica molecular, onde se avaliou o impacto referente a dissipação de energia em contatos tribológicos cobertos e não cobertos com NPs funcionalizadas, sendo proposta melhoras nas funcionalidades quando a superfície está protegida com NPs funcionalizadas.

Gerar estruturas de NPs funcionalizadas, especialmente quando a densidade superficial de grupos é elevada, pode representar um desafio adicional aos interessados em desenvolver simulações atomísticas. Como trata-se de geometrias elaboradas, onde as moléculas funcionais devem ficar alinhadas em determinada posição inicial específica (exigindo operações matemáticas de rotação e translação de coordenadas), o ideal é que uma ferramenta computacional seja empregada, capaz de fornecer geometrias de forma sistemática e consistente. A seguir é apresentado um código que apresenta estes atributos.

## 2 | RESULTADOS

A construção de modelos atomísticos para nanoestruturas funcionalizadas envolve inicialmente identificar as posições relativas entre os átomos tanto a nanoestrutura quanto da molécula funcionalizadora. É interessante identificar as posições dos átomos da estrutura com relação ao seu centro geométrico (C.G.). A seguir, identificamos quais átomos estão na superfície, onde a funcionalização deverá ocorrer efetivamente. De acordo com a simetria da nanoestrutura, escolhemos coordenadas esféricas ou cilíndricas centradas no C.G. para tratar as informações. O próximo passo consiste em corrigir a posição das moléculas em função do quadrante de cada sítio da superfície e, então, posicionar a molécula na nanoestrutura conforme vetor de cada sítio de superfície. Todo esse processo está ilustrado no Fluxograma 1.



Fluxograma 1 – Mecanismo de funcionalização de uma nanoestrutura.

O primeiro passo do algoritmo para funcionalização de estruturas eletrônicas consiste em ler arquivo que contém as posições dos átomos da molécula funcionalizadora de  $n$  átomos e alocar esses dados numa matriz. Então, calcula-se o C.G. dessa molécula. Em linguagem python, temos:

Ler "input\_estrutura.xyz"; (arquivo que contém a molécula funcionalizadora)

Definir:

$n$  = número de átomos da molécula;

Atomos\_global = criar uma matriz nula de 3 linhas e  $n$  colunas;

Para  $i$  de 1 até  $n$ , faça:

Atomos\_global (1,  $i$ ) = coordenada cartesiana  $x$  do átomo  $i$ ;

Atomos\_global (2,  $i$ ) = coordenada cartesiana  $y$  do átomo  $i$ ;

Atomos\_global (3,  $i$ ) = coordenada cartesiana  $z$  do átomo  $i$ ;

Centro\_geométrico = armazena o centro geométrico ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) da estrutura;

Para  $h$  de 1 até  $n$ , faça:

Centro\_geométrico = Centro\_geométrico + Atomos\_global( $h$ )/ $n$ ;

A seguir, faz-se a leitura da estrutura da nanoestrutura e também se aloca essas informações numa matriz. Após isso, também deve-se calcular a posição do C.G. da nanoestrutura, checar o quadrante dos átomos da superfície e calcular a distância de ligação entre átomos da molécula e da estrutura.

Ler arquivo "input\_molecula.xyz"; (arquivo que contém a estrutura da nanoestrutura)

Definir:

$m$  = número de átomos da nanoestrutura;

Molecula\_global = matriz de 3 linhas e  $m$  colunas preenchidas com zeros;

Mol\_x,y,z = vetor de distância dos átomos em relação a origem;

d\_Mol\_Estrut = armazena a distância de ligação entre átomos da molécula e da estrutura;

Para  $j$  de 1 até  $m$ , faça:

Molecula\_global (1,  $j$ ) = coordenada cartesiana x do átomo  $j$  da molécula;

Molecula\_global (2,  $j$ ) = coordenada cartesiana y do átomo  $j$  da molécula;

Molecula\_global (3,  $j$ ) = coordenada cartesiana z do átomo  $j$  da molécula;

Mol\_x ( $j$ ) = Molecula\_global (1,  $j$ ) - Molecula\_global (1, 1);

Mol\_y ( $j$ ) = Molecula\_global (2,  $j$ ) - Molecula\_global (2, 1);

Mol\_z ( $j$ ) = Molecula\_global (3,  $j$ ) - Molecula\_global (3, 1);

Para  $f$  de 1 até  $n$ , faça:

x\_local (1,  $f$ ) = Atomos\_global (1,  $f$ ) - Centro\_geométrico (1);

y\_local (2,  $f$ ) = Atomos\_global (2,  $f$ ) - Centro\_geométrico (2);

z\_local (3,  $f$ ) = Atomos\_global (3,  $f$ ) - Centro\_geométrico (3);

Condicional:

se x\_local  $\geq$  0:

se y\_local  $\geq$  0, então o átomo está no primeiro quadrante:

quadrante\_Theta ( $f$ ) = 1;

senão, o átomo está no quarto quadrante:

quadrante\_Theta ( $f$ ) = 4;

senão:

se y\_local  $\geq$  0, então o átomo está no segundo quadrante:

quadrante\_Theta ( $f$ ) = 2;

senão, o átomo está no terceiro quadrante:

quadrante\_Theta ( $f$ ) = 3;

A partir deste ponto é importante levar em consideração a geometria da nanoestrutura em questão. Para uma nanoestrutura esférica, como um *nanocluster*, é conveniente acomodar os átomos que receberão as moléculas funcionalizadoras baseando-se em uma distância radial  $r$ . O primeiro passo é contar o número de átomos da superfície e definir quais receberão a funcionalização.

Definir:

referência = recebe o raio mínimo para identificar apenas átomos da superfície;

Esférica\_estrutura = compreende os átomos candidatos;

$j = 0$ ; (utilizado para montar as estruturas das matrizes)

$h = 0$ ;

Para  $i$  de 1 até  $n$ , faça:

raio\_átomo\_candidado = Esférica\_estrutura (1,  $i$ );

Condicional: se raio\_átomo\_candidado > referência, faça:

$j = j + 1$ ;

Para  $g$  de 1 até  $n$ , faça transformação para coordenadas esféricas ( $r, \theta, \varphi$ ):

raio\_átomo\_candidado = Esférica\_estrutura (1,  $i$ );

Condicional: se raio\_átomo\_candidado > referência, faça:

$Esférica\_estrutura (1, g) = \sqrt{(x\_local (g))^2 + (y\_local (g))^2 + (z\_local (g))^2}$ ;

$Esférica\_estrutura (2, g) = \tan^{-1}(y\_local (g)/x\_local (g))$ ;

$Esférica\_estrutura (3, g) = \cos^{-1}(z\_local (g)/Esférica\_estrutura (1, g))$ ;

$Esférica\_molécula (1, g) = \sqrt{(Mol\_x (g))^2 + (Mol\_y (g))^2 + (Mol\_z (g))^2}$ ;

$Esférica\_molécula (2, g) = \tan^{-1}(Mol\_y (g)/Mol\_x (g))$ ;

$Esférica\_molécula (3, g) = \cos^{-1}(Mol\_z (g)/Esférica\_molécula (1, g))$ ;

Esférica\_final = armazena coordenadas das moléculas funcionalizadas;

$Esférica\_final (1, g) = Esférica\_estrutura (1, g) + d\_Mol\_Estrut$ ;

Condicional de correção do quadrante para cada molécula absorvida:

Se quadrante\_Theta ( $g$ ) == 1, átomo no primeiro quadrante:

Esférica\_final ( $2, g$ ) = Esférica\_molécula ( $2, g$ );

Se quadrante\_Theta ( $g$ ) == 2, átomo no segundo quadrante:

Esférica\_final ( $2, g$ ) = Esférica\_molécula ( $2, g$ ) +  $\pi$ ;

Se quadrante\_Theta ( $g$ ) == 3, átomo no terceiro quadrante:

Esférica\_final ( $2, g$ ) = Esférica\_molécula ( $2, g$ ) +  $\pi$ ;

Senão, átomo no quarto quadrante:

Esférica\_final ( $2, g$ ) = Esférica\_molécula ( $2, g$ );

Esférica\_final ( $3, g$ ) = Esférica\_estrutura ( $3, g$ );

$h = h + 1$ ;

Definir:

cont = 1 (contador referente ao número total de átomos das moléculas);

Para  $t$  de 1 até  $n$ , faça (posicionando sobre sítios livres do *nanocluster*):

raio = 0;

Para  $k$  de 1 até  $m$ , faça (viajando pelos átomos da molécula – sem ramos):

raio = d\_Mol\_Estrut + ;

Cartesiana\_mol ( $1, cont$ ) = raio \* cos(Esférica\_final ( $2, t$ ));

Cartesiana\_mol ( $2, cont$ ) = raio \* sin(Esférica\_final ( $2, t$ ));

Cartesiana\_mol ( $3, cont$ ) = Esférica\_final ( $3, t$ );

Cartesiana\_mol ( $4, cont$ ) =  $k$ ; (identifica o átomo da molécula)

cont = cont + 1;

Para o caso de uma nanoestrutura cilíndrica, como um nanotubo de carbono, o bloco acima deve ser estudado por meio de coordenadas cilíndricas, baseando-se em uma distância axial  $r$ . De maneira análoga ao caso de simetria esférica, contamos o número de átomos da superfície e definimos quais receberão a funcionalização.

Para  $g$  de 1 até  $n$ , faça transformação para coordenadas polares  $(r, \theta, z)$ :  
 (posicionando o primeiro átomo da molécula na direção de cada sítio livre)  
 $\text{Polar\_estrutura}(1, g) = \sqrt{(\text{x\_local}(g))^2 + (\text{y\_local}(g))^2}$ ;  
 $\text{Polar\_estrutura}(2, g) = \tan^{-1}(\text{y\_local}(g)/\text{x\_local}(g))$ ; ;  
 $\text{Polar\_estrutura}(3, g) = \text{z\_local}$ ;

$\text{Polar\_molécula}(1, g) = \sqrt{(\text{Mol\_x}(g))^2 + (\text{Mol\_y}(g))^2}$ ;  
 $\text{Polar\_molécula}(2, g) = \tan^{-1}(\text{Mol\_y}(g)/\text{Mol\_x}(g))$ ; ;  
 $\text{Polar\_molécula}(3, g) = \text{Mol\_z}(g)$ ; ;

$\text{Polar\_final}$  = armazena coordenadas das moléculas funcionalizadas;  
 $\text{Polar\_final}(1, g) = \text{Polar\_estrutura}(1, g) + \text{d\_Mol\_Estrut}$ ;

Condicional de correção do quadrante para cada molécula absorvida:

Se  $\text{quadrante\_Theta}(g) == 1$ , átomo no primeiro quadrante:

$\text{Polar\_final}(2, g) = \text{Polar\_molécula}(2, g)$ ;

Se  $\text{quadrante\_Theta}(g) == 2$ , átomo no segundo quadrante:

$\text{Polar\_final}(2, g) = \text{Polar\_molécula}(2, g) + \pi$ ;

Se  $\text{quadrante\_Theta}(g) == 3$ , átomo no terceiro quadrante:

$\text{Polar\_final}(2, g) = \text{Polar\_molécula}(2, g) + \pi$ ;

Senão, átomo no quarto quadrante:

$\text{Polar\_final}(2, g) = \text{Polar\_molécula}(2, g)$ ;

$\text{Polar\_final}(3, g) = \text{Polar\_estrutura}(3, g)$ ;

Definir:

$\text{cont} = 1$  (contador referente ao número total de átomos das moléculas);

Para  $t$  de 1 até  $n$ , faça (posicionando sobre sítios livres do tubo):

$\text{raio} = 0$ ;

Para  $k$  de 1 até  $m$ , faça (viajando pelos átomos da molécula – sem ramos):

$\text{raio} = \text{d\_Mol\_Estrut} +$  ;

$\text{Cartesiana\_mol}(1, \text{cont}) = \text{raio} * \cos(\text{Polar\_final}(2, t))$ ;

$\text{Cartesiana\_mol}(2, \text{cont}) = \text{raio} * \sin(\text{Polar\_final}(2, t))$ ;

$\text{Cartesiana\_mol}(3, \text{cont}) = \text{Polar\_final}(3, t)$  ;

$\text{Cartesiana\_mol}(4, \text{cont}) = k$ ; (identifica o átomo da molécula)

$\text{cont} = \text{cont} + 1$ ;

Por fim, resta criar um arquivo de saída contendo as coordenadas de todos os átomos da nanoestrutura após a funcionalização.

Abrir arquivo “output.xyz”; (arquivo de saída)

Definir:

número\_átomos\_total = conta o número total de átomos da estrutura final;

número\_átomos\_total = m\*j + n; [(átomos da molécula) \* (superfície) + (estrutura)]

Escrever “número\_átomos\_total” e pular duas linhas;

Escrever “input\_estrutura.xyz” e ir para a próxima linha;

Para i de 1 até cont, faça:

Simbolo = informa átomo conforme seu número em “Cartesiana\_mol (4, cont)”;

Escrever “Simbolo Cartesiana\_mol(1, cont) Cartesiana\_mol(2, cont) Cartesiana\_mol(3, cont)” e ir para a próxima linha;

Fim;

A Figura 4 apresenta resultados de estruturas construídas para nanopartículas esféricas de Pt<sub>13</sub>, Pt<sub>55</sub> e SiO<sub>2</sub>, funcionalizadas com distintos grupos moleculares.

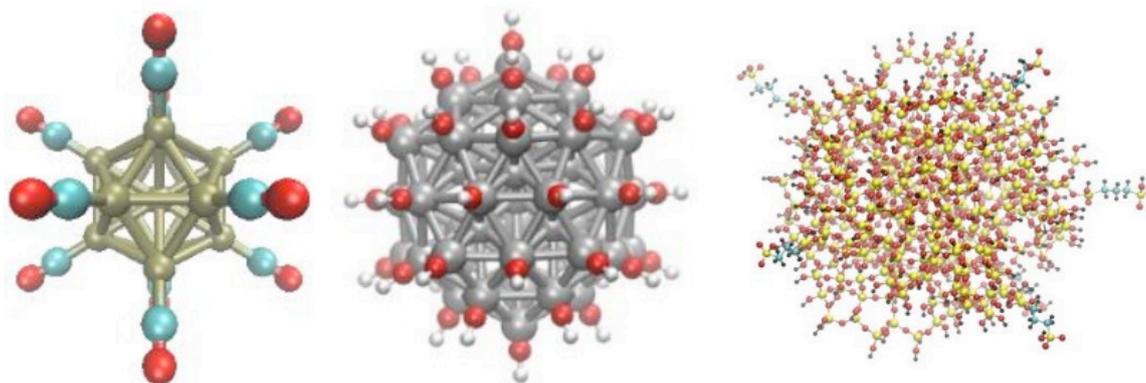


Figura 4. Nanopartícula de Pt<sub>13</sub> com sítios de superfície funcionalizados com moléculas de CO no topo dos átomos de Pt (esquerda), nanopartícula de Pt<sub>55</sub> completamente funcionalizada com OH no topo dos átomos de Pt (centro), e nanopartícula de sílica funcionalizada com baixa densidade de grupos hidrofóbicos (R-SO<sub>3</sub>H) (direita).

### 3 | CONCLUSÃO

Apresenta-se um algoritmo, desenvolvido em linguagem python, capaz de construir funcionalizações de superfície para nanopartículas (NPs). Este software utiliza translações e matrizes de rotação para orientar grupos funcionais radialmente em relação ao centro geométrico de NPs, podendo fornecer estruturas funcionalizadas sistematicamente, com grande número de átomos. Levando em conta a relevância

e diversidade de pesquisas com nanopartículas funcionalizadas, acredita-se que o presente algoritmo encontre aplicação na construção de topologias de NPs funcionalizadas, necessárias para simulações atomísticas.

## REFERÊNCIAS

- AFOLABI, R.; ESTHER, Y. **Nanotechnology and Global Energy Demand: Challenges and Prospects for a Paradigm Shift in the Oil and Gas Industry.** *J. of Petroleum Exploration and Production Technology.* v. 9, p. 1423-1441, 2019.
- ALLEN, M. P.; TILDESLEY, D. J. **Computer Simulation of Liquids,** Oxford Univ. Press. Oxford. 1991.
- AN, L.; ZHAO, T. S.; LI, Y. S. *Renewable and Sustainable Energy Rev.* v. 50, p. 1462, 2015.
- BARTHOLOMEW, H; **Mechanisms of catalyst deactivation.** *Appl. Catal. A Gen.,* v. 212, p. 17-60, 2001.
- BATISTA, K. E. A.; DA SILVA, J. L. F.; PIOTROWSKI, M. J. **Adsorption of CO, NO, and H<sub>2</sub> on the Pd<sub>n</sub>Au<sub>55-n</sub> Nanoclusters: A DFT Investigation within the van der Waals D3 Corrections.** *J. Phys. Chem.,* v. 123, p. 7431-7439, 2019.
- BAYRAM, E.; FINKE, R. G. **Quantitative 1,10-Phenanthroline Catalyst-Poisoning Kinetic Studies of Rh(0) Nanoparticle and Rh 4 Cluster Benzene Hydrogenation Catalysts: Estimates of the Poison K.** *ACS Catal.,* v. 2, p. 1968-1975, 2012.
- DE LARA, L. S.; RIGO, V. A.; MIRANDA, C. R. **Controlling Clay Swelling-Shrinkage with Inorganic Nanoparticles: A Molecular Dynamics Study.** *J. of Physical Chemistry C.,* v. 121, p. 20266-20271, 2017.
- DE LARA, L. S.; RIGO, V. A.; MIRANDA, C. R. **Functionalized Silica Nanoparticles within Multicomponent Oil/Brine Interfaces: A Study in Molecular Dynamics.** *J. of Physical Chemistry C.* v. 120, p. 6787-6795, 2016.
- DE LARA, L. S.; RIGO, V. A.; MICHELON, M. F.; METIN, C. O.; NGUYEN, Q. P.; MIRANDA, C. R. **Molecular dynamics studies of aqueous silica nanoparticle dispersions: salt effects on the double layer formation.** *Journal of Physics. Condensed Matter,* v. 27, p. 325101, 2015.
- DE LARA, L. S.; RIGO, V. A.; MIRANDA, C. R. **The stability and interfacial properties of functionalized silica nanoparticles dispersed in brine studied by molecular dynamics.** *European Physical Journal. B, Condensed Matter and Complex Systems,* v. 88, p. 261, 2015.
- ENGELBREKT, C e outros. *J. Mat. Chem. A* v. 4, p. 3278, 2016.
- ERCAL, N.; GURER-ORHAN, H.; AYKIN-BURNS, N. **Toxic Metals and Oxidative Stress Part I: Mechanisms Involved in Metal induced Oxidative Damage.** *Curr. Top. Med. Chem.,* v.1, p. 529-539, 2001.
- EWERS, B. W.; BATTEAS, J. D. **Molecular Dynamics Simulations of Alkylsilane Monolayers on Silica Nanoasperities: Impact of Surface Curvature on Monolayer Structure and Pathways for Energy Dissipation in Tribological Contacts,** *J. Phys. Chem. C,* v. 48, p. 25165-25177, 2012.
- GUO, K., LI, H., YU, Z., *Fuel,* v. 185, pp. 886-902, 2016.
- KHALIL, M.; JAN, B. M.; TONG, C. W.; BERAWI, M. A. **Advanced nanomaterials in oil and gas**

**industry: Design, application and challenges**, Applied Energy, Elsevier, vol. 191(C), pages 287-310, 2017.

LANE, J. M. e outros. **Forces between functionalized silica nanoparticles in solution**, Phys. Rev. E, v. 79, p. 050501(R), 2009.

LIN, Y.-S e outros. **Critical considerations in the biomedical use of mesoporous silica nanoparticles**, J. Phys. Chem. Lett. v. 3, p. 364-374, 2012.

OGIHARA, H. e outros. **Simple Method for Preparing Superhydrophobic Paper: Spray-Deposited Hydrophobic Silica Nanoparticle Coatings Exhibit High Water-Repellency and Transparency**. Langmuir, v. 28, p. 4605-4608, 2012.

MARTIN, R. M. **Electronic Structure: Basic Theory and Practical Methods**. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2004.

MARTINS, M. A. e TRINDADE, T. **Os nanomateriais e a descoberta de novos mundos na bancada do químico**. Química Nova. v. 35, n. 7, São Paulo, 2012.

MURAZA, O. e GALADIMA, A., Fuel, v. 157, pp. 219-231, 2015.

MORGON, N. H.; COUTINHO, K. **Métodos de Química Teórica E Modelagem Molecular**. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física. 2007.

UTTEKAR, P. S.; LAKADE, S. H.; BELDAR, V. K.; HARDE, M. T. **Facile synthesis of multi-walled carbon nanotube via folic acid grafted nanoparticle for precise delivery of doxorubicin**. IET Nanobiotechnology, vol. 13, no. 7, p. 688-696, 2019.

KAMARUDIN, M. Z. F. e outros. Int. J. Hydrogen Energy v. 38, p. 9438, 2013.

WANG, Z.; MEENACH, S. A. **Dry powders based on mucus-penetrating nanocomposite microparticles for pulmonary delivery of antibiotics**. 2015 41st Annual Northeast Biomedical Engineering Conference (NEBEC), Troy, NY, 2015, pp. 1-2.

RIGO, V. A.; PIQUINI, P. C.; SAUERWEIN, R. A. **Método de Monte Carlo Aplicado ao Estudo da Estabilidade Térmica de Nanofios de Silício**. In: Airam Sausen, Paulo Sausen, Sandro Sawicki. (Org.). Pesquisas Aplicadas em Modelagem Matemática. 1ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2014b, v. 3, p. 37-60.

RIGO, V.A e outros. **Electronic, structural, and transport properties of Ni-doped graphene nanoribbons**. Phys. Rev. B, v. 79, pp. 075435, 2009.

RIGO, V.A. e outros. **Mn dimers on graphene nanoribbons: An *ab initio* study**. J. Appl. Phys. V. 109, pp. 053715, 2011.

RIGO, V. A.; DE LARA, L. S.; MIRANDA, C. R. **Energetics of formation and hydration of functionalized silica nanoparticles: An atomistic computational study**. v. 292, p. 742-749, 2014.

RIGO, V. A.; MIRANDA, C. R.; BALETTO, F. **Ethanol chemisorption on core – shell Pt-nanoparticles: an *ab initio* study**. The European Physical Journal B, p. 1–7, 2019.

ZARBIN, A. J. G. e OLIVEIRA, M. M. **NANOESTRUTURAS DE CARBONO (NANOTUBOS, GRAFENO): QUO VADIS?** Química Nova. v. 36 n.10, São Paulo, 2013.

## UTILIZAÇÃO DE CARTAS DE BARALHO NO ENSINO DE ALGORITMOS COMPUTACIONAIS

*Data de aceite: 07/02/2020*

*Data de submissão: 03/11/2019*

### **Suzana Lima de Campos Castro**

Centro Universitário UniMetrocamp | Wyden

Campinas – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/1872992356925815>

### **Ronaldo Barbosa**

Centro Universitário UniMetrocamp | Wyden

Campinas – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/5415273301691472>

**RESUMO:** Um algoritmo representa, de modo geral, uma sequência de passos ou operações para obter a solução de um dado problema. Em Computação, é de grande importância o estudo dos algoritmos, tendo em vista a análise de complexidade, ou seja, dos recursos de espaço e tempo requeridos para que o algoritmo não apenas funcione, mas que seja eficaz (resolva) e eficiente (resolva com menos recursos, tempo e passos). O ensino de algoritmos envolve um processo de abstração e, por isso, exemplos lúdicos muitas vezes são sugeridos como proposta de motivação e contextualização. Em diferentes obras didáticas de ensino de computação, algoritmos são contextualizados a partir de cartas de baralho. Neste trabalho discutimos a proposta de utilização das cartas de baralho para o ensino de algoritmos

computacionais de ordenação, investigando o seu caráter motivacional para aprendizado dos métodos e das estruturas dos algoritmos. Analisamos também as limitações desta prática, relacionando-as a análises mais profundas da complexidade do algoritmo e do volume de dados do problema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Algoritmos Computacionais, Algoritmos de Ordenação, Cartas de Baralho, Complexidade de Algoritmos.

**ABSTRACT:** An algorithm generally represents a sequence of steps or operations to solve a given problem. In Computing, it is of great importance to study algorithms for complexity analysis, ie the space and time resources required for the algorithm not only to work, but to be effective too (resolve) and efficient (using less resources, time and steps). The teaching of algorithms involves a process of abstraction and, therefore, playful examples are often suggested as a motivation and contextualization proposal. In different computer teaching didactics, algorithms are contextualized from playing cards. In this work we discuss the proposal of using playing cards for the teaching of computational ordering algorithms, investigating their motivational character for learning the methods and the algorithms structures. We also analyze the limitations of this practice, relating them to deeper analysis of the complexity of the

algorithm and the data volume of the problem.

**KEYWORDS:** Teaching Computational Algorithms, Sorting Algorithms, Playing Cards, Algorithms Complexity.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um algoritmo descreve uma sequência de passos, ou operações, para obter a solução de um problema. Em Computação, é de grande importância o estudo de algoritmos, tendo em vista não somente a sua estratégia e estrutura de dados, mas os recursos de espaço e tempo requeridos para que ele seja eficaz (resolva o problema) e também eficiente (resolva despendendo menos recursos, tempo e passos) (BROOKSHEAR, 2013).

A complexidade do algoritmo é uma forma de aferir a eficiência de um algoritmo por meio do número de operações necessárias, desde uma situação inicial de entrada até a resolução final do problema, em função da quantidade de dados ou do tamanho do problema. Quanto menor o número de operações até a solução, entre outros fatores possíveis, para um mesmo número de elementos de entrada, mais eficiente o algoritmo será.

O ensino e o aprendizado de algoritmos envolve processos de abstração e, por isso, exemplos lúdicos muitas vezes são sugeridos como proposta didática de motivação e contextualização (Brenelli, 2008). Em Cormen (2012), por exemplo, os algoritmos de ordenação são contextualizados a partir de cartas de baralho. É uma aposta didática do autor de que os alunos aprenderiam melhor “enxergando” a evolução do método desde uma situação inicial até a solução final.

Os algoritmos que fazem ordenação, ou classificação, e busca de um número em uma lista, estão embutidos em incontáveis atividades do dia a dia das pessoas tais como, por exemplo, quando fazem movimentações bancárias, utilizam aplicativos ou pesquisam na Internet. E o jogo tradicional de cartas de baralho nos remete naturalmente a cenários de algoritmos de ordenação.

Neste trabalho discutimos a proposta da utilização de cartas de baralho para o ensino de algoritmos computacionais, em particular para algoritmos de ordenação de dados. Investigamos o caráter motivacional da estratégia como ferramenta para o aprendizado dos métodos e das estruturas dos algoritmos, assim como a sua limitação relacionada a análises mais profundas, como a complexidade do algoritmo e o volume de dados do problema.

## 2 | UTILIZAÇÃO DE CARTAS DE BARALHO NO ESTUDO DE ALGORITMOS DE ORDENAÇÃO

Investigamos a efetividade do uso de cartas de baralho em sala de aula, por meio de quatro algoritmos clássicos de ordenação: Força Bruta, Insertion Sort, Bubble Sort e Quicksort.

As cartas podem entrar em uma fase de preparação, anterior ao estudo dos métodos em aula, durante ou após esse estudo. Se utilizada antes, a hipótese é que facilitaria a compreensão do desafio do problema de classificação. Se utilizada durante, ilustraria a execução do método e a contagem do número de operações necessárias. Se utilizada depois, funcionaria como uma revisão.

A ordenação, ou classificação, para as cartas de baralho, consiste em organizar um conjunto dado de cartas, de forma crescente (ou decrescente), a partir do valor de cada carta, sem influência dos naipes. Para generalizar o processo, a carta Ás corresponde ao número 1, a carta Valete ao 11, a carta Dama ao 12 e a carta Rei ao 13. A quantidade de cartas,  $n$ , pode variar mas, de fato, consiste em número relativamente pequeno e manipulável de cartas, 13 cartas por naipe, total máximo de 52 cartas.

### 2.1 Algoritmo de Força Bruta

A estratégia usada no Algoritmo de Força Bruta é que a ordenação ocorra por meio de sorteio de um conjunto de  $n$  elementos, de uma só vez. De modo geral, muitos sorteios seriam necessários considerando que a probabilidade da ordenação ocorrer é da ordem de  $\frac{1}{n!}$ .

Este é o método de ordenação menos eficiente conhecido e esse fato pode ser facilmente simulado e comprovado quando investigado com as cartas de baralho. Bastaria sortear as cartas de uma só vez e verificar a sequência obtida. A ineficiência deste método está na grande quantidade de sorteios necessários.

### 2.2 Algoritmo Insertion Sort

O Algoritmo Insertion Sort, ou ordenação por inserção, consiste em um processo para ordenar uma lista de  $n$  elementos, em  $n - 1$  etapas principais. Em cada etapa, o  $k$ -ésimo ( $k = 2, \dots, n$ ) elemento será inserido na lista dos  $k - 1$  primeiros elementos, que já está ordenada, conforme o algoritmo apresentado na Figura 1.

```

Para j = 2 até n faça:
  ch = L(j)
  i = j-1
  Enquanto i>0 e L(i) > ch faça
    L(i+1) = L(i)
    i = i-1
  L(i+1) = ch

```

Figura 1: Algoritmo Insertion Sort

Este processo de ordenação pode ser facilmente interpretado no contexto de das cartas de baralho, já que é o método normalmente adotado pelos jogadores quando retiram cartas de um monte. Neste caso, cada carta retirada do monte é comparada com as que já estão na mão do jogador, e inserida na posição correta. De início só há uma carta e já está ordenada.

A simulação com cartas de baralho está na Figura 2.



Figura 2: Simulação do Insertion Sort com cartas de baralho

A análise de complexidade permite prever o número máximo de comparações realizadas neste procedimento para um conjunto de  $n$  elementos. Como o  $k$ -ésimo elemento será comparado com no máximo  $k - 1$  elementos antes de ser inserido na lista, o total de comparações será  $\frac{n^2+n-2}{2}$  no pior caso e  $n - 1$  no melhor caso.

O pior caso ocorrerá quando cada elemento tiver que ser inserido na primeira posição e, portanto, o maior número de comparações será realizado.

No contexto das cartas de baralho, a contagem do total de comparações pode ser efetuada durante o processo de ordenação e validado de acordo com a previsão do limite superior (pior caso) e inferior (melhor caso) de comparações. O número de operações do melhor caso e o pior caso também podem ser validados, preparando

adequadamente as cartas do baralho.

No entanto, o fato do algoritmo Insertion Sort se tornar lento, conforme a quantidade de dados aumenta, não poderá ser aferido com o uso das cartas de baralho. A interpretação do problema em um contexto concreto, com uma pequena quantidade de dados (cartas), não permite a análise do comportamento para problemas de grande porte. Isso enfraquece o poder de simulação “no concreto” e reforça a importância da teoria matemática e da abstração na área da Computação.

### 2.3 Algoritmo Bubble Sort

O Algoritmo Bubble Sort, ou ordenação por bolha, é um método para ordenar uma lista de  $n$  elementos, cuja estratégia consiste em percorrer a lista  $n - 1$  vezes e, a cada passagem, mover para o final da lista o elemento de maior valor, conforme o algoritmo da Figura 3. Essa movimentação lembra a forma como se deslocam as bolhas de ar em um tanque de água, daí o nome do algoritmo (*bubble* = bolha).

```
Para i = 1 até n-1 faça:  
  Para j = 1 até n-i faça  
    Se (L(j) > L(j+1) ) então  
      temp=L(j)  
      L(j)=L(j+1)  
      L(j+1)=temp
```

Figura 3: Algoritmo Bubble Sort

Este processo pode ser simulado com as cartas do baralho, permitindo a compreensão da estratégia, conforme a Figura 4.





Figura 4: Simulação do Bubble Sort com cartas de baralho

A análise de complexidade permite prever o número de comparações realizadas neste procedimento. Como a cada passagem o número de comparações decresce em uma unidade, o total de comparações será:  $\frac{n^2-n}{2}$ .

No contexto das cartas de baralho, a contagem do total de comparações pode ser efetuada durante o processo de ordenação e validada de acordo com a previsão.

No entanto, o fato relevante do Bubble Sort ser um algoritmo lento e pouco eficiente para problemas grandes, não poderá ser aferido apenas com o uso de cartas, dada a limitação na quantidade de dados de entrada. Isto mostra o limite de interpretação do problema em um contexto concreto e reforça a importância do estudo da teoria matemática e abstração na área da Computação.

## 2.4 Algoritmo Quicksort

O Algoritmo Quicksort é um algoritmo de ordenação que tem como princípio a “divisão e conquista”. O método consiste em ordenar uma lista de  $n$  elementos, dividindo-a em duas sub-listas de acordo com um elemento selecionado, denominado pivô. Os elementos com valores menores que o do pivô irão compor a primeira sub-lista e os demais, a segunda sub-lista. O processo é repetido recursivamente para cada sub-lista até que as sub-listas sejam formadas por apenas 1 elemento. O algoritmo da função recursiva está na Figura 5.

```
Para i = 1 até n-1 faça:
  Para j = 1 até n-i faça
    Se (L(j) > L(j+1) ) então
      temp=L(j)
      L(j)=L(j+1)
      L(j+1)=temp
```

Figura 5: Algoritmo Quicksort

No contexto das cartas de baralho, o algoritmo pode ser simulado com a seguinte estratégia: “Uma carta do monte é selecionada como pivô e em seguida são organizados dois novos montes com as cartas restantes. Um dos montes contém as cartas de valores menores do que o pivô e será posicionado à esquerda do pivô, e outro monte, contendo as cartas de valores maiores do que o pivô, será posicionado à direita do pivô. Em um procedimento recursivo, para cada monte é escolhido um pivô e novos montes serão formados. O processo termina quando os montes são formados por apenas uma carta.”.

A simulação com cartas de baralho está na Figura 6.

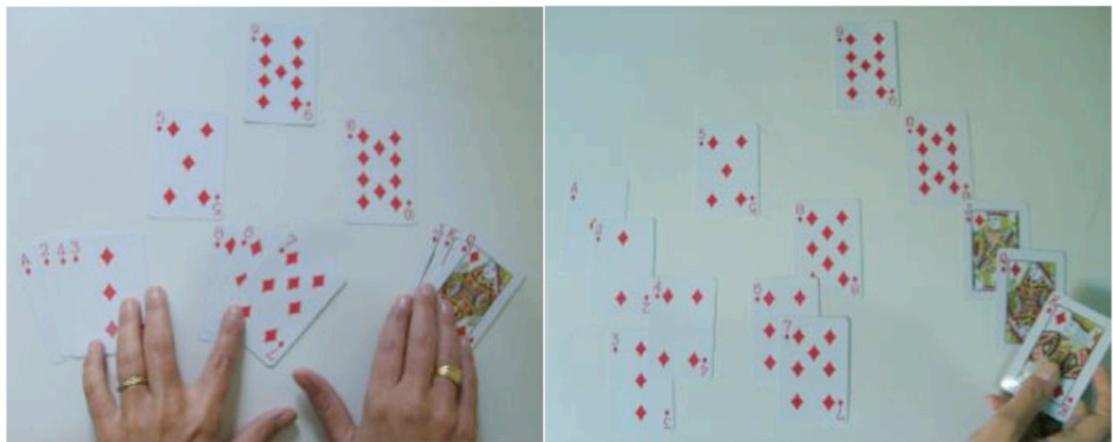


Figura 6: Simulação do Quicksort com cartas de baralho

O maior número de comparações ocorre quando o pivô é o maior ou o menor elemento da lista, gerando uma das listas vazia e a outra com todas os elementos restantes. No caso em que os pivôs permitem dividir as listas restantes em duas sub-listas de mesmo tamanho, o número de comparações realizadas será da ordem de  $n \times \log_2 n$ .

No contexto das cartas de baralho, a contagem do total de comparações pode ser efetuada durante o processo de ordenação e validado de acordo com a previsão.

A análise teórica do número de operações (ou comparações) permite concluir que na média ele é mais eficiente que os demais. De fato, na prática, ele é muito mais eficiente que os outros.

No entanto, tal característica importante do algoritmo não poderá ser comprovada apenas com o uso de cartas. O contexto concreto, neste caso, restringe o estudo do comportamento e das propriedades do algoritmo a situações muito simples e de pequeno porte. Ressalte-se que a necessidade do poder de abstração é cada vez mais requerida junto aos estudantes e profissionais de Computação, ao mesmo tempo que cresce o poder de visualização de dados por meio de novas ferramentas. Entretanto isso não resolve o desafio da abstração porque a visualização não substitui a abstração, apenas pode facilitar. A abstração não é inata às pessoas, mas sim adquirida com grande dificuldade como parte do desenvolvimento intelectual (DEVLIN, 2000). Este fato reforça a importância do estudo da teoria matemática e da abstração para a área da Computação, o que passa inclusive pela revalorização de disciplinas ligadas à matemática, de forma geral.

### 3 | CONCLUSÃO

Neste trabalho investigamos o uso de cartas de baralho no ensino de algoritmos computacionais clássicos de ordenação: Força Bruta, Insertion Sort, Bubble Sort e Quicksort. O contato com materiais simples como cartas de baralho pode conferir leveza e diversão às aulas, o que nem sempre é possível de se obter mesmo com o uso de simulações em computadores ou outros meios tradicionais.

Além disso, o uso de cartas de baralho favorece também o entendimento de que a qualidade da execução depende da escolha adequada de um elemento inicial da entrada ou ainda da forma como o conjunto está inicialmente embaralhado. Entre visualizar um fenômeno no concreto ou no abstrato, a maior parte das pessoas prefere o concreto por considerar mais fácil.

No entanto, o uso de elementos concretos, tais como cartas de baralho, impõe limites em relação ao tamanho da entrada (número de cartas), pode obscurecer a necessidade do estudo das estruturas de dados adequadas para implementação computacional do algoritmo e ainda dificultar a análise do comportamento do algoritmo em situações em que existam entradas grandes, fundamentais nos dias atuais. Os olhos correm rápido pelas cartas de baralho nas mãos, a contagem pode passar despercebida.

Por outro lado, a experiência de analisar o uso de recursos “concretos” no ensino e aprendizado de computação reforça e revaloriza ainda mais a importância do estudo da teoria matemática no estudo de algoritmos e da Computação.

### REFERÊNCIAS

BRENELLI, R. P. **O Jogo como Espaço para Pensar: a construção de noções lógicas e aritméticas**. 8ª ed. Campinas: Papirus, 2008.

BROOKSHEAR, J.G. **Ciência da Computação**: uma visão abrangente. Porto Alegre: Bookman, 2013.

CORMEN T. H. Et al. **Algoritmos: teoria e prática**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

DEVLIN, K. J. **The language of mathematics: making the invisible visible**. New York: Holt Paperback, 2000.

## COMPARAÇÃO DE APROXIMAÇÕES NÃO-HIPERBÓLICAS DE TEMPOS DE TRÂNSITO DE DADOS SÍSMICOS UTILIZANDO DIFERENTES ALGORÍTMOS DE OTIMIZAÇÃO

Data de aceite: 07/02/2020

Data da submissão: 22/10/2019

### Nelson Ricardo Coelho Flores Zuniga

Universidade de São Paulo (USP), Instituto de  
Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas  
(IAG)

São Paulo-SP

<http://lattes.cnpq.br/7077084903857825>

**RESUMO:** O processamento de dados sísmicos multicomponente é um desafio quando se trata da análise de velocidades em levantamentos *offshore*, e a dificuldade aumenta quando utilizada a tecnologia *Ocean Bottom Nodes*. A assimetria no traçado de raios causada pela conversão de onda compressional em onda cisalhante e a diferença de *datum* entre fonte e receptor geram uma não-hiperbolicidade no evento de tempos de trânsito de onda sísmica. Longos afastamentos fonte-receptor e a complexidade estrutural do modelo do pré-sal da bacia de Santos também contribuem para que o evento seja fortemente não-hiperbólico. Com o intuito de solucionar este problema, foram utilizadas três equações não-hiperbólicas multiparamétricas para que seja possível caracterizar este comportamento. Devido à quantidade de variáveis presentes em cada equação, o estudo foi tratado como um problema

inverso segundo um critério de otimização, utilizando três algoritmos de busca diferentes. Para compreender o comportamento de cada equação foi feita a análise de complexidade da topografia de função objetivo utilizando norma L1 e L2. Dessa maneira, foi possível determinar a combinação de equação e algoritmo de otimização apresentou os melhores resultados e melhores tempos de processamento para o modelo analisado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sísmica; não-hiperbólico; inversão.

### COMPARISON OF NONHYPERBOLIC TRAVEL-TIME APPROXIMATIONS OF SEISMIC DATA USING DIFFERENT OPTIMIZATION ALGORITHMS

**ABSTRACT:** The multicomponent seismic data processing is a challenge concerning the velocity analysis for offshore surveys, and the difficulty increases when the Ocean Bottom Nodes technology is used. The ray tracing asymmetry caused by wave conversion from compressional wave to shearing wave, and the difference of datum between source and receptor generate a nonhyperbolicity in the travel-time event of a seismic wave. Large offsets between source and receptors and the structural complexity of the pre salt model from Santos basin also contribute to the event be strongly nonhyperbolic.

Aiming to solve this problem, three nonhyperbolic multiparametric equations are used to characterize this behavior. As the equations have many variables, the study was treated as an inverse problem according an optimization criterion. Three optimization algorithms were used to accomplish the curve fitting. To understand the behavior of each equation, it was performed the complexity analysis of the objective function topography using L1-norm and L2-norm. Hence, it was possible to determine which combination of equation and optimization algorithm shown the best results and the lower processing time for the studied model.

**KEYWORDS:** Seismic; nonhyperbolic; inversion.

## 1 | INTRODUÇÃO

As aproximações de tempos de trânsito são importantes para o processamento de dados sísmicos, mais especificamente quando aplicados à análise de velocidades e correção de sobretempo normal. Para meios homogêneos com curtos afastamentos, sem diferença de *datum* entre fonte e receptor, e para eventos de reflexão PP (nos quais a onda incide e emerge como onda compressional), pode ser utilizada a equação da hipérbole. Entretanto, a aproximação hiperbólica não é válida para meios estratificados, com longos afastamentos e diferença de *datum* entre fonte e receptor, e para ondas que incidem como onda P e são convertidas refletindo como onda cisalhante (onda PS). A não-hiperbolicidade gerada por esses fatores pode ser controlada utilizando equações que consideram essas características, e assim sendo possível recuperar os parâmetros almejados.

Diversas equações foram criadas para caracterizar diferentes causas da não-hiperbolicidade. Porém, a maioria delas não é proposta para as condições aqui estudadas, pois a sísmica multicomponente (eventos PP e PS) e a tecnologia *Ocean Bottom Nodes* (OBN), que permite a obtenção de ondas S no mar e gera diferença de *datum* entre fonte e receptor, vêm sendo estudadas apenas recentemente (GOLIKOV & STOVAS, 2012).

Neste trabalho, foi proposta a análise de velocidades como um problema inverso segundo um critério de otimização para obter os parâmetros de velocidade de onda, tempo e parâmetros adicionais, onde foram comparadas as curvas calculadas com as registradas nos receptores. Além disso, foi feita a análise de topografia de função objetivo para compreender a complexidade de cada equação durante a otimização.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

As equações não-hiperbólicas multiparamétricas utilizadas foram as propostas por MALOVICHKO (1978), que considera meios estratificados; por BLIAS (2009), que considera longos afastamentos; e por LI (2003), que considera conversão de

onda. Os algoritmos de otimização utilizados são o Nelder-Mead, *Compressed Row Storage* (CRS) e Genético.

Os dados estudados são provenientes de um modelo *offshore* com camadas estratificadas do pré-sal da Bacia de Santos, com longos afastamentos, utilizando tecnologia OBN e sísmica multicomponente.

Foi feita a análise de complexidade de função objetivo pelo estudo da topografia de cada equação para os eventos PP e PS com norma L2 e L1. A curva de tempos de trânsito calculada foi subtraída da curva registrada para analisar o tempo de trânsito residual e, assim, determinar a equação que apresentou os melhores resultados durante a inversão.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação proposta por LI (2003) apresentou para todas as condições os melhores resultados e o segundo melhor tempo relativo de processamento. A equação de BLIAS (2009) apresentou o segundo melhor conjunto de resultados e o pior tempo relativo de processamento. A equação de MALOVICHKO (1978) apresentou o pior conjunto de resultados, porém o melhor tempo de processamento. O algoritmo de otimização Nelder-Mead apresentou o menor tempo de processamento, porém os piores resultados, CRS apresentou o segundo melhor tempo de processamento e o segundo melhor resultado. No caso do algoritmo genético, esse obteve o melhor resultado, porém o mais elevado tempo de processamento.

Na Figura 1 foi possível observar que a equação proposta por MALOVICHKO (1978) é unimodal (apresenta apenas região de mínimo global) em todos os casos. A equação de BLIAS (2009) apresentou um comportamento multimodal (apresenta regiões de mínimo global e local) para os eventos PP e PS com norma L2, porém para a norma L1 apresentou um comportamento unimodal. No caso da Equação de LI (2003), foi observado um comportamento multimodal em todos os casos. Cada equação apresenta uma forte variação estrutural de topografia, porém uma diferença mais sutil do evento PP para o evento PS. Além disso, apresenta uma diferença no gradiente das curvas de contorno de norma L2 para L1.

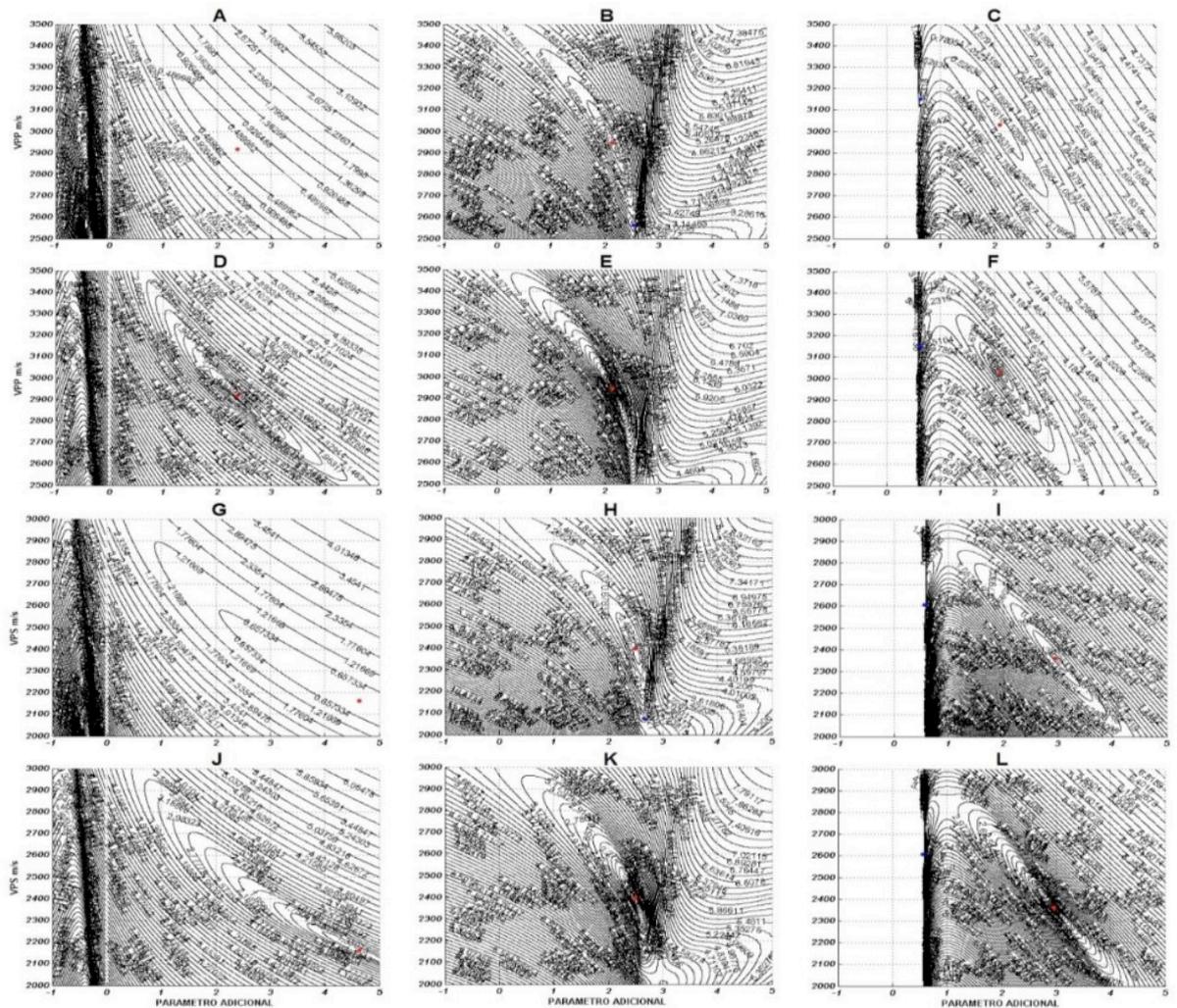


Figura 1. Mapas residuais de função objetivo mostrando a complexidade das equações. (A) MALOVICHKO, (B) BLIAS, e (C) LI para (A, B e C) o evento PP com norma L2, (C, D e E) evento PP com norma L1, (F, G e H) evento PS com norma L2 e (I, J e K) evento PS com normal L1. As dispersões em vermelho representam as regiões e mínimos globais e as azuis de mínimos locais.

#### 4 | CONCLUSÕES

A equação de LI (2003), em conjunto com o algoritmo de otimização CRS, apresentou o melhor conjunto de resultados com um tempo de processamento viável. Mesmo com o pior conjunto de resultados, a equação de MALOVICHKO (1978) é muito eficiente e teve um erro relativo baixo, e por ser unimodal, não exige um algoritmo de otimização tão robusto. Dessa maneira, recomenda-se o algoritmo Nelder-Mead para esse caso. Todas as equações apresentaram melhora no tempo de processamento variando de 13% a 90% e uma pequena melhora (da ordem de 0.1%) na qualidade dos resultados utilizando a norma L1, porém a equação de BLIAS (2009) demonstrou uma grande melhoria, pois utilizando norma L1, deixa de ser multimodal.

## REFERÊNCIAS

BLIAS, E. **Long-offset NMO approximations for a layered VTI model: Model study.** In: 79th Annual International Meeting: Society of Exploration Geophysics, Huston, Texas, 2009.

GOLIKOV, P.; STOVAS, A. **Accuracy comparison of nonhyperbolic moveout approximations for qP-waves in VTI media.** Journal of Geophysics and Engineering. v. 9, p. 428-432, 2012.

LI, X. Y. **Converted-wave move out analysis revisited: The search for a standard approach.** In: 73rd Annual International Meeting: Society of Exploration Geophysics, p. 805-808, 2003.

MALOVICHKO, A. A. **A new representation of the traveltime curve of reflected waves in horizontally layered media.** Applied Geophysics (in Russian), v. 91, n. 1, p. 47-53, 1978.

## CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DE ESTADO DA ARTE DO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO AR-TERRA EM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

Data de aceite: 07/02/2020

Belém – PA – Brasil  
jasmine.araujo@gmail.com

### **Andréia Vanessa Rodrigues Lopes**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil  
Andreia.lopes@itec.ufpa.br

### **Fabício José Brito Barros**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil

### **Hugo Alexandre Oliveira da Cruz**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil

### **Cristiane Ruiz Gomes**

Instituto de Ciências Exatas e Naturais –  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil  
crisruiz@ufpa.br

### **André Augusto Pacheco de Carvalho**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil  
andrepcarvalho@gmail.com

### **Iury da Silva Batalha**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Belém – PA – Brasil  
iurybatalha@gmail.com

### **Jasmine Priscyla Leite de Araújo**

Laboratório de Computação e Telecomunicação–  
Universidade Federal do Pará (UFPA)

**RESUMO:** Este artigo apresenta um levantamento bibliográfico dos mais relevantes trabalhos acerca de propagação outdoor do tipo Ar-Terra em veículos não tripulados visando os estudos para a nova geração de telefonia móvel. Abordaremos modelos de comunicação VANT através da rede celular dependente com a altura do VANT para a estação base, modelo de perda de trajetória de Celular-VANT e um modelo de perda de trajeto para RFET assistida por um VANT. Estes auxiliam no melhor entendimento da modelagem de canal do tipo Ar-Terra tanto para pesquisadores quanto para indústrias.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um veículo aéreo não tripulado (VANT), também conhecido como drones, tem sido utilizados para aplicações militares há mais de 20 anos. Com os desenvolvimentos tecnológicos relacionados a baterias, eletrônicos e materiais mais leves, os VANTS se tornaram mais acessíveis ao público, criando assim um crescimento no mercado de pequena e média escala. Porém, a maioria de suas aplicações ainda é limitada pela

regulamentação dos países a faixa linha de visada visual (VLOS) e alturas máximas entre 100 e 150 metros por motivos de segurança pública [Amorim 2017].

Os benefícios para o uso de um VANT vão da facilidade de operação, múltiplos controles de voo, alta capacidade de manobra até o aumento do peso da carga útil. Suas aplicações civis em tempo real, incluindo vigilância remota, filmagem, alívio de desastres, transporte de mercadorias e retransmissão de comunicação, sem mencionar a recreação levaram a um grande crescimento do uso dos VANT's.

VANT's podem variar em tamanho de pequenos acessórios que cabem na palma de uma mão a aeronaves com uma envergadura de mais de 15 metros [Khawaja 2018]. Alguns são projetados para a operação de mais de 24 horas e para altitudes de mais de 15 km. Há restrições para proximidade de aeroportos, e, geralmente é um piloto licenciado que deve operá-lo ou supervisioná-lo.

Espera-se que a futura implementação 5G inclua VANTs como nós de comunicação autônomos para fornecer comunicações de baixa latência e altamente confiáveis, pelo menos em algumas situações. A Qualcomm está testando a operabilidade de VANT's para LTE atual e futuras aplicações celulares 5G [Qualcomm 2017]. Além disso, os VANT's podem atuar como pontos de acesso sem fio em diferentes topologias de rede suportando diferentes protocolos do IEEE 802: 11. O Facebook e o Google também estão explorando a possibilidade de usar VANT's para conectividade à Internet em áreas remotas [Patterson 2017]. Para satisfazer as crescentes demandas de transferência de dados de alta taxa no futuro usando VANT's em diferentes ambientes, são necessários modelos de canais de propagação Ar-Terra (AT) robustos e precisos. Este trabalho apresenta um levantamento bibliográfico mais recente acerca de modelagem para caracterizar o canal Ar-Terra para uso dos VANT's. O canal AT para VANTs ainda não foi estudado tão extensivamente quanto o canal terrestre. Neste intuito, a Seção II explica as características do canal de propagação AT para os VANT's, os modelos do tipo AT serão abordados na Seção III e a Seção IV apresenta as discussões e finaliza este trabalho.

## **2 | CARACTERÍSTICAS DO CANAL DE PROPAGAÇÃO AT PARA VANT'S**

Nesta seção, algumas características dos canais de propagação VANT's AT serão descritas. Um canal comum de propagação AT é mostrado na Figura 1, onde há obstáculos terrestres que são conhecidos como espalhadores, , e representam as alturas da estação terrestre (GS), altura dos espalhadores e a altura do VANT em relação ao solo, é o intervalo inclinado entre as antenas dos VANT's e o GS e o ângulo de elevação entre as antenas da GS e do VANT.

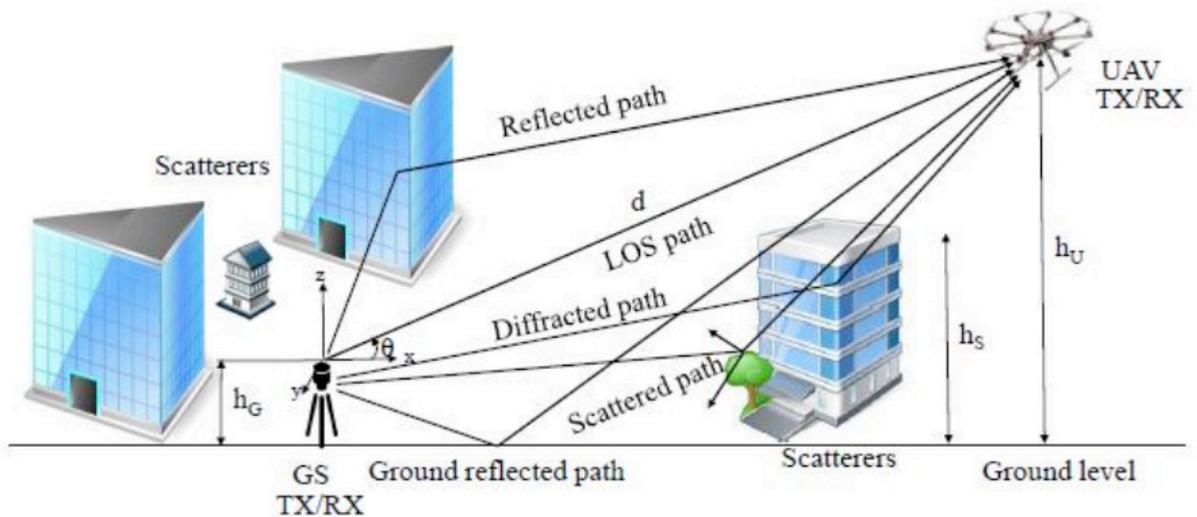


Figura 1: Típico cenário de propagação AT com um VANT.

Fonte: Khawaja (2018).

Em um canal de propagação AT usando VANT's, o(s) componente(s) *multipath* (MPCs) aparecem devido a reflexões da superfície da Terra, de objetos terrestres (espalhadores de solo) e, às vezes, da estrutura do próprio VANT. As características do canal dependerão do material, forma e tamanho dos objetos de dispersão. O MPC mais forte, além do componente LOS em um cenário de propagação de AG, geralmente é o único reflexo da superfície terrestre. Isto dá origem ao bem conhecido modelo de dois raios [Gulfam 2016].

A distribuição de objetos de espalhamento, em terra ou água, pode ser modelada estocasticamente, e esse conceito pode ser usado para criar os chamados Modelos de Canais Estocásticos Baseados Geometricamente (GBSCMs) [Matolak and Sun 2015]. Para descrever as características estatísticas de um canal de desvanecimento, tipicamente são utilizadas estatísticas de desvanecimento de primeira e segunda ordem [Simunek 2013].

### 3 I MODELOS DE RADIOPROPAÇÃO DO TIPO AR-TERRA PARA USO NO VANT'S

Nesta seção, categorizamos os modelos de canal de propagação AT na literatura. Os modelos escolhidos foram os mais relevantes e mais atuais.

#### 3.1 Modelo para comunicação de VANT através de redes celulares

Em [Amorim 2017] é proposto um modelo de canal dependente com a altura entre VANT e Estação Base. Utiliza um scanner de rádio de rede LTE conectado a um VANT aerotransportado, com voos de até 120m.

Propõe uma extensão ao modelo Alfa-Beta usando parâmetros dependente

de altura. Onde o expoente de perda deve decair com o aumento das alturas dos VANTs. A função logarítmica foi escolhida assumindo a depuração do caminho de rádio relacionada à altura, ou seja, a redução de expoentes de perda de trajetória, é mais proeminente a pequenos incrementos na elevação em baixas altitudes, onde há mais concentração de construções, vegetações e outros obstáculos. Os modelos dependentes da altura são encontrados em (2) até (4) e o modelo Alfa-Beta é apresentado em (1).

$$P_{est}(d) = \alpha 10 \log_{10} d + \beta + X_{\sigma} \quad (1)$$

$$\alpha(h_{VANT}) = \max \quad (2)$$

$$\beta(h_{VANT}) = p_{1\beta} + p_{2\beta} \log_{10}(\min(h_{VANT}, h_{FSPL})) [dB] \quad (3)$$

$$\sigma(h_{VANT}) = p_{1\sigma} + p_{2\sigma} \log_{10}(\min(h_{VANT}, h_{FSPL})) [dB] \quad (4)$$

Onde  $P_{est}$  é a perda de trajetória estimada,  $\alpha$  é o expoente de perda de trajetória,  $\beta$  é o ponto de interceptação com a distância  $d$  a 1m,  $X_{\sigma}$  é uma variável aleatória que considera a variação de sombreamento modelada com distribuição normal e desvio padrão  $\sigma$ ,  $h_{FSPL}$  é a altura em que a propagação de espaço livre é assumida ( $\alpha = 2$ ),  $p_1$ , e  $p_2$  são parâmetros dependentes de altura do modelo.

Essa modelagem de parâmetros serve como referência para cenários rurais, e é válida para faixas limitadas a  $1,5 \text{ m} \leq h_{VANT} \leq 120$ . O modelo proposto dependente da altura é capaz de fornecer um bom modelo para os dados medidos, em detrimento de apenas duas variáveis de otimização por parâmetro.

### 3.2 Modelo de perda de trajetória para ambientes Suburbanos de Celular-para-VANT

O trabalho em [Al-Hourani e Gomez 2018] fornece uma visão inicial sobre as características de propagação de rádio do canal entre celular e VANTs. Modela o comportamento estatístico de perda de trajetória como uma função do ângulo de depressão e da cobertura terrestre sob o VANT. Fornece um modelo baseado em extensas medições em um ambiente suburbano típico para cobertura terrestre e aéreo, que prevê a perda de trajetória entre celular e VANT que pode ser utilizado tanto para pesquisa quanto para operadores de rede.

O modelo proposto é mostrado em (5), onde  $\alpha$  é a perda de trajetória terrestre,  $A, B, \theta_0, a\theta, \sigma_0, e\eta_0$  são parâmetros de ajuste do modelo e  $N$  é o número de amostras.

$$PL_{VANT}(d, \theta) = \alpha 10 \log_{10}(d) + A(\theta - \theta_0) \exp\left(\frac{-\theta - \theta_0}{B}\right) + \eta_0 + N(0, a\theta, \sigma_0) \quad (5)$$

O princípio de modelagem é baseado no ângulo de depressão que influencia na perda de trajetória devido à condição de LOS aprimorada do VANT e ao ganho da antena da EB reduzida devido à inclinação para baixo do padrão da antena.

### 3.3 Modelos de perda de trajetória para RFET assistida por um VANT

Em [Suman 2018] é estabelecido um modelo que visa a transferência de energia por radiofrequência (RFET) auxiliada por VANT. Leva em consideração diferentes tipos de áreas construídas, do tipo suburbano, urbano, urbano denso, arranha-céus e cenários de implantação de agricultura rural. O modelo proposto é apresentado em (6), onde  $\mathcal{X}$  na  $k$ -ésima posição para ambientes urbanos e suburbanos é mostrado em (7),  $\mathcal{X}$  ambientes com agricultura rural assume que todas as plantas tenham a mesma altura no tempo  $t$  é apresentado em (8).

$$PL^f(d) = PL_k^f + \mathcal{X} \cdot PL_k^f \quad (6)$$

$$\mathcal{X} \sim \mathcal{N}(\mu(\theta), \sigma^2(\theta)) \quad (7)$$

$$\mathcal{X}(H_p(t)) \sim \begin{cases} \mathcal{N}(\mu_1(H_p(t), \theta), \sigma_1^2(H_p(t), \theta)), LoS \\ \mathcal{N}(\mu_2(H_p(t), \theta), \sigma_2^2(H_p(t), \theta)), NLoS \end{cases} \quad (8)$$

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse levantamento é uma contribuição combinada de modelos que poderão resolver os principais pontos para estudo de propagação AT para uso em VANT's, tornando-a ainda mais robusta e precisa. Os modelos aqui apresentados podem ajudar pesquisadores a analisar e modelar o comportamento do sinal para melhor atender ao ambiente e melhorar ainda mais a propagação em ambientes externos. Onde os trabalhos destacados foram os que mostraram modelos e melhorias mais significativas para modelagem AT em VANT's. Modelo de comunicação celular para uso em VANT dependente de altura e pode ser utilizado em ambientes urbanos e rurais, um modelo baseado em extensas medições em um ambiente suburbano típico para cobertura terrestre e aéreo, que prevê a perda de trajetória entre celular e VANT que pode ser utilizado tanto para pesquisa quanto para operadores de rede. Tendo em vista que grande parte dos dados para uso em modelagens AT são simulados, para trabalhos futuros visamos realizar medições em ambientes reais em áreas suburbanas e com vegetação densa e semi-densa que representa a Amazônia brasileira.

## REFERÊNCIAS

Al-Hourani, A. e Gomez, K, (2018) "Modeling Cellular-to-UAV Path-Loss for Suburban Environments", no IEEE Wireless Communications Letters, vol. 7, no. 1, pp 82-85.

Amorim, R, et al (2017) “Radio Channel Modeling for UAV Communication Over Cellular Networks”, no IEEE Wireless Communications Letters, vol. 6, pp 514-517.

Gulfam, S. M. et al, (2016) “Analysis on multipath shape factors of air-to-ground radio communication channels,” in Proc. IEEE Wireless Telecomm. Symposium (WTS), pp. 1–5.

Khawaja, W, et al (2018) “A Survey of Air-to-Ground Propagation Channel Modeling for Unmanned Aerial Vehicles”, publicado no Electrical Engineering and Systems Science. <https://arxiv.org/abs/1801.01656> (último acesso em 16 de Outubro de 2018).

Matolak, D. W. e Sun, R, (2015) “Air-ground channel characterization for unmanned aircraft systems: The near-urban environment,” no Proc. IEEE Military Commun. Conf., MILCOM, 2015, pp. 1656–1660.

Patterson, T, (2017) “Google, Facebook, SpaceX, OneWeb plan to beam internet everywhere,” <http://www.cnn.com/2015/10/30/tech/> (ultimo acesso em 10 de Outubro de 2018).

Qualcomm (2017) “Leading the world to 5G: Evolving cellular technologies for safer drone operation,” <https://www.qualcomm.com/invention/technologies/lte/advanced-pro/cellular-drone-communication> (ultimo acesso em 10 de Outubro de 2018).

Simunek, M. et al (2013) “The UAV low elevation propagation channel in urban areas: Statistical analysis and time-series generator,” no IEEE Trans. Ant. Prog, vol 61, pp 3850-3858.

Sumam, S, et al (2018) “Path Loss Model for UAV-Assisted RFET”, no IEEE Communications Letters, vol. 22, no. 10, pp 2048-2051.

## VARIABILIDADE DIURNA E TEMPORAL DA ALCALINIDADE TOTAL EM DOIS ESTUÁRIOS DE PERNAMBUCO

Data de aceite: 07/02/2020

**Thiago de Oliveira Caminha**  
**Manuel de Jesus Flores Montes**

**Fonte financiadora:** CAPES, Edital Ciências do Mar  
43/2013

**RESUMO:** Os estuários possuem um papel essencial no transporte e transformação do carbono de origem continental e atmosférico para o oceano (Sabine et al., 2004), uma vez que aportam solutos que alteram os balanços naturais de íons bicarbonato e geram alcalinidade. A ocupação antrópica que vem ocorrendo nestas áreas leva a um aumento no aporte de nutrientes e matéria orgânica para a zona costeira, devido ao lançamento para os rios e estuários de esgoto sem tratamento (Gaspar 2015). Dessa maneira, a avaliação destes impactos em ambientes estuarinos torna-se importante para a compreensão dos balanços do sistema carbonato nestes locais, podendo oferecer estimativas mais precisas da contribuição de fluxos de CO<sub>2</sub> de zonas costeiras. Neste estudo a alcalinidade total é avaliada em dois estuários com diferentes níveis de impactos antrópicos – Barra da Bacia do Rio Capibaribe (BBRC) mais e Barra Orange (BO) menos impactada - bem como uma

caracterização longitudinal em um braço de mar menos impactado. Os resultados obtidos mostraram que a alcalinidade total da BBRC não sofreu variabilidade diante de maiores aportes de água pluvial, variabilidade esta verificada na BO e ao longo de todo o Canal de Santa Cruz (CSS). O efeito de maiores aportes de água pluvial pode estar sendo contrabalanceado pelo aumento de aporte de nutrientes e matéria orgânica a ser oxidada de esgotos sem tratamento nesta área, comprometendo as flutuações naturais de alcalinidade total e a dinâmica ecológica do ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alcalinidade Total, Sistema Carbonato, Estuários.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os estuários possuem um papel essencial no transporte e transformação do carbono de origem continental e atmosférico para o oceano (Sabine et al., 2004), uma vez que aportam solutos que alteram os balanços naturais de íons bicarbonato e geram alcalinidade. A ocupação antrópica que vem ocorrendo nestas áreas leva a um aumento no aporte de nutrientes e matéria orgânica para a zona costeira, devido ao lançamento para os rios e estuários de esgoto sem tratamento (Gaspar

2015). Adicionalmente, estudos realizados por Cai e Wang em 1998 e Wang e Cai em 2004 mostraram que mudanças no uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas podem alterar os balanços naturais de íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e gerar alcalinidade em estuários. Dessa maneira, a análise de dados de alcalinidade total é fundamental para fins de compreensão de alguns impactos antrópicos causados em ambientes costeiros.

A alcalinidade pode ser considerada a medida da quantidade de prótons que podem ser aceitos pelas bases fracas presentes na água do mar, geralmente expressa em  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ . Sua medida pode ser definida pela equação geral simplificada abaixo, dada pela soma da concentração dos íons bicarbonato com os íons carbonato. Nesta equação, a quantidade de íons carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) é multiplicada por 2, uma vez que são necessários 2 prótons para que ele seja convertido em  $\text{CO}_2$  (Millero, 2007).

$$\text{TA} \approx [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] \quad (\text{eq.1})$$

A alcalinidade é um parâmetro do sistema carbonato muito importante para o ambiente marinho, visto o seu papel na regulação de seu pH. O aumento considerável no aporte de matéria orgânica para os estuários advindo de esgotos domésticos e industriais, e a oxidação destes componentes provoca um aumento nas concentrações parciais de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), alterando o balanço do sistema carbonato marinho (Gaspar 2015). Adicionalmente, segundo o IPCC 2014, a utilização de combustíveis fósseis como fonte de energia acarreta um aumento da concentração parcial de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, partindo de valores presentes de  $405 \mu\text{atm}$  até acima de  $700 \mu\text{atm}$  no ano de 2100, o que resultará em um aumento da temperatura média do planeta de  $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Neste contexto os oceanos desempenham papel importante para a redução dos efeitos do aumento do  $\text{CO}_2$  atmosférico – servem de reservatório para o ciclo do carbono (Gaspar, 2015). Contudo, a absorção deste gás de efeito estufa pelos oceanos corresponde ao aumento de  $[\text{CO}_2]$  e de  $[\text{H}^+]$ , o decréscimo do pH e da  $[\text{CO}_3^{2-}]$ , e da taxa de saturação da calcita e aragonita (Borges 2005). Este processo é conhecido como acidificação dos oceanos ou acidificação marinha. Como consequência, organismos calcificantes como corais, macroalgas coralígenas e principalmente organismos planctônicos têm sua calcificação desacelerada (Riebesell et al 2000), trazendo prejuízos para o ecossistema como um todo.

O dióxido de carbono é dissolvido no oceano, reagindo com a água de acordo com a reação abaixo (Millero, 2007):



O ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) é um composto bastante instável, e é dissociado em  $\text{H}^+$  e  $\text{HCO}_3^-$ . Abaixo, as duas equações de equilíbrio químico para o  $\text{HCO}_3^-$  (Millero, 2007), o sistema carbonato marinho:



O ácido carbônico originado da hidratação do  $\text{CO}_2$  reage com os ânions carbonatos e moléculas de água para formar o bicarbonato (Gaspar 2015). A partir deste sistema, o oceano tem a capacidade de neutralizar as mudanças na concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico, sendo tal capacidade já definida por alcalinidade.

A escassez de estudos sobre a dinâmica do sistema carbonato na zona costeira de Pernambuco demanda uma mudança imediata neste quadro, uma vez que a influência que os processos de balanço entre produção de alcalinidade e maior exportação de nutrientes para a zona costeira exercem na magnitude da captura/emissão de  $\text{CO}_2$  ainda é incerta (Borges, 2011). A região costeira pernambucana apresenta abundância em organismos calcificantes, além de ter grande importância socioeconômica visto o seu constante crescimento populacional. A falta de informação sobre os mecanismos reguladores de dióxido de carbono desta região dificulta a realização de medidas de gestão ambiental, uma vez que não se compreende como tais ecossistemas se comportam diante dos impactos antrópicos atuais.

Desta forma, a realização do presente trabalho visa contribuir com informações importantes para os estudos que vêm sendo desenvolvidos no Laboratório de Oceanografia Química (LOQUIM), de maneira a elucidar a dinâmica dos parâmetros do sistema carbonato de ambientes estuarinos com diferentes graus de ocupação e impactos antrópicos que possibilitam o entendimento dos processos de acidificação marinha.

## 1.1 Objetivo Geral

- Determinar a influência das atividades antrópicas nos valores de alcalinidade total, identificando a variabilidade da AT de dois ambientes estuarinos, um com maior (Porto do Recife) e outra com menor influência antrópica (Barra Orange);

### 1.1.1 Objetivos Específicos

- Realizar um estudo sobre a variabilidade espacial e temporal da alcalinidade total (AT) em dois ambientes estuarinos, um poluído (Bacia do Rio Capibaribe) e outro controle (Barra Orange);
- Realizar um estudo sobre a variabilidade espacial e temporal da alcalinidade total ao longo de toda a extensão do Canal de Santa Cruz;
- Determinar a influência das marés no comportamento da alcalinidade total, realizando medições durante um ciclo diurno de marés;
- Elaborar um panorama sobre a relação entre o estado de equilíbrio da

alcalinidade total e a dinâmica dos processos biogeoquímicos que possam influenciar neste balanço.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

O Rio Capibaribe percorre cerca de 240km da nascente até sua foz no Oceano Atlântico, localizada no centro da cidade do Recife, cortando 42 municípios do estado e beneficiando uma população de aproximadamente 1.537.704 pessoas (IBGE, 2010), que utilizam suas águas principalmente para recepção de efluentes domésticos, industriais e agroindustriais e para abastecimento público. Sua bacia hidrográfica compreende cerca de 7.557,41 km<sup>2</sup>. Suas margens possuem ocupação urbana e industrial, onde outrora eram ocupados por Mata Atlântica e manguezal, tendo restado poucas áreas com exemplares desses ecossistemas (CPRH 2015). Por consequência, a Bacia do Rio Capibaribe (BRC) vem sendo degradado de maneira intensa, devido a seu grau de ocupação e mau uso.

A ilha de Itamaracá encontra-se localizada mais ao norte do litoral de Pernambuco. Ela é rodeada por um braço de mar, o Canal de Santa Cruz, que possui uma extensão de 22km (Gaspar 2015). Este canal se comunica com o mar ao norte pela Barra Catuama, e ao sul, pela Barra Orange (BO), podendo atingir nestes locais 10m ou mais de profundidade (Flores-Montes, 1996). Sua circulação residual é particular, dependendo da descarga fluvial dos rios que desaguam nele e também da interação não-linear das marés com a morfobatimetria do canal (Medeiros & Kjerfve, 1993). Este possui um grau de ocupação antrópica consideravelmente menor do que a presente às margens do Rio Capibaribe, o que caracteriza a BO como sendo um ambiente controle para análise de variações de alcalinidade total.

Ambos os estuários representam alta relevância no desenvolvimento socioeconômico local. Apesar de sua diferença em densidade populacional, o uso de seus recursos é essencial para o funcionamento da população que reside em seus entornos, uma vez que esses recursos atraíram esta ocupação e ofereceram uma base para o desenvolvimento dessas regiões.

### 2.2 Amostragem

#### *2.2.1 Comparação entre Foz da Bacia do Rio Capibaribe e Barra Orange*

Quatro campanhas de coleta foram realizadas, duas em maio e duas em novembro de 2014 nos dois locais de estudo, um mais (Barra da Bacia do Rio Capibaribe - BBRC) e outro menos (BO) impactado (Figura 1), para avaliação de diferenças espaciais e temporais dos parâmetros analisados. Dados de precipitação

dos locais foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Nestas campanhas foram obtidos dados de temperatura, salinidade, fósforo total, sílica, oxigênio dissolvido e alcalinidade total de amostras de água do mar de superfície (1 m de profundidade). Em cada local, três pontos de coleta foram plotados transversalmente na boca da barra e distribuídos de forma equidistante entre si. Para identificação da variação diurna da alcalinidade total, coletas foram estabelecidas com um intervalo de 3 horas entre si, durante um ciclo diurno de marés.



Figura 1-Áreas de estudo que compõem a comparação entre estuários com diferentes níveis de impactos antrópicos. São discriminadas as estações de coleta para ambas as áreas

### *2.2.2 Caracterização longitudinal do Canal de Santa Cruz*

Duas campanhas de coleta foram realizadas nos meses de julho de 2015 e março e julho de 2016 em seis pontos de coleta distribuídos ao longo de todo o Canal de Santa Cruz (CSS) (Figura 2), a fim de obter dados de temperatura, salinidade, fósforo total, sílica, oxigênio dissolvido e alcalinidade total de amostras de água do mar. Dados de precipitação dos locais foram obtidos no site do INMET. As amostragens, tomadas em água superficial e de fundo para cada estação, foram realizadas da estação 1 até a estação 6 ainda em baixa mar, e depois da estação 6 à estação 1 durante a preamar. Tal desenho amostral fornece informações a respeito do comportamento dos dados analisados em toda a extensão do Canal (gradiente espacial), bem como contempla a influência dos regimes de marés em seus valores.

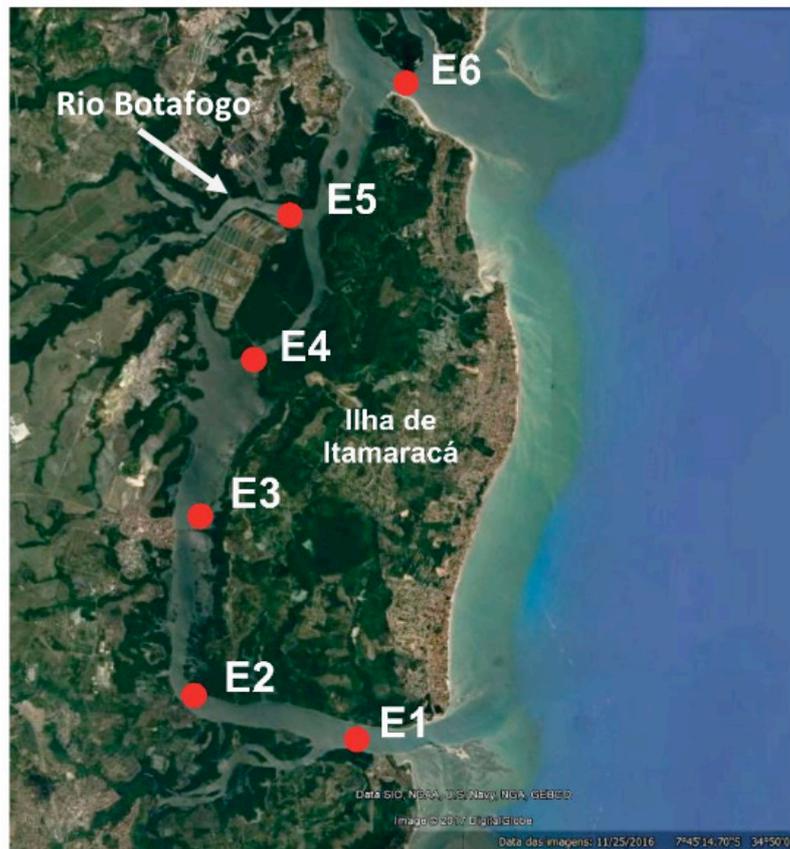


Figura 2-Área de estudo da caracterização longitudinal de um ambiente estuarino. Estações de coletas são discriminadas.

### 2.2.3 Análises

Dados de temperatura e salinidade foram obtidos *in situ* concomitantemente à coleta das amostras de água com a utilização de equipamento CTD. A análise de oxigênio dissolvido seguiu a metodologia de Winkler modificada (Strickland & Parsons, 1972). Fosfato inorgânico total e sílica total foram analisados como descrito em Grasshoff *et al* (1983). As amostras de água destinadas à análise de alcalinidade foram fixadas com  $\text{HgCl}_2$  e acondicionadas no Laboratório de Oceanografia Química para posterior análise pelo método descrito em DOE (1994). O equipamento utilizado para tal foi um titulador automático de alcalinidade, modelo AS-ALK2, da Apollo SciTech. Após a obtenção de todos os dados, os mesmos foram organizados em planilhas e analisados estatisticamente. Os métodos estatísticos multivariados de regressão de mínimo quadrado e de componentes principais (PCA) foram realizados com a utilização do software de estatística JMP Statistical Discovery (versão 10), da SAS Institute, bem como a plotagem de todos os gráficos dispostos neste relatório.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Comparação entre Foz da Bacia do Rio Capibaribe e Barra Orange

A precipitação média mensal para o ano de 2014 comportou-se de maneira

esperada de acordo com a sazonalidade anual para ambientes tropicais (gráfico 1), definindo períodos de estiagem, chuvoso e de transição entre estes. Para os meses de campanha, maio e novembro, a precipitação média foi de 315 mm e 56 mm respectivamente, o que denota uma grande diferença em disponibilidade de água doce para as áreas de estudo. Segundo a definição descrita por Millero 2007 e Dickson em 2003, a alcalinidade total corresponde a disponibilidade de íons básicos na água. As águas provenientes das chuvas são de grande pureza química, atuando como um solvente que diminui a concentração dos compostos presentes nas águas naturais, diminuindo assim sua alcalinidade. Desta maneira, espera-se que seus valores observados sejam influenciados pela diferença de aporte de água doce entre os períodos de chuva e estiagem.

Para uma melhor visualização do comportamento dos parâmetros, todos os dados obtidos foram plotados em relação aos regimes de maré, área de estudo e período de coleta (Gráfico 1). A observação deste gráfico possibilitou a inferência de possíveis correlações entre os parâmetros físico-químicos e entre as diferentes condições de coleta.

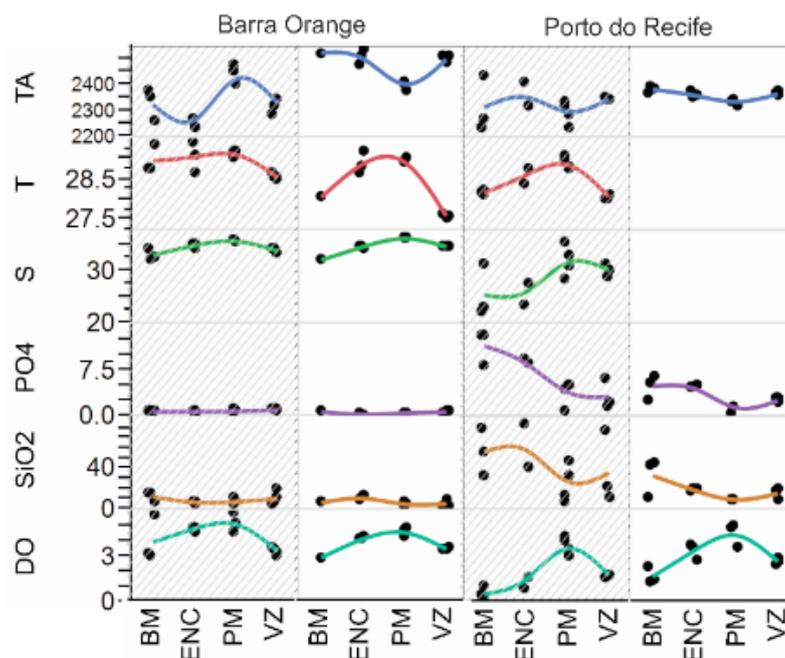


Gráfico 1-Valores de todos os parâmetros observados plotados em função do Regime de Marés. BM, ENC, PM e VZ correspondem as marés de baixamar, enchente, preamar e vazante respectivamente. Gráficos hachurados correspondem aos dados coletados em período chuvoso. \*Dados de temperatura e salinidade da campanha do mês de novembro (estiagem) no Porto do Recife não foram obtidos devido a problemas técnicos no equipamento CTD.

Os valores de temperatura observados em todo estudo apresentaram mínima de 27,5 C° e máxima de 29,8 C°, correspondendo ao início e fim das campanhas respectivamente, devido ao aumento do grau de insolação com o passar do dia. Observando o Gráfico 1 podemos perceber uma tendência de aumento ao longo do

ciclo diurno de marés. A baixa variação dos dados de temperatura é coerente com o verificado para regiões estuarinas tropicais, as quais, num mesmo ciclo sazonal, apontam uma grande estabilidade de temperatura por dependerem fortemente do grau de insolação que recebem (Flores Montes, 1996).

A salinidade comportou-se como o esperado, apresentando valores mais baixos no período de baixamar, maiores em enchente e preamar, e diminuindo novamente em vazante. Na BO a pluviometria não influenciou significativamente o teor salino. O efeito cruzado dos regimes de maré e da pluviometria mostrou-se significativo ( $p < 0.0001$  e  $R = 0.86$ ). Diferente da BO, a BRC apresentou uma maior variabilidade de valores entre as estações de coleta, denotando uma circulação longitudinal não homogênea ao longo da seção transversal contemplada pelas estações.

A alcalinidade total foi diferente entre os períodos de coleta na BO ( $p = 0.0001$ ,  $R = 0.51$ ) com médias de  $2333,38 \pm 19,32 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $2471,39 \pm 22,03 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , tendo seus maiores valores em época de estiagem. Esta diferença não foi verificada para a BBRC ( $p = 0.06$ ,  $R = 0.15$ ), que apresentou médias de  $2322,42 \pm 13,48 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $2360,20 \pm 13,47 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para os períodos chuvoso e de estiagem respectivamente. Os valores de alcalinidade total podem ser aumentados pela matéria orgânica vindo pelo lançamento de esgoto doméstico, e pelo uso e ocupação indevida do solo, que provoca lixiviação terrestre e liberando íons como silicato que contribuem com alcalinidade, como descrito por Gaspar em 2015 e Cai e Wang em 1998 e Wang e Cai em 2004, respectivamente. O grau destes impactos se relaciona diretamente com a densidade demográfica nesses ambientes; quando mais elevadas, constituem efeitos nos fluxos de  $\text{CO}_2$  (Noriega et al 2014, Noriega & Araujo 2014), no aporte de nutrientes (Gaspar 2015) e, conseqüentemente, também nos balanços do sistema carbonato e alcalinidade total da água. Tais impactos antrópicos ocorrem ao longo de toda a extensão do Rio Capibaribe, bem como em sua parcela estuarina, possivelmente contrabalanceando o efeito de diminuição esperado como consequência do aporte de água doce proveniente do período das chuvas. Ademais, a alcalinidade total foi maior na BO com diferença significativa ( $p = 0.001$ ), onde a regressão realizada com os efeitos cruzados de local e período de chuvas também apresentou diferença considerável ( $p < 0.0001$ ,  $R = 0.50$ ). Tal fato pode ser explicado pelos maiores valores de salinidade encontrados na BO ( $p < 0.0001$ ,  $R = 0.54$ ). Segundo Millero et al 1998, cerca de 80% das variações de alcalinidade total de superfície são associadas a variações de salinidade, confirmando o fato de que a salinidade engloba grande parte dos compostos básicos utilizados para o cálculo de alcalinidade total. Entretanto, em se tratando de ambientes estuarinos, sua variabilidade é regida por uma relação complexa entre fatores biogeoquímicos do ambiente (Borges & Abril 2012), considerando uma maior disponibilidade de nutrientes e produtividade consequentes.

A análise dos dados de salinidade, temperatura, fosfato total inorgânico, sílica e oxigênio dissolvido fornece uma caracterização físico-química das amostras de água que pode explicar a variabilidade observada nos valores de alcalinidade total. Todos os parâmetros foram plotados dois a dois em gráficos de dispersão XY (Figura 3). Foram observadas tendências de correlação entre o fosfato inorgânico total, sílica e oxigênio dissolvido com a salinidade para os dados de todo o estudo. Contudo, nenhum dos parâmetros apresentou correlação boa com os dados de alcalinidade total, o que reafirma a complexidade de suas respostas frente a variáveis ambientais descrita por Borges em 2012.

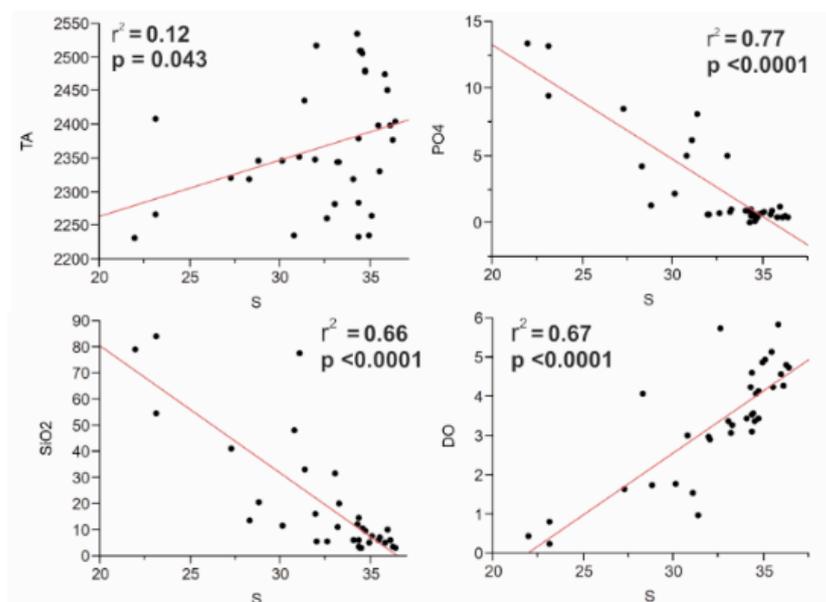


Figura 3-Gráficos de dispersão XY entre os parâmetros dispostos com seus respectivos valores de  $r^2$  e  $p$

Para averiguação dos efeitos multivariados a análise de componentes principais (PCA) foi realizada para cada local separadamente (Figura 4). Na BO a alcalinidade total apresentou forte correlação inversa com a pluviometria e baixa correlação inversa com o fósforo inorgânico total; na BBRC não foram verificadas correlações contundente diante dos parâmetros observados. Em zonas costeiras de baixa latitude existem inúmeros processos que consomem e geram alcalinidade. De acordo com Chen et al 2012 e Lefèvre et al 2010, grandes aportes de nutrientes continentais estimulam a produtividade primária, aumentando a absorção de  $\text{CO}_2$  dissolvido e alterando o balanço do sistema carbonato. Assim, nutrientes como a sílica possuem papel importante em casos de bloom fitoplanctônico em ambientes marinhos (Conley and Malone, 1992), e conseqüentemente nas taxas de produtividade primária. Entretanto, este efeito pode ser contrabalanceado pelo aporte direto de  $\text{CO}_2$  e matéria orgânica, acarretando num aumento da  $\text{pCO}_2$  na água e alterando os balanços do sistema carbonato (Jiang et al, 2013; Gaspar 2015). Em ambientes

estuarinos maiores valores de fósforo inorgânico total são indicadores de poluição por esgotos sem tratamento ricos em detergentes outros compostos químicos domésticos (Sperling, 1996). De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, os valores máximos naturais de fósforo inorgânico total para águas salobras é de 0,186 mg.L<sup>-1</sup>.

Dessa maneira verifica-se que os altos níveis de impactos antrópicos observados na BBRC em todo o período contrabalanceiam o maior aporte de nutrientes proveniente do período das chuvas, visto que foram verificados valores de fósforo inorgânico total significativamente maiores ( $p < 0.0001$ ) para ambos os períodos de coleta, com média de  $5,01 \pm 3,54$  mg.L<sup>-1</sup> e  $0,61 \pm 0,26$  mg.L<sup>-1</sup> para a BBRC e BO, respectivamente. Isto reforça que tais impactos alteram fortemente as dinâmicas dos compostos químicos de águas estuarinas. Contudo, a partir dos dados obtidos, não é possível concluir mais detalhadamente a respeito de como esta variabilidade provocada pelos impactos antrópicos acontece. Para tal, novos estudos precisam ser realizados com a adição de outros parâmetros além dos averiguados neste estudo.

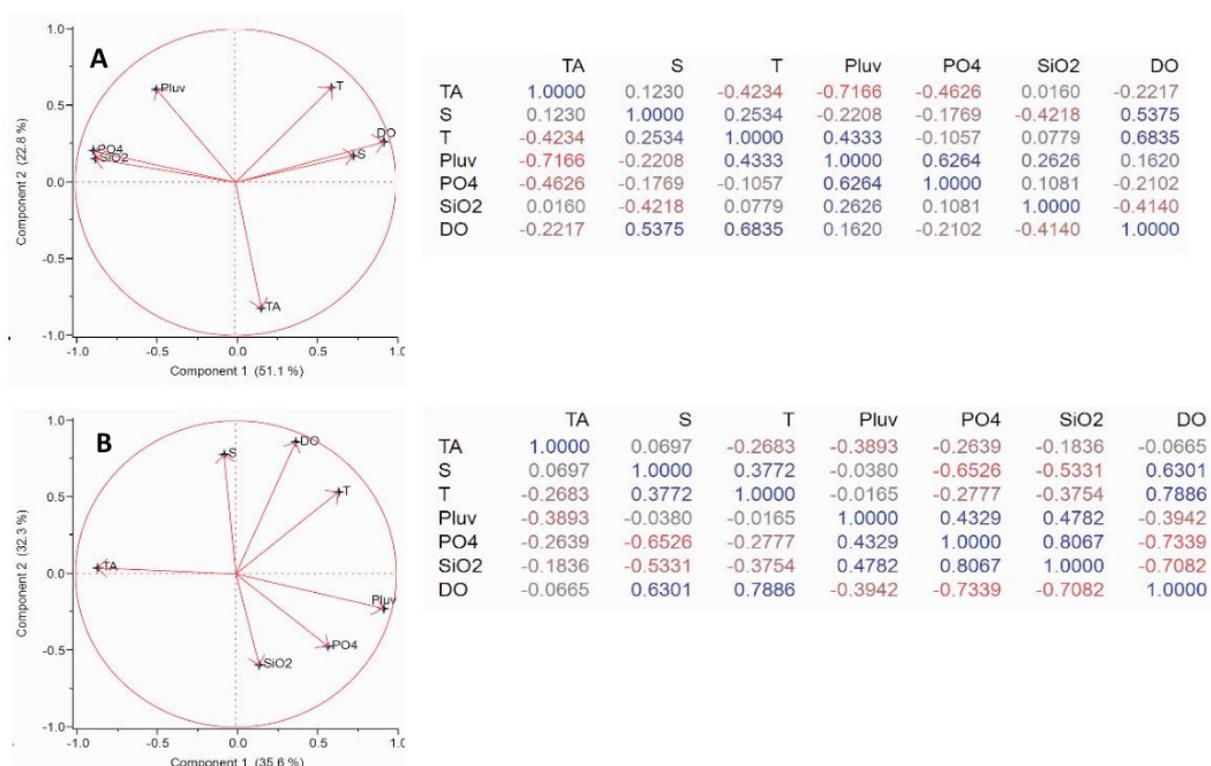


Figura 4-Análises de componentes principais para cada área de estudo com seus respectivos escores de correlação.

### 3.2 Caracterização longitudinal do Canal de Santa Cruz

A precipitação média mensal para os anos de 2015 e 2016 não se comportou como o esperado para a região de estudo, apresentando valores de 446.3 mm em julho de 2015 e 110.3 mm em julho de 2016, meses correspondentes as coletas realizadas. Isto também nos oferece um cenário de grande diferença de aporte de água doce

para as áreas de estudo, onde espera-se valores de alcalinidade total diferentes para cada período de coleta. Para uma melhor visualização do comportamento dos parâmetros, todos os dados obtidos foram plotados em relação as estações de coleta e agrupados por período de coleta, regime de marés e estratificação (Gráfico 2). A observação deste gráfico possibilitou a inferência de possíveis correlações entre os parâmetros físico-químicos e entre as diferentes condições de coleta no CSS.

Os valores de temperatura observados em todo estudo apresentaram mínima de 27 C° e máxima de 28,13 C°, denotando uma baixa oscilação coerente com o esperado para ambientes estuarinos tropicais (Flores Montes, 1996). A salinidade apresentou forte variabilidade sob o efeito da pluviometria, estações de coleta e regime de marés ( $p < 0.0001$ ,  $r^2 = 0.93$ ), com médias de  $28,13 \pm 0,28$  para julho de 2015 e  $31,77 \pm 0,26$  para julho de 2016. Estes resultados confirmam a influência direta do aporte de água pluvial na área de estudo que possivelmente alterou na mesma magnitude os valores dos outros parâmetros físico-químicos.

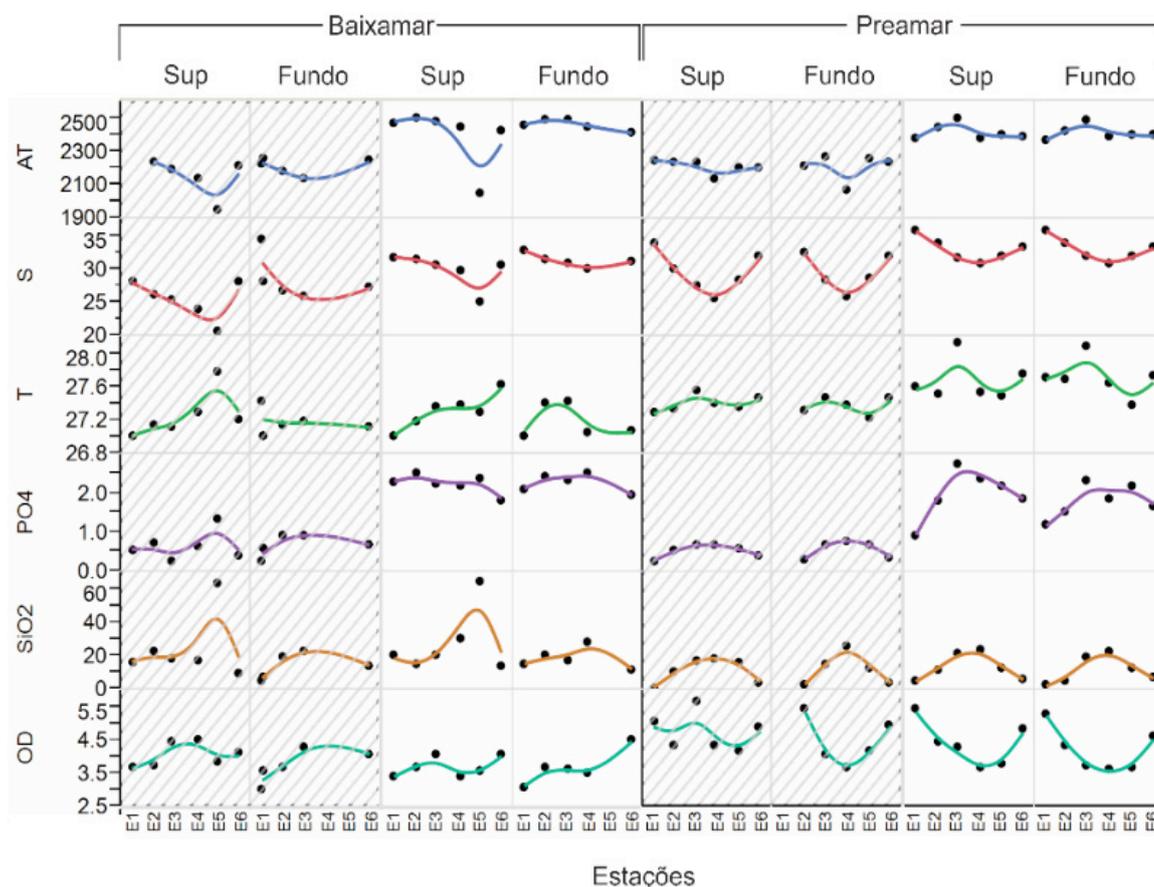


Gráfico 2-Valores de todos os parâmetros observados plotados em função das estações. BM e PM correspondem as marés de baixamar e preamar respectivamente. Gráficos hachurados correspondem aos dados coletados em julho de 2015, período de maiores valores de precipitação mensal.

Possíveis correlações entre os parâmetros e o gradiente de salinidade foram averiguadas com a análise de gráficos de dispersão XY, agrupados por períodos de coleta (Figura 3). A alcalinidade apresentou boa correlação com a salinidade salvo a

influência de valores muito abaixo da média observado na estação E5. As médias de alcalinidade para cada período foram de  $2191,83 \pm 18,32 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para julho de 2015 e  $2417,75 \pm 17,51 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para julho de 2016, e os menores valores (Estação E5) foram de  $1949,35 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $2048,20 \mu\text{mol.L}^{-1}$  em 2015 e 2016 respectivamente. Tal comportamento possivelmente está associado a uma grande produtividade biológica no local, consumindo alcalinidade total, visto os elevados teores de sílica de 63,3 e 64,5 para a mesma estação. O local em questão está disposto em uma região influenciada pelo Rio Botafogo (Figura 2), que além de oferecer uma intensificação do aporte de compostos terrígenos, é utilizado como via de despejo de fazendas de aquicultura da região.

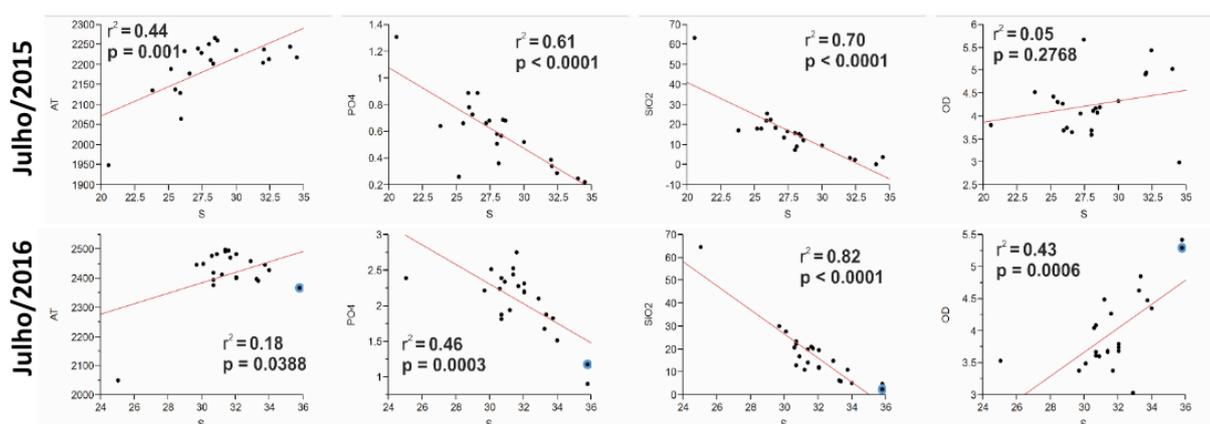


Figura 3-Gráficos de dispersão XY entre os parâmetros dispostos com seus respectivos valores de R e P

A análise do efeito da pluviometria, regimes de marés e diferentes estações de coleta nos valores de alcalinidade total mostrou fortes correlações entre estes fatores. A alcalinidade total mostrou diferença significativa entre os dois períodos de coleta ( $p < 0.0001$  e  $r^2 = 0.65$ ) com médias de  $2129,84 \pm 18,32 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $2417,75 \pm 17,51 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para julho de 2015 e julho de 2016 respectivamente. O efeito cruzado do regime de marés e estações de coleta apresentou uma regressão com  $p = 0.0018$  e  $r^2 = 0.91$  para julho de 2015 e  $p < 0.0001$  e  $r^2 = 1.00$  para julho de 2016. Este comportamento previamente demonstra um ambiente menos impactado, uma vez que a alcalinidade da água apresenta forte correlação com a variabilidade de compostos básicos na água alterada por um maior aporte de águas pluviais, de acordo com sua definição descrita por Millero em 2007 e Dickson em 2003. A análise multivariada de todos os parâmetros analisados reforçou a influência da pluviometria, bem como da salinidade e do fósforo inorgânico total sobre a alcalinidade total (Figura 4). Estes resultados denotam uma dinâmica biogeoquímica mais concisa e consistente de um ambiente menos impactado atropicamente, em contraste com o observado no estudo prévio de comparação entre áreas com diferentes níveis de impacto antrópico.

## 4 | CONCLUSÕES

A alcalinidade total é um parâmetro regido por uma série de fatores biogeoquímicos e como estes se relacionam entre si, tornando essencial uma análise multivariada acerca do comportamento de seus teores em ambientes naturais. Dessa maneira, seu estudo em ambientes estuarinos se mostra desafiador, uma vez que tais ambientes oferecem grande variabilidade biogeoquímica e aporte continental de compostos químicos diversos importantes para o metabolismo aquático. Os resultados apresentados neste estudo demonstraram que, num primeiro momento, podemos atribuir um possível efeito negativo aplicado por impactos antrópicos as áreas estudadas. Na BBRC a alcalinidade total não variou diante de uma diferença de aporte pluvial, variação que pôde ser verificada na BO e ao longo de todo o CSS. Esta falta de variabilidade da alcalinidade da água pode acarretar em alterações em dinâmicas ecológicas importantes que afetam toda a teia trófica do ambiente, uma vez que esta naturalmente tende a acompanhar as flutuações de salinidade. Ademais, pode-se concluir que para um estudo mais detalhado da alcalinidade de águas estuarinas é necessária uma maior malha de parâmetros analisados, em especial dados de clorofila, produtividade primária, nutrientes como nitrito e nitrato e, em destaque, compostos orgânicos básicos que também influenciam na alcalinidade da água; a chamada alcalinidade orgânica. A análise dos parâmetros abordados neste estudo juntamente aos outros aqui mencionados demanda um esforço humano e financeiro não comportados por um programa de iniciação científica. Entretanto, é de interesse e plano do orientador e aluno a continuação nesta linha de pesquisa, fomentando cada vez mais sua fundamentação teórica e prática acerca do tema.

## REFERÊNCIAS

- BORGES, A.V 2005. Do we have enough pieces of the jigsaw to integrate CO<sub>2</sub> fluxes in the coastal ocean? *Estuaries* v. 28, p. 3–27,.doi:10.1007/BF02732750.
- BORGES BORGES, A. V 2011. *Oceans and the Atmospheric Carbon Content*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- BORGES, A. V, ABRIL, G 2012. *Carbon Dioxide and Methane Dynamics in Estuaries*. Elsevier.
- CAI, W.J; WANG, Y 1998. The chemistry, fluxes, and sources of carbon dioxide in the estuarine waters of the Satilla and Altamaha rivers, Georgia. *Limnology. Oceanography*.
- CHEN, C. T. A.; HUANG, T. H.; FU, Y. H.; BAI, Y.; HE, X. 2012. Strong sources of CO<sub>2</sub> in upper estuaries become sinks of CO<sub>2</sub> in large river plumes. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 4, n. 2, p. 179–185, 2012. Elsevier B.V.
- CONLEY, D. J., MALONE, T. C. 1992. Annual cycle of dissolved silicate in Chesapeake Bay: implications for the production and fate of phytoplankton biomass. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 81, No. 2 (April 21 1992), pp. 121-128.
- CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos hídricos. Relatório das bacias hidrográficas. Disponível em [http://www.cprh.pe.gov.br/monitoramento/bacias\\_hidrograficas/relatorio\\_bacias\\_hidrog](http://www.cprh.pe.gov.br/monitoramento/bacias_hidrograficas/relatorio_bacias_hidrog)

raficas/. 2015.

DICKSON, A. G. 2003. Reference materials for oceanic CO<sub>2</sub> analysis: a method for the certification of total alkalinity. *Marine Chemistry*.

DOE 1994. Handbook of methods for the analysis of the various parameters of the carbon dioxide system in sea water.

FLORES-MONTES, M.J. 1996. Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Itamaracá-PE. 199p. **Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica)** Universidade Federal de Pernambuco, CTG – UFPE. Recife, Brasil.

GASPAR, F.L. 2015. Distribuição da alcalinidade total, pressão parcial do CO<sub>2</sub> e fluxos de CO<sub>2</sub> na interface água-ar no ecossistema costeiro do estado de Pernambuco. **Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco.**

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. 1983. Methods of seawater analysis. 419p. Florida: Verlag Chemie.

Instituto Brasileiro de Geografia Estatística – IBGE. Censo 2010: Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Acessado em março de 2016.

IPCC, C. C., (2014). The Physical Science Basis. In: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

JIANG, L. Q.; CAI, W. J.; WANG, Y.; BAUER, J. E, 2013. Influence of terrestrial inputs on continental shelf carbon dioxide. *Biogeosciences*, v. 10, n. 2, p. 839–849.

LEFÈVRE, N.; DIVERRÉS, D.; GALLOIS, F. 2010. Origin of CO<sub>2</sub> undersaturation in the western tropical Atlantic. *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, v. 62, n. 5, p. 595–607.

SPERLING, M. V. 1996. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG**, página 100.

MEDEIROS, C. & KJERFVE, B. 1993. Hydrology of a tropical Estuarine System: Itamaracá, Brazil. **Estuarine, Coastal Shelf Science**. v. 36, p. 495-515.

MILLERO, F. J. 2007. The marine inorganic carbon cycle. **Chemical reviews**, v. 107, n. 2, p. 308–41,. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17300138>>. .

MILLERO, F. J., LEE, K., ROCHE, M. 1998. Distribution of alkalinity in the surface waters of the major oceans. *Marine Chemistry*.

NORIEGA, C.; ARAUJO, M.; LEFÈVRE, N.; FLORES-MONTES, M.J.; GASPAR, F.; VELEDA, D. 2014. Spatial and temporal variability of CO<sub>2</sub> fluxes in tropical estuarine systems near areas of high population density in Brazil. *Regional Environmental Change*.

NORIEGA, C.; ARAUJO, M. 2014. Carbon dioxide emissions from estuaries of northern and northeastern Brazil. *Scientific Reports*.

Riebesell, Ulf; Zondervan, Ingrid; Rost, Bjoern; Tortell, Philippe Daniel; Zeebe, Richard E; Morel, Francois M M 200. *Reduced calcification of marine plankton in response to increased atmospheric CO<sub>2</sub>*. **Nature**, 407, 364-367

SABINE, C. L.; FEELY, R. A.; GRUBER, N.; et al. The oceanic sink for anthropogenic CO<sub>2</sub>. **Science** (New York, N.Y.), v. 305, n. 5682, p. 367–71, 2004. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15256665>>. Acesso em março de 2016.

WANG, Z. A.; CAI, W.-J. 2004. Carbon dioxide degassing and inorganic carbon export from a marsh-dominated estuary (the Duplin River): A marsh CO<sub>2</sub> pump. **Limnology and Oceanography**, v. 49, n. 2, p. 341–354

## GERENCIAMENTO DE REDES USANDO A FERRAMENTA ZABBIX

Data de aceite: 07/02/2020

### Marco Antônio Corrêa Baião

Curso Tecnologia em Redes de Computadores  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará (IFPA)  
Tucuruí – PA – Brasil  
marcobaiao1995@gmail.com

### Rômulo Henrique de Carvalho Brandão

Curso Tecnologia em Redes de Computadores  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará (IFPA)  
Tucuruí – PA – Brasil  
romulohbrandao@gmail.com

### Lilian Coelho de Freitas

Curso Tecnologia em Redes de Computadores  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará (IFPA)  
Tucuruí – PA – Brasil  
lilian.freitas@ifpa.edu.br

**RESUMO:** Este artigo apresenta os resultados da implementação da ferramenta de gerenciamento de rede chamada Zabbix. Essa ferramenta fornece uma arquitetura baseada em um modelo gerente-agente para permitir a coleta de dados de diversos componentes da rede de forma automatizada, auxiliando no gerenciamento e monitoramento da rede. Como estudo de caso, utilizou-se a rede de computadores do IFPA - Campus Tucuruí. Os

resultados mostraram que o Zabbix é eficiente para o monitoramento em tempo real e permite ao Gerente de rede administrar os recursos disponíveis, facilitando as tomadas de decisões no momento do planejamento, adequação e expansão do ambiente de tecnologia.

**ABSTRACT:** This article presents the results of using the network management tool called Zabbix. This tool provides architecture based on a manager-agent model to allow the collection of data from various components of the network. As a case study, the IFPA computer network was used. The results showed that Zabbix is efficient for real-time monitoring and allows managing the available resources, facilitating the decision-making related to the planning, adaptation and expansion of the technology environment.

## 1 | INTRODUÇÃO

O crescimento e a proliferação de novas tecnologias mudaram as características das redes de computadores nos últimos anos. O monitoramento, em tempo real, da infraestrutura de redes e seus ativos (servidores, estações de trabalho e impressoras) se tornou, assim, imprescindível na gestão da tecnologia da informação. Com isso, a obtenção de informações necessárias sobre estes ativos

deve acontecer de forma rápida, precisa e confiável, algo que facilite a tomada de decisão do administrador da rede. Verificar a performance de serviços e resolver problemas diversos também devem ocorrer mais facilmente.

Dessa forma, utilizar tecnologias Web é algo vantajoso no monitoramento de ativos de redes, já que seu custo de implementação é mínimo. E para obter acesso às informações oriundas dessas tecnologias, o administrador de rede não necessita estar em um local específico e este processo ocorre independente de plataforma.

O Zabbix é uma ferramenta de monitoramento de redes que disponibiliza informações através de uma interface Web, tais como: quantidade de equipamento e suas distribuições, configurações de hardware, software e rede, atualizações de segurança, variáveis de ambiente, entre outras funcionalidades. O sistema possibilita o acompanhamento de desempenho de aplicações, a manutenção periódica dos computadores, permitindo o diagnóstico de problemas com antecedência [Zabbix, 2018].

Ao se realizar o gerenciamento de redes, é importante destacar que as muitas informações geradas necessitam de um destino útil, não basta só obtê-las. Dessa forma, diante das observações realizadas na rede, há a necessidade de se aplicar um sistema de monitoramento que ajude o administrador na tomada de decisões, quando este estiver com os dados coletados à sua disposição. Nesse contexto, este trabalho apresenta o protocolo *Simple Network Management Protocol* (SNMP) de forma prática, sendo usado em um sistema Linux, juntamente com a plataforma Zabbix. Esta plataforma é aplicada no monitoramento de redes, que utilizará o protocolo SNMP como meio de obtenção e transmissão de dados.

## **2 | PROTOCOLO DE GERENCIAMENTO DE REDE (SNMP – SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL)**

Em redes de computadores, um protocolo é um conjunto regras e padrões que caracterizam o formato, a sincronização, a sequência e, ainda, a detecção de erros e falhas na transmissão de informação entre computadores [KUROSE, 2013]. Assim, dois ou mais computadores, para se comunicarem numa rede, precisam falar a mesma linguagem, ou seja, usar o mesmo protocolo.

O SNMP é um dos principais protocolo no gerenciamento de rede. Segundo Forouzan (2008), o SNMP é um *framework* para gerenciamento de dispositivos de redes que utiliza um conjunto de protocolos da arquitetura *Transmission Control Protocol e Internet Protocol* (TCP/IP). Ele fornece um conjunto de operações fundamentais para monitoramento e manutenção da rede.

Baseada na pilha de protocolos TCP/IP. Os dados são adquiridos por meio de requisições de um gerente a um ou mais agentes, utilizando os serviços do protocolo

de transporte *User Datagram Protocol* (UDP) para enviar e receber suas mensagens através da rede [Torres, 2014]. A máquina gerente recebe informações de todas as outras máquinas da rede, recebe também chamadas de agentes, e através do processamento destas informações, pode gerenciar toda a rede e detectar facilmente os problemas ocorridos.

Projetado a nível de aplicação, o SNMP consegue monitorar dispositivos de diferentes fabricantes e instalados em diferentes redes físicas, ou seja, através do SNMP o gerenciamento de uma rede independe das características físicas dos dispositivos gerenciados (Kurose & Ross, 2013).

## 2.1 Agente

É um processo executado na máquina gerenciada, responsável pela manutenção das informações de gerência da máquina. As funções principais de um agente são: coleta informações relativas ao funcionamento dos objetos que gerencia e armazena essas informações na *Management Information Base* (MIB) e realiza operações de gerenciamento sobre estes objetos atendendo a solicitações enviadas pelo gerente, ou até mesmo envia informações sem a solicitação no caso de falhas.

## 2.2 Gerente

É um programa executado em um servidor que permite a obtenção e o envio de informações de gerenciamento junto aos dispositivos gerenciados, mediante a comunicação com um ou mais agentes.

## 3 | ZABBIX

Zabbix é um software, distribuído sob a licença General Public License (GPL). É uma ferramenta que monitora vários parâmetros de diversos ativos em uma rede de computadores. Possui a capacidade monitorar milhares de itens em apenas um servidor, é possível também ter monitoramento distribuído [Lima, 2014]. Assim pode-se ter um servidor central de monitoramento e vários outros servidores (Zabbix proxy) subordinados a ele enviando as métricas para o servidor central ou apenas replicar as informações. É também possível separar os servidores web, servidor de banco de dados e servidor de monitoramento para ter ganho em flexibilidade e ganhar desempenho.

O Zabbix possui um sistema de relatórios e gráficos intuitivo, com fácil navegação entre datas e horários. Zabbix suporta *polling* (forma de capturar dados de tempo em tempo) e *trapping* (notificação de alarmes). Toda a configuração de monitoramento é feita através da interface web, e esta interface assegura os estados

de bom funcionamento da rede e de seus servidores possam ser acessados de qualquer lugar [Lima, 2014].

### 3.1 Monitoramento de Desempenho

O Zabbix é capaz de monitorar a carga do processador, número de processos rodando, número de processos, atividade no disco rígido, espaço da memória swap e disponibilidade da memória. Ele provê ao administrador de sistemas, informações em tempo real sobre o desempenho de um servidor. Além disso, pode produzir gráficos de tendências para ajudar na identificação de gargalo no desempenho do sistema.

### 3.2 Escalabilidade

O Zabbix possui alta escalabilidade, foi projetado para escalar de pequenos ambientes com alguns dispositivos, para grandes com milhares de dispositivos monitorados.

### 3.3 Monitoramento proativo

O administrador pode definir virtualmente uma possível condição para disparar determinadas ações. Em algum momento quando essas condições forem verdadeiras ou falsas, um alerta será enviado por e-mail para um endereço definido pelo administrador. Programas externos podem ser usados para notificar o usuário como SMS, aplicativo mobile (Telegram) e outros.

### 3.4 Verificação de Integridade

O Zabbix é capaz de verificar a integridade do servidor. Arquivos de configuração críticos, kernel, scripts e páginas *HyperText Markup Language* (HTML) de servidores web podem ser monitorados permitindo que o administrador possa ser alertado toda vez que um desses arquivos forem alterados.

### 3.5 Capacidade de Planejamento

Observando a tendência de carga de processos, uso de disco rígido, atividade de banco de dados ou outras medidas importantes, o Zabbix permite ao administrador de sistemas uma visão clara para uma necessidade futura de atualização de um hardware específico, quando o mesmo estiver sobrecarregado.

### 3.6 Monitoramento do SLA

O Zabbix é capaz de monitorar serviços ao nível de contrato (*service level agreements* - SLA). Mantém, também, no SLA os dados históricos relacionados que

ajudam a identificar e melhorar áreas fracas de uma infraestrutura de tecnologia de informação.

### 3.7 Análise de disponibilidade

Permite a análise da disponibilidade, ou seja, quando um determinado servidor gerenciado está indisponível para uso. Além disso, a representação gráfica de informações coletadas pode ser usada para tomar decisões, pois são mostrados em formas de relatórios. Outro ponto é a forma de mostrar os elementos gerenciados ou não em forma de mapas de redes permitindo uma melhor visão da rede.

### 3.8 Segurança

O acesso à interface web do Zabbix pode ser feito através de uma conexão protegida por *secure sockets layer* (SSL), garantindo a segurança entre os usuários e o servidor. Todos os componentes do Zabbix podem funcionar como usuários desprivilegiados o que é especialmente importante para os agentes nativos. Mais ainda, executar os *daemons* do Zabbix sob uma conta privilegiada requer etapas extras. Os componentes comunicam entre si e apenas aceitam conexões de endereços IP autorizados, outras conexões são automaticamente rejeitadas. Com o suporte a criptografia é possível proteger as comunicações entre componentes Zabbix separados (como o servidor Zabbix, proxies, agentes e utilitários de linha de comando) usando o protocolo Transport Layer Security (TLS). Criptografia baseada em certificados e pré-compartilhada com chave é suportada. A criptografia é opcional e configurável para componentes individuais

## 4 | METODOLOGIA

Além do estudo bibliográfico, realizou-se um estudo prático sobre a ferramenta Zabbix. Para tal, implantou-se o Zabbix para monitorar as redes administrativa e de laboratório de pesquisa do IFPA – Campus Tucuruí, com o objetivo de obter métricas de comparação em relação aos benefícios e características da implantação dessa ferramenta. Inicialmente, fez-se um levantamento junto a equipe de suporte de informática do IFPA – Campus Tucuruí, a fim de identificar quais seriam os problemas existentes no Campus e que poderiam ser solucionados através de uma ferramenta de gerenciamento de rede.

Esse levantamento prévio apontou alguns problemas: falta de monitoramento de impressoras, de gerenciamento de espaço em disco e indisponibilidade dos servidores, de gerenciamento e indisponibilidade dos switches, indisponibilidade do Wi-Fi (HotSpot), indisponibilidade das smartTVs e a ausência de um servidor de

mídia.

#### 4.1 Equipamentos Monitorados

A Tabela 01 mostra os ativos de rede da instituição que estão sendo monitorados com configurações padrões do servidor Zabbix.

Quantidade	Equipamentos	Descrição
18	TVs multimídia	SmartTV projetando anúncios informativos da instituição
14	Switches	Switches gerenciáveis de 24 e 48 portas
12	Access points	Access points provendo internet sem fio ao campus, usados como hotspots.
15	Impressoras	Impressoras usadas pelos setores administrativos de cada bloco do campus.
02	Servidores	Servidores de aplicação Web e de domínio
01	Emby	Aplicação Emby responsável por gerenciar o conteúdo multimídia das TVs.
01	FOG	Aplicação FOG usada para distribuição de sistema operacional em rede.
Total de Equipamentos		63

Tabela 01- Equipamentos e aplicações que estão sendo monitorados pelo Zabbix.

Fonte: A autoria própria.

#### 4.2 Implementação do Zabbix

Para o ambiente de implementação do Zabbix, foi definido que os ativos a serem monitorados são os recursos, serviços e aplicações com maiores incidências de problemas, tais como: impressoras de rede, apontando o status de indisponibilidade; monitoramento de HD, analisando a quantidade total e o espaço livre para armazenamento de arquivos; Wi-Fi, monitorando a indisponibilidade dos access point; monitoramento indisponibilidade dos switches; status das smart TVs, se está on/off-line.

O Zabbix Server foi instalado através do código fonte em um servidor físico, estrategicamente localizado na CTIC, possibilitando assim a comunicação entre todos os dispositivos da rede de computadores do IFPA. As configurações desse servidor estão listadas na Tabela 02. A instalação se deu de forma unificada entre Zabbix Server, banco de dados e interface Web, em um mesmo servidor. Todas essas configurações foram escolhidas com base na quantidade aproximada de dispositivos a serem monitorados e na documentação oficial do Zabbix.

Sistema Operacional	GNU/Linux
Distribuição	Ubuntu 14.5 LTS
Memória RAM	4,00 GB
Disco Rígido	500,00 GB
Processadores	Intel Pentium CPU G2030, 3.00 GHz
Placa de Rede	1 HP NC360T

Tabela 02- Especificação do servidor com o Zabbix Server.

Fonte: Autoria própria.

Para a instalação do Zabbix, foram baixados os arquivos-fonte do site oficial da Zabbix. Utilizou-se a versão 3.0.10, pois é uma versão estável. Na instalação do banco de dados foi escolhido o MySQL e utilizado a versão 5.7, o pré-requisito do site oficial do Zabbix é a versão 8.1 ou superior [Zabbix, 2017].

O arquivo de configuração do Zabbix Server é bem abrangente e possui vários parâmetros, porém, no cenário deste trabalho foi configurado apenas o básico para o funcionamento do Zabbix Server. Após a configuração do servidor com os serviços necessários para o funcionamento do Zabbix Server, realizou-se as configurações no navegador e a inicialização do monitoramento. O primeiro host a ser monitorado foi o próprio Zabbix Server com o template padrão.

Os *templates* são modelos de regras de coleta, alerta e representação gráfica que podem facilmente ser aplicados a elementos monitorados. Várias ferramentas de monitoramento suportam essa funcionalidade, entretanto o Zabbix é uma das poucas ferramentas que suporta esse recurso em conjunto com heranças de propriedades.

## 5 | RESULTADOS

### 5.1 Gerenciamento de Impressoras

O IFPA possui em sua estrutura atual, impressoras de rede que estão em operação. Dentre as impressoras de rede, a instituição possui quatro modelos diferentes, que são: Lexmark C9500 e Lexmark X264DN, HP Laserjet M1212NF-MFP e HP Laserjet 400M401DNE. No total de 15 (quinze) impressoras de rede.

Para teste realizado na impressora, a Figura 01 mostra o gráfico do tráfego na interface Ethernet quando a impressora é utilizada em rede. No momento que a impressora estava sendo utilizada para imprimir provas, o gráfico mostra que há uma elevação no tráfego (em verde) chegando a 100 kbps. Há uma interrupção também no tráfego de entrada e saída, devido a mesma ser desligada. Com essas informações o gerente de rede consegue visualizar o tráfego de entrada e saída das impressoras.

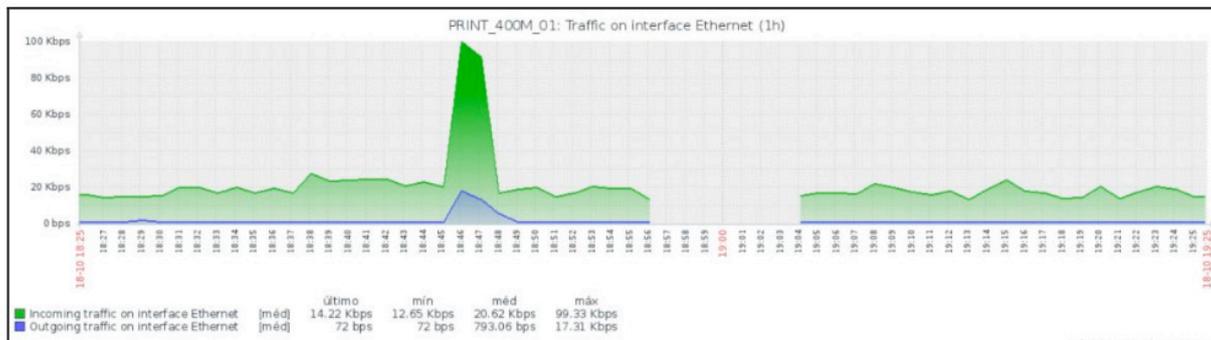


Figura 1. Tráfego na interface ethernet da impressora.

Após a implementação do monitoramento, consegue-se identificar a disponibilidade da impressora na rede (se está disponível ou não) e o tráfego na sua interface Ethernet.

## 5.2 Monitoramento de espaço em disco e indisponibilidade dos servidores

Para realizar coletas das informações de todos os servidores da rede administrativa foi instalado o Zabbix Agent, pois ele permite o envio de uma enorme gama de informações para o Zabbix Server, sendo mais abrangente que o envio de informações pelo protocolo SNMP.

O agente instalado foi implementado no modo ativo, ou seja, periodicamente envia os dados que o Zabbix Server solicitou em sua primeira conexão. As configurações utilizadas nos agentes foram feitas conforme o padrão, ou seja, com os parâmetros mínimos para a troca de informações entre o agente e gerente,

A Figura 2 mostra o gráfico da utilização do processador. Nesse exemplo, nota-se que o parâmetro CPU idle time (tempo de inatividade da CPU) apresenta média de inatividade de 92.50%; o CPU system time (tempo do sistema CPU) apresenta média de 0.32%; o CPU lowait time (tempo de baixa da CPU) apresenta média de 6.51%. Com essas informações, pode-se observar com detalhes a utilização do processador, auxiliando o gerente de rede na tomada de decisão, caso o processador venha ter uma sobrecarga, podendo assim parar os serviços nos servidores.

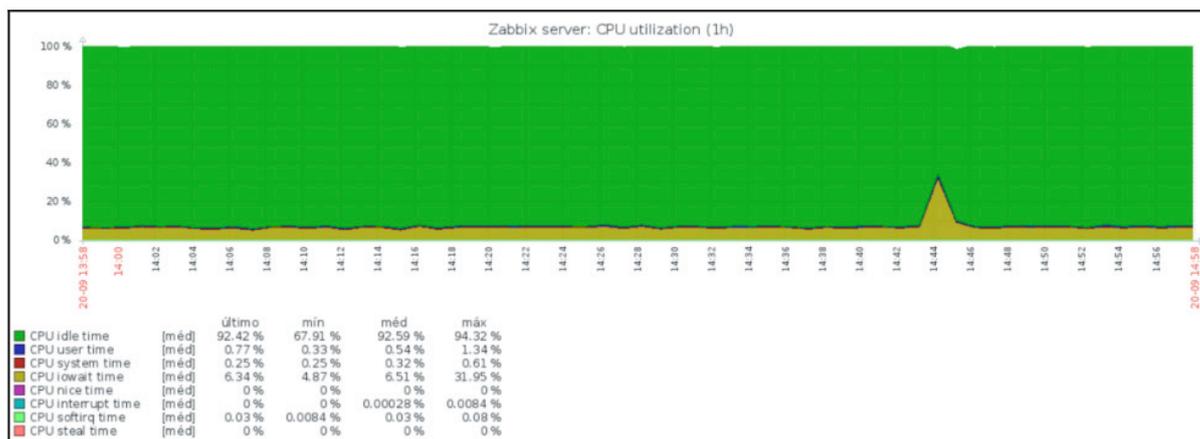


Figura 2. Gráfico da utilização do processador.



através do protocolo SNMP v2. Com essas configurações, consegue-se obter dados do access point. A Figura 5 mostra o gráfico da disponibilidade do access point.

O detalhe em verde mostra a disponibilidade. Para realizar teste e simular falha no dispositivo, o access point foi desligado. No exemplo do gráfico, pode-se observar que o detalhe em verde tem uma interrupção, e essa interrupção indica o tempo que o access point ficou indisponível. Através do trigger é enviado um alerta por email para identificar que o access point está indisponível, isso ocorrerá quando o valor de retorno do ping for igual a zero.

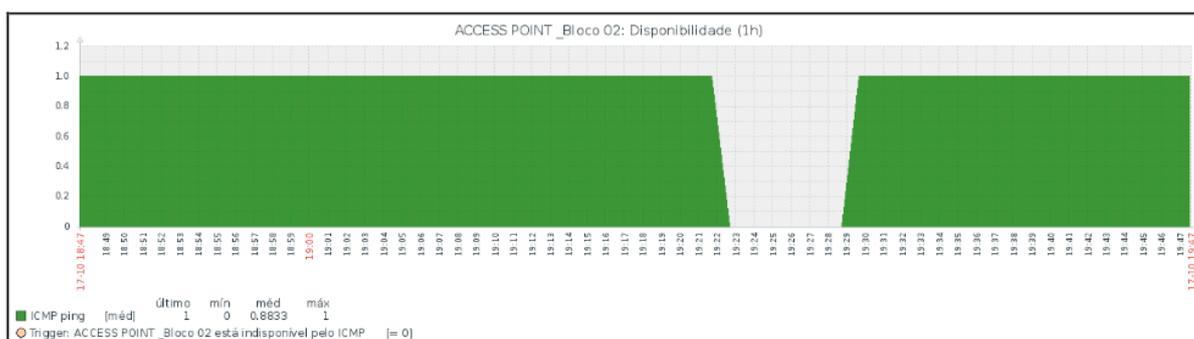


Figura 5. Mostra a disponibilidade dos access point.

A Figura 6 mostra o trigger que monitora a disponibilidade dos access point através do *template* ICMP. Caso o valor de retorno do access point seja “=0” (igual a zero) o alerta é disparado com severidade de nível **Médio**.

Severidade	Nome	Expressão	Status
Atenção	A perda de ping é muito alta {HOST.NAME} Depende de: Template ICMP Ping: {HOST.NAME} está indisponível pelo ICMP	{Template ICMP Ping:icmppingloss.min(5m)}>20	Ativo
Atenção	O tempo de resposta é muito alto em {HOST.NAME} Depende de: Template ICMP Ping: {HOST.NAME} está indisponível pelo ICMP	{Template ICMP Ping:icmppingsec.avg(5m)}>0.15	Ativo
Média	{HOST.NAME} está indisponível pelo ICMP	{Template ICMP Ping:icmpping.max(#3)}=0	Ativo

Exibindo 3 de 3 encontrados

Figura 6. Trigger de disponibilidade access point.

Com o monitoramento do sistema de HotSpot do campus IFPA os técnicos de TI conseguem identificar com rapidez quaisquer incidentes, a quantidade real de incidentes e os momentos das ocorrências destes incidentes. Dessa forma, poderão agir com rapidez para resolver o problema. Assim, a quantidade de reclamações quanto a falta de acesso da rede pode diminuir, com isso a equipe pode utilizar seus esforços ao atendimento de outras demandas.

## 5.4 Gerenciamento e indisponibilidade dos switches

A coordenação de Tecnologia da Informação do IFPA disponibiliza uma rede cabeada nos blocos da instituição e em laboratórios de informática para o uso de

aulas práticas ou de pesquisas aos discentes, docentes e para uso administrativo. O IFPA possui switches gerenciáveis espalhados pela instituição em laboratórios de informática, biblioteca, setores administrativos e na sala de TI, na qual necessitam ser monitorados: o tráfego da rede, perda de pacote e a indisponibilidade.

Para coleta dos dados nos switches foram utilizados o Template ICMP Ping e o Template SNMP Device. A Figura 7 mostra o gráfico de disponibilidades dos switches. Para a realização de teste de falha no dispositivo, foi utilizado um switch em laboratório, onde o mesmo foi desligado, com isso a Figura 7 mostra o momento e o período de tempo que o switch ficou indisponível. Através do trigger é enviado um alerta por email para identificar que o switch está indisponível, isso ocorrerá quando o valor de retorno do ping for “=0” (igual a zero).

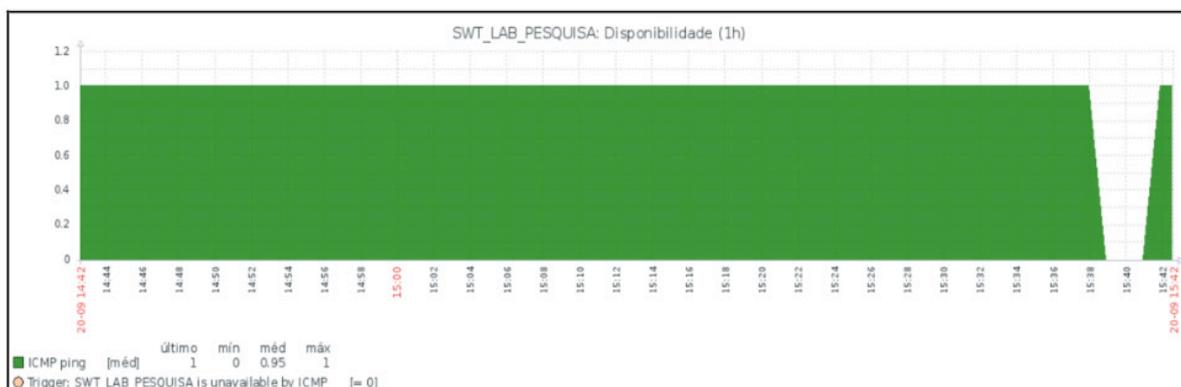


Figura 7- Gráfico de disponibilidade dos switches.

## 5.5 Indisponibilidade das smart TVs

A coordenação de Tecnologia da Informação do IFPA disponibiliza smart TVs nos blocos da instituição, para mostrar informativos, cronogramas e eventos da instituição aos discentes e docentes. Essas smart TVs estão espalhadas em pontos estratégicos na instituição, nos corredores dos blocos, na biblioteca, na sala de TI, as quais necessitam ser monitoradas. O processo de implantação do monitoramento das smart TVs se deu através da utilização do template de ICMP/ping do Zabbix. A comunicação do Zabbix Server com o ativo monitorado se deu através ICMP-ping. A Figura 8 mostra o gráfico da disponibilidade. Para a realização de teste foi utilizada a TV do bloco 6, onde a mesma foi desligada para simular falha no dispositivo. O detalhe em verde tem uma interrupção, essa interrupção é o momento que a TV ficou indisponível. Através do trigger é enviado um alerta por email para identificar que o switch está indisponível, isso ocorrerá quando o valor de retorno do ping for “=0” (igual a zero).

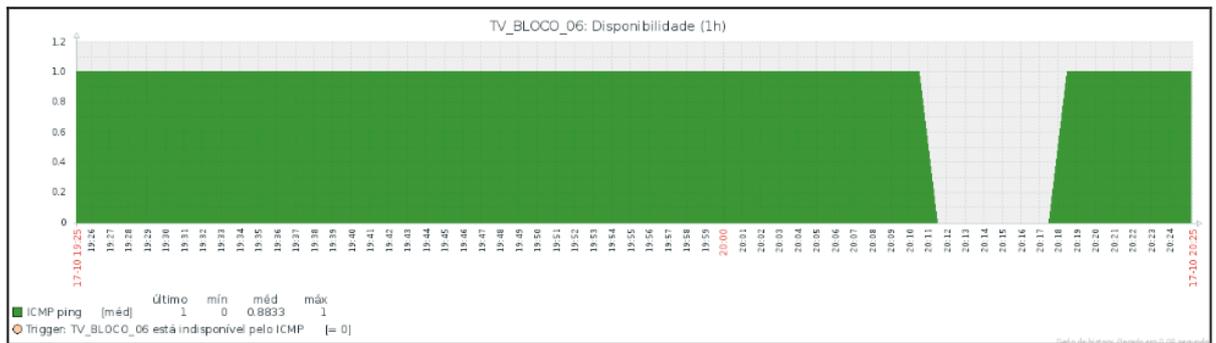


Figura 8- Disponibilidade da TV.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento desse trabalho foi possível perceber a importância do gerenciamento de equipamentos e serviços de redes de computadores.

Constatou-se que através da ferramenta Zabbix tem-se a facilidade e rapidez para diagnosticar possíveis problemas quanto ao armazenamento em disco dos servidores, diagnosticar possíveis indisponibilidade de equipamentos. Pode-se dizer, também, que o gerenciamento de rede implementado assegurou melhor controle em nível de equipamentos e serviços, pois a automatização de alertas aos incidentes permite assertividade, pontualidade e principalmente a manutenção preventiva e reativa a nível operacional da rede.

## REFERÊNCIAS

Kurose, James F. (2013) “Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down”/ James F. Kurose, Keith W. Ross; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Wagner Luiz Zucchi. – 6. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil.

Lima, Janssen dos Reis (2014). “Monitoramento de Redes com Zabbix”. 1ª ed. São Paulo: BRASPORT Livros e Multimídia Ltda.

Forouzan, B. A. (2008). “Comunicação de Dados e Rede de Computadores”. 4ª ed. São Paulo: McGraw-Hill.

Zabbix Inc. (2018). A solução de monitoramento de classe empresarial para todos. Disponível em: <<http://www.zabbix.com/>>. Acesso em outubro de 2018.

Torres, Gabriel (2014). Redes de Computadores versão revisada e atualizada. 2ª ed. Rio de Janeiro: Copyright.

## PROJETO CONCEITUAL DE UMA MINIMÁQUINA-FERRAMENTA MULTIFUNCIONAL CNC

*Data de aceite: 07/02/2020*

*Data de submissão: 09/11/2019*

### **Gilberto Fernandes Resende de Brito**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU  
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC  
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/8553641449107498>

### **Victor Augusto de Paiva Lopes**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU  
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC  
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/5737284849241141>

### **Vitor Nakayama de Araújo Pires Ferreira**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU  
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC  
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/7101046659717347>

### **João Eduardo Lacerda L. dos Santos**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU  
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC  
Uberlândia – MG

### **Déborah de Oliveira**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU  
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC  
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/7264334163120189>

### **Artur Alves Fiocchi**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU  
Faculdade de Engenharia Mecânica - FEMEC  
Uberlândia – MG

<http://lattes.cnpq.br/3822377177295931>

**RESUMO:** Máquinas-ferramenta de controle numérico computadorizado (CNC) são largamente empregadas na indústria e em laboratórios de pesquisa devido à capacidade de realizar diferentes operações de usinagem obtendo superfícies de geometrias complexas com maior flexibilidade e produtividade, reduzindo a demanda de mão de obra e outros equipamentos. Contudo, elas possuem elevado valor comercial, sendo esse o principal obstáculo para sua difusão. O objetivo deste trabalho é reduzir os custos de fabricação por meio do uso de metodologia de projeto para criação de uma minimáquina-ferramenta multifuncional CNC, capaz de realizar diferentes processos convencionais e não convencionais de usinagem com precisão, exatidão e repetibilidade, condizentes com as exigências da indústria e laboratórios visando à fabricação de micropeças e microcaracterísticas. Para isso, o projeto empregará elementos de máquina comerciais, estrutura principal de aço inoxidável e guias cilíndricas de aço inoxidável, com poucas peças especialmente projetadas e de geometria simplificada, além disso, o sistema eletrônico de comando será de baixo custo e levará em consideração o caráter de modularidade. Ademais, o projeto visa atender demandas específicas em que as tradicionais máquinas-ferramenta industriais de maior tamanho e de maior custo são inviáveis técnica

e economicamente. O projeto do equipamento já mostra resultados positivos, como projeto em CAD 3D finalizado, assim como análise morfológica finalizada. Já foram selecionados mancais, fusos e guias já definidos de acordo com a demanda do projeto. **PALAVRAS-CHAVE:** Projeto mecânico, máquina-ferramenta, usinagem mecânica, processos híbridos de manufatura.

## CONCEPTUAL DESIGN OF A MINI CNC MULTI-FUNCTIONAL TOOL

**ABSTRACT:** Computer Numerical Control (CNC) machine tools are widely used in industry and research laboratories due to the ability to perform different machining operations obtaining complex geometry surfaces with greater flexibility and productivity, reducing labor and other equipment demand. . However, they have high commercial value, which is the main obstacle to their diffusion. The objective of this work is to reduce manufacturing costs by using design methodology to create a multifunctional CNC mini-machine, capable of performing different conventional and unconventional machining processes with precision, accuracy and repeatability, consistent with the requirements. industry and laboratories for the manufacture of micro parts and micro characteristics. For this, the design will employ commercial machine elements, stainless steel mainframe and stainless steel cylindrical guides with few specially designed parts and simplified geometry, and the electronic control system will be low cost and take into account the modularity character. In addition, the project aims to meet specific demands where larger and more expensive traditional industrial machine tools are technically and economically unviable. The equipment design already shows positive results, such as finalized 3D CAD design as well as finalized morphological analysis. Bearings, spindles and guides already defined according to the project demand have already been selected.

**KEYWORDS:** Mechanical design, machine tool, mechanical machining, hybrid manufacturing processes.

## 1 | INTRODUÇÃO

A fabricação através de usinagem é de grande relevância tanto para a indústria quanto para o meio acadêmico, no que se refere a produção de material para pesquisa. No âmbito da indústria 4.0, sistemas automatizados são cada vez mais importantes, pois permitem maior agilidade nos processos de fabricação (Polastrini, 2016). Contudo, máquinas-ferramentas CNC possuem elevados custos que podem inviabilizar sua aquisição para pequenos lotes ou aplicação em pesquisa. Assim, a redução de custo é uma necessidade. A concepção de sistemas modulares surgiu como proposta para reduzir os custos de fabricação e operação, pois permite uma produção flexível, possibilitando a atualização do produto, diversificando e atendendo necessidades específicas (Martins, 2002).

Amplamente utilizada desde 1911, a usinagem eletroquímica é um processo

não convencional de usinagem para materiais condutores elétricos, que independe das propriedades mecânicas do material e que pode reduzir o custo de fabricação quando comparado aos processos convencionais (Kumar, 2016). Esse processo de usinagem consiste na utilização de peças e ferramentas condutoras que realizam a usinagem através da dissolução anódica da peça pela ação de uma corrente elétrica que se forma através do eletrólito entre a ferramenta ou eletrodo (cátodo) e a peça (ânodo), em função da diferença de potencial elétrico aplicada entre as duas (Muller; Araújo, 1972 *apud* Neto; Buzzatto; Rebello, 2011).

Uma das aplicações deste processo é na rebarbação de peças, utilizado após a usinagem convencional de desbaste ou acabamento, com o objetivo de remover as rebarbas e melhorar o acabamento superficial (Branco, 2010). Ressalta-se ainda que, diferentemente dos processos convencionais de rebarbação, a usinagem eletroquímica não gera novas rebarbas durante o processo por não fazer uso de energia mecânica para remoção de material (Kennametal, 2004).

A usinagem eletroquímica também é muito eficaz para a usinagem de materiais de elevada resistência mecânica, uma vez que essas propriedades não interferem nos fenômenos de dissolução anódica (SARKAR; MITRA; Bhattacharyya, 2004 *apud* LEE *et al.*, 2013). Além disso, o processo se destaca por não gerar danos térmicos e mecânicos nas peças usinadas (Sarkar; Mitra; Bhattacharyya, 2004 *apud* LEE *et al.*, 2013; Groover, 2014). Todas estas vantagens devem ser consideradas uma vez que através da usinagem eletroquímica é possível promover o barateamento do processo de usinagem e a economia com ferramentas (Jeykrishnan *et al.*, 2017).

Contudo, a usinagem eletroquímica é um processo lento, quando comparado com a usinagem convencional, devido a menor taxa de remoção de material (TRM) (Kumar *et al.*, 2017). Uma solução para esse problema é aliar as altas taxas de remoção de material do processo mecânico de usinagem convencional às vantagens de acabamento, redução da introdução de defeitos críticos e a rebarbação da usinagem eletroquímica. À essa associação se dá o nome de processo híbrido de usinagem.

Com o intuito de ampliar os estudos na área de usinagem eletroquímica de precisão e processos híbridos de usinagem, que necessitam de elevada precisão, exatidão e manutenção da distância (*gap*) entre a ferramenta-eletrodo e a peça durante o movimento de avanço, se tornou necessário o projeto e fabricação de novas máquinas-ferramenta. Alguns dos requisitos de projeto identificados são baixo investimento e fácil operação, reduzindo a dependência de máquinas de grande porte e de elevado custo (Polastrini, 2016). A demanda se justifica pelo fato de laboratórios e empresas necessitarem de equipamentos flexíveis, para aumentar a capacidade de pesquisa e produção. Sendo que no contexto atual o mercado é mais competitivo e exigente quanto a qualidade e diversidade dos produtos (Costa, 2014).

Assim, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um projeto conceitual de uma minimáquina-ferramenta multifuncional CNC para usinagem convencional e não convencional que seja capaz de operar em diferentes contextos que necessitem de um sistema de movimentação cartesiano preciso, adequada rigidez de laço estrutural, resistente à corrosão, modular, baixo custo e de montagem e manutenção fácil.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para o projeto de uma máquina que atenda todas as exigências propostas, como resistência a corrosão e com modularidade para realizar os diferentes processos de usinagem com precisão, vários aspectos foram levados em consideração, como o material das peças, suportes para o posicionamento de cubas eletrolíticas e morsas de dimensões variadas, além de um sistema de movimentação robusto que permita adicionar novos componentes, como mancais e roscas de diferentes marcas e modelos. Desse modo, estendendo as possibilidades de uso e futuras atualização do equipamento.

O projeto mecânico contempla diversas condições de montagem e uso de elementos de máquina. Considera os espaços necessários para diferentes mancais, diâmetros e perfis dos fusos. Um aspecto que tange essa ideia é a possibilidade de empregar tanto fusos com roscas no padrão métrico, quanto fusos de esferas recirculantes, bastando apenas a substituição dos elementos e ajuste dos calços dos mancais e porcas. Essa competência de usar diferentes componentes sem a necessidade de se modificar o projeto é vista por toda a máquina, sempre com a intenção de criar um produto que se ajuste a necessidade do usuário.

Para garantir que máquina seja capaz de operar com diferentes ferramentas, o suporte do cabeçote será desenvolvido de forma que possa receber diferentes tipos; desde cabeçotes de alta rotação, até ferramentas/eletrodos para usinagem eletroquímica. O suporte do cabeçote no eixo de translação vertical deverá ser isolado eletricamente do restante da máquina, aja vista que nos processos de usinagem não convencional que fazem uso de energia elétrica a ferramenta ou eletrodo farão parte de circuito elétrico próprio. Essa medida visa garantir a segurança do operador e proteger o sistema elétrico do equipamento. Para isso, a fixação do suporte deve ser feita com o auxílio de buchas de material não condutor, dessa forma garantindo o isolamento elétrico.

Há no mercado uma grande disponibilidade de peças, componentes e elementos de máquina. Empregá-los implica na redução do custo de projeto, fabricação e montagem, sendo uma solução atual adotada pela indústria (Coelho *et al.*, 2015). Nesse sentido, o presente projeto pretende utilizar componentes comerciais, sendo

fabricadas apenas algumas peças para unir a estrutura principal aos sistemas lineares de movimentação. Para tanto, os componentes que serão projetados e construídos possuem geometrias simples e de fácil fabricação, sempre optando pelo uso de chapas, blocos e tarugos comerciais como matéria prima, empregando, por exemplo, processos de torneamento, fresamento, furação, rosqueamento, retificação, corte por jato d'água abrasivo e conformação mecânica transformar a matéria prima nos produtos pretendidos.

## 2.1 Etapas do projeto

No cenário de mercado atual, a competição e a necessidade de desenvolvimento de novos produtos são crescentes, o que estabelece um dever com a organização do projeto, visando desenvolvê-lo sob uma visão crítica que visa solucionar carências e potencializar o processo de produção (Baxter, 1998). Desse modo, com o objetivo de ter melhor controle no desenvolvimento de uma minimáquina foi proposto uma estratégia de projeto. Dentro dessa estratégia foi criado métodos que visam separar etapas críticas para que facilite o estudo e aplicação de técnicas para a tomada de decisões.

As etapas foram divididas em:

### 2.1.1 Identificação da demanda

Nessa etapa, o objetivo foi identificar a necessidade de uma minimáquina para usinagem eletroquímica e mecânica, com capacidade modular. Nesse mesmo momento também foram levantados os requisitos de projeto, com o intuito de criar um equipamento versátil com capacidade de atender o máximo de áreas possíveis. Como exemplo, no campo da pesquisa, soluções como a compra e a adaptação de máquinas CNC's de alta precisão são vistas como complicadas, por apresentar alto valor e não garantir um bom funcionamento, principalmente para projetos de usinagens eletroquímicas de precisão, que necessitam de equipamentos que resistam à corrosão e que tenham estrutura rígida e isolada eletricamente da região de usinagem. Desse modo, as exigências de projeto foram levantadas, sempre usando exemplos práticos de problemas encontrados em laboratórios que poderiam ser solucionados com o projeto.

### 2.1.2 Estudo de viabilidade técnica e economia

A viabilidade do projeto foi conferida nessa etapa. Para isso, foi analisado o que deveria ser feito para atender as exigências do projeto, sendo considerado opções como adaptação de sistemas de movimentação já existentes, necessidade de microscópio ou máquina com sistema de movimentação XY. Foi concluído que o

projeto e desenvolvimento de uma minimáquina é viável, pois possibilita a criação de sistemas mais eficientes para atender os requisitos do projeto, principalmente no que se refere a modularidade.

### 2.1.3 Projeto conceitual

Definido as exigências do projeto, foi iniciado uma etapa de pesquisa e esboços iniciais, como objetivo de buscar por melhores sistemas e métodos para atender os requisitos. O uso de uma estrutura em “C” se apresentou como a mais simples e fácil de ser adaptado e construído.

Nessa mesma etapa, foi realizada a análise morfológica da minimáquina, explicitado na Tabela (1), com a finalidade de ajudar na tomada de decisão e seleção de peças e sistemas para a composição da minimáquina.

Análise Morfológica- Minimáquina para Usinagem Eletroquímica e Mecânica						
Movimentação	Z		XZ		XYZ ★	
Material da estrutura	Aço carbono	Ferro fundido	Aço ★ inoxidável	Granito natural	Granito sintético	Alumínio
Forma da estrutura	'L" parafuso ★		"C" simétrico		Ponte	
Material das mesas X, Y e Z	Aço carbono		Alumínio		Aço inoxidável ★	
Material mancais	Aço carbono		Alumínio		Aço inoxidável ★	
Rolamentos dos eixos lineares	Rígido de uma carreira de esferas		Contato angular ★		Autocompensador	
Guias lineares	Cilíndricas ★		Esferas recirculantes		Rolos recirculantes	
Fusos dos eixos lineares	Esferas recirculantes		Barra roscada ★		Perfil trapezoidal	
Porcas dos eixos lineares	Esferas recirculantes		Porca simples		Porca com ajuste de folga axial ★	
Parafusos	Sextavado		Allen ★		Fenda	
Cabeçote	Aerostático acionado por turbina	Aerostático acionado por motor elétrico	De rolamento acionado por turbina	De rolamento acionado por motor elétrico	Montagem modular ★	

Tabela 1 - Quadro morfológico da minimáquina-ferramenta multifuncional CNC

### 2.1.4 Projeto preliminar

Essa etapa consiste em estudar mais a fundo os sistemas ou peças

selecionadas no quadro morfológico, para garantir que a escolha seja a mais adequada. Nessa mesma etapa também será realizado o desenho em CAD 3D, obedecendo as especificações e decisões tomadas no projeto conceitual.

O estágio atual do projeto se encontra nesta fase e os trabalhos estão sendo finalizados. Desenhos do conjunto montando em CAD e uso de ferramentas CAE e FEA estão sendo utilizados. Serão preparados os desenhos técnicos de todos os componentes que serão fabricados e, em seguida, serão confeccionadas as folhas dos processos de fabricação contendo os parâmetros de usinagem e montagem para que se possa prosseguir para a etapa de fabricação do protótipo.

A Figura (2), apresenta o estágio atual do projeto conceitual da minimáquina, em que os sistemas de movimentação XYZ, estrutura, suportes e mancais já estão definidos.

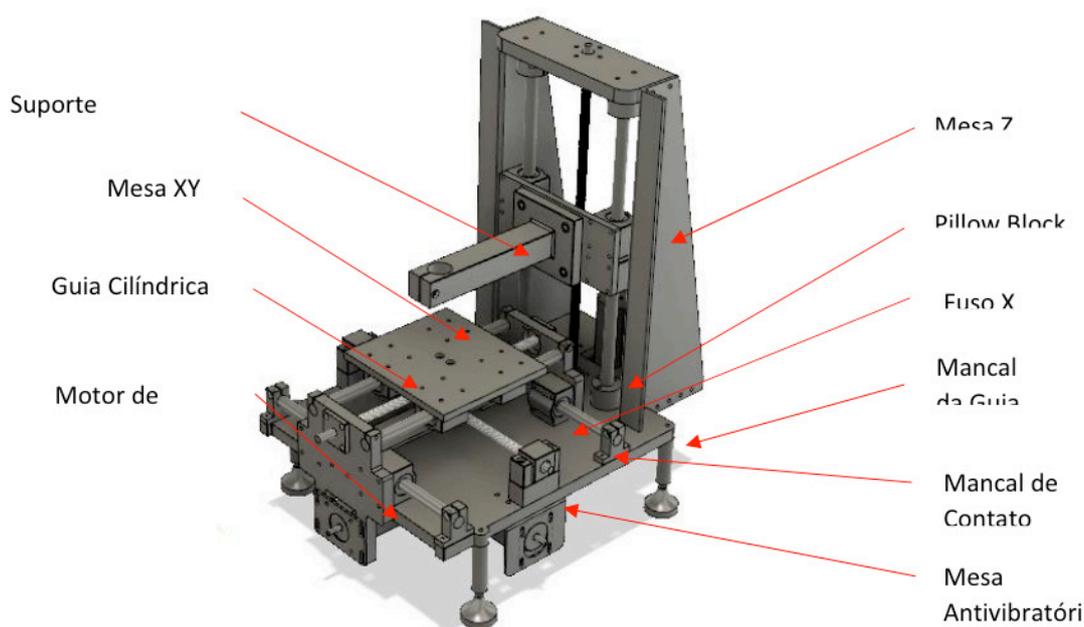


Figura 1. Esboço do projeto preliminar

### 2.1.5 Fabricação do protótipo

Nessa etapa, serão produzidos os componentes e realizada a montagem do protótipo. As chapas serão cortadas por meio de jato d'água abrasivo, pois se mostra como o método de melhor custo benefício, pois permite um melhor acabamento por um menor valor. Além disso, as superfícies cortadas não serão superfícies funcionais. Suportes feitos com chapas finas, como os suportes dos do eixo Z, serão fabricados por processos de conformação mecânica de chapas e as demais peças que serão produzidas por processos de usinagem convencional. Essas peças serão de geometrias simples e de fácil usinagem, para assim reduzir as etapas de fabricação, reduzindo, também, o tempo e o custo de fabricação.

### 2.1.6 Validação

Para a validação do protótipo serão usinadas peças por processos eletroquímicos, mecânicos e híbridos que devem atender aos parâmetros esperados, como a capacidade de resistir a corrosão e ter isolamento elétrico eficiente durante processos de usinagem eletroquímica. Caso o protótipo atenda os critérios desejados, a etapa de validação será concluída com êxito. Caso o objetivo não seja alcançado, o projeto conceitual será retomado e as etapas descritas executadas novamente de forma iterativa até que os problemas sejam solucionados.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como apresentado no item 3.1, o projeto foi dividido em 6 etapas, com o objetivo de organizar e melhorar o planejamento do mesmo. Das etapas mostradas as três primeiras já foram concluídas, sendo elas a identificação da demanda, o estudo de viabilidade e o projeto conceitual, respectivamente, com o projeto preliminar em progresso. A identificação da demanda mostrou uma boa perspectiva de mercado, sendo que, a minimáquina conseguirá atender uma faixa de demanda específica, como a usinagem eletroquímica e híbrida, com menor custo se comparado com máquinas CNC's industriais disponíveis no mercado. Uma minimáquina CNC pode ser de grande comodidade para empresas e indústrias, pois tem a eficácia de realizar processos complexos fabricação, como a usinagem eletroquímica. Além disso, o equipamento se mostra bastante viável, dado que, com a utilização de componentes de simples fabricação e fácil modificação é possível criar um produto com capacidade para atender múltiplos propósitos, sendo assim interessante para a indústria e academia.

O projeto está se desenvolvendo como o esperado, respeitando bem as etapas propostas, sendo que as etapas iniciais apresentaram uma boa perspectiva para o desenvolvimento, como a identificação de uma demanda para o projeto. O desenvolvimento da pesquisa de sistemas modulares está apresentando resultados satisfatórios, visto que já foram projetados e desenvolvidos vários conceitos de modularidade de projeto, que contribuem para a criação de uma minimáquina robusta e capaz de atender as exigências propostas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem à CAPES-PROEX, CNPq e FAPEMIG, à Pró-Reitoria de Pesquisa e a Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio financeiro. Agradecemos também ao Comitê Organizador do XXI Colóquio de Usinagem 2018.

## REFERÊNCIAS

BAXTER, M. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1998.

BRANCO, R., 2010. **Usinagem eletroquímica na indústria metal mecânica**. Fonte: Manutenção e Suprimentos: <http://www.manutencaoessuprimentos.com.br>. Acesso em: out. 2014 KENNAMETAL. ECM Deburring, 2004. Disponível em: <http://www.manutencaoessuprimentos.com.br>. Acesso em: 30 jun. 2014.

COELHO, C.D.P., LIBRELOTTO, L.I., 2015, **A Simplificação Dos Processos De Produção Em Indústria Automobilística**. v.1, 1ed – 2015.

COSTA, F. S., 2014, **ESTUDO DE GANHOS DE PRODUTIVIDADE E DE QUALIDADE EM MÁQUINAS CNC COM O USO DE SISTEMAS TOOLSETTER LASER**, 115 p., Programa de Mestrado em Engenharia da Produção, Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brasil.

J. JEYKRISHNAN, B. VIJAYA RAMNATH, X. HERVIN SAVARIRAJ, R. DAVID PRAKASH, V.R. DHINESH RAJANAND D. DINESH KUMAR, “**Investigation on Tensile and Impact Behavior of Aluminum Base Silicon Carbide Metal Matrix Composites**”, Indian journal of science and technology, Vol. 9 (37), 2016, DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i37/101979.

KUMAR, M., MAHTO, P. K., KUSHWAHA, D., SINGH, N. K., 2016, **Electrochemical Machining: Review of Historical and Recent Developments**, International Journal of Advance Research in Science and Engineering, v.5, p. 217 – 227.

KUMAR, P., BAJPAI, V., SINGH, R., **Burr height prediction of Ti6Al4V in high speed micro-milling by mathematical modeling**, Manufacturing Letters, v.11, 2017, p. 12-16.

LEE, S. J., LIU, C. P., FAN, T. J., CHEN, Y. H., 2013, **Deburring Miniature Components by Electrochemical Method**, Int. J. Electrochem. Sci., v. 8, p. 1713 – 1721.

MARTINS, J. C. M., **INTRODUÇÃO AO DESIGN DO PRODUTO MODULAR: CONSIDERAÇÕES FUNCIONAIS, ESTÉTICAS E DE PORTUÇÃO**, 2002, 116 p. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

NETO, D. M. D., BUZZATTO, P. H. F., REBELLO, R. C., 2011, **Substituição De Um Processo De Rebarbação Manual Por Um Processo De Rebarbação Eletroquímica**, 68 p., Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

POLASTRINI, F. H., **DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA CNC DE BAIXO CUSTO COM SOFTWARE E HARDWARES ABERTOS**, 2016, 100 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), Instituto Federal de Minas Gerais, Formiga.

## RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

## CANOPY WALKING AS A PROPOSAL FOR THE AÇAÍ HARVEST IN AMAZONAS

Data de aceite: 07/02/2020

### Magnólia Grangeiro Quirino

Federal University of Amazonas, Department of Design and Graphic Expression. Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000 - Coroado. North Sector Campus - 69077-000 - Manaus/AM. Brasil  
quirino.designer@gmail.com

### Patrícia dos Anjos Braga Sá dos Santos

Federal University of Amazonas, Department of Design and Graphic Expression. Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000 - Coroado. North Sector Campus - 69077-000 - Manaus/AM. Brasil

### Luiz Guilherme Oliveira Marques

Federal University of Amazonas, Department of Design and Graphic Expression. Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000 - Coroado. North Sector Campus - 69077-000 - Manaus/AM. Brasil

### Karla Mazarelo Maciel Pacheco

Federal University of Amazonas, Department of Design and Graphic Expression. Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000 - Coroado. North Sector Campus - 69077-000 - Manaus/AM. Brasil

**ABSTRACT:** This paper is about a proposal of application of canopy walking as a way of optimizing the açai crop process made by

“Cooperativa de Açai de Codajás/AM”. The cooperative, which operates in all stages of the productive chain of the fruit, faces difficulties during the harvest, in addition to disinterest of part of the cooperative young people. In order to understand the scenario of the açai crop, a study was carried out on the geopolitics of the Amazon, from which new forms of understanding the rural space are discussed, as well as the contribution of Sustainable Design to the açai harvest proposal. A field research was made, accompanied by the President of the Cooperative, during which it was detected that the production chain presents a set of improvised and non-systematic actions, evidencing the need for improvements in the way that traditional harvesting is made, in order to make it more secure and attractive to people. The use of the concept of canopy walking has resulted in a proposal that avoids the unsafe escalation in the açai tree and promotes a safe crop of the fruit through a system composed of stairs, catwalks, protective nets and platforms

**KEYWORDS:** Açai harvest; Geopolitics of the State of Amazonas; Sustainable design.

### 1 | AMAZONAS GEOPOLITICS

Amazon is a state of great territorial extension bordering three countries - *Colombi,*

Venezuela and Peru and the states of *Roraima, Pará, Mato Grosso, Rondônia* and *Acre*, a fact that exemplifies the complexity and relevance of the theme. The existence of so many borders implies economic transactions combined under different norms, contributing to an internal economic development full of divergences. In an attempt to elucidate this dynamics, the geopolitics of the state of Amazonas is studied, which includes several aspects, among them, the process of population of the state and its economic development.

In the case of Amazon region, settlement is characterized by occupation on the river banks of the *Negro, Solimões-Amazonas, Madeira, Purus and Juruá rivers*, among others. Attracted by the richness of this basin, the Portuguese and Spanish, in the seventeenth century, occupied the places with the largest indigenous population.

Thus, in order to conquer the territory dominated by the hydrographic basin, the Portuguese made alliances with the Indians who, in turn, built villages. However, according to Machado (1999) such facts were not significant for the urban formation of the region:

Indeed, since colonial times, successive government reports have indicated that self-sufficiency in agricultural holdings, the difficulty of communication, the low availability of labor, and the lack of productive complementarity among the Amazon subspaces were powerful obstacles to the growth of cities. (MACHADO 1999).

Based on this report, it can be seen that, in colonial times, there were difficulties present up to now in this region. The indigenous respond with indifference to the external interventions that are taken to their tribes, indifference that is similar to that of the young participants of the cooperative with respect, a behavior also identified in other segments in the Amazon.

## 2 | NEW WAYS OF UNDERSTANDING RURAL AREAS

The rural area consists of a geographic space destined to the practice of agricultural activities, extractivism, forestry and environmental conservation. The understanding of rural space has, however, expanded, and today also adds the concept of rural tourism, which in turn suggests new fronts of work and collaborates with the permanence of the population in the countryside, avoiding rural evasion.

Tourism promotes the movement of people to different places of their dwellings, in trips for the purpose of leisure. These trips provide knowledge about the way of living of certain society. At the same time, the tourist carries with him his experience, establishing comparisons between his way of living and the way of life of the place visited.

In this sense, tourism is configured as a learning process, which propagates to

all tourism models, including rural tourism. The tourism project in rural areas expands the economy of the region, keeping the population in the countryside and attracting new residents. In the opinion of Elesbão *et al.* (2014), rural tourism favors local development based on environmental conservation:

Tourism in rural areas is an activity that within the context of the multifunctionality of agriculture can represent an important strategy of local development, enabling the dynamization of rural spaces, the preservation of nature and the emergence of new jobs (ELESBÃO 2014).

A great achievement of rural tourism is to promote the recovery and appreciation of the customs and traditions of rural life. Still according to Elesbão *et al.*, this fact allows the ruralist to add value to rural products and services, evidencing the advantages of rural tourism in the same way that favors the economic sector.

These advantages also extend to social and environmental dimensions, among others. According to Klein (2012, apud ELESBÃO et al 2014), many are the benefits of rural tourism, such as in the social sphere, the possibility of interaction between social extracts and the exchange of experiences; And in the environmental dimension, the preservation of the rural environment and the promotion of environmental education.

In this context, the practice of rural tourism promotes improvements both for tourists and for local actors, albeit in different ways. The tourists, starting from an exercise of otherness, start to value the ruralists and their way of life. While local actors see rural tourism as an endogenous process, understanding their role and their responsibilities to the environment in which they live, and perceive that they are formers of their history, of their culture and responsible for preserving the natural resources that they surround.

### 3 | FIELD RESEARCH

The *Açaí* Cooperative is located in the municipality of Codajás. According to the Institute for Sustainable Agricultural and Forestry Development of the State of Amazonas (IDAM), Codajás is located in the *Rio Negro*

– *Solimões* Region. The distance from its municipal headquarters to Manaus is 240 km (in a straight line), and 290 km by waterway. However, the only access to Codajás is by waterway.

The field research was guided by the president of the *Cooperativa de Açaí de Codajás*, Mrs. Franciani Sobreira da Silva, who took us for a visit to the *Cooperativa* and the *açaí* plantations.

In the first years of the Cooperative's foundation, there was great productivity, with exports to the United States and Canada in 2006 and 2007. The Superintendence

of the Manaus Free Zone - SUFRAMA delivered the building with a physical structure designed to benefit the *Açaí* which corresponds to fruit selection, washing, pulping, pasteurisation, packaging, freezing and transport. In addition to the physical structure, modernized equipment was donated to carry out all the activities, including an ice factory, a truck, a motorized rail, a refrigerated container and a raft. All this venture motivated the economy of the *açaí* in Codajás, causing the municipality to deserve the title of greater producer of *açaí* of the state of the Amazonas. However, this period of economic animosity was short due to several factors, including operational, administrative and financial difficulties.

#### 4 | PROBLEMS OF THE COOPERATIVA DE AÇAÍ DE CODAJÁS

Today the *Cooperativa* works with machines that need maintenance and, for this reason, are deactivated. In 2009, cooperatives took over the financial management of the *Cooperativa*, however, several obstacles hampered the commercialization of *açaí* production. Today, the *Cooperativa* tries to recover old customers and get new buyers for the fruit, but the president says they find it difficult to reverse this situation, besides the lack of maintenance in the building and equipment.

There is a lack of interest on part of the *Cooperativa* workers to assume activities and responsibilities in addition to the extractive work, which occurs exclusively during the harvest period. As pointed out by the president of the *Cooperativa*, they refuse to perform other activities that would also fall within their competence, such as those of an administrative and financial nature. During the offseason, cooperatives seek other income-generating activities, leaving the place deactivated during this period.

Another difficulty pointed out by the president is the absence of interest of the young people for the *açaí* tradition, which contributes to a rural exodus, aggravated by the culture of assistance that, unconsciously or not, leads people to settle in the hope of improvements promoted by the government. This behavior was reported in the process of urbanization of the State of Amazonas and has been reproduced in the present day.

#### 5 | AÇAÍ CROP DESCRIPTION

The Work journey in the field begins at six o'clock in the morning, before that time the woods are still dark, and the activities are finished at seventeen and thirty. Daily, two to three bags of fifty kilos of *açaí* are collected (approximate quantity per person). The harvesting of the fruit is carried out in a traditional way and devoid of equipment to speed up and facilitate the tasks, as well as without Personal Protective Equipment (PPE). In summary, it is an activity carried out in a rustic and dangerous

manner, requiring the physical effort of the extractivist worker.

In the Amazon, the harvest lasts from January to August, although variations of the months may occur in the other *açaí* producing states. Extraction of the clusters includes climbing on the stipe, aided by an artifact made of fibers called *peconha* (Figure 1) that is tied to the feet of the harvester. With the *peconha* in the feet and a knife in the hands of the extractivist worker, the curls are cut from the palm tree and placed on the ground.

The harvest is performed by young climbers and boys. The ability of climbers is highly valued by the extractive community, and this practice, although dangerous, is part of the tradition and culture of *açaí*.

Climbing the palm trees using only the pecuniary points some risks to the extractivist worker. Although the pecuni is made of vegetable fiber (Figure 1) that has a reasonable resistance able to support the weight of the climber, it does not guarantee the safety of the same, as it is possible these fibers to break and cause serious accidents.



Figure 1. Removal of *açaí* bunches with the use of “*peconha*”. Detail of the “*peconha*”.

Fonte - <http://fas-amazonas.org/2010/08/fas-lanca-projetode-desenvolvimento-de-turismo-comunitario-noamazonas>.

In the climbing of the palms, the comments of the collectors about ants stings and scratches in the body are frequent. Another recurrent report concerns the difficulty of detecting the ripening of the fruits, before climbing the palm tree, when they are still in the soil. This difficulty is caused by two factors: 1) The distance between the collector and the bunches is approximately

10 meters, due to the height of the palms that vary between 12m to 20m. This distance is a major deterrent to determining if the fruit is ripe. 2) the low luminosity

in the forest, where the crowns of the trees are great covering a part of the fruits, hindering the visibility, Situation aggravated by the shade made by the treetops.

In this scenario, palm climbing represents a good opportunity for the Sustainable Design intervention, considering that the venom, although an integral part of the *açaí* extractive communities' tradition, is an unsafe artifact for the workers.

Pazmino (2007) states that sustainable design is comprehensive and complex. In its understanding, sustainable design encompasses environmental, economic and social welfare goals, proposing the responsibility not to undermine the current environmental balance and to ensure this balance for future generations.

A crise ambiental que estamos vivendo no momento atual leva o design a assumir uma postura em que os princípios da sustentabilidade façam parte intrinsecamente do seu conjunto de estratégias.

The idea of well-being is a social construction that forms over time, according to a variety of factors. The idea of welfare that is now dominant in the West and widely spread throughout the world was born with the industrial revolution. (Manzini, 2008)

From Manzini's speech, it can be observed that there is a relationship between the idea of wellbeing and the industry. The industrial system relates the concept of well-being to the condition of having industrialized products. This industrial model motivated by the increase of productivity generates a mechanism that strengthens the consumption.

Consumption strengthens industry, on the other hand, weakens the environment. Industrial strengthening involves the excessive extraction of natural resources and does not diminish the possibility of finite resources. It is foolish to admit consumption as the only alternative to well-being and to neglect its impacts on the environment.

In this sense, the idea of well-being, defined as a result of the possession of objects, needs to be re-evaluated to discuss the adversities of consumption and its implications, so that it is possible to configure other possibilities. Sustainable design proposes new models of consumption and production that point out other paths beyond the frontier of consumption and enjoying the sharing of objects. These new models require of the industrial system a new direction, which requires an educational process.

As is well known, the industrial system has a complex structure, strengthened by several social actors that will react adversely with the implementation of the new models of consumption and production. This work shows signs of laborious activity, but it is not impossible.

## 6 | CASE STUDY

Some equipment used to harvest the *açaí* were collected in the literature, for the study of case, which will be described separately.

The first equipment is a rustic *açaí* harvesting device (Figure 2). According to Homma (2006), the artifact is made of wood and at its end there is a piece of iron rebar that removes the bunch of the palm tree.

The equipment shown in the photos is authored by Mr. Dorival Costa Carvalho, who lives in the Municipality of Marabá - PA. The versions of the equipment, with variations in the cutting system and the use of materials, illustrate well the local technical know-how.



Figure 2. *Açaí* bunch collector made of wood with its variations in the cutting system.

Fonte: Homma (2006).

The second equipment is the *açaí* “picker” prototype (Figure 3). The equipment is included in the Activity Report made by the Amazonas Sustainable Foundation - FAS (2014). FAS executed a project for the *açaí* productive chain that resulted in this prototype. A device which is fixed to the palm tree, slid by means of a pulley system having a guillotine cutting the cluster, and then ropes that descend to the ground attach the same. Such equipment has advantages as it reduces physical stress; Prevents the climbing of the palm tree, consequently providing security; And increases the removal of curls. There are, however, complicating aspects in this prototype, such as the difficulty of fixing the equipment in the *açaí* palm, added to the ineffectiveness of the guillotine in the cut.



Figure 3. *Açaí* “picker” prototype.

Fonte – 2014 Fundação Amazonas Sustentável – FAS

Activities Report.

The third identified equipment focuses on a conceptual proposal in patent registration. In the Invention Patent Description Report, the apparatus is defined as: “Equipment and Methods for Harvesting Fruit Bunches” (PI 0803992-5) (Figure 4). In the report, the equipment is presented as a tool for harvesting bunches of fruit in general. The equipment consists of an aluminum rod of adjustable size up to approximately 12 meters in length. At its upper end, there is a bunch cutting system, a movable receptacle for receiving the bunch and pulleys which enable the bundle to descend.

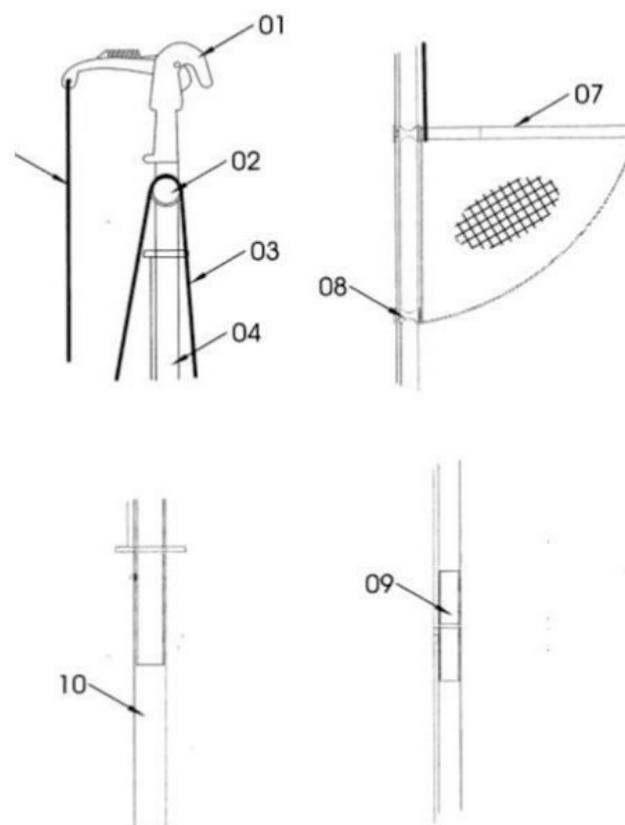


Figure 4. Equipment and Methods for Harvesting Fruit Bunches.

Fonte - Relatório descritivo de Patente de invenção (PI 0803992-5).

This equipment offers advantages both for the quality of the fruit and for the safety of the climber. In terms of fruit quality, two activities can be mentioned: the selective cutting of the bunch and its controlled descent, avoiding its contact with the soil. In this way, the contamination with the existing residues in the soil is prevented and the fruits are allowed to remain in the ráquilas and not to spread in the soil, therefore, a greater use of the fruits.

Another advantage is the increase of the withdrawal of curls, which means greater productivity without risks to the collector.

As for safety, the equipment avoids palm climbing and direct contact with sharp instruments. This equipment performs the function of an EPI. Another favorable item is the technical feasibility of low complexity and ease of use.

## 7 | PROPOSAL FOR THE HARVEST OF AÇAÍ: THE CANOPY WALKING

However, our proposal sought another way of approaching the issue. We did not present the development of equipment for harvesting the *açaí* bunches, but rather a proposal to avoid climbing the *açaí* tree and to promote the safe collection: canopy walking. Canopy walking (Figure 5) consists of ladder, walkways with protective net and platforms. In the platforms will be inserted a system of pulleys fixed in the bunches to descend them to the ground.



Figure 5. Canopy walking with a system of sheaves as proposal for the harvest of the acai.

Canopy walking is a radical sport that consists of crossing between platforms set high in the trees, overcoming different types of obstacles like stairs and suspended bridges. The canopy has been used for leisure, recreation and studies of fauna and flora. In it suspended bridges are built in the treetops without damaging them, taking care to preserve the environment. In our proposal we intend to extend the use of canopy to the extractive activity of *açaí*. In this way, we propose the construction of a structure for the practice of canopy walking in the *açaí* plantation that will be permanently mounted, serving for the *açaí* harvest by the extractivist worker in the

harvest period, and for rural tourism during the off season.

In the context of sustainable design, Margolin (2014) identifies the expansion of ecotourism and cultural tourism as welcome practices. Themes currently under way that bring the economy and the environment closer together.

In the opinion of Elesbão et al. (2014), rural tourism means a local development strategy that favors environmental conservation. The author points out as benefits of rural tourism the dynamism of rural space and the emergence of new jobs. In this sense, dynamizing the rural space means implementing an activity in the off season, an inactive period in the *açaí plantation*, which can be transformed by the new activity, with demand for new jobs.

In the specific case for the *Cooperativa de Açaí de Codajás*, the proposal of a canopy tree seeks to overcome three problems: the climbing of the *açaí*, the harvest of the *açaí* and the stagnation of the activities during the off season. As well as, attract young cooperatives to the harvest.

Our proposal provides for the setting up of a permanent structure that meets the harvest and offseason periods. As today in the off-season extractive activities are paralyzed, it would be interesting to make use of the structure for playful, educational, sporting and profitable activities for the *Cooperativa*. Therefore we present an alternative of canopy walking combined with a ladder. The structure will be constructed with panels produced with the acai seeds, which will be detailed later, and will have two purposes: to facilitate the access to the palm fronds in the extractive activity and to allow the sports practice, which attracts people to the tourism.

Canopy walking, as an optimization alternative, includes platforms on the *açaí* trees and walkways that allow access between the palm trees. The extractivist worker will reach the top of the palm tree through the ladder, will settle on the platform, cut the *açaí* bunch and descend it by means of a rope. You will then cross the catwalk to another platform and perform the removal of another bunch. This activity can be performed safely and more agile.

The introduction of connections between *açaí* trees and ladders and pulley systems will facilitate the escalation of the extractivist worker during the harvest season and will result in a structure for sports practice during the off-season, in which the activities of the *Cooperativa* are paralyzed.

The arboreal will provide the extractivist worker with greater security for the climbing in the *açaí* tree and efficiency in the collection of the bunches avoiding loss of fruits. In each palm tree there will be a platform in which there is a system of pulleys fixed in the bunches of *açaí* to descend them to the ground.

Canopy walking favors the safety and health of the extractivist worker, reducing their physical effort and the time needed to access the *açaí* bunches. In this way, it allows the removal of a greater number of bunches per *açaí* palm, resulting in an

improvement in the yield of the *açaí* crop. Thus, canopy walking will have intense use both during the harvest and in the off season.

Canopy walking aims to favor the harvest of the *açaí* during the period of the harvest and to dynamize the region in the period of the off-season, with the rural tourism.

## 8 | CONCLUSION

It is believed that the rural and cultural tourism complex is an alternative of generating work in the countryside and could arouse the interest of the young people of Codajás and thus, in a first moment, the evasion of young people of the municipality. In a second moment, it is intended to extend this interest to the productive activities of the *açaí*. In this sense, the solution presented for a technical problem ends up being also adequate to two problems of a cultural nature, which is the lack of interest of the young people and the paralysis of the activities in the off-season period.

The article reports a topic still little explored in the literature, regarding the development of a proposal for the *açaí* crop in the State of Amazonas. This study is a punctual search to indicate improvements to the harvest that represents an unhealthy activity and with signs of danger. Another problem discussed was the paralysis of activities that became unproductive for the *Cooperativa de Açaí de Codajás*.

For the realization of this proposal for the *açaí* harvest, a theoretical survey was made regarding the design and its interface with sustainability. As a background for this discussion, concepts such as: Sustainable Design, the Geopolitics of the State of Amazonas and New Forms of Understanding of the Rural Area.

## REFERENCES

ELESBÃO, Ivo; SOUZA, Marcelino de; KLEIN, Ângela Luciane. Temáticas emergentes em Turismo Rural. Funções educativas do turismo rural pedagógico: o Projeto "Turismo Rural e Escola - Fazendo Eco" no Distrito Federal. São Paulo. 2014.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Sistema de Produção do *Açaí* (Colheita e pós-colheita). Embrapa Amazônia Oriental; Sistemas de Produção; Num. 04; ISSN1809- 4325 Versão Eletrônica; Belém, PA; Dezembro, 2006.

MACHADO, Lia Osório. Urbanização e mercado de trabalho na Amazônia Brasileira. Cadernos IPPUR.1999.

MANZINI, Ezio. Design para a inovação social e sustentável: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. Rio de Janeiro: E- papers, 2008. (Cadernos do Grupo de Altos Estudos; v. 1).

MARGOLIN, Victor. Políticas do artificial: ensaios e estudos sobre o design. Editora José Olympio LTDA. Rio de Janeiro. 2014.

PAZMINO, Ana Verónica. Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável. I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. Curitiba, Paraná, 2007.

QUIRINO, Magnólia Grangeiro. Uma proposta de modelo conceitual para a produção do *açaí* no Estado do Amazonas. Tese de doutorado. Universidade Federal do Amazonas. 2016.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves** - Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em 2018. Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em 2015 e especialista em Metodologia para o Ensino de Matemática pela Faculdade Educacional da Lapa (FAEL) em 2018. Atua como professor no Ensino Básico e Superior. Trabalha com temáticas relacionadas ao Ensino desenvolvendo pesquisas nas áreas da Matemática, Estatística e Interdisciplinaridade.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alcalinidade total 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110

Algoritmos de ordenação 77, 78, 79

ARIAC 53, 54, 55, 56, 57, 58

### C

Cálculo diferencial e integral 17, 18, 25, 26

Coagulação 8, 9, 10, 11, 15

### E

Enem 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Ensino de algoritmos computacionais 77, 78, 84

Ensino e aprendizagem 1, 2

Ensino híbrido 35, 36, 38, 42

Erros de medição 27

### J

Jogos de treinamento 1

### M

Máquina-ferramenta 124

Métodos de ajuste 31, 34

### N

Nanomateriais 60, 62, 63, 76

Nanopartículas 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 74, 75

Não-hiperbólico 86

### P

Projeto mecânico 124, 126

### R

Robótica ágil 53, 54, 57, 58

### S

Sísmica 86, 87, 88

Sistema carbonato 97, 98, 99, 104, 105

### T

Teoria dos registros de representação semiótica 17, 18, 19, 25

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**