

# CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos  
e o ensino-aprendizagem



Milson dos Santos Barbosa  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

# CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos  
e o ensino-aprendizagem



Milson dos Santos Barbosa  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

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

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

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



# Ciências exatas e da terra: conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Milson dos Santos Barbosa

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem / Organizador Milson dos Santos Barbosa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0422-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.224220408>

1. Ciências exatas - Estudo e ensino. I. Barbosa, Milson dos Santos (Organizador). II. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



## APRESENTAÇÃO

A coleção “Ciências exatas e da terra: Conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem” é um e-book que tem o intuito de fornecer *insights* sobre metodologias educacionais e aplicações tecnológicas para fomentar e desenvolver processos e produtos inovadores. O volume reúne estudos teóricos e práticos (revisões bibliográficas, relatos de casos, pesquisas científicas, entre outros) envolvendo cálculos matemáticos e afins para solucionar problemas e beneficiar diretamente a sociedade.

Neste contexto, a obra apresenta de maneira objetiva e didática estudos desenvolvidos por docentes e discentes de diferentes instituições de ensino e pesquisa do país. Os artigos englobam desenvolvimentos recentes no campo das tecnologias, energias renováveis, modelagens e simulações computacionais, algoritmos e softwares, bem como máquinas e equipamentos. Outra direção importante fomentada no e-book é abordagem utilizada para difundir os conhecimentos pedagógicos e o ensino científico nas ciências exatas e da terra.

Questões relevantes para a sociedade moderna são, portanto, debatidas a partir de uma perspectiva crítica, trazendo discussões de temáticas da área e propiciando um conhecimento específico e aprofundado para discentes, docentes e pesquisadores. Deste modo, a obra composta por capítulos que abordam múltiplos temas e com conceitos interdisciplinares da área de ciências exatas e da terra. Diante dessa oportunidade de aprendizagem, convido todos os leitores para usufruírem das produções da coletânea. Tenham uma ótima leitura!

Milson dos Santos Barbosa

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS) E O ENSINO DE CIÊNCIAS ATRAVÉS DA TECNOLOGIA**

Micheline Soares Costa Oliveira

Letícia Martins Nunes

Letícia de Araújo Rodrigues

Hemilly Sales Alburquerque

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204081>

### **CAPÍTULO 2..... 6**

#### **DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE COMO AÇÃO DE EXTENSÃO: RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Luis Fernando Meneghel Benatto

Daniela de Freitas Guilhermino Trindade

Carlos Eduardo Ribeiro

Renata Alfredo

José Reinaldo Merlin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204082>

### **CAPÍTULO 3..... 13**

#### **A CONCEPÇÃO DOS PROFESSORES DE QUÍMICA EM RELAÇÃO À CONTRIBUIÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DOS ALUNOS**

Tatiana Medeiros Ibiapina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204083>

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### **O ENSINO DE QUÍMICA E CULTURA: CONCEPÇÕES PRESENTES NA REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Rafael Martins Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204084>

### **CAPÍTULO 5..... 48**

#### **CLASSROOM COMO RECURSO TECNOLÓGICO PARA A EDUCAÇÃO EM MATEMÁTICA**

Mauricio da Silva Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204085>

### **CAPÍTULO 6..... 74**

#### **PRÁTICAS EXPERIMENTAIS SOBRE POLUIÇÃO SONORA**

Maria Lúcia Grillo

Luiz Roberto Perez Lisboa Baptista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204086>

**CAPÍTULO 7..... 83**

**ANÁLISE DE TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA APLICADOS À CLASSIFICAÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ**

Igor Garcia Lube

Gustavo Maia de Almeida

Fidelis Zanetti de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204087>

**CAPÍTULO 8..... 94**

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COMERCIAIS ORGÂNICOS E FLEXÍVEIS MECANICAMENTE**

Ana Carolina da Silva Mota

Cleber Lourenço Izidoro

Vagner da Silva Rodrigues

Jorge Javier Gimenez Ledesma

Oswaldo Hideo Ando Junior

Marco Roberto Cavallari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204088>

**CAPÍTULO 9..... 106**

**SIMULAÇÃO DE ALGORITMOS DE RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA APLICADOS A PAINÉIS FOTOVOLTAICOS ORGÂNICOS COM CONVERSOR CC-CC SOB SOMBREAMENTO PARCIAL**

Ana Carolina da Silva Mota

Vagner da Silva Rodrigues

Cleber Lourenço Izidoro

Jorge Javier Gimenez Ledesma

Oswaldo Hideo Ando Junior

Marco Roberto Cavallari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2242204089>

**CAPÍTULO 10..... 120**

**IDENTIFICAÇÃO E MODELAGEM DE PLUMAS GASOSAS NA COLUNA D'ÁGUA ATRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS DE ALTA RESOLUÇÃO**

Jorge Fiori Fernandes Sobreira

Carlos Eduardo Borges de Salles Abreu

Esmeraldino Aleluia Oliveira Júnior

Marcelo Rocha Peres

Marco Ianniruberto

Luciano Emídio da Fonseca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040810>

**CAPÍTULO 11..... 135**

**NUMERICAL SIMULATION OF A CONNECTED-PIPE TEST RAMJET MOTOR**

Douglas Carvalho Cerbino

Olexiy Shynkarenko

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040811>

**CAPÍTULO 12..... 149**

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E O CAMPO CONCEITUAL DAS ESTRUTURAS ADITIVAS

Grazielle Jenske

Verônica Gesser

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040812>

**CAPÍTULO 13..... 162**

INFLUENCE OF NON-LINEAR DAMPING ON NON-LINEAR STRUCTURES VIBRATIONS

Thiago R. Carvalho

Zénon J. Guzman N. Del Prado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040813>

**CAPÍTULO 14..... 168**

ESTUDO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL EM NOSSA SENHORA DA GLÓRIA/SE

José Batista Siqueira

Edson Magalhães Bastos Júnior

José Antônio Pacheco Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.22422040814>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 182**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 183**

# CAPÍTULO 1

## CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS) E O ENSINO DE CIÊNCIAS ATRAVÉS DA TECNOLOGIA

*Data de aceite: 01/08/2022*

**Micheline Soares Costa Oliveira**

Universidade Estadual do Ceará, CTT

**Letícia Martins Nunes**

Universidade Estadual do Ceará, CTT

**Letícia de Araújo Rodrigues**

Universidade Estadual do Ceará, CTT

**Hemilly Sales Albuquerque**

Universidade Estadual do Ceará, CTT

**RESUMO.** O movimento CTS atua diretamente com o favorecimento de uma educação científica nas instituições educacionais, atuando com uma nova visão da Tecnologia e da Educação com concepções voltadas para uma construção coletiva. Após a pandemia do vírus intitulado como Coronavírus, conhecido como Covid-19, muito se fala sobre a relação da tecnologia em sala de aula como forma de promover novas possibilidades do ensino.

**PALAVRAS-CHAVE:** CTS. Educação. Covid-19.

### SCIENCE TECHNOLOGY AND SOCIETY (STS) AND THE SCIENCE TEACHING THROUGH TECHNOLOGY

**ABSTRACT.** The STS movement works directly with the promotion of scientific education in educational institutions, working with a new vision of Technology and Education with concepts aimed at a collective construction. After the pandemic of the virus called Coronavirus, known as Covid-19,

a lot is said about the relationship of technology in the classroom as a way to promote new teaching possibilities.

**KEYWORDS:** STS. Education. Covid-19.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com a pandemia do novo vírus chamado de coronavírus (Covid-19) que ocorreu uma proliferação mundial, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomendou que todos os setores sociais passassem por remodelações urgentes, seguindo os protocolos de isolamento social. Com isso as aulas presenciais de instituições de ensino (escolas, universidades e ensino técnico) foram suspensas e a forma encontrada para minimizar o impacto no calendário letivo de 2020, para algumas instituições, foi adotar o Ensino remoto. Ao longo do tempo com o surgimento de novas tecnologias e junto com ela novas possibilidades para a Educação, se tornando mais explícito de demonstrar em sala de aula como a Ciência está presente no nosso dia a dia, (Pinheiro et al, 2007). As tecnologias e ferramentas digitais representam um grande avanço em todos os espaços sociais, facilitando e dinamizando diferentes tarefas do dia-a-dia e promovem a descentralização na circulação dos saberes (Demo, 2011).

Uso das TIC's (Tecnologias da Informação e Comunicação) tem sido empregado para prover suporte à infraestrutura nas áreas de

educação, transporte, energia e saúde, dentre outros, resultando num uso inteligente e eficiente dos recursos. Exemplo disso compreende a nova geração de tecnologias de software, hardware e redes que provê os sistemas de TI com acesso em tempo real a bases de dados e recursos avançados de mineração e análise (de dados) para tornar os serviços eficientes, para auxiliar as pessoas a tomarem decisões, além de permitir a escolha de ações que otimizarão resultados em processos e negócios. Esse processo de rápida urbanização tem efeitos positivos e negativos nas cidades, criando oportunidades e trazendo problemas, respectivamente. Isto implica em oportunidades econômicas, por exemplo, para área de comunicação e desafios para áreas de transporte, ambiental e saúde. Vale ressaltar que serviços críticos nas cidades, dos quais os cidadãos dependem, começam a ter custos crescentes nos segmentos de segurança, habitação e saúde. Além disso, observase parcela significativa dos serviços de energia, transporte, água e saneamento estão ficando obsoletos, exigindo uma modernização dessa infra-estrutura. Há ainda de se considerar que mais pessoas vivendo nas cidades, implicam em maior poluição, afetando o ambiente e, conseqüentemente, a saúde das pessoas (Silva Filho, 2012).

Em 2021, podemos visualizar de maneira mais clara de como as tecnologias ajudaram para que as atividades educacionais não fossem 100% prejudicadas, trazendo uma perda enorme de conhecimento, além de paralisar o processo educacional dos discentes, promovendo uma nova perspectiva de aprendizagem e de diferentes práticas pedagógicas e curriculares. O objetivo dessa pesquisa foi investigar a percepção dos alunos sobre o seu ponto de vista quanto ao estudo de Ciências na sala de aula tendo em vista a geração de dados, afim de proporcionar uma reflexão crítica sobre a nova rotina descrita pelos alunos.

## **2 | METODOLOGIA**

A metodologia utilizada foi a aplicação de um Quis desenvolvido na plataforma Google Forms. O Quis foi aplicado no ciclo de formação em Ciências, Tecnologia e Sociedade, realizado pela Secretaria de Juventude e Lazer de Maracanaú e Universidade Estadual do Ceará, onde o link do Quis foi disponibilizado pelo bate papo da reunião. Todas as questões tinham a mesma estrutura, um texto inicial que coloca um problema e pede-se que atribua um valor relativo ao seu grau de concordância pessoal com cada uma das questões, expresso numa escala de 1 a 5, seguintes significados: 1. DISCORDO TOTALMENTE 2. DISCORDO 3. CONCORDO 4. CONCORDO PARCIALMENTE 5. CONCORDO TOTALMENTE.

O que aprendi nas aulas de ciências não está relacionado à minha vida diária. Biologia, química, geologia e física não são práticas para mim. Eles lidam com detalhes teóricos e técnicos que pouco têm a ver com meu mundo cotidiano \*

1                      2                      3                      4                      5

Figura 1: Exemplo de um dos textos do Quis aplicado.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a aplicação do quis foi analisado de forma minuciosa as respostas dos participantes por meio de gráficos, observando as suas impressões sobre o ensino de Ciências. O Quis obteve a participação de 75 estudantes que estavam inscritos no ciclo de formação, onde foi disponibilizado um dia para o preenchimento do mesmo. O resultado obteve um bom número de respostas, mesmo com problemas técnicas da plataforma que estava realizando as atividades e problemas com conexão da internet (Gráfico 1).

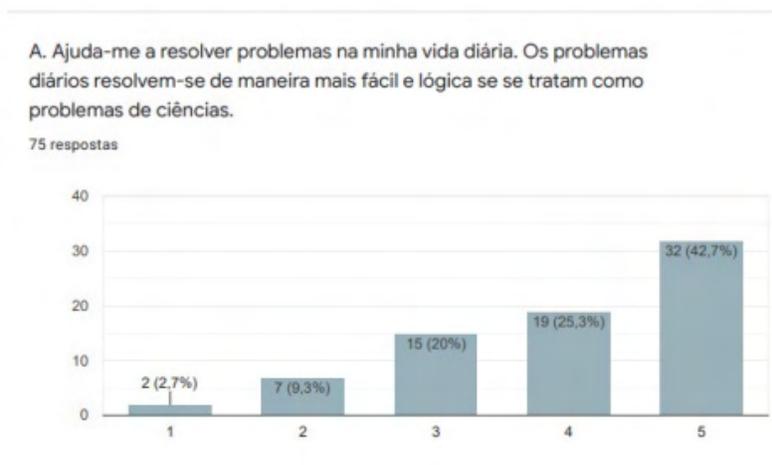


Gráfico 1. Informações sobre o Quis.

Com os resultados confirmaram e podemos visualizar o desempenho e uma compreensão particular que se obteve a partir das atividades teóricas sobre o estudo de Ciências, respectivamente sobre CTS, no ciclo de formação, que foi visualizar a educação científica como parte do nosso cotidiano (Gráficos 2 e 3). É visível nas respostas do

cursistas que o conhecimento científico ajuda e muito aos problemas de saúde e sociais. Sendo então a ciência uma ferramenta não só de conhecimento, mas também de ação, no sentido da própria palavra. Cenário semelhante a esse foi visto por Chrispino et al (2013) para área da CTS ligada a Educação científica.

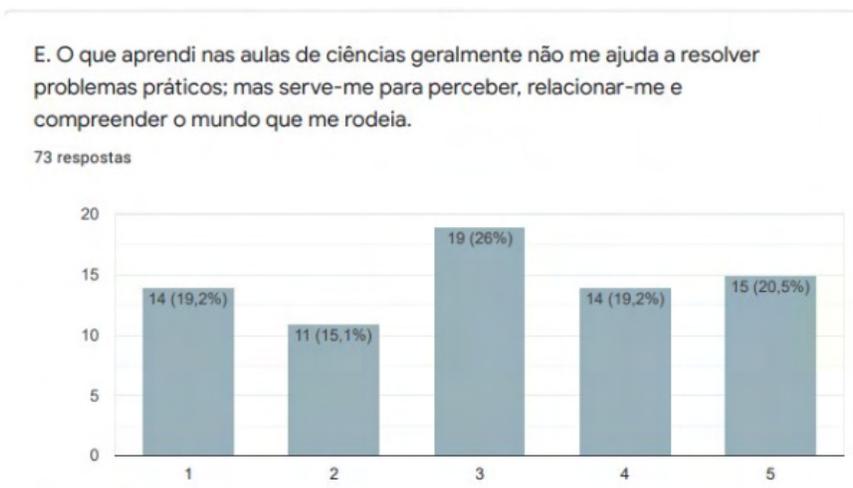


Gráfico 2. Informações sobre o Quis.



Gráfico 3. Informações sobre o Quis.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Posteriormente foi executada a análise dos gráficos e discussões sobre os resultados obtidos. A objetividade do quis, a partir da dinâmica dele com textos de maneira realistas

e determinados para melhor compreensão dos participantes, trouxe uma participação positiva, tanto no preenchimento do formulário, como nas outras atividades realizadas. Por fim, foi concluído que a partir do quis percebemos o quão a ciência faz parte da nossa vida e é essência, que se deve ser uma pauta dialogada com as instituições educacionais, colaboradores e estudantes.

## REFERÊNCIAS

1. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Diretrizes e bases nacionais da educação nacional**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm) Acesso em: 21 de outubro de 2021.
2. PINHEIRO. N. A. M; SILVEIRA. R.M.C.F e BAZZO. W.A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio**. Ciênc. educ.(Bauru)[online]. 2007,vol.13,n.1,pp.71-84.
3. NEGRI. F. ZUCOLOTO.G.MIRANDA.P e KOELLER.P. **Ciência e Tecnologia frente à pandemia: Como a pesquisa científica e a inovação estão ajudando a combater o novo coronavírus no Brasil e no mundo**. Disponível em link: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/182-corona> Acesso em: 22 de outubro de 2021.
4. CHRISPINO, Alvaro et al . **A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos?**. Ciênc. educ. (Bauru), Bauru , v. 19, n. 2, p. 455-479, 2013 . Disponível em link: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132013000200015&script=sci\\_art\\_text](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132013000200015&script=sci_art_text) Acesso em: 22 de outubro de 2021.
5. DEMO. P. **Aprendizagens e novas tecnologias**. Roteiro, Joaçaba, v. 36, n. 1, p. 9-32, jan./jun. 2011. Disponível em link: <http://www.pucrs.br/ciencias/viali/doutorado/ptic/textos/80-388-1-PB.pdf> Acesso em: 20 de outubro de 2021.
6. SILVA FILHO, A. M. **Desafios e tecnologias para cidades do futuro**. Revista Espaço acadêmico, no. 123, pgs. 75-78.2012.

## DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE COMO AÇÃO DE EXTENSÃO: RELATO DE EXPERIÊNCIA

*Data de aceite: 01/08/2022*

*Data de submissão: 18/07/2022*

### **Luis Fernando Meneghel Benatto**

Universidade Estadual do Norte do Paraná -  
UENP  
Bandeirantes - PR  
<http://lattes.cnpq.br/1525570313517683>

### **Daniela de Freitas Guilhermino Trindade**

Universidade Estadual do Norte do Paraná -  
UENP  
Bandeirantes - PR  
<http://lattes.cnpq.br/0712611341649155>

### **Carlos Eduardo Ribeiro**

Universidade Estadual do Norte do Paraná -  
UENP  
Bandeirantes - PR  
<http://lattes.cnpq.br/3513114304816561>

### **Renata Alfredo**

Instituto de Pesquisa em Vida Selvagem e Meio  
Ambiente (IPEVS)  
Cornélio Procópio - PR  
<http://lattes.cnpq.br/481426665544898>

### **José Reinaldo Merlin**

Universidade Estadual do Norte do Paraná -  
UENP  
Bandeirantes - PR  
<http://lattes.cnpq.br/0840048221330827>

**RESUMO:** A extensão universitária vem sendo cada vez mais reconhecida como interação dialógica com a comunidade ao invés de simples

prestação de serviços. Mesmo cursos mais técnicos, tais como Ciência da Computação, têm se dedicado a atividades extensionistas. Neste artigo é relatada uma atividade desenvolvida no âmbito do programa de extensão Informática e Comunidade. Um sistema de software foi desenvolvido para uma entidade dedicada ao manejo de animais silvestres. O projeto permitiu a aplicação prática de conhecimentos acadêmicos e interação entre alunos do curso e profissionais de outras áreas, desenvolvendo nos acadêmicos o amadurecimento profissional e social, bem como promoveu a aproximação da Universidade com a comunidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Extensão Universitária; Software livre; Aplicação web.

### SOFTWARE DEVELOPMENT AS EXTENSION ACTION: EXPERIENCE REPORT

**ABSTRACT:** University extension has been increasingly recognized as a dialogic interaction with the community rather than simply providing services. Even predominantly technical courses, such as Computer Science, have been dedicated to extension activities. This article reports an activity developed within the scope of the Informatics and Community extension program. A software system was developed for an entity dedicated to the management of wild animals. The project allowed the practical application of academic knowledge and interaction between course students and professionals from other areas, developing professional and social maturity in academics, as well as promoting the

University's approach to the community.

**KEYWORDS:** University Extension; Free software; Web application.

## 1 | INTRODUÇÃO

A extensão universitária vem sendo cada vez mais reconhecida como fundamental, inclusive por medidas legais (SILVA, 2020), como a curricularização da extensão. Ao longo do tempo o conceito de extensão evoluiu de simples oferecimento de serviços para interação e troca de saberes. Tradicionalmente, cursos da área de saúde eram mais propícios a atividades de extensão, enquanto cursos predominantemente técnicos eram mais voltados para pesquisa. No entanto, mesmos cursos como Ciência da Computação podem e devem realizar atividades de extensão. Neste texto é relatado um projeto de extensão envolvendo a universidade e uma entidade de proteção à vida silvestre, o IPVES.

## 2 | O INSTITUTO DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E MEIO AMBIENTE

Diversas entidades sem fins lucrativos se dedicam a enfrentar o desmatamento e a extinção de espécies, muitas vezes suprimindo a omissão governamental. A ação dessas entidades está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015), cujo objetivo 15 – Vida Terrestre – almeja “...combater a desertificação, deter e reverter a degradação da Terra e deter a perda da biodiversidade”.

O Estado do Paraná apresentou elevado índice de desmatamento da Mata Atlântica. Isso causou impacto na vida silvestre, pois essa formação vegetal é o seu *habitat* (HERNANDEZ; CARVALHO, 2006). O crescimento do desmatamento, aliado ao aumento no tráfego rodoviário, têm causado atropelamentos de animais em rodovias.

Uma das entidades que atuam na proteção da vida selvagem no Paraná é o Instituto de Pesquisa em Vida Selvagem e Meio Ambiente (IPEVS). Trata-se de pessoa jurídica sem fins lucrativos, cujo objetivo é desenvolver e executar projetos nas áreas de Educação Ambiental, transporte e manejo de animais selvagens e conservação da fauna e flora, entre outras. Colabora com instituições como IAP, Força Verde e IBAMA.

Em relação ao manejo de animais selvagens, os registros são feitos em papel, o que gera dificuldade no cadastramento e recuperação de informações, bem como na elaboração de estatísticas e acompanhamentos. No entanto, a aquisição de software pode ser cara, o que é impeditivo para entidades com poucos recursos.

Assim, o objetivo do projeto relatado neste texto foi o desenvolvimento de um software para gerenciamento de informações sobre animais, sem custos para a entidade.

## 3 | O SOFTWARE

O software, chamado de Sisnat, foi desenvolvido como um sistema *web* responsivo.

Uma aplicação responsiva é uma aplicação cujos elementos que compõem suas páginas se adaptam automaticamente à largura da tela do dispositivo no qual estão sendo visualizadas (TEIXEIRA, 2011). Isso foi necessário porque, durante o manejo, os dados podem ser inseridos tanto por meio de um tablet como por meio de um celular.

A proposta do sistema é gerenciar os dados dos animais atendidos pelo IPEVS, incluindo desde o cadastro de cada animal quando chega ao instituto bem como o controle da alimentação e outros dados.

Com isso, espera-se que os colaboradores possam se dedicar às tarefas fins da entidade, poupando tempo com tarefas administrativas.

### 3.1 Ferramentas Livres Utilizadas

Para o desenvolvimento do projeto, optou-se por utilizar exclusivamente softwares livres. Fazer uso deste tipo de software traz diversos benefícios, sendo o principal deles a redução de custos, uma vez que a maioria é gratuita. Além disso, outro benefício é a segurança, uma vez que os softwares livres são mantidos por comunidades em constante atividade, sempre em busca de aperfeiçoamento das ferramentas. Embora os softwares proprietários possam ser mais conhecidos, os softwares livres também podem ser alternativas viáveis, principalmente no contexto de entidades com poucos recursos financeiros.

A criação de aplicações para internet necessita de várias tecnologias, tanto para formatação e apresentação das informações, como para manipulação dos dados e processamento das regras de negócio. Isso tudo envolve o uso de linguagens como HTML, CSS e JavaScript, bem como a necessidade de um servidor web dinâmico executando um programa codificado em uma linguagem de programação (MERLIN et al., 2019).

Para o projeto aqui apresentado, foram utilizados software necessários para o desenvolvimento de uma aplicação *web*, tais como: linguagem Python e o *framework* Django, sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL, plataforma Docker para portabilidade do projeto e o sistema de controle de versão Git/GitHub.

Como linguagem de programação, foi escolhida Python, uma linguagem multiparadigma e multiplataforma, interpretada e de alto nível. O *framework* Django foi utilizado para acelerar o desenvolvimento. Este *framework* adota o padrão de projeto MTV (*Model, Template, View*), que é um padrão moderno de desenvolvimento *web* (MACIEL, 2020).

Para a padronização da aplicação, já que projetos com Django necessitam da criação de um *virtualenv*, que é uma forma de isolar diversos ambientes de desenvolvimento, assim permitindo ao programador utilizar versões específicas de diversos pacotes sem impactar instalações de outras aplicações ou sistemas, foi utilizada a ferramenta Docker. Esta plataforma torna o processo de distribuir as aplicações mais fácil, pois elas são “empacotadas” com todas as dependências no que é chamado de *container* (RAD; BHATTI;

AHMADI, 2017), sem problemas de compatibilidade.

Para a persistência de dados foi necessário o uso de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), optando-se pelo uso do PostgreSQL, por ser robusto e de código livre. Este SGBD pode ser executado nos principais sistemas operacionais modernos, incluindo Windows, macOS e distribuições Linux (JUBA; VOLKOV, 2019). O PostgreSQL foi adicionado ao projeto por meio do Docker, sendo feito o *build* de um container com a imagem do PostgreSQL

Outra ferramenta utilizada foi o sistema de gerenciamento de versões Git. Controle de versões é um sistema que permite que sejam mantidos registros das alterações em um arquivo ou conjunto de arquivos para que se possa recuperar alguma dessas versões posteriormente (CHACON; STRUAB, 2014). Também foi utilizada a plataforma GitHub, um servidor de hospedagem para código fonte e arquivos baseado no sistema Git.

## 3.2 Funcionalidades

Na Figura 1 é mostrada a tela inicial do sistema Sisnat.



Figura 1. Tela inicial do software.

Fonte: os autores.

A primeira funcionalidade desenvolvida foi o cadastro de usuários. Há dois tipos de usuários do sistema, administradores e usuários comuns. Para ambos, foram criadas as funcionalidades básicas do que comumente é chamado de CRUD em programação (*Create, Read, Update, Delete*). Assim, eles podem adicionar, visualizar, atualizar e excluir informações, além pesquisar e filtrar dados. A possibilidade de cadastrar novos usuários, além de criar grupos, é exclusiva do administrador.

A diferença entre um usuário administrador para um usuário comum está na possibilidade de o administrador criar e excluir os usuários comuns. O administrador

pode adicionar ou remover certas funcionalidades dos usuários, além disso, podem ser criados grupos pelo administrador, sendo que cada grupo tem suas funcionalidades preestabelecidas. De maneira resumida, o administrador tem total controle de todas as funcionalidades disponíveis no sistema. Na Figura 2 é mostrado o painel de controle do administrador.

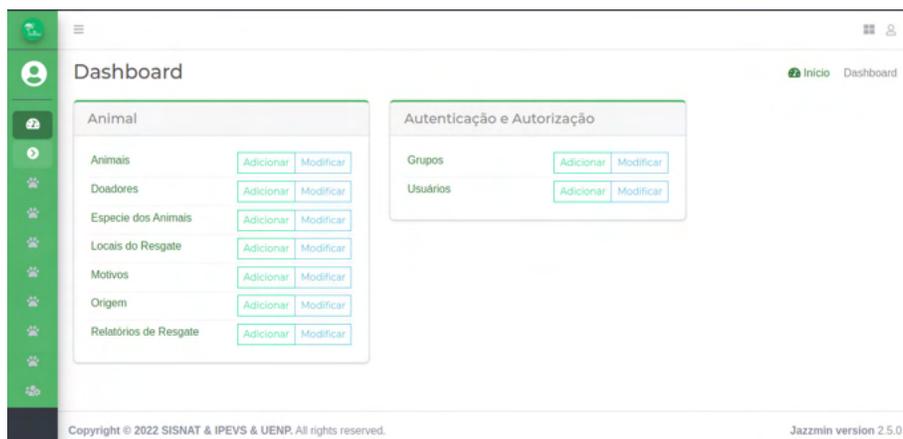


Figura 2. Painel de controle do administrador.

Fonte: os autores.

Com relação ao gerenciamento de animais, as principais funcionalidades são:

- Manter cadastro de animal: registrar dados como classe, tipo do animal, data de entrada, condições físicas;
- Registrar alimentação: manter dados sobre tipo e quantidade de alimento fornecida;
- Registrar ecdises: registrar data em que ocorreu e se a ecdise foi parcial ou integral;
- Registrar morfometrias: periodicamente, são registrados peso e tamanho de cada animal;
- Gerar relatórios: o sistema emite relatórios com os dados cadastrais e históricos de cada animal.

Na Figura 3 é mostrada a tela principal do gerenciamento de animais.

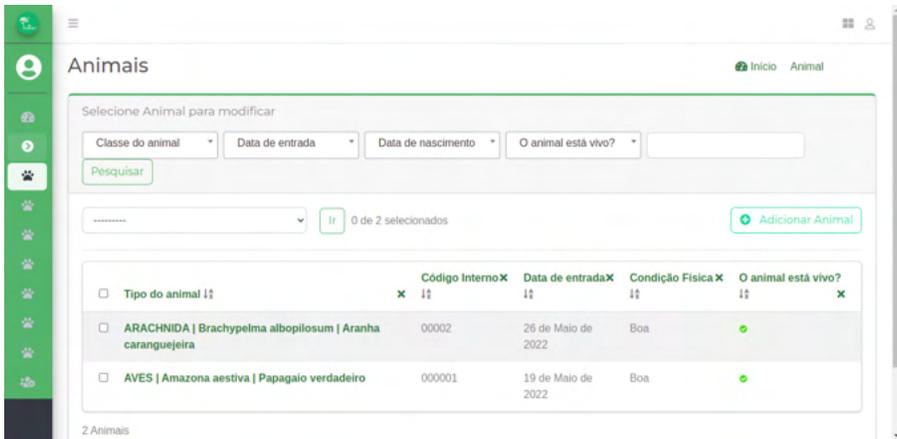


Figura 3. Tela para gerenciamento de animais.

Fonte: os autores.

O software desenvolvido foi criado especialmente para a entidade parceira do projeto. Com isso, tem-se um produto que atende às necessidades específicas deste usuário, o que seria difícil de encontrar sem custo no mercado. Pensando no custo, utilizou-se exclusivamente ferramentas livres. Pode-se concluir que foi possível executar todas as fases do projeto com esta categoria de software.

#### 4 | RESULTADOS E CONCLUSÕES

Neste trabalho foi relatado o desenvolvimento de uma aplicação de baixo custo para o controle de animais do Instituto de Pesquisa em Vida Selvagem e Meio Ambiente – IPEVS. Embora o produto desenvolvido encontre-se em fase de validação, já é possível notar as contribuições do projeto.

Pelo lado do desenvolvedor, o resultado foi a oportunidade de criar um produto que será utilizado no mundo real. Com isso, a teoria vista em sala de aula é complementada com a prática, contribuindo com a formação do aluno, tanto na parte de programação quanto na aquisição de conhecimentos sobre engenharia de software, especialmente engenharia de requisitos.

Do ponto de vista da extensão universitária, o projeto ajudou a aproximar a Universidade da comunidade, promovendo uma interação concreta. A entidade parceira contribuiu fornecendo suas necessidades, com isso oportunizando um campo de aprimoramento de conhecimentos.

Como trabalho futuro, tem a possibilidade de se aplicar técnicas de *user experience* (UX) ao projeto, além de melhorar a interface com usuário, separando melhor o *back-end* do *front-end* da aplicação, tornando-a mais escalável.

Com o desenvolvimento do projeto, pode-se concluir que é possível realizar extensão universitária mesmo em cursos predominantemente técnicos, como os da área de Computação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo apoio financeiro ao projeto por meio do PIBIS - Programa Institucional de Apoio a Inclusão Social (Pesquisa e Extensão) e ao IPEVS pela parceria.

## REFERÊNCIAS

CHACON, S.; STRAUB, B. J. **Pro Git**. New York: Apress, 2014.

HERNANDEZ, E. F. T.; CARVALHO, M. S. C. **O Tráfico de Animais Silvestres no Paraná**. Acta Scientiarum. v. 28. n. 2. 2006. pp. 257-266. Maringá. UEM.

JUBA, S; VOLKOV, A. **Learning PostgreSQL 11**. Birmingham: Packt, 2019.

MACIEL, F. M. B. **Python e Django**. Desenvolvimento Web Moderno e Ágil. Rio de Janeiro: Alta Books, 2020.

MERLIN, J. R.; SIMON, M. A.; BERTONHA, M. M.; TRINDADE, D. G. F.; MURA, W. D. **Desenvolvimento de Museu Virtual Utilizando Ferramentas Livres**. 2019. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/latinoware/article/view/10328>. Acesso em: 18 jul. 2019.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Conheça os novos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/amp/>. Acesso em 04 jun. 2021.

RAD, B. B.; BHATTI, H. J.; AHMADI, M. **An Introduction to Docker and Analysis of its Performance**. Ijcsns International Journal Of Computer Science And Network Security, S.L., v. 17, n. 3, p. 228-235, mar. 2017.

SILVA, W. P. EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: um conceito em construção. **Revista Extensão & Sociedade**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 21-32, 10 nov. 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/extensaoesociedade/article/view/22491>. Acesso em: 13 jul. 2022.

TEIXEIRA, F. **O que é Responsive Web Design**. 2011. Disponível em: <https://brasil.uxdesign.cc/o-que-%C3%A9-responsive-web-design-ab292eb616b7>. Acesso em: 18 jul. 2022.

## A CONCEPÇÃO DOS PROFESSORES DE QUÍMICA EM RELAÇÃO À CONTRIBUIÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DOS ALUNOS

*Data de aceite: 01/08/2022*

**Tatiana Medeiros Ibiapina**

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

**RESUMO:** Este artigo visa verificar as concepções de docentes sobre o uso da experimentação no Ensino de Química. Trata-se de um estudo de abordagem qualitativa, delineado por uma revisão sistemática da literatura publicizada no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), entre os anos de 2017 e 2021. Para a análise e interpretação dos dados foi utilizada a Análise Categorial, uma técnica da Análise de Conteúdo de Bardin. Da análise do material coletado emergiram as seguintes categorias temáticas: a) As finalidades e contribuições da experimentação para o Ensino de Química e b) As adversidades e possibilidades para o uso da Experimentação no Ensino de Química. Constatou-se que a experimentação contribui para uma aprendizagem mais significativa, melhora o índice de aproveitamento e aprendizagem, desperta a curiosidade e desenvolve a autonomia, senso crítico e interesse dos educandos. Todavia, os achados também indicaram que muitas são as adversidades deparadas pelos docentes na implementação da experimentação em suas aulas, como a realidade particular das escolas públicas brasileiras que são marcadas por escassas ou nulas presenças de infraestrutura adequada para as atividades experimentais, falta de incentivos financeiros, recursos materiais e

humanos e baixa carga horária para a disciplina. Apesar das adversidades encontradas, nossos achados também mostraram que a iniciativa, proatividade, criatividade e resiliência de muitos educadores têm proporcionado aos educandos vivenciarem a experimentação contextualizada com as situações e materiais usuais do cotidiano na aprendizagem do conteúdo de Química.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Química. Experimentação. Aulas Experimentais.

**ABSTRACT:** This article aims to verify the teachers' conceptions about the use of experimentation in Chemistry Teaching. This is a study with a qualitative approach, outlined by a systematic review of the literature published in the Portal of Periodicals of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Capes), between the years 2017 and 2021. For the analysis and interpretation of data Categorical Analysis, a technique of Bardin's Content Analysis, was used. From the analysis of the collected material, the following thematic categories emerged: a) The purposes and contributions of experimentation for Chemistry Teaching and b) The adversities and possibilities for the use of Experimentation in Chemistry Teaching. It was found that experimentation contributes to a more significant learning, improves the rate of use and learning, arouses curiosity and develops autonomy, critical sense and interest of students. However, the findings also indicated that many are the adversities faced by teachers in the implementation of experimentation in their classes, such as the particular reality of Brazilian public schools that are marked by little or no

presence of adequate infrastructure for experimental activities, lack of financial incentives, material and human resources and low workload for the discipline. Despite the adversities encountered, our findings also showed that the initiative, proactivity, creativity and resilience of many educators have enabled students to experience contextualized experimentation with the usual everyday situations and materials in the learning of Chemistry content.

**KEYWORDS:** Chemistry teaching. Experimentation. Experimental Classes.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mundo tem passado por diversas transformações nas mais diversas áreas e segmentos sociais. Assim, para a educação na atualidade, o processo de ensino-aprendizagem tem caminhado no sentido de promover cidadãos críticos e envolvidos com as necessidades sociais e à ordem social. Como nos recorda a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, através da Lei nº 9.394/96, a educação tem como finalidade preparar o educando para exercer o seu papel de cidadão (BRASIL, 1996).

Um ensino comprometido com a construção e promoção da cidadania é aquele que admite os conhecimentos prévios dos educandos e contextualiza os conteúdos trabalhados nos espaços educandários com a vida cotidiana dos seus educandos, com as demandas do território no qual está inserida e que compreende os educandos enquanto sujeitos ativos nos processos de construção e reconstrução do conhecimento e na resolução dos problemas de interesse coletivo.

A Química é uma disciplina que objetiva propiciar aos educandos a compreensão da natureza e que, diariamente, é encontrada no dia a dia da sociedade. E, para alcançar este fim, a experimentação torna-se uma ferramenta pedagógica fundamental para que professores possibilitem que os educandos compreendam cientificamente tais transformações que ocorrem na natureza e vida cotidiana. Sob o mesmo ponto de vista, Santos e Schnetzler (1996, p. 29), asseveram que para o Ensino de Química alcançar o seu objetivo básico de formar o cidadão, ele deve compreender “(...) a abordagem de informações químicas fundamentais que permitam ao aluno participar ativamente na sociedade tomando decisões com consciência de suas consequências”. Isto é, que no processo de tomada de decisões o educando consiga vincular os conteúdos trabalhados pelo professor com o seu contexto social. Os referidos autores ainda concluem que “o conhecimento químico aparece não com um fim em si mesmo, mas com objetivo maior de desenvolver as habilidades básicas que caracterizam o cidadão: participação e julgamento” (SANTOS; SCHNETZLER, 1996, p. 29).

Deste modo, para que o Ensino em Química alcance tais propósitos os educadores podem fazer uso de metodologias que contribuam no processo ensino-aprendizagem. Dentre o rol de metodologias para o ensino, a experimentação pode contribuir para que os educandos tenham uma aprendizagem significativa.

Para Moreira (2011, p. 26) considera-se como aprendizagem significativa o processo

no qual um novo dado “se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito”. Ou seja, para que ocorra aprendizagem significativa é necessário que o novo conhecimento se ancore nos conhecimentos preexistentes nas estruturas cognitivas dos educandos.

De acordo com as ideias de Reginaldo et al., (2012, p. 2) a experimentação é “uma excelente ferramenta para que o aluno faça a experimentação do conteúdo e possa estabelecer a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática”.

A experimentação, quando associada aos aspectos econômicos, sociais e culturais dos educandos, isto é, quando associada à sua realidade de vida, possibilita uma aprendizagem efetiva, haja vista que os educandos podem estabelecer conexões reais entre os conteúdos trabalhados e os conceitos científicos com a sua realidade vivida, podem observar a Química na natureza cotidiana.

Diante do exposto, o presente artigo teve como objetivo principal verificar as concepções de docentes sobre o uso da experimentação no Ensino de Química.

### **1.1 Histórico do ensino de Ciências/Química no Brasil: breves considerações**

A história e transcorrer do ensino de Ciências e Química remonta ao Brasil Colônia, sendo este um período com escassos avanços científicos, sobretudo em relação à dependência política, econômica e cultural que o país mantinha para com a Coroa (LIMA, 2013).

É somente com a chegada da Família Real Portuguesa que se inicia a estruturação de atividades relacionadas às Ciências, destacando nesta época a realização de importantes eventos para esta áreas, além da constituição das primeiras escolas técnicas; estabelecimento das primeiras indústrias, dentre outros (PORTO; KRUGER, 2013).

Porto e Kruger (2013) apontam que a inserção da Química na educação brasileira se dá em 1810, na Real Academia Militar. Inicia-se, então, a formação de profissionais especializados nas áreas voltadas para as ciências.

Lima (2013, p. 75) aponta que,

Até essa época, porém, o ensino das Ciências era desprestigiado, pois se associava a formação de uma classe trabalhadora, o que o tornava muito pouco atrativo. Dessa forma, a memorização e a descrição eram as únicas formas metodológicas aplicadas no ensino das Ciências. Os conhecimentos químicos dessa época apenas se resumiam a fatos, princípios e leis que tivessem uma utilidade prática, mesmo aqueles que eram completamente desvinculados da realidade cotidiana do estudante (LIMA, 2013, p. 75).

O Instituto de Química, criado em 1918, na cidade do Rio de Janeiro, foi a primeira escola que visou formar profissionais para atender o setor químico. É datado, também, neste mesmo ano a criação do Curso de Química, em São Paulo, na Escola Politécnica

(LIMA, 2013).

Outro importante marco é a criação do Departamento de Química, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, da Universidade de São Paulo (USP) em 1934 por meio de decreto estadual, sendo oferecido a partir de 1935 (OSÓRIO, 2022).

No que tange ao ensino de Química no ensino regular brasileiro, foi a partir de 1931 com a Reforma Francisco Campos, a primeira reforma educacional com caráter nacional, que tal disciplina passou a compor os currículos, sendo os “objetivos para a disciplina relacionados à apropriação de conhecimentos peculiares, bem como da missão de gerar interesse científico nos alunos, relacionando tais conceitos com o cotidiano dos mesmos” (FERREIRA; MARQUES, 2013, p. 14).

Lima (2013, p. 77) destaca que o panorama “científico relacionado ao cotidiano foi perdendo força ao longo dos tempos e, com a reforma da educação promovida pela LDB, de 1971, que criou o ensino médio profissionalizante, foi imposto ao ensino de Química um caráter exclusivamente técnico-científico”.

A partir da reforma do Ensino Médio brasileiro na década de 90, com a LDB nº 9.394, de 1996, o Ministério da Educação (MEC) publicou o Programa de Reforma do Ensino Profissionalizante, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), promovendo significativas no currículo e diretrizes metodológicas, a fim de romper com o caráter tradicional da educação (BRASIL, 1996; LIMA, 2013).

Portanto, é a partir de então que vem sendo construídas propostas educativas que se pautem na noção de cidadania e a qualificação para o mercado de trabalho, priorizando as iniciativas que contextualizem os conteúdos às realidades dos seus educandos.

## 1.2 Experimentação no ensino de Ciências/Química

Uma incursão pela história revela a importância das atividades práticas e o seu papel significativo na aprendizagem e desenvolvimento da civilização. É a partir do século XVII que a experimentação tem o seu papel fundamental no processo de consolidação das ciências naturais e para o desenvolvimento de um modelo de metodologia científica baseada nos processos de racionalização dos procedimentos, indução e dedução. Outrossim, este movimento também contribuiu para romper com a convicção de que entre homem, natureza e divino haveria uma relação (SALESSE, 2012; SILVA, 2016).

Faz-se necessário, antes de tudo, destacar que há diferenças quanto à compreensão da experimentação na ciência e no ensino de ciências. Enquanto a primeira conduz-se experimentos para que teorias sejam desenvolvidas, dados e fatos sejam adquiridos, hipóteses verificadas e novos materiais obtidos; a segunda, por sua vez, possui funções pedagógicas de ensino e praticar ciências (OLIVEIRA, 2015).

É, sobretudo, em função da influência dos trabalhos desenvolvidos em universidades que as atividades experimentais passam a ser inseridas nas escolas, tendo como objetivo

o aprimoramento da aprendizagem do conhecimento científico por meio da aplicação prática do aprendido (SILVA, 2016). Desta forma, “o investimento na pesquisa em Ensino de Química trouxe também resultados que mostram a importância da experimentação para o processo de ensino-aprendizagem de Química e Ciências” (GIORDAN, 1999 *apud* SILVA, 2016).

Concordante com esta ideia, Oliveira (2010) aponta que dentre as contribuições da experimentação para o processo de ensino-aprendizagem, destacam-se a motivação e o despertar da atenção dos alunos sobre os conteúdos; a possibilidade de desenvolvimento de trabalhos conjuntos, em grupos; o estímulo à criatividade; o aprimoramento de capacidades e habilidades, tais como as manipulativas, de observação e registro dos fenômenos estudados, análise de dados e formulação de hipóteses; compreensão da natureza da ciência, bem como as suas relações com a tecnologia e a sociedade, dentre outras.

Desta forma, Santos e Maldaner (2010), ao descreverem a importância da experimentação no ensino de Ciências/Química apontam que este recurso possibilita a articulação entre teorias e fenômenos, isto é, uma constante relação entre o pensar e o fazer.

Nessa mesma perspectiva, Schwahn e Oaigen (2009, p. 2) afirmam que:

A experimentação se justifica por motivos ligados à estrutura da ciência, à Psicopedagogia, à Didática específica, à reformulação conceitual entre outros, sendo considerada ferramenta para o ensino e aprendizagem de Química. Como ingrediente de ensino, deve-se considerá-la indissociável.

Assim, é possível depreender que a experimentação no ensino de Química possui relevância pedagógica na medida em que se configura como uma ferramenta que propicia o despertar do interesse dos discentes para se apropriarem dos temas trabalhos em sala de aula.

Autores como Schwahn e Oaigen (2009) e Santos e Maldaner (2010), dentre outros, destacam o cuidado que o docente deve ter no uso dessa ferramenta, haja vista que para obter êxitos, a experimentação deve estar correlacionada com a realidade dos alunos, devem ser planejadas e conduzidas adequadamente e aplicadas no momento adequado e propício para que sejam perceptíveis as relações existentes entre a teoria e a experimentação.

Neste contexto, Baratieri et al., (2008, p. 22) indicam que para a estruturação das atividades de experimentação no Ensino de Química, quatro objetivos podem ser considerados fundamentais:

- promover a compreensão dos conceitos científicos e facilitar aos alunos a confrontação de suas concepções atuais com novas informações vindas da experimentação;
- desenvolver habilidades de organização e de raciocínio;
- familiarizar o aluno com o material tecnológico;

- oportunizar crescimento intelectual individual e coletivos.

Autores diversos apresentam classificações para as atividades experimentais. Oliveira e Soares (2010) apresentam quatro tipos de atividades de experimentação: (I) demonstrativas; (II) ilustrativas; (III) descritivas; e (IV) investigativas.

As primeiras, do tipo demonstrativas, referem-se àquelas práticas na quais o professor é o sujeito principal, isto é, o responsável por realizar a experimentação. Ao aluno, cabe a observação, anotações e a classificação (OLIVEIRA; SOARES, 2010).

Já as segundas, do tipo ilustrativas, é o aluno que realiza a manipulação do material a partir de orientações do professor e tem como objetivo comprovar e/ou (re)descobrir leis (OLIVEIRA; SOARES, 2010).

Quanto às terceiras, as descritivas, os alunos entram em contato com o fenômeno a ser estudado e as experimentações são realizadas pelos alunos podendo ter ou não observações dos professores (OLIVEIRA; SOARES, 2010).

Por fim, nas investigativas, os alunos realizam os experimentos, discutem ideias, elaboram hipóteses e, a partir da experimentação, compreendem os fenômenos vivenciados no cotidiano. Ao professor, cabe o papel de mediador do processo de construção do conhecimento (OLIVEIRA; SOARES, 2010).

### 1.3 A experimentação segundo os documentos oficiais

Como destacado anteriormente, a experimentação favorece a construção de conhecimentos no ensino de Ciências/Química, principalmente por possibilitar que assuntos e conceitos não apreendidos em sua totalidade na aula teórica possam ser compreendidos pelos alunos. Desta forma, com o objetivo de estabelecer bases comuns sobre o seu uso, documentos oficiais norteiam a prática docente.

Dentre os documentos oficiais que versam sobre este assunto, podemos citar: a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996; os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino médio em Química (PCN+ de Química) de 2002; Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) de 2006 e o Pacto Nacional pelo Fortalecimento do Ensino Médio de 2013 (BRASIL, 2002; 2006; 2014).

De acordo com Gomes Neto (2017, p. 8) esses documentos “legislam e orientam nossas práticas docentes, fazem referências às atividades experimentais no ensino de química, apontando suas características, importâncias e modos de inserção”.

Oliveira (2015, p. 29) ressalta que estes documentos recomendam o uso da experimentação “tendo a contextualização e a interdisciplinaridade como eixo central para o processo de ensino e aprendizagem de química, visando não apenas à formação profissional, mas, também, à formação de cidadãos”.

Em 2006 o Ministério da Educação, por meio da Secretaria de Educação Básica

publicou o segundo volume das Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, com o objetivo de “contribuir para o diálogo entre professor e escola sobre a prática docente (BRASIL, 2006, p. 5).

De acordo com o referido documento:

A experimentação faz parte da vida, na escola ou no cotidiano de todos nós. Assim, a idéia de experimentação como atividade exclusiva das aulas de laboratório, onde os alunos recebem uma receita a ser seguida nos mínimos detalhes e cujos resultados já são previamente conhecidos, não condiz com o ensino atual. As atividades experimentais devem partir de um problema, de uma questão a ser respondida. Cabe ao professor orientar os alunos na busca de respostas. (BRASIL, 2006, p. 26).

O Pacto Nacional para o Fortalecimento do Ensino Médio assevera que o trabalho docente organizado por temas possibilita que os alunos compreendam a pertinência e relevância da ciência para a compreensão ampliada dos problemas sociais. Ademais, permite o desenvolvimento de senso crítico dos estudantes, que assumam posição de agentes transformadores em condições de tomarem decisões conscientes (BRASIL, 2014).

O referido documento ainda afirma que:

Na educação científica, a experimentação pode auxiliar muito para que o aluno possa adquirir e desenvolver conhecimentos teóricos e conceituais. Isto porque as explicações para os fenômenos concretamente observados em um experimento didático exigem o uso e o trabalho com os conceitos científicos, geralmente de caráter abstrato. A aprendizagem sobre a natureza das ciências é favorecida uma vez que a atividade experimental proporciona o entendimento dos métodos e procedimentos das ciências. Já o fazer ciência, proporcionado por uma atividade experimental bem planejada, contribui para desenvolver os conhecimentos técnicos sobre a investigação científica e a resolução de problemas, ou seja, permite o aprendizado dos procedimentos científicos. (BRASIL, 2014, p. 37).

Considerando as indicações dos documentos oficiais, o planejamento de atividades experimentais que explorem seu potencial pedagógico pode ser realizado a partir de uma abordagem experimental investigativa. Esse tipo de abordagem leva o aluno a um comportamento de pesquisa e investigação, atuando de forma direta na resolução de problemas (OLIVEIRA, 2015).

Importante salientar que, ainda que a experimentação traga significativas contribuições para o Ensino de Química, no Brasil a realidade das escolas públicas é perpassada por escassez de estrutura para tal fim, como laboratórios e materiais necessários para a realização dos experimentos por exemplo (OLIVEIRA, 2015).

Em relação a ausência da experimentação no ensino de Ciências da Natureza, Brasil (2014, p. 37) aponta que

As razões para este afastamento da experimentação do ensino e aprendizagem podem ser várias, mas certamente podemos citar duas razões fundamentais. A primeira é a falta de condições materiais para uma prática experimental nas escolas. A segunda razão é a falta de uma correta compreensão do papel da

experimentação na Ciência no aprendizado de Ciências da Natureza. O fato é que esta ausência de atividades experimentais concorre para um ensino focado em definições conceituais de difícil compreensão para os estudantes.

Destarte, o que se verifica nos documentos é que a experimentação está em consonância com uma proposta de ensino transformador que associe os conteúdos trabalhados em sala de aula com a realidade na qual os educandos se encontram.

#### **1.4 Panorama da pesquisa do uso da experimentação no ensino de Química**

Uma análise sobre as produções e publicações sobre o uso da experimentação no ensino de Química no país, demonstra que nos últimos anos muitos trabalhos têm sido divulgados por meio dos Encontros Nacionais de Ensino de Química (ENEQ's), por meio de dissertações e teses e em periódicos, no formato de artigos e relatos de experiência.

Alves et al., (2021) ao realizarem um levantamento quantitativo de trabalhos publicados nos ENEQ's, de 2006 a 2018, constataram que dentre as linhas temáticas mais recorrentes nas produções, as publicações sobre a experimentação apresentam decaimento em números, em relação às demais linhas, sobretudo a partir do ano de 2012. Ainda assim, dos 5.224 trabalhos apresentados no período analisado, os referidos autores constataram que publicações sobre a experimentação no Ensino de Química corresponderam a 11% do total.

Similarmente, Souza et al., (2021) mapearam que, entre os anos de 2004 e 2013, em termos de produção acadêmica sobre experimentação no ensino de Química, defendidas nos Programas de Pós-Graduação vinculados às áreas de Ensino, Educação e Química da CAPES, havia 122 dissertações e 21 teses, evidenciando um crescimento significativo em números de produções sobre o assunto.

No que se refere às publicações em revistas científicas, Santos (2019) constatou que entre os anos de 2014 e 2018, só na Revista Química Nova na Escola, foram publicados 20 artigos sobre a temática de experimentação no ensino de Ciências/Química.

Este panorama, portanto, evidencia a importância de se desenvolverem estudos sobre o uso de tal recurso pedagógico no ensino de Ciências/Química no Brasil.

## **2 | METODOLOGIA**

Trata-se de um estudo de abordagem qualitativa, delineado por uma revisão sistemática que consiste em uma revisão planejada, com rigor metodológico, que visa responder as questões formuladas e identificar, selecionar e avaliar, de maneira crítica, os estudos, bem como coletar e analisar seus dados (ROTHER, 2007). Este estudo foi desenvolvido em duas partes, sendo a primeira a formulação das questões-problemas para nortear a pesquisa e a segunda de localização de estudos e trabalhos publicados.

As buscas foram realizadas no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), dada sua grande variedade de

instituições de ensino e pesquisa e de bases referenciadas, além do amplo acervo de publicações. Compreendeu-se, nesta pesquisa, o período temporal de 5 anos, de 2017 a 2021. Foram empregados os seguintes descritores *ensino química*, *experimentação*, *desafios*, *finalidades* a partir de combinações com o operador booleano AND.

Adotou-se como critérios de inclusão, aqueles trabalhos em que os resumos apresentavam objetos e resultados delimitados; trabalhos escritos em língua portuguesa; relatos de experiência; e estudos que apresentem o uso da experimentação no ensino de Química. De modo contrário, foram excluídos aqueles que não estivessem em língua portuguesa; resumos duplicados; revisões integrativas e sistemáticas, aqueles que não possuíam objetivos e/ou que não apresentavam resultados delimitados e o uso da experimentação pela percepção dos docentes.

Considerando os critérios estabelecidos foram realizadas leituras na íntegra dos artigos selecionados a fim de constituir a amostra final. Os artigos selecionados foram tabulados, discriminando os seguintes itens: ano de publicação, título, autoria, revista de publicação, objetivos e resultados encontrados.

A amostra constituiu-se, portanto, de 26 artigos que abordam as percepções de docentes sobre o uso da experimentação no Ensino de Química. O percurso metodológico pode ser verificado através da figura 1.

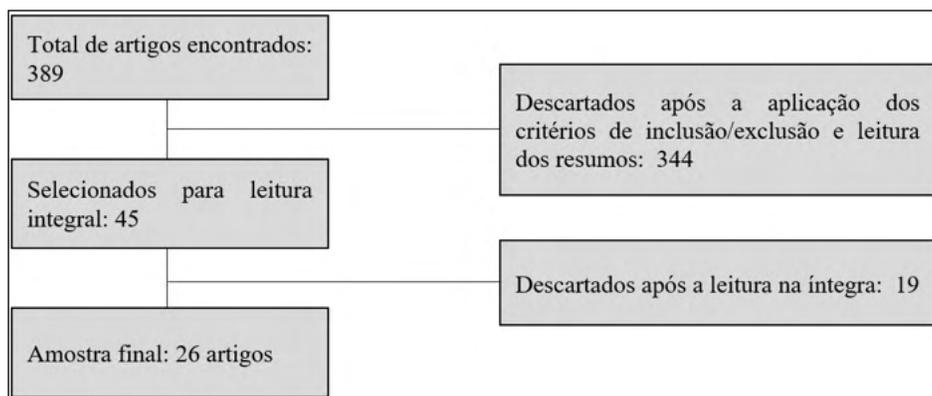


Figura 1 – Fluxograma representativo do processo de busca e coleta de dados.

Fonte: elaborado pela pesquisadora (2022)

Para a análise e interpretação dos dados foi utilizada a Análise Categral, uma técnica da Análise de Conteúdo de Bardin, que “funciona por operações de desmembramento do texto em unidades, em categorias segundo reagrupamentos analógicos” (BARDIN, 2016, p. 201). Desta forma, como proposto pela autora, foram aplicadas as seguintes fases: (I) pré-análise, (II) exploração do material e (III) tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A presente revisão é composta por 26 artigos, publicados entre os anos de 2017 e 2021. O ano de 2020 é o de maior incidência de publicações, com um total de 09 artigos, seguindo pelos demais anos: 2019 (07 publicações), 2021 (05 publicações), 2018 (04 publicações) e 2017 (01 publicação).

O quadro 1 apresenta os artigos selecionados sobre a experimentação no Ensino de Química sob a perspectiva dos docentes.

ANO	TÍTULO	AUTORES	OBJETIVO
2017	Contribuições das atividades experimentais para o despertar científico de alunos do ensino médio	Rauber, Quartieri e Dullius	Socializar contribuições das atividades experimentais para despertar a curiosidade e a investigação pela área das Ciências Exatas.
2018	A experimentação investigativa no ensino de química: construindo uma torre de líquidos	Baldaquim, Proença, Santos, Figueiredo e Silveira	Aplicar estratégias capazes de superar o desinteresse em aprender, estimulando os alunos a se envolverem com a atividade, criando hipóteses e questionamentos sobre os fenômenos estudados.
2018	Aprendizagem significativa sobre polímeros a partir de experimentação e problematização	Santos, Ribeiro e Souza	Investigar sobre a aprendizagem de alunos da terceira série do ensino médio em aulas de química por meio atividades relacionadas ao conteúdo Polímeros em uma Sequência Didática (SD).
2018	Explorando atividades lúdicas, experimentos e modelagem: solução para o ensino e aprendizagem de soluções?	Bonfim, Amaral Filho	Avaliar a aprendizagem do conteúdo de Soluções e Misturas diante de uma abordagem Lúdica Contextualizada sob o viés Histórico-Cultural.
2018	Recuperação de cobre a partir de resíduos gerados nas aulas práticas de química no ensino médio	Queiroga e Barbalho	Contextualizar, o tratamento de resíduos contendo cobre, produzidos em laboratório, com o ensino do conteúdo de reações químicas e soluções.
2019	A experimentação como ferramenta facilitadora no ensino de química	Caporalini	Compreender a concepção de professores e alunos em relação ao conceito que atribuem à experimentação, bem como a relevância e uso das aulas práticas de Química na construção do conhecimento científico.
2019	A química dos refrigerantes em uma abordagem experimental e contextualizada para o ensino médio	Silva Júnior e Pires	Propor uma atividade experimental contextualizada e investigativa, utilizando o tema refrigerantes e materiais de baixo custo, além de relatar a experiência de aplicação dessa atividade com alunos do Ensino Médio e de Ensino Superior.
2019	Ácidos e bases no cotidiano: uma proposta de experimento investigativo para o ensino médio	Monteiro, Rodrigues, Santin Filho e Batista	Investigar as potencialidades didáticas de uma atividade experimental investigativa sobre ácidos e bases.

2019	Crime na mansão: uma oficina investigativa no ensino de química	Bertolin e Gomes	Apresentar o desenho e as respectivas reflexões a respeito de uma experiência didática de elaboração de uma oficina investigativa, realizada com estudantes das séries do Ensino Médio de uma escola pública no interior do estado de São Paulo.
2019	Determinação da vitamina C em suco de laranja: uma proposta experimental investigativa para aplicação no ensino de química	Bueno, Gomes, Giusti e Stadler	Apresentar uma abordagem experimental investigativa por meio de um método alternativo para determinação de vitamina C em suco de laranjas.
2019	Instrumentação para o ensino de química utilizando materiais de baixo custo	Vieira, Bernini, Paula, Martino, Souza, Monnerat e Correa	Construir kits didáticos de química, com materiais de baixo custo, para o ensino fundamental das escolas da cidade de João Monlevade-MG.
2019	Química e meio ambiente: investigação e desenvolvimento de abordagens experimentais.	Alves, Lucena e Lopes	Elaborar duas atividades práticas como propostas pedagógicas auxiliares no ensino no nível médio.
2020	Metodologia de experimentação como estratégia potencializadora para o ensino de química	Gonçalves e Goi	Investigar como os alunos podem construir conhecimento científico a partir do uso da metodologia de experimentação no Ensino de Química, assim como, destacar aspectos da plenária de implementação dos experimentos e relatar e analisar as limitações dessa metodologia.
2020	A educação para o trânsito: uma temática a ser trabalhada na experimentação em química	Goi e Goi	Trabalhar com questões pertinentes à temática Educação para o Trânsito e o bafômetro, relacionada ao conteúdo de funções orgânicas, bem como a conscientização dos alunos sobre o assunto.
2020	A experimentação na perspectiva de professores de Química da rede pública estadual de Porto Alegre.	Quevedo e Zucolotto	Investigar como a trajetória dos professores de Química do ensino médio de escolas públicas estaduais de Porto Alegre favoreceu a apropriação e o desenvolvimento de atividades experimentais em sua prática docente.
2020	A Experimentação, a problematização e o uso de recursos digitais na aplicação de uma sequência didática para o ensino de soluções no ensino médio	Melo, Santos e Araújo	Elaborar, aplicar e avaliar uma Sequência Didática (SD) utilizando a temática "Sucos artificiais".
2020	Contextualização, experimentação e aprendizagem significativa na melhoria do ensino de cinética química	Batista e Gomes	Analisar o ensino e a aprendizagem, através de uma abordagem contextualizada experimental aplicada ao ensino de cinética química, através de sessões didáticas e experimentação, relacionada ao cotidiano regional dos alunos.

2020	Ensino de Ciências através da experimentação: a construção de um vulcão de levedura.	Joras, Bender, Candito e Rocha	Levar os escolares a pensar, debater, justificar suas ideias ao estudar os processos químicos da Fermentação e ação da Catalase, através da experimentação, em uma Escola da Rede Pública Estadual de Ensino localizada na cidade de Santa Maria/RS.
2020	Experimentação nas aulas de química de um curso pré-vestibular: um relato de experiência.	Rosa, Souza, Nascimento e Ghidini	Investigar as contribuições e as limitações da utilização da experimentação em aulas de Química de um curso pré-vestibular em Rio Branco/Acre.
2020	Integração de atividades experimentais e tecnologias educacionais no ensino do conceito de pH	Vendrusculo e Mello	Abordar a utilização de um aplicativo para dispositivos móveis no ensino do conceito de pH aos alunos do 1º ano curso técnico de nível médio em informática de uma instituição pertencente à rede federal de educação profissional.
2020	Oficina temática: especiarias, a química presente nos pequenos detalhes.	Martins, Teixeira, Babinski e Braibante	Verificar de que forma a divulgação científica pode contribuir para o ensino de química
2021	Argumentação no ensino médio a partir da experimentação investigativa em Química.	Leal e Schetinger	Explorar a experimentação investigativa como um meio de trabalhar a química do ensino médio, colocando o aluno no centro do processo de ensino-aprendizagem.
2021	Experimentação de química no ensino médio: percepções e concepções de alunos e professores.	Zimmer, Lima, Marzari e Folmer	Investigar percepções e concepções de professores e alunos na realização da experimentação de Química no Ensino Médio, em um colégio técnico integrado.
2021	Experimentação no ensino de Química: relatos do programa residência pedagógica.	Silva, Oliveira, Medeiros e Silva	Analisar o nível de compreensão de conteúdos de química através da prática aplicada com a contextualização no cotidiano, conceituando a importância das aulas práticas para o ensino de química.
2021	Implicações da experimentação como aporte em atividades por problematização para compreensão do fenômeno corrosão.	Oliveira, Melo e Souza	Analisar contribuições da experimentação em atividades problematizadoras, voltadas para a significação de conceitos químicos associados à corrosão.
2021	Uma investigação sobre a efetividade da experimentação e da simulação para a aprendizagem significativa em Química Orgânica.	Santos Júnior, Oliveira, Botero, Simonyi e Leite Júnior	Relata uma investigação sobre o ensino de Química Orgânica.

Quadro 1 – ARTIGOS SELECIONADOS PARA A CONSTITUIÇÃO DA AMOSTRA DO ESTUDO.

Fonte: elaborado pela autora (2022).

Da análise do material coletado emergiram as seguintes categorias temáticas: a) As finalidades e contribuições da experimentação para o Ensino de Química e b) As adversidades e possibilidades para o uso da Experimentação no Ensino de Química.

É importante destacar que para este estudo, o termo percepções está ancorado nas ideias de Vygotsky, de que estas são processos mentais que contribuem para a formação

do pensamento humano e se dão no processo de desenvolvimento do indivíduo, a partir da sua história de vida, conhecimento de mundo, experiências vividas e participação na formação de conceitos (VYGOTSKY, 2004).

### **3.1 As finalidades e contribuições da experimentação para o Ensino de Química**

A presente categoria temática objetiva apresentar as percepções de docentes sobre as finalidades e contribuições do uso da experimentação para o processo de ensino-aprendizagem em Química.

De maneira unânime, os estudos consultados abordam que a experimentação, quando utilizada de maneira planejada e com objetivos traçados e bem delineados, possibilita significativas contribuições para o ensino e aprendizagem em Química. Segundo Bonfim e Amaral Filho (2018), o ensino e aprendizagem em Química é um processo complexo, muito além da aplicação de simples fórmulas ou receitas prontas. Do contrário, é um processo que exige a elaboração de estratégias que possibilitem a inovação e o avanço na prática pedagógica.

Felício et al., (2013) ressaltam que a realidade de grande parte das aulas de Química nas escolas brasileiras é marcada pelas aulas expositivas, centradas nas memorizações de conceitos e fórmulas, sem uso de laboratórios e distantes da vida dos alunos.

Quanto à finalidade, constatou-se que a experimentação é um importante recurso pedagógico para o Ensino em Química. E, dentre o rol de contribuições, vale destacar os seguintes achados: auxilia na motivação e no despertar de interesse pela Química; promove estímulo à criatividade, ao raciocínio lógico, à autonomia e à construção de conhecimentos, aptidões e competências; cria conexões entre elementos teórico e práticos; relaciona conhecimentos prévios do estudante com novos conhecimentos; propicia a assimilação de conceitos e conhecimentos científicos; possibilita a formação de sujeitos críticos em relação às demandas sociais; melhora o índice de aproveitamento e aprendizagem dos alunos, dentre outras (RAUBER et al., 2017; SANTOS et al., 2018; BONFIM; AMARAL FILHO, 2018; QUEIROGA; BARBALHO, 2018; MONTEIRO et al., 2019; BERTOLIN; GOMES, 2019; VIEIRA et al., 2019; GOI; GOI, 2020; QUEVEDO; ZUCOLOTTI, 2020; SILVA et al., 2021).

Além disso, as contribuições deste recurso podem repercutir no processo de desmistificação de imagens e crenças que circundam o imaginário dos alunos, nas quais há uma identificação da Química enquanto uma disciplina difícil, chata e presa aos laboratórios. Similarmente, muitos alunos têm dificuldades para compreender os conteúdos de Química e de relacioná-los com a vida cotidiana, o que por vezes reflete na não motivação para o estudo da disciplina (MARTINS et al., 2020). Assim, Quevedo e Zucolotto (2020), constataram em entrevistas com docentes de Química que a maioria deles alegam maior receptividade por parte dos discentes em relação às aulas quando faziam uso da

experimentação.

Concordante com os achados, Stedile et al., (2019, p. 2-3) apontam que:

A utilização de experimentos no processo ensino-aprendizagem de química, busca a ressignificação do ensino de química através de atividades experimentais, uma vez em que a sua principal função é a verificação de leis e conceitos científicos anteriormente pesquisados e definidos, levando em considerações as condições físicas e humanas envolvidas no modelo de ensino.

Não obstante, é a partir dessas aulas experimentais que os discentes podem observar, manusear equipamentos e vidrarias e, a partir disto, construir o seu próprio conceito assentado numa realidade concreta e próxima (GONÇALVES; GOI, 2019).

Vale salientar que para que todas as potencialidades do uso da experimentação sejam alcançadas faz-se necessário que as práticas experimentais estejam próximas e contextualizadas com a realidade de vida dos estudantes. Neste sentido, Bueno et al., (2019, p. 319) concluem que as “ações práticas problematizadoras e investigativas, relacionados com o cotidiano, sejam elas realizadas em laboratório específico ou em sala de aula, motivam a participação e a curiosidade dos alunos, corroborando com a compreensão adequada dos conceitos químicos”.

Indo nessa mesma direção, Silva et al., (2009, p. 278) entendem que quando a experimentação é desenvolvida juntamente com a contextualização, ou seja, levando em conta aspectos sócio-culturais e econômicos da vida do aluno, os resultados da aprendizagem poderão ser mais efetivos”.

Destarte, percebe-se por meio dos achados que a experimentação contribui para a aprendizagem significativa dos educandos, além de constituir numa importante ferramenta pedagógica para o desenvolvimento de capacidades e habilidades para a prática da cidadania num mundo em constante transformação e que, a cada dia, conclama os cidadãos a tornarem-se atores ativos neste processo de transformação.

### **3.2 As adversidades e possibilidades para o uso da Experimentação no Ensino de Química**

A presente categoria temática objetiva apresentar as percepções de docentes sobre as adversidades encontradas para o desenvolvimento da experimentação no Ensino de Química e as estratégias utilizadas para fazê-la. Além disso, verificou-se também quais são as abordagens utilizadas pelos educadores no uso de tal recurso.

Ainda que a experimentação em Química promova contribuições significativas no processo de ensino-aprendizagem e, de maneira crítica e ativa, na formação dos discentes, muitas são as adversidades deparadas pelos docentes no cotidiano dos educandários brasileiros.

A partir dos estudos revisitados, constatou-se que as principais adversidades encontradas são: desinteresse por parte dos estudantes em relação às aulas de Química;

falta de apoio institucional, de recursos materiais, equipamentos, manutenção e espaço adequado – laboratórios, equipamentos e vidrarias; excesso de alunos nas turmas e, por vezes, a imaturidade destes; baixa carga horária para a disciplina; falta de técnicos nos laboratórios para auxiliar nas atividades experimentais; e a natureza volátil e tóxica de alguns reagentes que limitam algumas atividades experimentais (RAUBER et al., 2017; BALDAQUIM et al., 2018; CAPORALINI, 2019; SILVA JÚNIOR; PIRES, 2019; MONTEIRO et al., 2019; ALVES et al., 2019; GONÇALVES; GOI, 2020; MELO et al., 2020; BATISTA; GOMES, 2020; ZIMMER et al., 2021; SANTOS JÚNIOR et al., 2021).

Para Wyzykowski et al., (2011, p. 2)

A literatura tem discutido que em encontros de formação continuada de professores da educação básica é comum nos depararmos com falas angustiantes, que demonstram o interesse em querer fazer o uso da prática científica no cotidiano, mas que não a fazem por falta de equipamentos adequados, instruções insuficientes, ou ainda, pela ausência de um espaço reservado para organizar e utilizar os utensílios necessários para as atividades quando elas existem.

É o reflexo perverso e cruel de um projeto em curso de sucateamento da educação pública brasileira e que é fortemente mantido pelo ideário neoliberal. Ao estabelecer um comparativo entre o ensino público e o privado, Berezuk e Inada (2010, p. 214) concluíram que

(...) as condições de utilização dos laboratórios de escolas públicas e particulares apresentam diferenças bem contrastantes, principalmente no aspecto de infraestrutura e condições materiais, em que as escolas públicas têm dificuldades em manter os laboratórios pela falta de recursos, enquanto as escolas particulares dispõem de recursos para investirem nestes ambientes, adquirindo equipamentos modernos e organizando o ambiente de forma agradável.

Assim, no que tange ao uso da experimentação nas aulas de Química, Quevedo e Zucolotto (2020, p. 2) em sua pesquisa com docentes do ensino público do Rio Grande do Sul, constataram que “nem sempre os laboratórios apresentam condições de funcionamento e seus materiais são precários”. Indo nessa mesma direção, Monteiro et al., (2019, p. 229) também apontam que “a pouca utilização desse recurso por parte dos professores é justificada, por exemplo, pelo excesso de alunos por turma, pela falta de laboratório e materiais adequados, bem como a imaturidade dos alunos para realizarem atividades desta natureza”.

Apesar deste cenário de precariedade constatado neste estudo, por outro lado também foi possível verificar o papel ativo, criativo e resiliente de muitos educadores em suas práticas experimentais. Vale destacar, contudo, que não é objetivo desta pesquisadora transferir a responsabilidade do Estado, de garantir as condições dignas para o exercício das aulas experimentais de Química, para os educadores. Pois, compreende-se que os fatores supracitados, por vezes associados a outras condicionantes, obstaculizam aos

educadores no desenvolvimento de alternativas para promoverem as experimentações. De modo contrário, objetiva-se apresentar propostas exitosas no uso da experimentação em Química para uma aprendizagem significativa.

Dantas Filho et al., (2017, p. 161) apontam que “a Química pode ser trabalhada com materiais alternativos que estão presentes no cotidiano e de baixo custo”. Por exemplo, o uso de mentos e refrigerante de cola para se trabalhar reações (SILVA et al., 2018); avaliação do teor de vitamina C em laranjas pelo método titulométrico de oxirredução, utilizando o lugol como reagente alternativo (BUENO et al., 2019); eletroquímica com pilha de batata e ácido-base naturais com uso de repolho roxo (VIEIRA et al., 2019), dentre outros.

Assim, na visão de Alves et al., (2019, p. 10) a “experimentação associada à incorporação de elementos socioculturais expõe os discentes a estímulos singulares, além de corroborar com uma formação ampla que alia aspectos cognitivos e afetivos”.

Ainda, no que se refere às possibilidades para o Ensino de Química, 14 dos artigos analisados apresentavam o uso de experimentação numa abordagem investigativa e contextualizada (RAUBER et al., 2017; BALDAQUIM et al., 2018; SANTOS et al., 2018; QUEIROGA; BARBALHO, 2018; SILVA JÚNIOR; PIRES, 2019; MONTEIRO et al., 2019; BERTOLIN; GOMES, 2019; BUENO et al., 2019; ALVES et al., 2019; GONÇALVES; GOI, 2020; GOI; GOI, 2020; MELO et al., 2020; LEAL; SCHETINGER, 2021; OLIVEIRA et al., 2021).

De acordo com Silva Júnior e Pires (2019, p. 2) na experimentação investigativa “o aluno tem um papel de destaque, não sendo apenas um mero observador, mas se tornando o condutor do processo, inferindo suas explicações para a ciência por trás da experimentação”. Isto é, a partir das discussões, observações e construção do percurso metodológico da experimentação os educandos têm participação ativa em todo o processo, características estas que favorecem a construção do conhecimento científico.

Monteiro et al., (2019, p. 239), em seu experimento com ácidos e bases no cotidiano com estudantes do ensino médio, concluíram que a prática investigativa “favoreceu o entendimento conceitual dos alunos sobre os ácidos e bases, permitindo a interação entre os participantes, bem como a elaboração de argumentos no momento de comunicarem seus resultados de aprendizagem”.

Em suma, apesar de todas as vicissitudes encontradas pelos docentes nos educandários públicos brasileiros que limitam e/ou impedem a prática das atividades experimentais nas aulas de Química, também se verificou que existem possibilidades alternativas de uso deste recurso tão importante e necessário para uma aprendizagem significativa, como a utilização de materiais de baixo custo presentes no cotidiano dos educadores e dos educandos, bem como a abordagem investigativa da experimentação.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos consultados demonstraram que os educadores têm percepções positivas sobre o uso da experimentação no Ensino de Química e que esta contribui para uma aprendizagem significativa. Considerando a realidade das escolas públicas brasileiras, marcadas por precariedade e escassez de recursos, essa abordagem torna-se um recurso fundamental para o desenvolvimento de cidadãos críticos e atentos às necessidades sociais e à própria realidade na qual se encontra.

Ademais, como constatado, as aulas experimentais promovem conhecimento, interação entre alunos-alunos e alunos-professores, e permitem a investigação de fenômenos para além dos problemas apresentados em sala de aula.

Em vista disso, também foi possível verificar as contribuições da abordagem investigativa por proporcionar aos educandos espaços para discussão de ideias, elaboração de hipóteses e a compreensão dos fenômenos sociais e cotidianos, a partir da mediação dos educadores no processo de (re)construção do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, J. N.; LUCENA, D. M. R.; LOPES, B. L. R. Química e meio ambiente: investigação e desenvolvimento de abordagens experimentais. **Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química – ReLAPEQ**, v. 3, n. 2, 2019.
- ALVES, M. C.; PACHECO, V. F.; CEDRAN, J. C.; KIOURANIS, N. M. M. Encontros Nacionais de Ensino de Química: mapeando as linhas temáticas dos ENEQ's de 2006 a 2018. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 3, p. 227-241, mar., 2021.
- BALDAQUIM, M. J.; PROENÇA, A. O.; SANTOS, M. C. G.; FIGUEIREDO, M. C.; SILVEIRA, M. P. A experimentação investigativa no ensino de química: construindo uma torre de líquidos. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 19-36, jan./abr., 2018.
- BARATIERI, S. M.; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. M. R.; ROCHA FILHO, J. B. R. Opinião dos estudantes sobre a experimentação em Química no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 3, p. 19-31, 2008.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BATISTA, J. S.; GOMES, M. G. Contextualização, experimentação e aprendizagem significativa na melhoria do ensino de cinética química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 4, p. 79-94, 2020.
- BEREZUK, P. A.; INADA, P. Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, v. 32, n. 2, p. 207-215, 2010.
- BERTOLIN, R. V.; GOMES, C. J. C. Crime na mansão: uma oficina investigativa no ensino de química. **Revista Ensino Ciências e Matemática**, v. 10, n. 5, p. 100-118, 2019.

BONFIM, C. S.; AMARAL FILHO, J. J. Explorando atividades lúdicas, experimentos e modelagem: solução para o ensino e aprendizagem de soluções? **Revista Ludus Scientiae**, v. 2, n. 2, jul./dez., p. 57-70, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o ensino médio, ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, p. 27.833, 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm). Acesso em: 15/02/2022.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Formação de professores do ensino médio, Etapa II - Caderno III: Ciências da Natureza**. Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2014.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BUENO, D. M. A.; GOMES, S. I. A. A.; GIUSTI, E. D.; STADLER, J. P. Determinação da vitamina C em suco de laranja: uma proposta experimental investigativa para aplicação no ensino de química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 307-325, set./dez., 2019.

CAPORALINI, C. B. A experimentação como ferramenta facilitadora no ensino de química. **Revista Funec Científica – Multidisciplinar**, v. 8, n. 10, p. 1-11, jan./dez., 2019.

DANTAS FILHO, F. F.; SILVA, G. N.; COSTA, A. S. Processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de ácidos e bases com a inserção da experimentação utilizando a temática sabão ecológico. **Revista Holos**, v. 2, n. 33, 2017.

FELÍCIO, D. L. A.; ARAÚJO, R. C.; ARRUDA, L. P.; LIMA, L. V. S.; CORREIA, E. A. S. Reativação de Laboratórios de Química de Escolas da Região Metropolitana de João Pessoa-PB. In: IX Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências – IX ENPEC - Águas de Lindóia, São Paulo – 10 a 14 de novembro de 2013. **Anais do IX ENPEC**. Águas de Lindóia, SP: [S.I.]. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0717-1.pdf>. Acesso em: 25/02/2022.

FERREIRA, M. L.; MARQUES, A. J. Breve percurso histórico da educação brasileira e o pensamento educacional contemporâneo: implicações ao ensino de Química. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 5, p. 1-19, 2020.

GOI, E. A.; GOI, M. E. J. A educação para o trânsito: uma trajetória a ser trabalhada na experimentação em química. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 3, 2020.

GOMES NETO, A. **O ensino de química numa escola pública estadual de Boa Vista-RR: a experimentação como parte do processo**. 2017. 123 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2017.

GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. Metodologia de experimentação como estratégia potencializadora para o ensino de química. **Comunicações Piracicaba**, v. 27, n. 1, p. 219-247, jan./abr., 2020.

JORAS, L. E.; BENDER, D. D. B. B.; CANDITO, V.; ROCHA, J. B. T. Ensino de ciências através da experimentação: a construção de um vulcão de levedura. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 3, 2020.

LEAL, R. R.; SCHETINGER, M. R. C. Argumentação no ensino médio a partir da experimentação investigativa em química. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 16, 2021.

LIMA, J. O. G. Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do Ensino de Química no Brasil. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 140, jan., 2013.

MARTINS, J. L. C.; TEIXEIRA, E. P.; BABINSKI, P. J.; BRAIBANTE, M. E. F. Oficina temática: especiarias, a química presente nos pequenos detalhes. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 5, 2020.

MELO, A. G.; SANTOS, M. L.; ARAÚJO, C. S. T. A experimentação, a problematização e o uso de recursos digitais na aplicação de uma sequência didática para o ensino de soluções no ensino médio. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 7, 2020.

MONTEIRO, P. C.; RODRIGUES, M. P.; SANTIN FILHO, O.; BATISTA, M. C. Ácidos e bases no cotidiano: uma proposta de experimento investigativo para o ensino médio. **Revista Prática Docente**, v. 4, n. 1, p. 227-241, jan./jun., 2019.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem significativa em Revista**, v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011.

OLIVEIRA, A. G. S. **Uso de vídeos como atividade experimental demonstrativa no ensino de Química**. 2015. 105 p. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, GO, 2015.

OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.

OLIVEIRA, N.; SOARES, M. H. F. B. As atividades de experimentação investigativa em ciência na sala de aula de escolas de ensino médio e suas interações com o lúdico. In: **ENEQ 15**, 2010.

OLIVEIRA, R. C. B.; MELO, C. C.; SOUZA, A. G. Implicações da experimentação como aporte em atividades por problematização para compreensão do fenômeno corrosão. **Ensino em Revista**, v. 28, e043, p. 1-25, 2021.

OSÓRIO, V. K. L. Os primeiros anos do curso de Química (1935-1938). **Memória Instituto de Química – Universidade de São Paulo**, 2022. Disponível em: [http://memoria.iq.usp.br/paginas\\_view.php?idPagina=115&idTopico=512#.Yivjp3rMLrc](http://memoria.iq.usp.br/paginas_view.php?idPagina=115&idTopico=512#.Yivjp3rMLrc). Acesso em: 23/02/2022.

PORTO, E. A. B.; KRUGER, V. Breve histórico do ensino de Química no Brasil. **Encontro de Debates sobre o Ensino de Química**, n. 33, 2013.

QUEIROGA, J. S.; BARBALHO, B. C. Recuperação de cobre a partir de resíduos gerados nas aulas práticas de química no ensino médio. **Revista Holos**, v. 2, n. 34, p. 128-145, 2018.

QUEVEDO, L. M. A.; ZUCOLOTTI, A. M. A experimentação na perspectiva de professores de química da rede pública estadual de Porto Alegre. **Educação por Escrito**, v. 11, n. 1, p. 1-14, jan./jun., 2020.

RAUBER, A. G.; QUARTIERI, M. T.; DULLIUS, M. M. Contribuições das atividades experimentais para o despertar científico de alunos do ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 1-12, jan./abr., 2017.

REGINALDO, C. C.; SHEID, N. J.; GULLICH, R. I. C. O ensino de ciências e a experimentação. **IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul**, 2012.

ROSA, J. V. A.; SOUZA, G. A. P.; NASCIMENTO, F. G. M.; GHIDINI, A. R. Experimentação nas aulas de química de um curso pré-vestibular: um relato de experiência. **Revista Prática Docente**, v. 5, n. 2, p. 1155-1170, mai./ago., 2020.

ROTHER, E. T. Revisão sistemática x revisão narrativa. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 20, n. 2, jun., 2007.

SALESSE, A. M. T. **A experimentação no Ensino de Química**: importância das aulas práticas no processo de ensino aprendizagem. 2012. 40 p. Monografia (Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR, 2012.

SANTOS JÚNIOR, J. B.; OLIVEIRA, L. C.; BOTERO, W.; SIMONYI, B. V.; LEITE JÚNIOR, L. C. Uma investigação sobre a efetividade da experimentação e da simulação para a aprendizagem significativa em química orgânica. **Revista Thema**, v. 19, n. 3, p. 499-516, 2021.

SANTOS, C. S. **A experimentação no ensino de química**: reflexões a partir dos artigos publicados na seção “experimentação no ensino de química” da Revista Química Nova na Escola no período de 2014-2018. 2019. 38 p. Monografia (Licenciatura em Química) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, PE, 2019.

SANTOS, G. G.; RIBEIRO, T. N.; SOUZA, D. N. Aprendizagem significativa sobre polímeros a partir da experimentação e problematização. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 14, n. 30, p. 141-158, jan./jul., 2018.

SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. **Ensino de química em foco**. Ijuí, RS: Unijuí, 2010.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZIER, R. P. Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão? **Química Nova na Escola**, n. 4, 1996.

SCHWAHN, M. C. A.; OAIGEN, E. R. Objetivos para o uso da experimentação no ensino de química: a visão de um grupo de licenciandos. **Anais do VII ENPEC**, 2009.

SILVA JÚNIOR, W. A.; PIRES, D. A. T. A química dos refrigerantes em uma abordagem experimental e contextualizada para o ensino médio. **Scientia Plena**, v. 15, n. 3, p. 1-13, 2019.

SILVA, A. P. B.; OLIVEIRA, I. S.; MEDEIROS, P. T.; SILVA, J. A. Experimentação no ensino de química: relatos do programa de residência pedagógica. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 4, p. 3890-3908, out./dez., 2021.

SILVA, R. T.; CURSINO, A. C. T.; AIRES, J. A.; GUIMARÃES, O. M. Contextualização e experimentação uma análise dos artigos publicados na seção “Experimentação no ensino de Química” da Revista Química Nova 2000 – 2008. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, n. 2, v. 11, p. 277-298, jul./dez., 2009.

SILVA, V. G. **A importância da experimentação no ensino de química e ciências**. 2016. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, 2016.

SILVA, W. A.; SILVA, J. M.; LIMA, R. S.; BARBOZA, R. J. O.; VIANA, K. S. L. Utilizando materiais de baixo custo como ferramenta didática para o ensino em Química. **V Cointer**, 2018.

SOUZA, R. F.; CABRAL, P. F. O.; QUEIROZ, S. L. Experimentação no ensino de química: focos temáticos das dissertações e teses defendidas no Brasil no período de 2004 a 2013. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, 2021.

STEDILE, A. M. A.; SILVA, C. R. F.; SOUZA FILHO, J. R. A.; VASCONCELOS, A. K. P.; BARROSO, M. C. S.; SAMPAIO, C. G.; ARIZA, L. G. A. Estudo do estado de conhecimento a partir da temática de experimentação química. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 8, n. 11, 2019.

VENDRUSCULO, V.; MELLO, C. A. S. Integração de atividades experimentais e tecnologias educacionais para o ensino do conceito de pH. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 2, 2020.

VIEIRA, K. M.; BERNINI, P. C.; PAULA, B. R.; MARTINO, D. P.; MONNERAT, C. S.; CORREA, S. F. Instrumentação para o ensino de química utilizando materiais de baixo custo. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 8, n. 5, 2019.

VYGOSTSKY, L. S. **Teoria e Método em Psicologia**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

WYZYKOWSKI, T.; GÜLLICH, R. I. C.; HEMEL, E. E. S.; ARAÚJO, M. C. P. A experimentação no ensino fundamental de ciências: a reflexão em contexto formativo. **VIII ENPEC**, 2011. Disponível em: [http://abrapecnet.org.br/atas\\_enpec/viiienpec/resumos/R1296-1.pdf](http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R1296-1.pdf). Acesso em: 01/03/2022.

ZIMMER, G. C.; LIMA, Q. C. E.; MARZARI, M. R. B.; FOLMER, V. Experimentação de química no ensino médio: percepções e concepções de alunos e professores. **Góndola**, v. 16, n. 3, p. 549-605, set./dez., 2021.

## O ENSINO DE QUÍMICA E CULTURA: CONCEPÇÕES PRESENTES NA REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA

Data de aceite: 01/08/2022

### **Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**

Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia  
Pós-doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia  
Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia - *Campus* Santa Mônica  
Uberlândia - MG  
<http://lattes.cnpq.br/12970002659897780>  
<https://orcid.org/0000-0003-3587-486X>

### **Rafael Martins Mendes**

Doutor em Educação pela Universidade Federal de Uberlândia  
Docente do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia - *Campus* Santa Mônica  
Uberlândia - MG  
<http://lattes.cnpq.br/0828938541881117>  
<https://orcid.org/0000-0002-7604-577X>

**RESUMO:** O presente trabalho busca compreender as concepções do termo cultura em artigos publicados na Revista Química Nova na Escola no período de 1995 a 2018. Realizamos uma varredura pelo sítio eletrônico da revista por meio da leitura do título, resumo ou palavras-chave identificando 26 artigos. Por meio deste levantamento inicial e posterior leitura na íntegra dos documentos buscamos identificar a concepção de cultura apresentada nos trabalhos publicados dialogando com Santos (2007); Dayrell (2007); Walsh (2007) e Candau (2012). Dessa maneira, percebemos uma diversidade

das formas de tratamento do termo cultura no ensino de química, no qual subdividimos em categorias atreladas às práticas do cotidiano; a relação entre os saberes populares e científicos; às tecnologias de comunicação e informação; além de estar associada às práticas culturais de sujeitos representantes de diversas etnias/grupos sociais. Destacamos a primeira categoria que apresentou um maior número de trabalhos (oito no total), no qual apreendemos que, por meio da contextualização dos saberes da química com a realidade estudantil, encontram-se maiores possibilidades de se observar as relações culturais com as práticas do cotidiano no ensino de química.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cultura, Ensino de Química, QNEsc.

### TEACHING CHEMISTRY AND CULTURE: CONCEPTIONS PRESENT IN REVISTA QUÍMICA NOVA NA SCHOOL

**ABSTRACT:** The present work seeks to understand the conceptions of the term culture that is to identify on “Revista Química Nova na Escola” in the period from 1995 to 2018. Twenty-six articles were found, and the selection occurred due to the analysis of the title, abstract or key-words term culture was present. Through this survey, and subsequent reading in full of the documents, we sought to identify the culture concept presented in the published works. In this way, a diversity of forms of treatment of the term culture in the teaching of chemistry can be perceived, being able to be linked to the daily practices; the relationship between popular and

scientific knowledge; communication and information technologies; besides being associated with the cultural practices of subjects representing different ethnicities / social groups in which it is possible to promote practices in the teaching of chemistry.

**KEYWORDS:** Culture, Chemistry Teaching, QNEsc.

## 1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da ciência tem progredido principalmente no meio acadêmico, mediante uma perspectiva que desconsidera a neutralidade, permite a influência das pessoas em contextos específicos e a valores e concepções embebidos das visões de mundo dos seres humanos que dele participam. Nesse caminho, confere à humanidade uma maior participação na produção científica fazendo que, cada vez mais, as pessoas como homens/mulheres façam parte dos projetos para seu desenvolvimento. Esse fenômeno é relevante para superar o papel da ciência como sendo, único e exclusivamente, para o estudo de leis e teorias, desvinculado da realidade e do contexto escolar e que desconsidera quem dela faz parte, conforme Strieder e Staub (2010).

Nessa perspectiva, Muzzeti e Suficier (2013) concebem que, uma visão de ciência como cultura, é importante para promover o conhecimento científico e tecnológico constituindo uma verdadeira cultura científica. Para tanto, ao pensarmos em ciência como cultura busca-se ultrapassar modelos universais da razão e de imperialismos culturais. Nesse caminho, recusa-se a lógica da monocultura da ciência moderna e rejeita a aceitação acrítica da autoridade da ciência e da tecnologia. Os autores supracitados ainda destacam que existem dois obstáculos epistemológicos que dificultam o pensar ciência como cultura, a saber: a concepção da ciência moderna (caráter positivista) que suprime ou desacredita outras formas de conhecer em nome de um universalismo e a progressiva conversão da ciência numa forma epistemológica do espaço de produção, ou seja, organizada à lógica do mercado.

Nessa perspectiva, no ensino de química, alguns/as estudiosos/as tem promovido estudos buscando construir conhecimentos/aprendizagens baseado no contexto das pessoas; a formação do/a cidadão/ã crítico/a e consciente; diálogo entre os saberes científicos e os saberes populares, a utilização de temas geradores; a perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), (CHASSOT, 1995; 2004; SANTOS; MOL, 2005; SCHNETZLER; SANTOS, 1996).

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo mapear as diferentes concepções do termo “cultura” presentes nos periódicos publicados na Revista Química Nova na Escola, desde o início de sua publicação (1995) até 2018. Esse manuscrito permitirá traçar um panorama geral do que tem sido compreendido pelos/as autores/as dos trabalhos publicados acerca da temática cultura relacionada ao ensino de química. Para as discussões empregaremos os seguintes autores: Boaventura de Souza Santos

(2007); Juarez Dayrell (2007); Catherine Walsh (2007) e Vera Maria Candau (2012) que são referências que discutem as perspectivas culturais e dialogam com a perspectiva do trabalho organizado.

## 2 | METODOLOGIA

O artigo proposto de cunho qualitativo se caracteriza como uma pesquisa bibliográfica, pois de acordo com Sá-Silva; Almeida e Guindani (2009) é uma modalidade de estudo em que a análise de documentos de domínio científico parte de fontes tais como: artigos científicos, ensaios críticos, periódicos e enciclopédias. Seu objetivo é promover aos/às pesquisadores/as o contato mais próximo com obras que tratam do tema em estudo.

É importante ressaltar que a pesquisa bibliográfica é muito próxima da pesquisa documental. Oliveira (2007) assinala que a diferença principal entre esses tipos de pesquisa está na natureza das fontes: a pesquisa documental se baseia em materiais que ainda não receberam tratamento analítico, ou seja, que são provenientes de fontes primárias; já a pesquisa bibliográfica recorre da contribuição de diferentes autores/as para a temática investigada, derivada, assim, de fontes secundárias.

Nesse caminho, o presente trabalho buscou investigar as publicações realizadas da revista virtual Química Nova na Escola (QNEsc) desde a sua criação (1995) até 2018. Este periódico tem como público-alvo educadores/as e estudantes, de tal modo que a revista promova a publicação trimestral com vistas a realizar debates e reflexões sobre o ensino e a aprendizagem de química pelo sítio da revista é possível acessar, na íntegra e gratuitamente, todos os artigos publicados em formato pdf. É uma das principais revistas de divulgação da divisão da área de ensino de química, organizada pela *PubliSBQ*, órgão responsável pelas Publicações da Sociedade Brasileira de Química. A partir de setembro de 2016 os manuscritos submetidos à revista seguem as mesmas políticas das demais publicações da SBQ (Sociedade Brasileira de Química) nos qual os/as autores/as contribuem com parte dos custos para publicação de seus artigos.

Nesse caminho, (SCALZO, 2003, p. 11-12) ao falar sobre a revista como meio midiático a define como sendo “um veículo de comunicação, um produto, um negócio, uma marca, um objeto, um conjunto de serviços, uma mistura de jornalismo e entretenimento”. Para tanto, na busca por informação ou entretenimento recorreremos a este artefato, ou simplesmente se faz presente no meio social em que frequentamos. Ao entender suas particularidades vislumbramos sua posição e atuação no meio social.

Sendo assim, 26 artigos da revista Química Nova na Escola foram selecionados a partir da indicação do termo “cultura” presente no título; resumo ou palavras-chave no periódico selecionado. Esses artigos, por conseguinte, passaram por uma leitura na íntegra com a finalidade de desvelar o sentido a que se acomete o uso do termo “cultura” pelos/as autores/as. Como forma de esquematizar as produções analisadas construímos tabelas

cujas colunas indicaram os/as *Autores/as*; *Título/Ano* de publicação dos trabalhos e, por fim as *Concepções do termo cultura* referente à forma que a referida temática foi abordada.

Em sequência, por meio do diálogo com Santos (2007); Dayrell (2007); Walsh (2007) e Candau (2012) que são estudiosos/as da temática cultura buscamos realizar uma discussão com os referidos artigos publicados na revista QNesc com vistas à compreender os sentidos do termo “cultura” empregados nos manuscritos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A educação escolar tem perdido sua essência quando se observa a atribuição de funções que não correspondem ao seu real papel na sociedade. Quando a escola não consegue realizar a sua tarefa de alfabetizar, ensinar história, geografia, química e as demais disciplinas diz-se que ela é incompetente. De acordo com Rodrigues (2003), os tempos são outros, as pessoas também, e assim a escola precisa se resignificar.

Nessa perspectiva é importante que a escola, em tempos modernos, se comporte como uma instituição de cultura socializando os diversos saberes, a técnica, a ciência, as artes, de modo que todos possam ter acesso a esses bens culturais. Sendo assim, as análises dos artigos selecionados demonstram que as discussões envolvendo a cultura busca valorizar diversos espaços ao dialogar com o ensino de química.

Assim, quando a cultura e o cotidiano se relacionam vários sentidos são atribuídos conforme apresentados no Quadro 1. Fiorucci, Soares e Cavalheiro (2002) destacam a importância dos ácidos para o desenvolvimento da química e suas aplicações no cotidiano das pessoas; Galiazzi e colaboradores (2005) discutem o fenômeno da combustão ao considerar a experimentação, assim como as suas técnicas como artefatos culturais e sua aproximação com o cotidiano; Leal, Araújo e Pinheiro (2012) ao abordarem o tema Alcoolismo deflagram seus impactos na sociedade, bem como os efeitos de seu consumo excessivo; Fonseca e Longuerico (2013) buscaram compreender as práticas culturais envolvidas na temática Nutrição por meio da contextualização histórica e da cultura no ensino de química.

Além do mais, München e colaboradores (2015) discutiram a temática Jeans ao problematizar seu contexto histórico, meios de produção e aspectos culturais envolvidos; Neto e Moradillo (2016) consideram que os jogos, como prática cultural permitem maior proximidade daquilo que se aprende com a realidade daquele/a que apreende. Já Silva, Soares e Afonso (2010) defendem a ideia da “inculturação” estudantil ao produzir a gestão de resíduos em suas práticas laboratoriais gerando conscientização nos/as estudantes e, por fim, Rodrigues e colaboradores (2017) discutiram a partir da tradicional Festa de São João as comidas típicas, festejos e a própria cultura como meio de se ensinar a química para os/as alunos/as.

Autores/as	A cultura e o cotidiano
[FIORUCCI; SOARES; CAVALHEIRO, 2002]	Os/As autores/as destacam que nos livros didáticos de química há uma inexpressiva contextualização sociocultural com relação às substâncias orgânicas.
[GALIAZZI et al., 2005]	Os/As autores/as empregam a expressão artefato cultural ao compreender que os instrumentos (culturais e técnicos) estão envolvidos na mediação deste processo.
[SILVA; SOARES; AFONSO, 2010]	O presente trabalho enfatiza a importância da química experimental no ensino médio promovendo uma inculturação de outras práticas assim como o desenvolvimento da consciência dos estudantes em relação aos resíduos que são gerados.
[LEAL; ARAÚJO; PINHEIRO, 2012]	Os/As autores/as buscam desenvolver a temática “alcoholismo” no contexto das aulas de química destacando seus aspectos históricos, socioculturais, científicos associados ao consumo do álcool.
[FONSECA; LOGUERCIO, 2013]	Os/As autores/as discutem a relação da temática nutrição com o ensino de química por meio da contextualização. As representações sociais em torno dos alimentos estão atreladas às raízes da história e da cultura o que permite uma diversidade de entendimentos e maneiras de compreender esta relação.
[MÜNCHEN et al., 2015]	Neste excerto as/os autores/as abordam o histórico do jeans, modificações vinculadas à moda e a cultura ao longo do século XX.
[MESSEDER NETO; MORADILLO, 2016]	Os/As autores/as defendem que por meio da psicologia histórico-cultural, que o uso do jogo ajuda o professor a atuar na zona de desenvolvimento próximo do estudante, e que para isso o jogo precisa atrelar o conteúdo científico à atividade realizada.
[RODRIGUES et al., 2017]	A cultura entendida aqui, pelos autores a concebe como um conjunto de práticas significantes que possa contribuir para a construção da identidade do estudante (Moreira e Candau, 2007).

Quadro 1: Concepções de cultura e cotidiano

Fonte: Os autores (2022).

A partir da relação diversa entre a cultura e o cotidiano que estão presentes nos manuscritos destacados, Candau (2012) relata que ao trazer para discussão essas temáticas, diante da época em que vivemos, é necessário buscar a quebra de paradigmas. Assim, o sentido da educação deve ser ressignificado, e como tem sido realizado ao refletirmos sobre os saberes e as culturas, ambas têm se constituído em um *locus* na qual a identidade docente baseia-se em um conhecimento específico no qual esse é considerado especialista.

Neste percurso, as relações sociais e culturais como processos complexos, nos mobiliza à construir reflexões perante ao que ensinar favorecendo as aprendizagens que produzam sentido aos/às aprendizes, rompendo com o que Candau (2012) denomina de “ensino frontal”, ou seja, aquele em que acontece de forma verticalizada, no qual o corpo docente se configura como os detentores/as do saber e organizadores/as da aprendizagem.

Em outra via, quando pensamos sobre o ensino de química cujo direcionamento se dá especialmente à juventude Dayrell (2007) nos faz refletir sobre a escola que queremos para

essas pessoas que possuem tempos e modos diferentes de aprendizagem. Uma escola de massas, homogeneizante, com tempos e espaços rígidos, numa lógica disciplinadora não é mais o formato que os/as jovens estudantes buscam vivenciar. Querem ser reconhecidos/as pelas suas especificidades, na sua diversidade, num momento privilegiado de construção de identidades. Sendo assim, demandam da escola recursos e instrumentos que conseqüentemente, reconhece que a dimensão educativa não se reduz à escola e pela sua lógica. Por sua vez, com relação à cultura e as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), conforme apresentado no Quadro 2:

Autores/as	A cultura e as TIC's
[ARROIO; GIORDAN, 2006;	Os/As autores/as buscam por meio da produção de um vídeo sobre a química da atmosfera destacar alguns aspectos da cultura e da linguagem audiovisual. Sendo assim, consideram que o audiovisual é uma produção cultural na medida em que é uma codificação da realidade, em que se utilizam símbolos da cultura.
CUNHA; GIORDAN. (2009)	O presente trabalho avalia como a introdução do cinema na cultura escolar tem contribuído para a compreensão dos alunos e professores do papel que exercem no contexto escolar.
[MONTEIRO; MARTINS, 2010]	Pelo desenvolvimento de um portal eletrônico interativo considerado um canal virtual, como um texto cultural.
[BENITE; BENITE; SILVA FILHO, 2011]	Os/As autores/as desatacam o emprego da cibercultura na construção de sites e blogs, por exemplo, no ensino de química, com vistas a criar uma cultura tecnológica que contribua nas práticas pedagógicas em sala de aula.

Quadro 2: Concepções de cultura e as TICs

Fonte: Os autores (2022).

Arroio e Giordan (2006) destacam o emprego do vídeo como um recurso audiovisual na aprendizagem; Cunha e Giordan (2009) discutem o uso do cinema como forma de compreender e evidenciar a cultura científica; Monteiro e Martins (2010) dialogam a respeito da criação de um canal virtual para que docentes o utilize nos moldes de um texto cultural, contribuindo para o seu processo de formação permanente e Benite, Benite e Silva Filho (2011) discutem a construção de uma cibercultura (blogs, sites, fóruns) possibilitando o ensino de química e criando uma cultura virtual estudantil.

Nesse sentido, Candau (2012) contribui quando discute que algumas escolas buscam trabalhar numa perspectiva diferenciada, ao construir suas práticas pedagógicas em espaços escolares que fogem do contexto da sala de aula, tais como o pátio, laboratórios de informática, e espaços fora da escola como parques e as ruas. A utilização dessas salas de aula ampliadas pode contribuir para propiciar espaços de aprendizagem tanto para o corpo docente quanto para a turma estimulando maior criatividade e interesse pelo aprender.

Além do mais, com relação às TICs, Candau (2012) destaca que os/as jovens

interagem cada vez mais com esses recursos tecnológicos, de forma que se podem denominar essas pessoas como “nativos [as] digitais” (p. 61). Essa relação, cada vez mais próxima com as tecnologias, pode ser também um fator de atração entre as pessoas do contexto escolar (docentes e estudantes) de modo cooperativo e dialógico.

No ensino de química, as iniciativas apresentadas pelos manuscritos apresentados identificam caminhos possíveis para o tratamento deste processo, de maneira alternativa, contribuindo para a aprendizagem estudantil. Dayrell (2007) complementa que dentro de uma cultura juvenil, a dimensão simbólica e expressiva é muito utilizada, em que “[...] a música, a dança, o vídeo, o corpo e seu visual, dentre outras formas de expressão, têm sido os mediadores que articulam jovens que se agregam para *trocar ideias*, para ouvir um “som”, dançar, dentre outras diferentes formas de lazer” (p. 1109). Na esteira dessa discussão, conforme apresentado no Quadro 3:

Autores/as	A cultura, as artes e a literatura
[SILVA, 2011]	Ao trabalhar com poesias de Antônio Gedeão o artigo busca discutir, na perspectiva da formação de professores as relações entre ciências, cultura e arte.
[GONÇALVES, 2014]	O autor reforça a ideia de que o uso da obra <i>A Tabela Periódica</i> é de grande potencialidade como componente curricular da área de ensino de química como forma de estudar a experimentação.
[SILVA; FRANCISCO JUNIOR, 2018]	Os/As autores/as procuram debater possíveis relações por meio da educação química na busca por promover a igualdade étnica e cultural. Para tanto, a arte foi empregada para a objetivação da cultura socialmente construída e, por conseguinte, para a educação das questões étnico-raciais.

Quadro 3: Concepções de cultura com as artes e a literatura

Fonte: Os autores (2022).

Silva (2011), Silva e Francisco Junior (2018) corroboram com Dayrell ao retratarem o ensino de química, por meio da poesia e a arte para tratar perante a questão étnico racial. Já Gonçalves (2014) dialoga com a literatura, para ensinar a experimentação e assim promover formas alternativas de se aprender química.

Nesse caminho, as práticas culturais juvenis são heterogêneas orientando-se conforme a coletividade juvenil e se processam ao considerar as influências externas e internas que organizam grupos específicos, conforme Dayrel (2007). Essa nova realidade escolar é fruto de um processo em que corpo docente e a turma participam da mediação das atividades fazendo com que o espaço escolar seja uma instituição educativa em que ocorra um processo permanente de construção social. Em sequência, a respeito da relação entre cultura e saberes popular/científico propôs o Quadro 4:

Autores/as	Cultura e saberes popular/científico
[GONDIM; MÓL, 2008]	Por meio de estudos da tecelagem mineira buscaram-se entrelaçar os saberes populares presentes na cultura local, com os saberes ditos científicos concebidos pela escola. Os autores destacam que trabalhar a concepção do multiculturalismo em sala de aula pode levar a novas concepções do se fazer ciência.
[LEAL; MOITA NETO, 2013]	Os/As autores/as destacam que as práticas culturais precisam ser reconhecidas e valorizadas pelo conhecimento científico, e este precisa ser contextualizado para efetivo ensino das novas gerações.
[FRANCISCO JUNIOR; YAMASHITA; MARTINES. 2013]	Na perspectiva de valorizar a cultura regional amazônica, o trabalho busca por meio da investigação do funcionamento do garimpo para a extração do ouro identificar as etapas desse processo, assim como identificar como esta temática pode ser explorada em sala de aula.
[COSTA-BEBER; RITTER; MALDANER, 2015]	Com vistas a desenvolver ações pedagógicas que façam sentido para o mundo da vida dos sujeitos, os referidos autores utilizaram conceitos chaves de Freire (Problematização), Santos (a ecologia de saberes) e Vigotski (significação cultural). Nessa perspectiva, os autores consideram que as tradições culturais, os ordenamentos sociais e as estruturas de personalidade são fundamentais para desvelar o que e como aprender.

Quadro 4: Concepções de cultura e os saberes popular/científico

Fonte: Os autores (2022).

Gondim e Mol (2008) identificaram por meio da tecelagem mineira como os fatores culturais relacionados aos saberes populares podem dialogar com os saberes científicos; Leal e Moita Neto (2013) destacam pela produção da goma e do grude o valor que se atribui as práticas culturais populares às futuras gerações; Francisco Junior, Yamashita e Martins (2013) desvelam por meio da extração do ouro no garimpo na região da Amazônia possibilidades de conhecer a cultura popular e suas relações com essa prática e os conhecimentos científicos e Costa-Beber, Ritter e Maldaner (2015) destacam a contextualização como forma de promover aproximação entre os saberes populares e científicos.

Nesse ponto de vista, os manuscritos apresentados vão de contramão àquilo que Santos (2007) denominou de “Pensamento Abissal”, ou seja, a separação entre conhecimento científico e aquele derivado dos saberes populares, que ocupam lados opostos como se houvesse “[...] o universo ‘deste lado da linha’ e o universo ‘do outro lado da linha’” (p. 3). Assim, de acordo com o Pensamento Abissal é impossível existir, no mesmo espaço, os dois lados da linha. No campo do conhecimento, impera a filosofia, a teologia, a epistemologia e a cientificidade do conhecimento dito científico, sendo que os conhecimentos populares não se encaixariam em nenhuma dessas formas de conhecer.

Pretendendo pensar numa confluência de sentidos, e assim, a possibilidade de existir os dois lados da linha, no quadro 5, apresentamos Chassot (2016) como único autor que tenta promover uma reflexão ao sairmos de nossa formação disciplinar, para uma postura “indisciplinar”, ou seja, que pensemos além daqueles saberes que são produzidos e difundidos pela cultura ocidental.

<b>Autor</b>	<b>Cultura e quebra de paradigmas</b>
[CHASSOT, 2016]	Defende que, seja realizado a transição para o indisciplinar (Feyerabendiano) ao conceber uma reversão desses processos que ainda dogmatizam a disciplinarização do conhecimento em uma cultura gerada pelo contexto ocidental.

Quadro 5: Concepção de cultura e quebra de paradigmas

Fonte: Os autores (2022).

Pensando dessa maneira Santos (2007) dialoga com os/as autores/as que relatam a relação da cultura e saberes populares/científicos e Chassot ao propor o caminho para uma “ecologia de saberes”. Essa expressão significa não negar qualquer conhecimento que é produzido, mas proporcionando o diálogo entre os saberes, na medida em que é possível a sua construção. Sendo assim, não desconsidera um em relação ao outro, mas valoriza, dentro de determinado contexto, da diversidade e da cultural a que pertence os saberes resultantes das práticas das pessoas como sendo significativas, tal como outras atividades semelhantes. Por sua vez, o Quadro 6 destaca as práticas culturais africanas relacionadas ao conteúdo de química.

<b>Autores</b>	<b>Cultura e matrizes africanas</b>
[MOREIRA et al.,2016]	Com o foco nos conhecimentos de bioquímica e do candomblê, o respectivo manuscrito busca demonstrar uma prática para o desenvolvimento do ensino de química com vistas à aplicação da Lei Federal 10.639/03.
[SANTOS; SANTOS; BENITE, 2017]	Os/As autores/as discutem a pluralidade do uso do dendê empregado na culinária brasileira e nas comunidades tradicionais de matriz africana.
[BENITE et al., 2017]	Com vistas a colocar em prática a lei 10.639/03, o trabalho buscou por meio de estudos de planejamento, design e desenvolvimento de uma intervenção pedagógica (IP) sobre propriedades dos metais a partir da Ciência de matriz africana.

Quadro 6: Concepções de cultura e a matrizes africanas

Fonte: Os autores (2022).

Assim, Silva e colaboradores (2017) discutiram o emprego do azeite de dendê, produto oriundo da cultura africana dando ênfase à sua aplicabilidade e histórico; já Moreira e colaboradores (2011) e Benite e colaboradores (2017) por meio da aplicação da Lei 10639/03 buscaram observar as influências da cultura africana na discussão do conteúdo de bioquímica e por uma intervenção pedagógica no ensino de química, respectivamente.

Dentro desta perspectiva, observamos que as marcas da cultura africana no ensino de química podem ir além da aplicação da Lei que regulamenta seus estudos, que conforme Santos (2007) seria possível pensar a partir do outro lado da linha, ou seja, aprendendo com o Sul usando uma epistemologia do Sul. Nesse caminho retomamos a perspectiva da “ecologia de saberes” quando se trabalha na perspectiva do azeite de dendê, das tinturas,

das comidas típicas que influenciam a nossa cultura advinda do continente africano. Sendo assim, as diferentes formas de saber nos acometem a pensar nas diferentes culturas ocidentais e não ocidentais, pois são experiências que simplesmente usam linguagens diferentes, categorias e universos simbólicos que são específicos de uma determinada cultura.

Outra possível análise que promove uma ampla discussão na atualidade, de acordo com Candau (2012) refere-se à discussão acerca da implementação das políticas de ação afirmativa, com ênfase às questões étnicas. Tais políticas possuem como foco ações que visam àquelas sociedades fortemente marcadas por desigualdades e mecanismos de exclusão, como as mulheres, os afrodescendentes e a população indígena. Com relação à este grupo étnico, o quadro 7 foi estruturado:

Autores/as	Cultura, portadores de deficiência e grupos indígenas
[PEREIRA; BENITE; BENITE, 2011]	Na busca por caminhos que permitam o desenvolvimento de práticas pedagógicas aliadas ao desenvolvimento da cultura surda nas aulas de química.
[ANDRADE, 2015]	A pesquisa se desenvolveu ao considerar a singularidade do sujeito que aprende e dos modos de funcionamento cultural que definem o que é e como acontecem os atos de aprender.
[SILVA et al., 2016]	Neste artigo realizou-se uma pesquisa etnográfica na qual uma indígena HuniKuín ensinou seus conhecimentos sobre a tecelagem com vistas à aprendizagem de química por meio do processo de tingimento dos fios de algodão.

Quadro 7: Concepções de cultura e sua relação com os portadores de deficiência e grupos indígenas

Fonte: Os autores (2022).

Silva e colaboradores (2016) buscaram problematizar a cultura indígena por meio da investigação dos processos envolvidos no tingimento de fios de algodão; já Pereira, Benite e Benite (2011) defendem a proposição de uma linguagem direcionada para as práticas pedagógicas com estudantes surdos/as e Andrade (2015) com foco na compreensão de como estudantes de baixa visão aprendem a temática reações químicas, o autor defende que a singularidade do ser humano que aprende e dos modos de funcionamento cultural define o processo de aprender.

Sendo assim, quando direcionamos ao espaço escolar e verificamos que é um espaço de diferentes culturas (africana, indígena, cegos e surdos) Candau (2012) destaca que precisamos compreender a escola como um espaço de cruzamentos de culturas, e que esse ambiente é complexo, cheio de tensões e conflitos.

Como possibilidade de ressignificar esse espaço Walsh (2007) defende a perspectiva da interculturalidade, cujas práticas e processos são necessariamente opositoras, transformadoras e contra-hegemônicas. Pensar pela interculturalidade significa nos possibilita uma ruptura conceitual, epistemológica, cuja base está associada às vivências

do passado e do presente como realidades de dominação, exploração e marginalização das culturas sulistas.

No caminho dessa nova epistemologia, Walsh (2007) considera que a interculturalidade seria um espaço de negociação entre os conhecimentos indígenas e os ocidentais, cuja perspectiva seria de inclusão direcionada à transformação estrutural e sóciohistórica. Essa autora considera que tanto os indígenas quanto para os africanos que tiveram a sua produção epistemológica invisibilizadas por uma sociedade dominante deflagrou ainda mais a subalternização desses grupos sociais.

Nesse sentido, quando pensamos nas práticas escolares em um ambiente para as diversas culturas Candau (2012) destaca que infelizmente, nossas práticas ainda estão voltadas para a construção de um “[...] daltonismo cultural” (p. 75) privilegiando uma perspectiva monocultural da cultura escolar e da cultura da escola. Essa perspectiva tem contribuído para aumentar as dificuldades em trabalhar com as diferenças, o que a torna um desafio para as práticas educativas. Assim, Candau (2007) nos remete a pensar na perspectiva de um “[...] arco-íris das culturas” (p. 76), desconstruindo as práticas consolidadas possibilitando novas formas de compreender e criar dentro do ambiente escolar.

## 4 | CONCLUSÕES

A relação entre o ensino de química e a perspectiva cultural apresenta caminhos promissores. Pela análise dos artigos selecionados na revista Química Nova na escola permitiram diagnosticar as possibilidades de tratamento, correlações e temáticas trabalhadas pelos/as autores/as identificados/as no período de 1995 a 2018. Além do mais, é possível indicar lacunas que buscam contribuir para a construção de trabalhos posteriores. Dessa forma, pode-se pensar futuramente em manuscritos que promovam a relação na perspectiva cultural das práticas do corpo docente de química e sua relação com a cultura escolar (uma prática reflexiva); a possibilidade de pesquisas relacionadas com outros grupos sociais que também podem aprender química para a compreensão e reformulação de práticas de ensino e aprendizagem (cegos, por exemplo); trabalhos como o de Chassot (2016) nos estimulam e enchem de esperança ao pensar um ensino de química interdisciplinar.

Além do mais, por meio dos diálogos construídos com Santos (2007), Dayrell (2007), Walsh (2007) e Candau (2012) nos permite refletir e questionar como pode-se promover um ensino de química voltado para as concepções culturais sulistas, ou seja, valorizar aquilo que é nosso. Nesse caminho, destaco que conhecer os seres humanos que ensinam e aprendem tem caráter ímpar, uma vez que, a heterogeneidade presente na nossa sala de aula não permite mais pensarmos na monocultura, em grupos separados, em contextos que não são os nossos. É possível fazer interconexões, de acordo com a perspectiva

da ecologia de saberes defendida por Santos (2007). É necessário romper paradigmas, ressignificar aquilo que aprendemos e apreender novamente.

Afinal, pensar na relação entre o ensino de química e a cultura é um desafio que está lançado. Pensar por outros caminhos e promover um conhecimento sulista também são iminentes. Corroboro com Catherine Walsh (2007) que é preciso promover uma práxis política, por meio da interculturalidade em que haja um espaço de negociação de saberes, dos múltiplos entendimentos de um mesmo objeto/pessoa da pesquisa. Logo, sonhar é possível, e os manuscritos publicados dão indícios dessas possibilidades que precisam ser valorizadas e discutidas com maior amplitude nos diversos espaços escolares.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. J. Evidências para Além do Enxergar: Vivências e Significação do Conceito de Reação Química entre Alunos com Baixa Visão. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 143-152, 2015.

ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2006, n. 24, p. 8-11, 2006.

BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M.; SILVA FILHO, S. M. Cibercultura em Ensino de Química: Elaboração de um Objeto Virtual de Aprendizagem para o Ensino de Modelos Atômicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2011, v. 33, n. 2, p. 71-76, 2011.

BENITE, A. M. C. et al. Ensino de Química e a Ciência de Matriz Africana: Uma Discussão Sobre as Propriedades Metálicas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2017, v. 39, n. 2, p. 131-141, 2017.

CANDAU, V; M. O/A educador/a como agente sociocultural. In:\_\_\_\_\_. **Didática crítica intercultural: aproximações**. Petrópolis: Vozes, 2012, cap. 03, p. 55-80.

CHASSOT, A. **I. Para que(m) é útil o nosso ensino de química**. Porto Alegre, 1995, 316 f. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 1995.

CHASSOT, A. I. Saberes populares fazendo-se saberes escolares: uma alternativa para alfabetização científica.. Anais do Seminário de Pesquisa Em Educação da Região Sul Anped Sul. **[Anais]** Curitiba – R, v. 1, 2004.

CHASSOT, A.. Do Rigor Cartesiano Disciplinar à indisciplinaridade Feyerabendiana. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2016, v. 38, n. 2, p. 127-132, 2016.

COSTA-BEBER, L. B.; RITTER, J.; MALDANER, O. A. O Mundo da Vida e o Mundo da Escola: Aproximações com o Princípio da Contextualização na Organização Curricular da Educação Básica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2015, v. 37, n. 1, p. 11-18, 2015.

CUNHA, M. B.; GIORDAN, M. A imagem da Ciência no cinema. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2009, v. 31, n. 1, p. 9-17, 2009.

DAYRELL, J. A escola “faz” as juventudes? Reflexões em torno da socialização juvenil. **Educ. Soc**, Campinas, 2007, v. 28, n. 100, p. 1105-1128, 2007.

- FIORUCCI, A. R.; SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. Ácidos orgânicos: do primórdio da química experimental à sua presença no cotidiano. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2002, n. 15, p. 6-10, 2002.
- FONSECA, C. V.; LOGUERCIO, R. Q. Conexões entre Química e Nutrição no Ensino Médio: Reflexões pelo Enfoque das Representações Sociais dos Estudantes. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2013, v. 35, n. 2, p. 132-140, 2013.
- GALIAZZI, M. C. et al. Uma sugestão de atividade experimental: a velha vela em questão. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2005, n. 21, p. 25-28, 2005.
- GONDIM, M. S. C.; MÓL, G. S. Saberes Populares e Ensino de Ciências: Possibilidades para um Trabalho Interdisciplinar. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2008, n. 30, p. 3-9, 2008.
- GONÇALVES, F. P. Experimentação e Literatura: Contribuições para a Formação de Professores de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2014, v. 36, n. 2, p. 93-100, 2014.
- FRANCISCO JUNIOR, W. E.; YAMASHITA, M.; MARTINES, E. A. L. M. Saberes Regionais Amazônicos: do Garimpo de Ouro no Rio Madeira (RO) às Possibilidades de Inter-relação em Aulas de Química/Ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2013, v. 35, n. 4, p. 228-236, 2013.
- LEAL, M. C.; ARAÚJO, D. A.; PINHEIRO, P. C. Alcoolismo e educação química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2012, v. 34, n. 2, p. 58-66, 2012.
- LEAL, R. C.; MOITA NETO, J. M. Amido: entre a ciência e a cultura. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2013, v. 35, n. 2, p. 75-78, 2013.
- MONTEIRO, B. A. P.; MARTINS, I. G. R. O Portal Eletrônico Interativo: Contexto, Estrutura, Possibilidades de Navegação e Discursos sobre Formação de Professores de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2010, v. 32, n. 4, p. 249-256, 2010.
- MOREIRA, P. F. S. D.R. et al. Bioquímica do Candomblé – Possibilidades Didáticas de Aplicação da Lei Federal 10639/03. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2011, v. 33, n. 2, p. 85-92, 2011.
- MÜNCHEN, S. et al. Jeans: a relação entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2015, v. 37, n. 3, p. 172-179, 2015.
- MUZZETI, L. R.; SUFICIER, D. M. A responsabilidade (e competência) cultural da avaliação educacional e escolar, e dos avaliadores. In: Laurence Duarte Colvara. (Org.). **Caderno de Formação: formação de professores**. 1ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013, v. 3, p. 77-91.
- MESSEDER NETO, H. S.; MORADILLO, E. F. O Lúdico no Ensino de Química: Considerações a partir da Psicologia Histórico-Cultural. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2016, v. 38, n. 4, p. 360-368, 2016.
- OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis: Vozes, 2007.

PEREIRA, L. L. S.; BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C. Aula de Química e Surdez: sobre Interações Pedagógicas Mediadas pela Visão. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2011, v. 33, n. 1, p. 47-56, 2011.

RODRIGUES, J. B. S.; et al. O milho das comidas típicas juninas: uma sequência didática para a contextualização sociocultural no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2017, v. 39, n. 2, p. 131-141, 2017.

RODRIGUES, N. **Da mistificação da escola à escola necessária**. São Paulo: Cortez, 2003.

SANTOS, B. S. Para além de um pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Portugal, 2007, v. 78, p. 3-46, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. **Química e Sociedade**. Volume único. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D.; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, 2009, São Leopoldo, n. 1, p. 1-15, 2009.

SCALZO, M. **Jornalismo de Revista**. São Paulo: Contexto, 2003.

SCHNETZLER, R. P.; SANTOS, W. L. P. Função Social. O que significa o ensino de química para formar o cidadão? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 4, p. 1-7, 1996.

SILVA, A. F.; SOARES, T. R. S.; AFONSO, J. C. Gestão de Resíduos de Laboratório: Uma Abordagem para o Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2010, v. 32, n. 1, p. 37-42, 2010.

SILVA, C. S. Poesia de Antônio Gedeão e a Formação de Professores de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2011, v. 33, n. 2, p. 77-84, 2011.

SILVA, E. M. S.; FRANCISCO JUNIOR, W. E. Arte na Educação para as Relações Étnico-raciais: Um Diálogo com o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2018, v. 40, n. 2, p. 79-88, 2018.

SILVA, J. P. et al. TEM DENDÊ, TEM AXÉ, TEM QUÍMICA: Sobre história e cultura africana e afro-brasileira no ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2017, v. 39, n. 1, p. 19-26, 2017.

SILVA, M. A. et al. A Tecelagem HuniKuini e o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, 2016, v. 38, n. 3, p. 200-207, 2016.

STRIEDER, Dulce Maria; STAUB, Tatiane. Perspectivas Culturais e o Ensino de Ciências: vínculos e redimensionamentos para a prática docente. **Travessias**, Paraná, v. 4, p. 1-21, 2010.

WALSH, C. Interculturalidad y colonialidad Del poder: un pensamiento y posicionamiento "otro" desde la diferencia colonial. In: CASTRO-GÓMEZ, Santiago y GROSGOQUEL, Ramón. **El giro decolonial: reflexiones para una diversidad epistémica más allá del capitalismo global**. Bogotá: Siglo del Hombre Editores, 2007, p. 47-62.

## CLASSROOM COMO RECURSO TECNOLÓGICO PARA A EDUCAÇÃO EM MATEMÁTICA

Data de aceite: 01/08/2022

**Mauricio da Silva Oliveira**

Centro Universitário de Adamantina  
Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica  
PIBIC/UniFAI - 2020-2021  
Adamantina (SP)

Modelo de Projeto de Pesquisa - Edital 09/2020 - PROPPG/UniFAI

Projeto de Pesquisa para o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Centro Universitário de Adamantina (PIBIC/UniFAI; 2020-2021)

**RESUMO:** A defasagem nas disciplinas de matemática vem se acumulando ao longo dos anos e os alunos demonstram pouco interesse em seguir os seus estudos. Para quebrar este paradigma na educação, novas metodologias devem ser aplicadas, para identificar formas que possibilitem a participação nestas áreas do conhecimento. “O Google Sala de Aula é um objeto de aprendizagem que foi desenvolvido para auxiliar professores e escolas. Consiste num pacote gratuito com recursos como Gmail, Google Drive e Documentos Google”. (ARAÚJO et al, 2016, p. 34). Diante deste contexto, surgiu a ideia de criar um projeto de reforço online, intitulado como “Classroom como recurso tecnológico para a educação em matemática”. Para realizar esse trabalho foi feito um estudo de caso com alunos de uma escola localizada em Lucélia – SP, pertencente

à Diretoria de Ensino - Região de Adamantina. As pesquisas realizadas na base de dados do *Google Acadêmico* tiveram um recorte temporal de 2016 a 2021. Durante as aulas no projeto, a frequência dos alunos era baixa e descontínua. No dia da 2ª avaliação 4 alunos compareceram e fizeram, mas os resultados não foram como esperados. O fato de que muitos daqueles que se prontificaram a participar do projeto e acabaram não efetivando o compromisso ou participaram de forma esporádica, demonstra a falta de comprometimento e de interesse pela disciplina.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Google Classroom. Google Meet. Matemática. Ferramentas Digitais.*

### 1 | INTRODUÇÃO

A formação de qualidade dos alunos da rede pública e privada de ensino, é algo que as Secretarias Estaduais de Educação vêm lutando para evoluir, cada vez mais com vistas a um ensino mais atrativo, onde os estudantes sintam prazer em participar das aulas. Sabendo que a formação básica é essencial ao longo da vida, nota-se que ainda existe um quadro preocupante de altos índices de evasão escolar que se agravou com a suspensão das aulas presenciais por conta da pandemia.

As escolas juntamente com suas respectivas diretorias de ensino buscam formas alternativas para melhorar o ensino e a aprendizagem nesse período complexo, com isto se faz necessário o uso dos recursos

tecnológicos para amenizar os impactos que a pandemia causou na área da educação. Dentre as áreas do conhecimento que foram afetadas, deve-se dar uma atenção especial para a disciplina de matemática e também a de português, visto que a defasagem nestas será ainda maior.

Visando o retorno às aulas presenciais, os professores deverão se reinventar para dar conta da grade escolar, o que pode ser muito difícil caso não utilizem as tecnologias digitais, nesse sentido o *Google Workspace* vem ganhando destaque por apresentar ferramentas educacionais de fácil utilização, que não consomem memória de armazenamento dos dispositivos devido a sua capacidade de armazenar os arquivos em “nuvem”, além dessas vantagens, algumas das ferramentas trazem a possibilidade de levantamento e acompanhamento de resultados organizados em planilhas geradas automaticamente, garantindo mais tempo para o docente organizar suas aulas.

Com o intuito de reforçar os conteúdos de matemática na educação básica, foi criado um reforço online utilizando as ferramentas do *Google Workspace*, utilizando o *Google Classroom*, entre outras ferramentas, para aqueles que se dispuserem a aprender em paralelo com o ensino regular. Para isto, foi possível criar uma turma com alunos do ensino Fundamental, envolvendo conceitos matemáticos de acordo com cada série, enriquecendo com materiais, apostilas, exercícios, vídeos explicativos e encontros online pelo *Google Meet*.

O projeto possibilitou notar a real dificuldade dos alunos para tomar as medidas necessárias quanto a defasagem em matemática, no entanto os alunos estão cada vez mais desmotivados com a disciplina, acarretando, por esse e/ou outros motivos evasão escolar. Dessa forma, há uma necessidade de refletir sobre a seguinte problemática: Como é possível melhorar o aprendizado de matemática básica, com o uso dos recursos tecnológicos do *Google Workspace*? Para que seja possível pensar e elaborar medidas paliativas para superar essa dificuldade na disciplina de matemática.

Vivemos em uma sociedade de bases tecnológicas digitais, onde mudanças contínuas e em ritmos acelerados, faz com que não sejam ignoradas as alterações que essas tecnologias digitais provocam na forma como os alunos veem e aprendem, tão pouco deve-se desprezar o potencial pedagógico que as tecnologias digitais apresentam na educação matemática.

Dessa forma, a utilização dos recursos já disponíveis, os aparelhos celulares, *notebooks* e *tablets*, para o acesso à plataformas digitais de aprendizagem, como o *Google Classroom* e *Google Meet* possibilitando um avanço na educação através das interações feitas durante o período de reforço.

Com o uso da tecnologia, é mais fácil inovar as aulas, trazendo propostas pedagógicas que possibilitem ao professor trabalhar as dificuldades individuais de cada aluno durante o reforço em matemática, o que não dá pra fazer trabalhando apenas no modo presencial. Não é possível acessar as dificuldades de todos os alunos ao mesmo

tempo, mas pode ser garantido maior desempenho do aluno na disciplina de matemática se essas dificuldades forem trabalhadas a parte, por meio do projeto proposto.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Gravina e Azevedo Basso (2012), com as diferentes tecnologias que temos à disposição, os nossos ritmos de vida mudam. A quantidade de eventos, compromissos e contatos que vivemos, diariamente, seria inimaginável para as pessoas que viveram no século XX. Evidentemente a educação vem sofrendo com os efeitos da era digital, e metodologias são estudadas para romper com o método de ensino intitulado tradicional, no entanto, recorda-se que, de acordo com a evolução o modelo que hoje conhecemos como tradicional, foi também um avanço na educação, considerando o difícil acesso de cada época.

Na atualidade a convergência entre espaços presenciais e virtuais surgem novos modos de expressar pensamentos, sentimentos, crenças e desejos, por meio de uma diversidade de tecnologias e linguagens midiáticas, empregadas para interagir, criar, estabelecer relações e aprender. “Essas mudanças convocam a participação e colaboração, requerem uma posição crítica em relação à tecnologia, à informação e ao conhecimento, influenciam a cultura levando à emergência da cultura digital” (BACICH; MORAN, 2018).

Na era globalizada da informação digitalizada, o acesso ao conhecimento é relativamente fácil, imediato, onipresente e acessível. Uma pessoa pode acessar na rede a informação necessária, o debate correspondente, seguir a linha de pesquisa que lhe pareça mais oportuna, sem o controle de alguém denominado professor (GÓMEZ, 2015, p.14).

O estudo sobre a inserção de metodologias ativas na educação, sobretudo por meio do uso das tecnologias digitais no processo de ensino e aprendizagem, não é recente. Desde o final do século passado, com a introdução do uso dos computadores na escola, diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de identificar estratégias e consequências dessa utilização. “O envolvimento das instituições de ensino, de professores e demais profissionais da educação nesse processo de implementação das tecnologias digitais é considerado um desafio, e discussões sobre o tema são recorrentes em diferentes instâncias” (BACICH; MORAN, 2018).

O avanço da tecnologia impactou o mundo e isto pôde ser observado nas mais diferentes áreas do conhecimento, e a educação não foi exceção. No entanto, primeiramente, deve-se voltar a atenção na formação dos educadores, uma vez que em grande parte não estão acostumados com estes recursos e por isso acabam aplicando uma aula mais tradicional, vale ressaltar também que as gerações atuais já nascem em meio a essa vasta tecnologia e por isso deve-se dá a devida importância a esta área dentro da educação. “Nossas rotinas de sala de aula também deveriam incorporar, cada vez mais, as

tecnologias, pois elas também influenciam nas nossas formas de pensar, de aprender, de produzir” (GRAVINA; DE AZEVEDO BASSO, 2012, p. 4).

É necessário avaliar o papel das novas tecnologias aplicadas à educação e pensar sobre como formar este profissional utilizando estas novas ferramentas, pois até o momento, este grande desafio, tem sido encarado de forma superficial, apenas com adaptações e mudanças não muito significativas. (VIEIRA; DE CARVALHO, 2020, p.140)

As ferramentas digitais disponíveis para a educação são as mais variadas, dentre elas, pode-se citar uma das ferramentas do *Google Workspace*, o *Google Classroom*, um recurso do *Google Apps* voltado para a área educacional, que traz benefícios para as Instituições de Ensino que procuram simplificar a criação, a distribuição e a avaliação de trabalhos. “O *Google Sala de Aula* é um objeto de aprendizagem que foi desenvolvido para auxiliar professores e escolas. Consiste num pacote gratuito com recursos como *Gmail*, *Google Drive* e Documentos *Google*” (ARAÚJO et al, 2016, p. 34).

O professor pode, por exemplo, utilizar ferramentas para ambiente de Sala de Aula do aplicativo “*Google Sala de Aula*” para aprimorar o processo de ensino aprendizagem de Matemática. Essa iniciativa pode despertar o interesse do aluno por meio de um trabalho lúdico e prazeroso, que o levará a uma maior socialização e um processo de relacionamento interpessoal, o qual propiciará o aprendizado coletivo. (ARAÚJO et al, 2016, p. 16)

Segundo Araújo et al (2106), o professor pode utilizar as ferramentas do “*Google Sala de Aula*” para aprimorar o processo de ensino e aprendizagem de Matemática e com essa iniciativa, pode-se despertar o interesse do aluno por meio de um trabalho lúdico e prazeroso, acarretando um maior processo de socialização em um processo de relacionamento interpessoal, o qual propiciará o aprendizado coletivo

### 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de um estudo de caso, onde num primeiro momento os dados coletados com a temática “*Classroom* como recurso tecnológico para a educação em matemática” foram obtidos por meio de pesquisas bibliográficas de materiais disponíveis no Google Acadêmico, com recorte temporal de 2016 a 2021. As palavras-chaves utilizadas foram: *Google Classroom*; *Google Meet*; Matemática; Ferramentas Digitais para obtenção de estudos sobre a temática, os critérios de inclusão: publicações nacionais selecionadas pelo título e objetivo do resumo. A partir da leitura do título foram selecionados três artigos, uma monografia, uma dissertação e uma tese, sendo que todos atenderam os objetivos do trabalho.

Na primeira etapa foi realizado o levantamento bibliográfico para a construção de um referencial teórico visando o exame do tema “*Classroom* como recurso tecnológico para a educação em matemática”. Na segunda etapa foi organizado uma turma em uma

escola municipal pertencente a Diretoria de Ensino de Adamantina, foi criado um grupo no whats app, também foi criado uma *Classroom* na plataforma *Google Workspace*. Os alunos que participaram da turma, foram selecionados pela professora de matemática do ensino regular por apresentarem bastante dificuldade com a disciplina.

Na terceira etapa foi realizado uma reunião para acertar os dias em que seriam ministrado o reforço para a turma, ainda nesse período de organização foram ajustados os documentos necessários para que fosse possível a realização das atividades educacionais. Na quarta etapa foi realizado um levantamento de dados com alunos do nono ano de uma Escola municipal localizada na cidade de Lucélia-SP, por meio de uma avaliação com questões fechadas, elaborada no *Google Forms*, onde também foram processados os levantamentos para análise desse material e posteriores discussões no trabalho, dando seguimento foi trabalhado um conteúdo de matemática durante um período, na sequência foi aplicada uma outra avaliação e dessa maneira foram obtidos os resultados para análise.

Dessa forma, o projeto teve continuidade com indicação de 26 alunos, do 9º ano de uma Escola municipal, situada na cidade de Lucélia. Dentre esses alunos foi possível fazer contato com 15, dos quais dez se dispuseram a participar do projeto. Cada um destes alunos recebeu o e-mail institucional com senha e foram instruídos sobre como ingressar na Classroom. (APÊNDICE A, p.25) autorização da escola. Todos participantes assinaram os Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (ANEXO A, p. 33) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO B, p.35).

Por meio de uma avaliação diagnóstica com oito questões fechadas (APÊNDICE B, p.27), elaborada no Google Forms e aplicada no dia 01 de julho de 2021, foi possível perceber o grau de dificuldade deles com relação ao conteúdo frações. E, pelo documento gerado na plataforma, foram processados os levantamentos para análise e posteriores discussões no trabalho.

Em seguida, foi realizada a elaboração dos materiais como planos de aula, pesquisa em alguns livros didáticos para retirar atividades e seleção de vídeos. Durante uma semana, no dia 06 e 08 de julho, foi ensinado sobre adição e subtração de frações e disponibilizado sete atividades para serem resolvidas durante as aulas.

No Google Classroom, ficaram disponibilizados os materiais das aulas (apostilas, textos, vídeos) e as gravações das aulas ministradas. As reuniões com os alunos aconteceram utilizando o Google Meet. Dessa forma, os alunos acessavam o conteúdo conforme sua disponibilidade de tempo.

Após o reforço ser aplicado, seguiu-se com a avaliação de resultados com oito questões fechadas (APÊNDICE C, p.30) aplicada no dia 03 de agosto de 2021.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme o cronograma previsto pelo projeto de pesquisa segue breve relatório das

atividades realizadas. O projeto iniciou-se no mês de agosto de 2020, onde eu e o meu orientador discutimos sobre o tema proposto, o qual optou-se por pesquisar sobre o reforço escolar na matemática.

Houve a necessidade de buscar conhecimentos para manusear as ferramentas digitais propostas, o que demandou tempo. O conhecimento iniciou-se desde a escolha do tema (mês de agosto de 2020) e se estendeu até o mês de outubro de 2020.

Durante todo o processo de conhecimento das ferramentas digitais em questão (ferramentas do *Google Workspace: Google Classroom* e *Google Meet*) as dúvidas que encontrei foram sendo debatidas com o meu orientador bem como fui orientado a manter o foco nos objetivos propostos.

Em seguida foi iniciada a elaboração dos materiais como planos de aula, pesquisa em alguns documentos para obter os materiais que foram utilizados neste trabalho e seleção de vídeos. No entanto, ocorreram alguns contratemplos que dificultou o seguimento do projeto, mas com o apoio dos professores do Centro Universitário de Adamantina (UNIFAI) foi possível organizar uma turma para dar seqüência nas atividades que foram propostas.

Na proposta inicial, deveriam ter ocorrido algumas visitas técnicas em escolas pertencentes à Diretoria de Ensino de Adamantina, todavia não foi possível devido à ocorrência da pandemia.

Contudo, o projeto teve continuidade e conseguimos organizar uma turma com alunos do nono ano de uma Escola, situada na cidade de Lucélia. Após ser criada uma turma no *Google Classroom* direcionamos aos alunos o link com o código de acesso à turma. Os alunos tiveram problemas para ingressar na turma, então foram estudadas outras possibilidades e ajustes, dessa forma com a orientação dos professores da UNIFAI, pensamos na possibilidade de utilizar o e-mail institucional, que foi devidamente solicitado aos responsáveis do setor para serem criados e-mails para os alunos do projeto e que disponibilizasse o meu acesso como professor para que as aulas pudessem ser gravadas.

Na seqüência enviamos aos alunos os e-mails institucionais criados, cada aluno recebeu seu e-mail e senha e foram instruídos sobre como ingressar na *Classroom*. Depois de todo o processo de organização da turma, marcamos um encontro com os alunos do nono ano, com a professora responsável da disciplina de matemática na escola e com a diretora da instituição, para que eu pudesse me apresentar, apresentar a proposta do projeto e deixar certo os dias da semana que aplicaríamos o reforço.

Com a contribuição da professora, chegamos ao acordo de que deveríamos trabalhar com o conteúdo de frações, o qual os estudantes vêm tendo bastante dificuldades. Inicialmente aplicamos uma avaliação para que pudéssemos ter uma noção de como está a defasagem com este conteúdo, após analisar as avaliações preparamos uma aula para tratar do conteúdo com mais detalhes.

Na primeira aula utilizando o *Google Sala de aula*, onde ficou anexados os materiais da aula, e o *Google Meet* para reunião com os alunos, foi realizada uma explicação sobre as

operações com frações, começando por adição e subtração de frações com denominadores iguais e finalizando com adição e subtração de frações com denominadores distintos. Nessa parte expliquei como utilizar o Mínimo Múltiplo Comum (MMC) e como resolver por meio da multiplicação dos denominadores, passei alguns exemplos e também atividade para os alunos praticarem.

Na outra aula falamos sobre multiplicação e divisão de frações, explicando que sempre ao finalizar a multiplicação dos termos devemos verificar se o resultado está na forma irredutível, caso contrário devemos simplificar até que se chegue. Na divisão, foi dito que deve conservar a primeira e multiplica-la pelo inverso da segunda, em seguida deixa-la na forma irredutível. Foram resolvidos exemplos através do *Jamboard* e os alunos presentes resolveram uma atividade juntamente com o professor.

À medida que se deu continuidade no projeto, a frequência dos alunos era baixa e descontínua. No dia da 2ª avaliação quatro alunos compareceram e a fizeram, mas os resultados não foram muito diferentes da primeira. O fato de que muitos daqueles que se prontificaram a participar do projeto e acabaram não efetivando o compromisso ou participaram de forma esporádica, demonstra a falta de comprometimento e de interesse pela disciplina.

Para mais detalhes segue o gráfico 1 com as evidências obtidas durante o período de levantamento de dados.

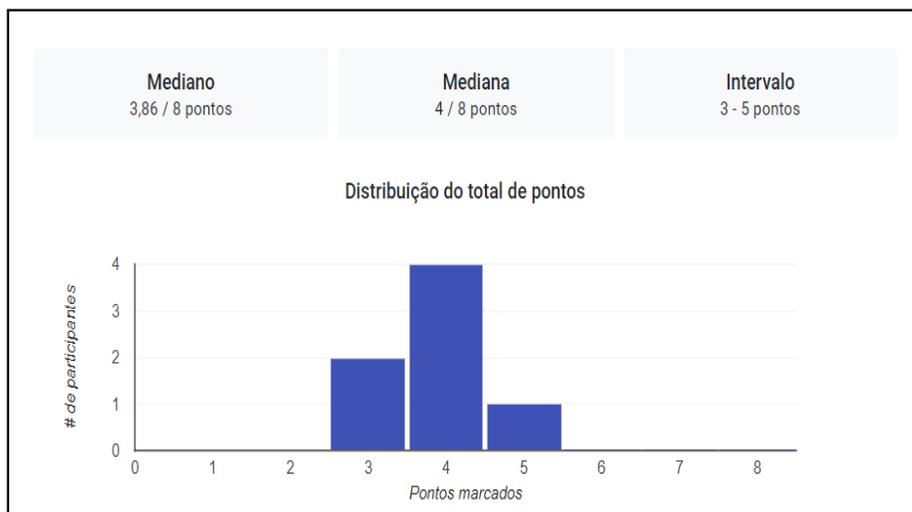


Gráfico 1: Avaliação diagnóstica

Elaborado pelo autor - 2021

Os dados mostrados no gráfico 1, são referentes aos pontos marcados por alunos, onde oito alunos participaram. Podemos notar que dentre os participantes, dois marcaram

3 pontos, quatro marcaram 4 pontos, um aluno marcou 5 pontos e um não fez a avaliação.

Entre a avaliação diagnóstica e avaliação de análise de resultados foram explicados os conteúdos, publicados materiais e atividades, como mostra a figura 1.



Figura 1: Materiais e atividades

Elaborado pelo autor – 2021

Para o material que foi editado no dia 7 de julho e 21 de julho, foi publicado o conteúdo de operações com fração, este foi dividido em duas partes e explicado no dia 06/07 e 08/07 de 2021 como consta na figura 2.



Figura 2: Operações com Fração

Elaborado pelo autor – 2021

A figura 3 mostra os alunos que entraram na *Classroom* no dia 06/07. Dos seis alunos que entraram, um não demonstrou interatividade e 5 participaram.

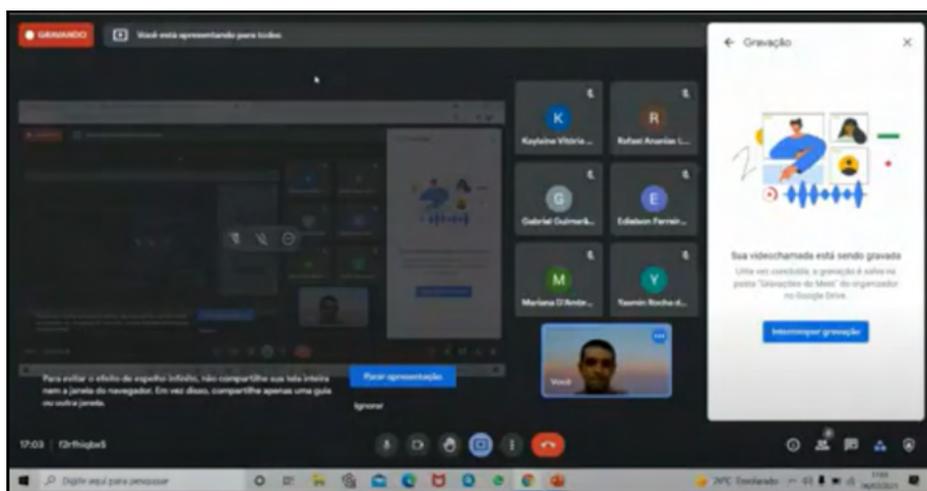


Figura 3: Alunos no Meet 1.

Elaborado pelo autor - 2021

No dia 08/07 dos três alunos que entraram na sala, dois participaram ativamente da aula, como mostra a figura 4.

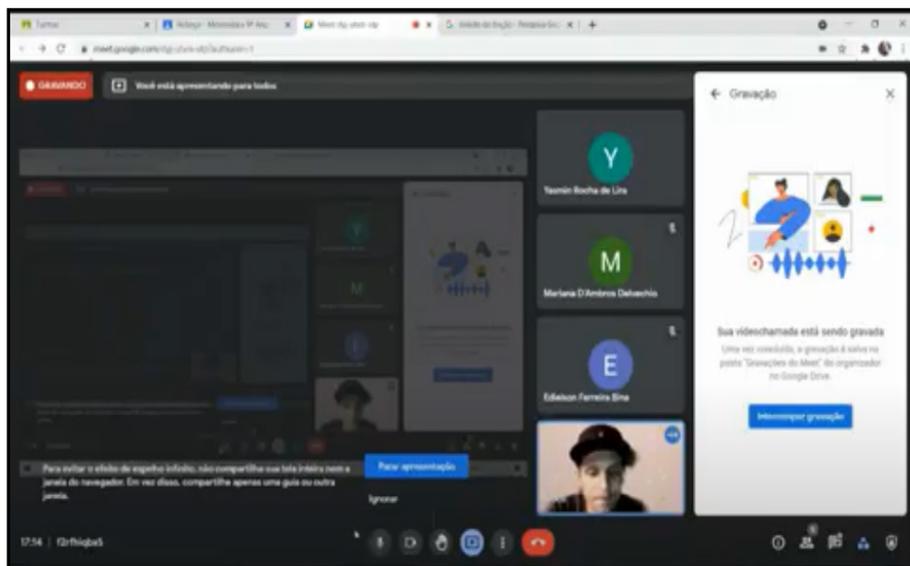


Figura 4: Alunos no Meet 2  
Elaborado pelo autor – 2021

No dia 14/07 foram publicados materiais para os alunos aprenderem sobre problemas envolvendo frações, dentre os materiais criamos um *Kahoot* sobre operações com frações, a participação foi bastante efetiva, mesmo os alunos estando de férias das atividades escolares. Para mais detalhes segue a figura 5 e 6.



Figura 5: Problemas envolvendo frações.  
Elaborado pelo autor - 2021

Apelido	Classificação	Respostas corretas	Não respondido	Pontuação final
Grça	1	100%	—	8 871
KAHOOT_2481912	2	90%	—	8 070
mau	3	90%	—	7 793
Caro	4	70%	—	6 358
Pikachu	5	60%	2	4 299
Gabriel	6	40%	—	3 683
Kaylaine	7	40%	5	3 001
Gustavo	8	30%	—	2 769

Figura 6: Kahoot

Elaborado pelo autor - 2021

Na figura 6 podemos notar que dois dos participantes não responderam todas as questões.

No dia 21/07/2021 foi publicado duas vídeo aulas, retiradas do *Youtube*, para que os alunos assistissem conforme suas disposições. As aulas estão disponibilizadas no *Youtube* pelos *links*: ([https://www.youtube.com/watch?v=i2GEeGSrZ\\_E](https://www.youtube.com/watch?v=i2GEeGSrZ_E)), (<https://www.youtube.com/watch?v=RbLQCSB4EUY>).

A figura 7 mostra a atividade publicada na sala de aula do google, denominado como FRAÇÕES - RECAPITULANDO.

**FRAÇÕES - RECAPITULANDO**  
 MAURICIO DA SILVA OLIVEIRA • 21 de jul. Editado às 27 de jul.

PESSOAL DISPONIBILIZEM 40 MINUTOS POR DIA DO TEMPO DE VOCÊS E ASSISTAM A ESSES VÍDEOS, SERÁ DE GRANDE UTILIDADE.  
 ASSISTAM UM VÍDEO POR DIA NA ORDEM EM QUE APARECEM, DESDE JÁ AGRADEÇO.

**Matemática Básica - Aula 13 ...**  
 Vídeo do YouTube 37 minutos

**Matemática Básica - Aula 13 ...**  
 Vídeo do YouTube 38 minutos

**Google Forms: Sign-in**  
<https://forms.gle/WQy7aK2X1cX...>

Figura 7: Frações - Recapitulando

Elaborado pelo autor - 2021

No dia 27/07, primeira aula de reforço após o retorno das atividades educativas

regular, não foi possível gravar a aula devido a problemas técnicos, mas foi solicitado aos alunos que enviassem um relatório referente aos vídeos aulas assistidas durante o período de férias.

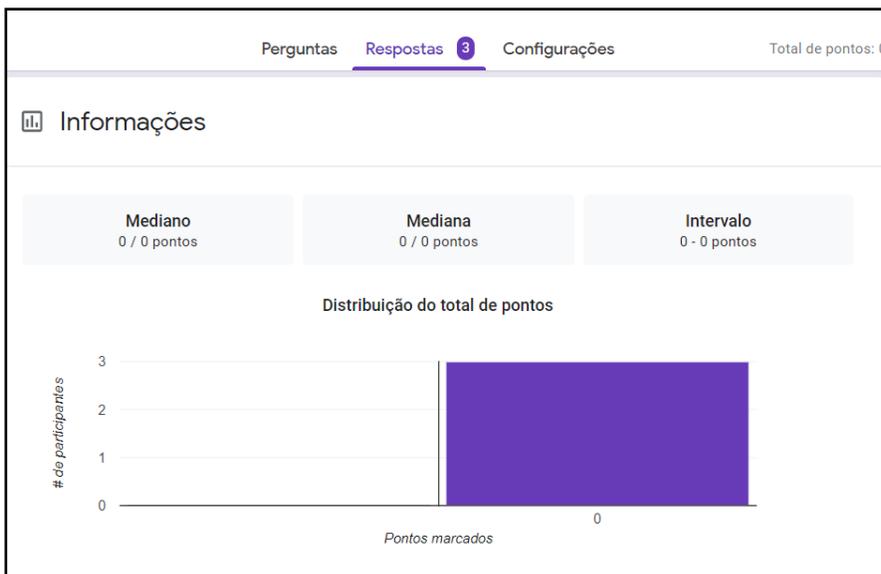


Figura 8: Relatório dos vídeos

Elaborado pelo autor - 2021

Como a figura 8 três dos alunos assistiram aos vídeos e fizeram o relatório. Para esta atividade não foram atribuídos pontos.

No dia 29/07/2021 foi explicado sobre problemas envolvendo frações, para isto foi utilizado o material publicado no dia 14 e apenas 1 aluno se fez presente, como mostra a Figura 9.

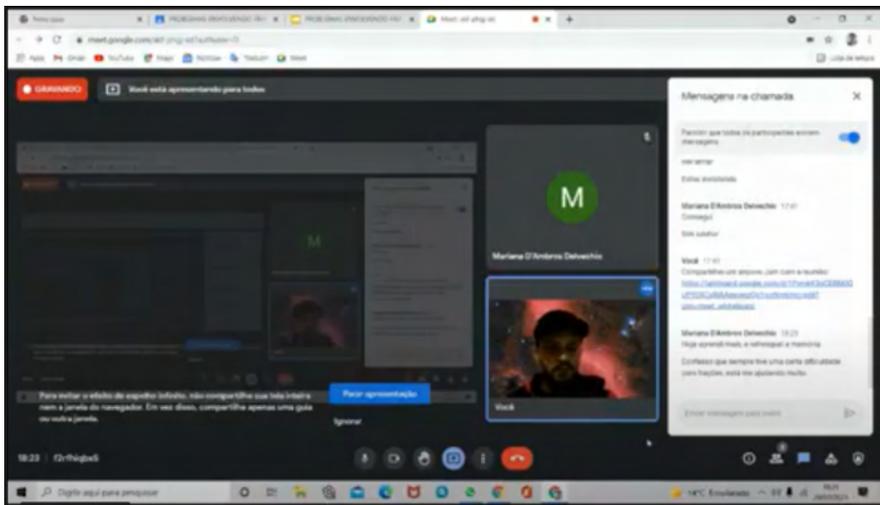


Figura 9: Alunos no Meet 3.

Elaborado pelo autor - 2021

Após explicações, foram elaborados problemas envolvendo frações. Essa atividade foi desenvolvida pelo Jamboard, e está disposta como mostra a figura 10.

<b>MAURICIO</b>	<p>Mariana foi a uma loja de moda feminina e gastou 350 reais com calçados, 550 com roupas e 600 com joias. sabendo que Mariana gastou <math>\frac{4}{5}</math> do dinheiro que tinha, determine o valor em dinheiro que sobrou para mariana.</p>	<b>MARIANA</b>	<p>Eleonor foi as compras logo após receber seu salário. Com \$1.000,00 em mãos, foi em uma joalheria e comprou um colar que lhe custou <math>\frac{3}{5}</math> de seu pagamento. Depois_</p> <p>de comprar a peça, passou em um restaurante e deixou lá mais <math>\frac{1}{8}</math> do dinheiro. Quanto sobrou de seu salário?</p>
-----------------	---	----------------	--

Figura 10: Atividade no Jamboard

Elaborado pelo autor – 2021

Após as aulas de reforço serem ministradas, conforme dito anteriormente, quatro alunos dentre os oito, aos quais a avaliação foi atribuída, fizeram a devolutiva. A figura 11 mostra os dados.

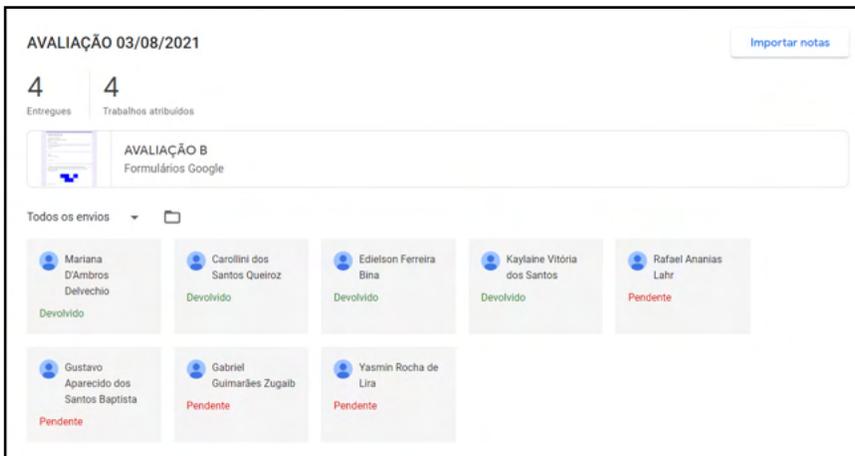


Figura 11: Devolutiva da Avaliação de Resultados

Elaborado pelo autor – 2021

Os resultados estão dispostos no gráfico 2: um obteve 3 pontos, um obteve 3,75 e 2 obtiveram 4 pontos.

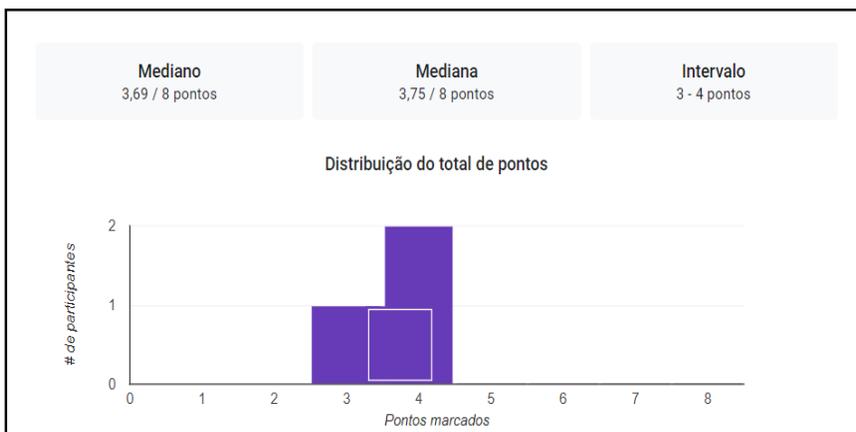


Gráfico 2: Avaliação de Resultados

Elaborado pelo autor 2021

Esta avaliação foi aplicada no dia 03/08/2021.

## 5 | CONCLUSÕES

Diante dos estudos feitos para realizar esse trabalho, foi possível notar que há um grande desafio para reduzir a defasagem no ensino de Matemática. Com a chegada da pandemia foi possível expandir o uso dos recursos tecnológicos na educação, por outro

lado os alunos ficaram ainda mais desestimulados, o que acabou agravando o problema.

A princípio, baseado na hipótese de que seria possível conseguir maior interação entre os estudantes do projeto, e dessa forma, maior desempenho na disciplina de matemática, não foi pensado que a suspensão das aulas presenciais se estendesse por muito tempos. Com as aulas remotas estendidas por muito tempo os alunos ficaram mais acomodados, e muitos deles até perderam a vontade de estudar em algum momento.

A utilização do *Google Classroom*, *Google Meet* e outras plataformas digitais podem contribuir significativamente para reduzir a defasagem, mas estes recursos não devem substituir as aulas presenciais, eles precisam estar associados, um complementando o ensino presencial.

Existem várias formas para os alunos aprenderem um mesmo conteúdo, e durante aulas presenciais com salas lotadas, muitos desses alunos não conseguem acompanhar o raciocínio, é aí, que deve-se utilizar as tecnologias digitais, trabalhando um procedimento de reforço com esses alunos que não acompanham os demais, conseqüentemente eles irão desenvolver seu raciocínio.

Entretanto, para participar do reforço devem assumir um compromisso de assistir e interagir às aulas e o professor deve estar preparado para a abordagem com relação ao conteúdo, tendo boa desenvoltura e boas estratégias, visto que está difícil convencer os alunos a participar de projetos que irá convocá-lo a resolver exercícios de Matemática.

A baixa frequência e participação dos estudantes pode estar associada a várias possibilidades, uma delas é o desconforto. Muitos alunos se sentem desconfortáveis ao interagir com o professor por medo de fazer alguma colocação errada, um outro exemplo é o fato de eles não abrirem as câmeras, o que evidencia que o aluno não se sente pronto para interagir. Isso faz com que o reforço não atinja o potencial esperado.

## AGRADECIMENTOS

- Agradeço ao professor Dr. Wendel Cleber Soares, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade;
- A professora Ma. Maria das Graças de Araújo que contribuiu com este trabalho com bastante empenho e amizade;
- Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso;
- A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho;
- A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado;
- Às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incenti-

varam e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica;

- Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Helenice Maria Costa et al. **O uso das ferramentas do aplicativo” Google sala de aula” no ensino de matemática.** 2016. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6470>. Acesso em: 21 abr 2021.

BACICH, Lillian, MORAN, José. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora: Uma Abordagem Teórico-Prática.** Porto Alegre: Penso Editora Ltda, 2018. GÓMEZ, Ángel I. Pérez. A era digital: **novos desafios educacionais.** In:\_\_\_\_\_. Educação na era digital: a escola educativa. Penso Editora, 2015, p. 14 - 30. Disponível em:[https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=nrEkBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=GOM%C3%89Z,+%C3%81ngel+I.+P%C3%A9rez.+Educa%C3%A7%C3%A3o+na+Era+digital:+a+escola+educativa.+Porto+Alegre:+Penso,+2015.&ots=VHSac\\_5spy&sig=GLVZAPxygJ0VMYhD2eNVR6TeW18#v=onepage&q=GOM%C3%89Z%2C%20%C3%81ngel%20I.%20P%C3%A9rez.%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20na%20Era%20digital%3A-%20a%20escola%20educativa.%20Porto%20Alegre%3A%20Penso%2C%202015.&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=nrEkBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=GOM%C3%89Z,+%C3%81ngel+I.+P%C3%A9rez.+Educa%C3%A7%C3%A3o+na+Era+digital:+a+escola+educativa.+Porto+Alegre:+Penso,+2015.&ots=VHSac_5spy&sig=GLVZAPxygJ0VMYhD2eNVR6TeW18#v=onepage&q=GOM%C3%89Z%2C%20%C3%81ngel%20I.%20P%C3%A9rez.%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20na%20Era%20digital%3A-%20a%20escola%20educativa.%20Porto%20Alegre%3A%20Penso%2C%202015.&f=false). Acesso em: 28 mar 2021.

GRAVINA, Maria Alice; DE AZEVEDO BASSO, Marcus Vinicius. **Mídias digitais na educação matemática.** In: GRAVINA, Maria Alice et al. Matemática, Mídias Digitais e Didática - tripé para formação de professores de Matemática. Porto Alegre: Evangraf, 2012, p. 4 - 25. Disponível em: [http://www.ufrgs.br/espamat/livros/livro\\_matematica\\_midias\\_didatica\\_completo.pdf#page=8](http://www.ufrgs.br/espamat/livros/livro_matematica_midias_didatica_completo.pdf#page=8). Acesso em: 30 mar. 21

MORAES, César Augusto; Prado, do. recursos digitais na matemática: **prática docente na perspectiva de narrativas discentes do ensino fundamental.** 2018. Disponível em: <http://tede.metodista.br/jspui/handle/tede/1839>. Acesso em 26 abr 2021.

VALENTE, José Armando. **A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação midialogia.** In: BACICH, Lillian; MORAN, José (orgs). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso Editora, 2018. Disponível em:<https://scholar.google.com.br/scholar?cluster=4777048663194041695&hl=ptBR&assdt=2005&scioldt=0,5>. Acesso em: 27 mar 2021.

VIEIRA, Wander Arruda; DE CARVALHO, Rafael Lima. as novas tecnologias e a formação docente em matemática. **Revista Integralização Universitária**, n. 22, p.139-152, 2020. Disponível em: <https://to.catolica.edu.br/revistas/index.php/p/riu/article/view/574/290>. Acesso em: 25 mar 2021.

MATEMÁTICA BÁSICA-AULA13 - FRAÇÕES (PARTE 1). Ferrto Matemática. **Youtube.** 02 de abril de 2014. 37minutos e 41 segundos. Disponível em:<[https://www.youtube.com/watch?v=i2GEeGSrZ\\_E](https://www.youtube.com/watch?v=i2GEeGSrZ_E)>. Acesso em 20 jul 2021.

MATEMÁTICA BÁSICA - AULA 13 - FRAÇÕES (PARTE 2). Ferrto Matemática. **Youtube.** 02 de abril de 2014. 38 minutos e 33 segundos. Disponível em:< <https://www.youtube.com/watch?v=RbLQCSB4EUY>>. Acesso em 20 jul 2021.

## APÊNDICE A - MODELO DE AUTORIZAÇÃO DA UNIDADE ESCOLAR

Ofício n. 001/2021

Adamantina - SP, 20 de maio de 2021.

À Sr. Ana Lúcia Boldrini Teixeira

Secretária de Educação, Cultura, Esporte e Lazer do Município de Lucélia

**Assunto:** Autorização para desenvolvimento de Projeto de Iniciação Científica e Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Eu Mauricio da Silva Oliveira, CPF:108.892.444-13 discente regularmente matriculado no 5 Termo no Curso de Licenciatura em Matemática do Centro Universitário de Adamantina (UNIFAI), vem mui respeitosamente solicitar a autorização para desenvolver o Projeto de Iniciação Científica e o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado como “Classroom como recurso para a Educação Matemática”, projeto este aprovado no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Centro Universitário de Adamantina (PIBIC/UNIFAI 2020/22021), sob a orientação do professor titular Dr. Wendel Cleber Soares, CPF: 095.456.448-00, a ser realizado na EMEF Profa. Soledade Domingues Igllesia com as professoras que atuam no ensino fundamental II na área de Matemática.

O principal objetivo deste projeto de iniciação científica e TCC é desenvolver uma proposta de “reforço escolar na área de matemática” utilizando as ferramentas do G-Suite, utilizando o Google Classroom (sala de aula virtual) e o Google Meet (para realizar encontros, reuniões e desenvolver o aprendizado) dos alunos inseridos nos anos finais do ensino fundamental II.

Em anexo encaminhamos o Projeto de Iniciação Científica aprovado pela Pró - Reitoria de Pesquisa e Pós - Graduação do Centro Universitário de Adamantina para ciência.

Diante do exposto, expressamos nossos votos de estima e consideração.

*Maurício da Silva Oliveira*

---

**Mauricio da Silva Oliveira**

**Aluno do 5 Termo de Licenciatura em Matemática**



---

**Prof. Dr. Wendel Cleber Soares**

**Prof. Orientador**

## APÊNDICE B – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

Avaliação A

Professor Maurício Oliveira

EMEF:

9º Ano

Reforço - Matemática

**24819@fai.com.br** [Alternar conta](#)

O nome, a foto e o e-mail associados à sua Conta do Google serão registrados quando você fizer upload de arquivos e enviar este formulário.

\*Obrigatório

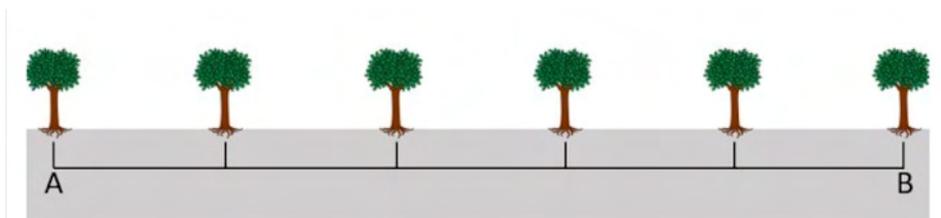
Nome do aluno: \*

Digite seu nome completo:

Sua resposta

1- As árvores de um parque estão dispostas de tal maneira que se construíssemos uma linha entre a primeira árvore (A) de um trecho e a última árvore (B) conseguiríamos visualizar que elas estão situadas à mesma distância uma das outras. De acordo com a imagem abaixo, que fração que representa a distância entre a primeira e a segunda árvore? \*

1 ponto



2/5

1/6

2/6

1/5

2- Observe a barra de chocolate a seguir e responda: quantos quadradinhos deve-se comer para consumir  $\frac{5}{6}$  da barra? \*

1 ponto



15

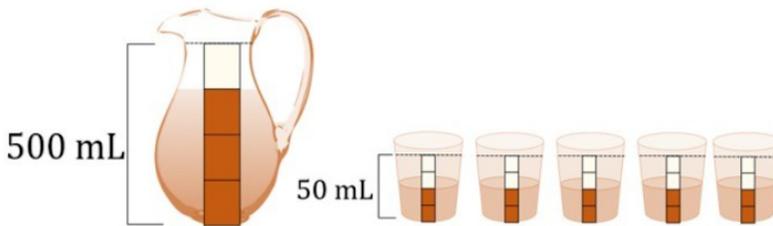
14

12

16

3- Mário preencheu  $\frac{3}{4}$  de uma jarra de 500 ml com refresco. Na hora de servir a bebida, ele distribuiu o líquido igualmente em 5 copos de 50 ml, ocupando  $\frac{2}{4}$  da capacidade de cada um. Com base nestes dados responda: que fração de líquido restou na jarra? \*

1 ponto



$\frac{1}{3}$

$\frac{1}{2}$

$\frac{1}{4}$

$\frac{1}{5}$

4- 20 colegas de trabalho resolveram fazer uma aposta e premiar aqueles que mais acertassem os resultados dos jogos de um campeonato de futebol. Sabendo que cada pessoa contribuiu com 30 reais e que os prêmios seriam distribuídos da seguinte forma: 1º colocado:  $\frac{1}{2}$  do valor arrecadado; 2º colocado:  $\frac{1}{3}$  do valor arrecadado; 3º colocado: recebe a quantia restante. Quanto, respectivamente, cada participante premiado recebeu? \*

1 ponto

R\$ 400; R\$ 150; R\$ 50

R\$ 250; R\$ 200; R\$ 150

R\$ 300; R\$ 200; R\$ 100

R\$ 350; R\$ 150; R\$ 100

5- Em uma disputa entre carros de corrida um competidor estava a  $\frac{2}{7}$  de terminar a prova quando sofreu um acidente e precisou abandoná-la. Sabendo que a competição foi realizada com 56 voltas no autódromo, em que volta o competidor foi retirado da pista? \*

1 ponto

16ª volta

40ª volta

50ª volta

32ª volta

6- Antônio, Joaquim e José são sócios de uma empresa cujo o lucro mensal é dividido, entre os três em partes iguais. Sabendo que o lucro mensal é de 81 mil reais, marque a alternativa que representa a fração equivalente e o valor que cada um receberá, respectivamente. \*

1 ponto

$\frac{1}{3}$ ; R\$ 27000

$\frac{1}{2}$ ; R\$ 40500

$\frac{4}{3}$ ; R\$108000

$\frac{2}{3}$ ; R\$ 54000

$\frac{1}{9}$ ; R\$ 9000

7- ENEM (2021) Um jogo pedagógico é formado por cartas as quais está impressa uma fração em uma de suas faces. Cada jogador recebe quatro cartas e vence aquele que primeiro consegue ordenar crescentemente suas cartas pelas respectivas frações impressas. O vencedor foi o aluno que recebeu as cartas com as frações:  $\frac{3}{5}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{2}{3}$  e  $\frac{5}{9}$ . A ordem que esse aluno apresentou foi: \*

1 ponto

$\frac{2}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{5}$ ,  $\frac{2}{3}$

$\frac{1}{4}$ ,  $\frac{5}{9}$ ,  $\frac{3}{5}$ ,  $\frac{2}{3}$

$\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{5}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{5}{9}$

$\frac{1}{4}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{5}$ ,  $\frac{5}{9}$

$\frac{5}{9}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{5}$ ,  $\frac{2}{3}$

8- (UFMG-2009) Paula comprou dois potes de sorvete, ambos com a mesma quantidade do produto. Um dos potes continha quantidades iguais dos sabores chocolate, creme e morango; e o outro, quantidades iguais dos sabores chocolate e baunilha. Então, é CORRETO afirmar que, nessa compra, a fração correspondente à quantidade de sorvete do sabor chocolate foi: \*

1 ponto

$\frac{2}{5}$

$\frac{3}{5}$

$\frac{5}{12}$

$\frac{5}{6}$

Espaço para postar os cálculos das questões \*

Apresente aqui todos os cálculos feitos.

Adicionar arquivo

## APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DE RESULTADOS

AVALIAÇÃO B

Professor Maurício Oliveira

EMEF:

9º Ano

Reforço - Matemática

**24819@fai.com.br** [Alternar conta](#)

O nome, a foto e o e-mail associados à sua Conta do Google serão registrados quando você fizer upload de arquivos e enviar este formulário.

\*Obrigatório

NOME: \*

Digite seu nome completo:

Sua resposta

1) Observe a figura e responda que fração representa cada uma das partes do retângulo e que fração representa parte pintada do retângulo, respectivamente. \*

1 ponto



1/8 e 1/5

1/8 e 5/8

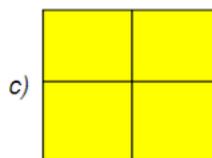
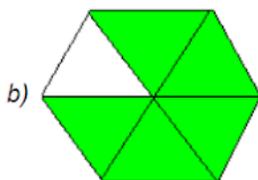
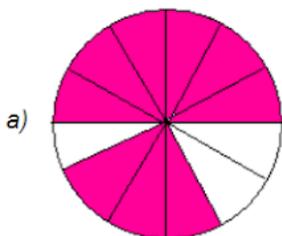
5/8 e 1/8

1/5 e 1/8

3/8 e 5/8

2) Observe as figuras e diga quanto representa cada parte da figura e a parte pintada: \*

1 ponto



Adicionar arquivo

3) Encontre o resultado dos cálculos abaixo:

1 ponto

a)  $\frac{7}{5} - \frac{3}{5} =$

b)  $\frac{4}{8} + \frac{2}{8} =$

c)  $\frac{3}{4} + \frac{5}{12} =$

Adicionar arquivo

4) Determine o resultado das operações abaixo. \*

1 ponto

a)  $\frac{2}{3} \times \frac{3}{2}$

b)  $\frac{2}{3} \times \frac{3}{7}$

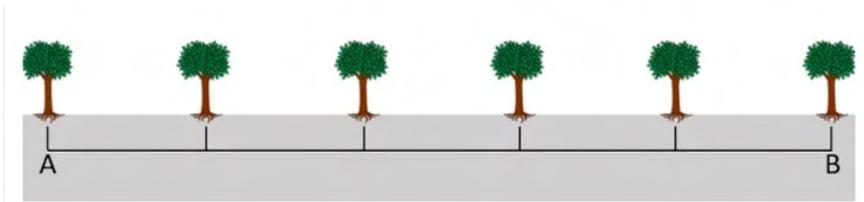
c)  $\frac{3}{5} \div \frac{1}{10}$

d)  $\frac{1}{4} \div 2$

Adicionar arquivo

5) As árvores de um parque estão dispostas de tal maneira que se construíssemos uma linha entre a primeira árvore (A) de um trecho e a última árvore (B) conseguiríamos visualizar que elas estão situadas à mesma distância uma das outras. De acordo com a imagem abaixo, que fração que representa a distância entre a primeira e a segunda árvore? \*

1 ponto



1/6

2/6

1/5

2/5

5/6

6- Em uma disputa entre carros de corrida um competidor estava a  $\frac{2}{7}$  de terminar a prova quando sofreu um acidente e precisou abandoná-la. Sabendo que a competição foi realizada com 56 voltas no autódromo, em que volta o competidor foi retirado da pista? \*

1 ponto

16° volta

40° volta

32° volta

50° volta

48° volta

7) Ao chegar em casa João encontrou em cima da mesa uma embalagem de chocolate aberta. Havia  $\frac{1}{3}$  de barra de chocolate e ele comeu metade dessa quantidade. Quanto de chocolate João comeu? \*

1 ponto

1/4

1/5

1/6

2/5

5/6

8) Em uma sala de aula  $\frac{2}{3}$  dos alunos são meninas. Entre as meninas,  $\frac{3}{4}$  possuem cabelo castanho. Que fração dos alunos da sala que possui cabelo castanho? \*

1 ponto

3/2

1/2

1/3

1/4

5/3

## ANEXO A – MODELO DO TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

### TERMO DE ASSENTIMENTO

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa intitulada: *Classroom* como Recurso Tecnológico para a Educação em Matemática

Esta pesquisa tem por objetivo:

Propor a criação de um projeto educativo utilizando as ferramentas do *G-Suíte*, utilizando o *Google Classroom* (sala de aula) para disponibilizar conteúdos, *Google Meet* para realizar reuniões e dessa forma melhorar a aprendizagem em matemática básica.

Para contemplar o (s) objetivo (s) será(ão) realizado(s) o(s) seguinte(s) procedimento(s):

- Aplicação da Avaliação Diagnóstica;
- Trabalhar o conteúdo selecionado via aula de reforço remoto;
- Aplicar atividades;
- Aplicar Avaliação de Resultados.

O seu responsável deverá autorizar e assinar o TERMO DE ASSENTIMENTO. Sua participação é gratuita e voluntária, portanto, você não terá nenhum bônus ou vantagem financeira. Você terá total liberdade para participar ou recusar-se. Do mesmo modo, seu responsável poderá interromper sua participação a qualquer momento. Sua identidade e qualquer outras características que possam te identificar serão mantidas em sigilo. As informações desta pesquisa serão utilizadas somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, fui informado(a) dos objetivos desta pesquisa. Estou ciente que, a qualquer momento, o meu responsável poderá interromper minha participação. Tendo o assentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar dessa pesquisa. Recebi uma cópia deste documento e tive a oportunidade de lê-lo e esclarecer as eventuais dúvidas.

Adamantina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do(a) responsável RG:

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do (a) menor

RG:

Maurício Da Silva Oliveira

Nome e assinatura do(a) pesquisador(a)

RG: 65210643-2

Telefone: (18) 996673320

## ANEXO B – MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, \_\_\_\_\_,  
RG, \_\_\_\_\_, nacionalidade \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_ anos, estado civil \_\_\_\_\_, profissão \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_, endereço \_\_\_\_\_,  
estou sendo convidado a participar do estudo intitulado CLASSROOM COMO RECURSO TECNOLÓGICO PARA A EDUCAÇÃO EM MATEMÁTICA.

#### Objetivo da pesquisa

Propor a criação de um projeto educativo utilizando as ferramentas do G-Suíte, utilizando o *Google Classroom* (sala de aula) para disponibilizar conteúdos, *Google Meet* para realizar reuniões e dessa forma melhorar a aprendizagem em matemática básica.

#### Participação na pesquisa

Assistir aulas de reforço em matemática de forma remota e participar de atividades e avaliações.  
O(a) Sr (a) tem liberdade para recusar e/ou descontinuar sua participação em qualquer fase da pesquisa.

#### Riscos e desconforto

Podem sentir vergonha de participar das atividades.  
Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução no. 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

#### Confidencialidade

Sua privacidade será respeitada. O seu nome ou qualquer outro elemento que possa, de qual quer forma, te identificar, serão mantidos em sigilo absoluto. Apenas os dados provenientes desta pesquisa serão utilizados para cunho científico e acadêmico.

#### Benefícios

Sua participação é gratuita e voluntária, portanto, você não terá nenhum ônus ou vantagem financeira. No entanto, espera-se que este estudo origine informações importantes, de forma que o conhecimento construído a partir desta pesquisa possa contribuir <colocar resultados esperados>

***Após esclarecimentos sobre minha participação, compreendi a natureza e o objetivo deste estudo e manifesto meu livre consentimento em participar, estando ciente de que minha participação é gratuita e voluntária.***

***Confirmo ainda que recebi uma via deste termo de consentimento.*** Adamantina,  
\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Nome do Participante da Pesquisa

RG.

Maurício Da Silva Oliveira

Assinatura do Pesquisador

RG. 65210643-2

Telefone: (18) 996673320

E-mail:

---

Testemunha

RG.

---

Assinatura do Orientador

RG.

Telefone:

E-mail:

Adamantina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.

---

Orientador

## PRÁTICAS EXPERIMENTAIS SOBRE POLUIÇÃO SONORA

*Data de aceite: 01/08/2022*

*Data de submissão: 14/06/2022*

### **Maria Lúcia Grillo**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Dep.de Eletrônica Quântica  
Rio de Janeiro — RJ  
<http://lattes.cnpq.br/7215315486080415>

### **Luiz Roberto Perez Lisbôa Baptista**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Dep. de Eletrônica Quântica  
Rio de Janeiro — RJ  
<http://lattes.cnpq.br/8661318521659395>

**RESUMO:** As ondas sonoras estão presentes no nosso cotidiano permanentemente, de várias formas, provenientes de diferentes tipos de fontes. O som é importante, por exemplo, na comunicação através da fala, também na música e como sinal de alerta. Porém, além de ocorrerem sons não desejados, seu uso deve ser sempre bem controlado, para que não prejudique a saúde de quem gera o som, bem como dos demais ouvintes. O nível de pressão sonora recebido e sua duração devem ser observados, conforme as normas acústicas, bem como a qualidade acústica das salas utilizadas, a fim de prevenir inúmeros problemas de saúde e comunicação. A poluição sonora está presente quando as condições acústicas não são adequadas. Neste trabalho sugerimos alguns experimentos, em nível universitário, mas que podem ser adaptados para o nível médio, onde são medidos e avaliados

parâmetros acústicos em ambientes acadêmicos. Foi utilizado um sonômetro digital com  $L_{eq}$  (nível equivalente) ITDEC 4020 e os softwares Praat e Audacity, para a obtenção dos parâmetros acústicos e sua avaliação. Os ambientes estudados foram em uma universidade e alguns instrumentos musicais serviram como fontes sonoras. A poluição sonora ficou evidenciada através dos resultados experimentais, bem como a necessidade de um melhor controle da qualidade acústica dos ambientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Acústica ambiental, acústica de salas, poluição sonora.

### EXPERIMENTAL PRACTICES ON NOISE POLLUTION

**ABSTRACT:** Sound waves are present in our daily lives permanently, in various ways, coming from different types of sources. Sound is important, for example, in communication through speech, also in music and as a warning signal. However, in addition to unwanted sounds, their use must always be well controlled, so that they do not harm the health of those who generate the sound, as well as other listeners. The received sound pressure level and its duration must be observed, according to the acoustic standards, as well as the acoustic quality of the rooms used, in order to prevent numerous health and communication problems. Noise pollution is present when acoustic conditions are not adequate. In this work we suggest some experiments, at the university level, but which can be adapted to the high school level, where acoustic parameters are measured and evaluated in academic environments. A digital sound level meter with  $L_{eq}$  (equivalent

level) ITDEC 4020 and the Praat and Audacity software were used to obtain the acoustic parameters and their evaluation. The environments studied were in one university and some musical instruments served as sound sources. The noise pollution was evidenced through the experimental results, as well as the need for a better control of the acoustic quality of the environments.

**KEYWORDS:** Environmental acoustics, room acoustics, noise pollution.

## 1 | INTRODUÇÃO

A poluição sonora é uma das formas de poluição ambiental que atinge praticamente toda a humanidade. Não se trata de um tema novo, uma vez que há dados históricos que nos levam até a Antiguidade (Bistafa, 2011). Com o desenvolvimento da tecnologia são criadas cada vez mais fontes sonoras e de maiores intensidades. A literatura científica tem hoje grande variedade de trabalhos, abordando o tema sob vários aspectos.

Segundo Zajarkiewicz (2010) a poluição sonora é “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente lancem energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”. Além disso: prejudica a saúde e bem-estar da população, afeta as relações sociais entre os indivíduos, bem como pode causar desvalorização de imóveis e afetar a comunicação entre os animais, além de provocar estresse e outros efeitos orgânicos (ZAJARKIEWICZ, 2010).

O ruído é associado à poluição sonora, e é definido na norma ABNT NBR 16.313 como todo som que pode causar incômodo, ser indesejável ou não inteligível. Porém, conforme a duração e o nível de intensidade, um som pode ser prejudicial à saúde, mesmo que seja agradável, como um som musical. A qualidade acústica da sala também influencia na forma com que ouvimos um som: ambientes com tempos de reverberação muito alto, como uma câmara reverberante, são inadequados para usos como aulas ou apresentações musicais; por outro lado, a câmara anecoica, com tempos de reverberação muito baixo, é um ambiente também inadequado para os fins citados. Os ambientes acadêmicos normalmente não chegam a esses extremos, mas seus parâmetros acústicos devem também ser considerados, a fim de não prejudicar a saúde nem a comunicação.

Trata-se de um tema muito relevante, para quaisquer ambientes, não apenas acadêmicos, que contribui para a formação de estudantes, principalmente de Física. A Acústica é uma área muito ampla, cujos conceitos abrangem diversos aspectos, tanto teóricos quanto experimentais, e que pode ser abordada em vários níveis, usada como recurso para motivação ao ensino de Física, já que é algo do dia a dia, e também em divulgação científica.

## 2 | OBJETIVOS

Neste trabalho temos por objetivo avaliar acusticamente alguns ambientes de uma

universidade em termos de nível de intensidade sonora e tempos de reverberação, a fim de verificar a adequabilidade desses ambientes usados especialmente para aulas. Estes devem ter qualidade acústica, permitindo a permanência de alunos e professores por várias horas e também proporcionando a boa inteligibilidade da fala.

Alguns instrumentos musicais também foram analisados quanto ao nível de intensidade sonora, visando avaliar a situação de músicos e ouvintes, incluindo professores de música.

Além disso, visamos à educação acústica de estudantes de graduação de Física, alertando para problemas ambientais que nem sempre são considerados, mas nos quais estamos imersos, e devem ser controlados. Os estudantes, que em breve poderão ser professores, serão multiplicadores desses cuidados ambientais.

Por fim pretendemos divulgar esses resultados, que poderão contribuir para algumas mudanças nos ambientes, tornando-os mais adequados para o fim ao qual foram criados.

### **3 | BASE TEÓRICA**

Para o desenvolvimento desse trabalho consideramos modelos teóricos pedagógicos e físicos. Os modelos da Aprendizagem Significativa e das Metodologias Ativas são utilizados e alguns fundamentos da Física, como as noções de ondas sonoras, nível de intensidade sonora (ou de pressão sonora) e tempos de reverberação. As normas acústicas precisam também ser conhecidas para a realização dos experimentos propostos.

#### **3.1 A Aprendizagem Significativa e as Metodologias Ativas**

Em Grillo e Freitas (2021) há um resumo dessas duas teorias pedagógicas, direcionadas para o ensino de acústica e poluição sonora. São teorias hoje muito conhecidas e utilizadas, e que têm contribuído de forma positiva para a melhoria do ensino de Física em vários níveis.

Todo professor deseja que seus alunos aprendam os conteúdos ensinados, e que o façam com prazer, ou seja, que a aprendizagem seja significativa, segundo Ausubel (Pelizzari et al, 2001-2002). Para isso é importante conhecer os conhecimentos prévios dos alunos e a partir desses, que serão os subsunçores, desenvolver o novo conteúdo a ser ensinado. No tema aqui desenvolvido essa estratégia não é difícil de ser utilizada, já que os alunos já chegam na universidade, ou mesmo no colégio, com experiências de som, ruído, eco, reverberação, poluição sonora e música.

Oliveira et al. (2016) nos lembram que o estudante de hoje não é igual ao estudante que nós, professores, fomos. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel deve hoje ser adaptada e complementada com teorias que respondem aos estudantes atuais, de qualquer nível. Por isso a teoria da aula invertida, dentro das chamadas pedagogias ativas, é hoje muito conveniente, o que não impede que o professor tenha um tempo para

introduzir o tema. O aluno poderá ser incentivado à instrução por pares ou pelos colegas (peer instruction), teoria desenvolvida por Mazur (2015) ou ainda à aprendizagem baseada em equipes (MICHAELSEN, KNIGHT, FINK, 2004). Cabe sempre ao professor conhecer essas possibilidades a fim de adequar suas aulas, de forma a alcançar seus objetivos.

### 3.2 Alguns fundamentos da Acústica

O estudo das ondas é utilizado em muitas disciplinas do curso de Física, como Óptica e Acústica, dentre outras. A base matemática é comum, porém cada onda possui suas particularidades. As ondas sonoras, conforme Resnick, Halliday e Krane (2007), podem ser expressas por 4 parâmetros: variação de pressão, deslocamento de moléculas em relação às suas posições de equilíbrio, variação da massa específica do meio e velocidade de pequenos elementos do meio. As unidades ficam então conhecidas, como o Pascal (Pa), medida da pressão sonora.

O nível de pressão sonora, expresso em decibel (dB) muitas vezes é confundido com a pressão sonora. Essa distinção pode ser feita, antes mesmo da apresentação das relações matemáticas, através de um teste audiométrico, disponível em <http://newt.phys.unsw.edu.au/jw/hearing.html>. Facilmente o aluno perceberá a variação da sensibilidade do ouvido com a frequência e poderá construir seu gráfico. Mantendo o volume do aparelho constante, a cada frequência marcará a mínima intensidade ouvida. O teste deve ser feito em um lugar silencioso e de preferência com fones de ouvido.

Em Bistafa (2011), no capítulo 3, há uma boa descrição da representação matemática da sensação provocada pelo som, incluindo uma introdução histórica da origem do Bel e do deciBel (dB). Através de equações como:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

que expressa o nível de intensidade sonora ( $L_I$ ) em função da intensidade sonora ( $I$ ), sendo  $I_0$  o valor de referência  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ , ou ainda:

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (2)$$

do nível de pressão sonora ( $L_p$ ) em função da pressão sonora ( $p$ ), sendo  $p_0$  o valor de referência  $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ , as ondas sonoras vão sendo mais conhecidas.

A manipulação matemática dos logaritmos é importante a fim de poder expressar as diversas equações de várias formas e a relação entre as grandezas. O decibel não é uma unidade, mas uma relação entre as unidades.

É interessante abordar a soma de decibels, que, devido às equações logarítmicas, não é como a soma normal. Essas equações expressam a forma com que ouvimos os sons, o que significa que, se ouvirmos duas fontes iguais, não teremos a sensação de ouvirmos o dobro da intensidade, embora a intensidade dobre, mas ouviremos o som de uma fonte

acrescido apenas de 3 dB. Análises de salas podem ser feitas, considerando várias fontes ao mesmo tempo, cujos níveis de intensidade sonora podem ser somados ou subtraídos.

As medidas de nível de pressão sonora, ou nível de intensidade sonora, são feitas com um sonômetro, que deverá ser apresentado antes dos experimentos. É útil a realização da medida do nível equivalente ( $L_{peq}$  ou  $L_{leq}$ ), que medirá um valor médio, durante um tempo escolhido previamente. As normas acústicas (ABNT NBR 16.313, ABNT NBR 10.152 e NR 15) devem também ser consideradas, assim apresentando respectivamente, a nomenclatura de Acústica correta, os níveis apropriados para cada ambiente (bem como a forma de realizar medidas com sonômetro em salas) e os limites de tempo suportáveis para cada nível de pressão sonora (norma que regulamenta as condições adequadas de trabalho).

Com esses e alguns outros fundamentos físicos podem ser realizados alguns experimentos que esclarecem o tema da poluição sonora.

#### 4 | EXPERIMENTOS, RESULTADOS E CONCLUSÃO

Propomos aqui 3 experimentos dentro do tema “Poluição Sonora”. Foi utilizado um sonômetro digital com  $L_{eq}$  (nível equivalente) ITDEC 4020 e os softwares Praat e Audacity, para a obtenção dos parâmetros acústicos e sua avaliação. Os ambientes estudados foram em uma universidade e alguns instrumentos musicais serviram como fontes sonoras. Os alunos receberam textos para serem estudados antes das aulas (aula invertida) e fizeram os trabalhos de grupo (aprendizagem baseada em equipes).

**1º Experimento:** Medida de níveis sonoros ambientais

- 1) Estudar as instruções para o uso do sonômetro (ver manual do aparelho).
- 2) Estudar a norma ABNT NBR 10.152
- 3) Fazer algumas medidas em alguns ambientes internos da universidade, conforme a norma ABNT NBR 10.152. Usar  $L_{eq}$  em 1min e ponderação A.

Obs: A ponderação A fornecerá um valor equivalente ao ouvido humano (é interessante fazer uma apresentação dos tipos de ponderação do sonômetro – para isso ver: <https://www.concepcaoacustica.com/post/o-sonometro-e-as-curvas-de-ponderacao>).

Descrever o ambiente, horário, condições de uso, características das fontes sonoras (ver item 11 da norma citada).

- 4) Avaliar os resultados obtidos, conforme valores de referência da tabela 3, do item 10, pag. 12, da norma citada.

Neste experimento os alunos tomaram a iniciativa de escolher os ambientes e fizeram as medidas. Em seguida fizeram as avaliações.

Na tabela 1 apresentamos alguns valores obtidos.

Todos os valores medidos foram bem elevados, o que evidencia como os ambientes são poluídos acusticamente, embora nem sempre essa poluição seja observada.

Local	$L_{eq}$ (dB)	Valor de referência (dB)
sala de aula vazia	59,7	35
lanchonete	68,5	50
hall	70,5	50
biblioteca	61,5	40
sala de aula c/ ar refrigerado ligado vazia	63,1	35

Tabela 1 – Níveis de intensidade sonora medidos em alguns ambientes e valores de referência (NBR 10.152)

## 2º Experimento: Medida de níveis sonoros de instrumentos musicais

1) Fazer algumas medidas do  $L_{eq}$  em 1min, ponderação A, próximo a alguns instrumentos musicais. Medir em duas posições para cada instrumento. Anotar a posição da medida e qual nota foi usada em cada instrumento.

2) Comparar os resultados obtidos. Considere o instrumento mais intenso e avalie quantos dos instrumentos menos intensos são necessários para igualar o  $L_{eq}$  do mais intenso.

3) Considerando a NR 15, avalie quantas horas por dia um professor poderia dar aula de cada instrumento sem prejudicar sua saúde.

4) Qual o  $L_{eq}$  total de 3 instrumentos medidos na posição em frente ao músico?

Para esse experimento contamos com a participação de um músico (co-autor desse trabalho). As medidas foram feitas em uma sala relativamente silenciosa, a cerca de 1 m do instrumento, na posição frente e costas do músico. É interessante a medida em pelo menos 2 posições para evidenciar a variação da radiação sonora em torno dos instrumentos. As notas foram emitidas em forte.

Na tabela 2 vemos alguns dos resultados obtidos.

Por esses valores pode ser constatado que a radiação sonora não é uniforme em torno do instrumento. Há instrumentos muito intensos, como a trompa, e outros nem tanto, como o violino e as flautas doces. Conforme o objetivo do compositor, um maior número de instrumentos pode ser utilizado, como em uma orquestra, que normalmente usa muitos violinos e poucos aerofones metais, como a trompa.

Considerando a equação 1, do nível de intensidade sonora, pode-se calcular, por exemplo, quantos oboés seriam necessários para igualar o nível de intensidade sonora de uma trompa (GRILLO e PEREZ, 2016).

instrumento	nota	$L_{eq}$ (dB) frente	$L_{eq}$ (dB) costas
Trompa em sib	Sib 2	91,6	91,4
Oboé	Sol3	84,6	73,9
Clarinete	Lá3	87,4	85,8
Violino	Mi4	69,3	66,6
Flauta doce sopranino	Fá 5	75,1	74,2
Flauta doce soprano	Dó5	81,8	77,6
Viola	Dó3	78,1	75,5
Violão	Mi3	76,0	68,5

Tabela 2 – Níveis de intensidade sonora medidos a 1 m dos instrumentos musicais, na frente e nas costas do músico, em diferentes notas musicais

Podemos escrever que o nível de intensidade sonora de  $n$  instrumentos é:

$$L_{eq1}(n) = 10 \log n I_1 / I_0 \quad (3)$$

O nível de intensidade sonora do instrumento mais intenso será:

$$L_{eq2} = 10 \log I_2 / I_0 \quad (4)$$

Considerando a trompa e substituindo o valor de  $L_{eq}$  na equação 4:

$$91,6 = 10 \log I_2 / I_0 \quad (5)$$

Queremos saber o número  $n$  de oboés que geram esse  $L_{eq}$ . Da equação 3:

$$L_{eq1}(n) = 10 \log n + 10 \log I_1 / I_0 = 10 \log n + 84,6 = 91,6 \quad (6)$$

Continuando as contas, na equação 6, encontraremos  $n = 5$ .

Considerando a NR15 encontramos que um professor de música poderia ensinar trompa por apenas 3 horas e 30 min por dia, no caso do clarinete seriam cerca de 6 horas e para o violão não está determinado, por ser considerado baixo, da mesma forma para o violino e a NR 15 considera apenas níveis acima de 85 dB.

Considerando-se 3 dos instrumentos, por exemplo, trompa, clarinete e oboé, o  $L_{eq}$  total seria 93,6 dB (ver Bistafa, 2011).

### 3º Experimento – Medida de tempos de reverberação

1) Escolher pelo menos duas salas para depois fazer a comparação dos tempos de reverberação. É interessante que sejam escolhidas salas com características diferentes.

2) Com o material para o experimento (algo que gere um som intenso e rápido – pode ser uma bola de gás ou um instrumento de percussão intenso), escolher uma posição próxima ao centro da sala.

3) Ligar o Audacity ou o Praat e gravar o som de impacto em WAV na sala (ver Grillo

e Perez, 2016, p.28).

4) No Audacity normalize o sinal de áudio com a ferramenta normalizar (clique em efeitos depois em normalizar).

5) Clique em áudio e modo de visualização: forma de onda (dB).

6) Selecione o sinal desde o início até o decaimento de 60 dB. Meça esse tempo usando a barra de seleção.

### **Perguntas**

1) Quais os valores obtidos para os tempos de reverberação em cada sala?

2) Avalie se a sala é adequada para o uso ao qual foi destinada.

Fonte: <http://melhoracustica.com.br/app-tempo-de-reverberacao/>

Foram medidos os tempos de reverberação de 3 salas de aula, sendo duas equivalentes em tamanho (cerca de 128 m<sup>3</sup>) e uma bem maior. Foram encontrados os tempos de reverberação 0,6 s em uma das salas menores, 1,2s na sala maior e 1,5 s na outra sala pequena. Para uma análise detalhada desses valores seria necessário pesquisar na literatura e comparar com salas semelhantes e para o mesmo uso. De forma aproximada podemos usar a referência citada e veremos que apenas o valor 0,6 s é aproximadamente adequado. A sala maior é um pouco reverberante e a outra sala pequena é muito reverberante. As medidas foram feitas com as janelas e portas fechadas e foi usado um tarol, instrumento de percussão de bandas, que é muito intenso.

Dos experimentos constatamos a necessidade de melhorar os ambientes, em termos de qualidade sonora de salas e em níveis de intensidade sonora. Mesmo sons que nos parecem agradáveis, como sons musicais, podem ser prejudiciais para a saúde do ouvinte, do professor de música e mais ainda do músico.

## **REFERÊNCIAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16.313. **Acústica** – Terminologia, Rio de Janeiro, 2014.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.152. **Acústica** — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL NR 15, anexo 1, **Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente**, disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15-anexo-01.pdf>, acessado em 30/3/2022.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**, São Paulo: Blucher, 2011.

GRILLO, M. L. N. e FREITAS, F. S. A poluição sonora e o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 43, e20210302, 2021.

GRILLO, M. L. e PEREZ, L. R. **Física e Música**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

<http://newt.phys.unsw.edu.au/jw/hearing.html>, Hearing test on-line: sensitivity, equal loudness contours and audiometry, acessado em 30/3/2022.

MARSHALL, L. **Architectural acoustics**. Elsevier, 2005, <https://www.concepcaoacustica.com/post/sonometro-e-as-curvas-de-ponderacao>, acessado em 30/3/2022.

<http://melhoracustica.com.br/app-tempo-de-reverberacao/>, Tempo ótimo de reverberação, acessado em 30/3/2022.

OLIVEIRA, T. E., ARAÚJO, I. S. e VEIT, E. A. Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de Física. **Física na Escola**, v. 14, n. 2, 2016.

PELIZZARI, A. *at al.* Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Rev. PEC**, Curitiba, vol. 2, n. 1, p. 37-42, 2001-2002.

RESNICK, R., HALLIDAY, D. e KRANE, K. S. **Física 2**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

ZAJARKIEWICCH, D.F.B. **Poluição sonora urbana**: principais fontes. Aspectos jurídicos e técnicos. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

## ANÁLISE DE TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA APLICADOS À CLASSIFICAÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ

*Data de aceite: 01/08/2022*

*Data de submissão: 08/07/2022*

### Igor Garcia Lube

Instituto Federal do Espírito Santo – Campus  
Serra  
Serra – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/3887819544364378>

### Gustavo Maia de Almeida

Instituto Federal do Espírito Santo – Campus  
Serra  
Serra – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/2650921349694794>

### Fidelis Zanetti de Castro

Instituto Federal do Espírito Santo – Campus  
Serra  
Serra – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/2373180848461397>

**RESUMO:** O mercado cafeeiro caracteriza-se por um conjunto de atividades de enorme complexidade, dinamismo e um nível crescente de exigência dos consumidores quanto à qualidade da bebida. Isso impõe um alto controle de qualidade aos países produtores, consumidores e exportadores. Atualmente, a definição da qualidade e, portanto, do valor do café é baseada na classificação manual, ou seja, uma pessoa desempenha o papel de classificador treinado (certificado) para qualificar amostras de café. Assim, o atual processo de classificação sofre com a subjetividade dos classificadores e uma grande dificuldade em padronizar o

processo devido a possíveis inconsistências no processo. Diante desse cenário, o presente trabalho propõe uma comparação entre três algoritmos que classificam amostras de café, considerando forma e imperfeições. Os algoritmos são classificadores, um baseado em MLP (Multi-Layer Perceptron), outro em clustering por K-Means e o último consiste em um classificador baseado em Deep Learning e redes convolucionais regionais (R-CNN). O objetivo deste trabalho é comparar qual dos algoritmos é mais eficaz na classificação dos grãos de acordo com os defeitos intrínsecos presentes na amostra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Classificação de grãos de café. Deep Learning. Mask R-CNN. K-Means. Multi-Layer Perceptron.

### ANALYSIS OF MACHINE LEARNING TECHNIQUES APPLIED TO COFFEE BEAN CLASSIFICATION

**ABSTRACT:** The coffee market is characterized by a set of activities of enormous complexity, dynamism, and a growing level of demand from consumers regarding the quality of the drink. This imposes high quality control on producer, consumer and exporter countries. Currently, the definition of the quality and, therefore, the value of coffee is based on manual classification, that is, a person plays the role of a trained (certified) classifier to qualify coffee samples. Thus, the current classification process suffers from the subjectivity of the classifiers and a great difficulty in standardizing the process due to possible inconsistencies in the process. Given this

scenario, the present work proposes a comparison between three algorithms that classify coffee samples, considering shape and imperfections. The algorithms are classifiers, one based on MLP (Multi-Layer Perceptron), another in clustering by K-Means and the latter consists of a classifier based on Deep Learning and regional convolutional networks (R-CNN). The objective of this work is to compare which of the algorithms is more effective in classifying the grains according to the intrinsic defects present in the sample.

**KEYWORDS:** Classification of coffee beans. Deep Learning. Mask R-CNN. K-Means. Multi-Layer Perceptron.

## 1 | INTRODUÇÃO

O café é a segunda bebida mais consumida do mundo de acordo com a Organização Internacional do café (ICO, 2019) que também revela o Brasil tem se destacado na produção e exportação do café e atualmente ocupa a primeira posição mundial tanto na produção como na exportação do produto, o que torna o produto uma das mais importantes fontes de renda do país e de vários municípios, gerando mais de 8 milhões de empregos em todo território brasileiro (MAPA, 2018).

Devido à alta exigência do mercado internacional por produto de qualidade, o café brasileiro exportado necessita passar por um rígido controle de qualidade, o qual deve ser preciso e rápido, dado o grande volume do produto que deve ser avaliado.

Uma das principais dificuldades dos produtores é a avaliação de qualidade de suas safras, que deve ser rápida e confiável para acompanhar a volatilidade do preço dessas commodities. A qualidade da bebida depende, dentre outros fatores, da qualidade dos grãos utilizados e da quantidade de imperfeições e impurezas misturadas aos grãos bons. Os defeitos encontrados nas amostras de café são contabilizados para que se defina qual o tipo de café.

Atualmente, a avaliação é feita visualmente por especialistas e apresenta as seguintes desvantagens: a subjetividade do processo é grande pois cada avaliador pode ter uma classificação diferente da mesma amostra de modo que diferentes avaliadores podem dar diferentes diagnósticos para a mesma amostra; é um processo lento, já que cada grão deve ser avaliado individualmente; e a qualidade da avaliação também sofre efeitos negativos no decorrer do turno de trabalho por motivos inerentes a fisiologia humana e condições ambientais como a fadiga, stress, iluminação deficiente etc. A velocidade e confiabilidade são extremamente dependentes do profissional, o que torna difícil a padronização desta etapa da cadeia de produção já que cada ser humano tem suas particularidades.

Em geral os métodos automáticos aparecem em máquinas e sistemas para aplicação no processo de produção de beneficiadoras de sementes. Neste sentido, o presente trabalho propõe uma análise comparativa entre três diferentes técnicas de visão computacional aplicada à classificação de grãos de café: Multi-layer Perceptron Pizzaia et

al (2018); Clusterização por K-Means, Vasconcellos et al (2019) e por fim, redes neurais convolucionais regionais por meio da rede Mask R-CNN Lube e Almeida (2020).

## 2 | TRABALHOS RELACIONADOS

Apesar de o problema já ter sido explorado por grupos que desenvolveram produtos e patentes relacionados, ou seja, classificação de soja, milho, arroz, cevada, entre outros, não há muitos trabalhos acadêmicos tratando classificação de grãos de café com visão computacional na literatura.

No trabalho de Carrillo e Penalzoza (2019) foram utilizados classificadores baseados na distância de Mahalanobis para identificar 6 classes de café em grãos em uma amostra, porém, o recall médio obtido nesse método foi de apenas 67,7%.

Ahmad et al. (2010) apresentaram uma máquina para realizar separação automática de grãos de café por visão computacional, porém, eles apenas separavam e não classificava, além do fato de se ter uma acurácia de apenas 78,32%.

Pizzaia et al. (2018) propõem uma rede neural Perceptron Multicamadas (MLP) para classificar grãos de café através da forma, tamanho e cor das amostras. As imagens usadas continham grãos de café bons e ruins classificados previamente por especialistas. Os grãos foram segmentados por binarização de Otsu e em seguida calculadas as áreas, arredondamento e a média dos valores de cor de cada grãos nas camadas RGB. Estas características foram alimentadas na rede MLP que classifica os grãos como bons ou defeituosos. A rede obteve uma média de 94% de acurácia.

No trabalho de Vasconcellos et al. (2019) é proposto um sistema utilizando clusterização por K-Means para classificar quatro tipos de grãos de café, sendo eles o grão bom, brocado, marinho e escuro. As amostras foram tratadas com o algoritmo de padronização de luminosidade White-Patch. Foram usadas no classificador a área, arredondamento e média dos canais RGB de cada grão obtendo uma taxa de acerto de 90,74%.

A abordagem proposta por Lube e Almeida (2020) utiliza Deep Learning na forma de uma Rede Neural Convolucional (R-CNN) aplicada na técnica Mask R-CNN proposta por He et al (2017). Neste trabalho as imagens continham amostras de grãos de café que foram separadas em 5 classes: bom, brocado, marinho, escuro e ruim, sendo esta última um agrupamento de vários defeitos não contemplados nas classes antes mencionadas. A técnica obteve uma acurácia média de 93,94% e um F-score de 82,24% para as cinco classes abrangidas.

## 3 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção descreve de forma mais detalhada as três técnicas analisadas neste

artigo abrangendo suas diferenças e similaridades.

### 3.1 Classificação utilizando rede Multi-Layer Perceptron

O método de classificação proposto por Pizzaia et al. (2018) utiliza uma MLP para classificar os grãos de café. A rede usa como parâmetros de entrada a cor, área e arredondamento de cada grão. As imagens usadas para treinamento foram compostas por amostras previamente separadas por especialistas que continham grãos bons e grãos com várias impurezas e defeitos não discriminados. Por este motivo, as classes abrangidas na classificação foram as de “grãos bons” e “grãos ruins”. As imagens passaram por um processo de segmentação por binarização de Otsu (1975), separando os grãos do plano de fundo, os contornos dos grãos foram obtidos e as Regiões de Interesse foram destacadas, caracterizando o processo como um aprendizado supervisionado, desta forma os parâmetros de cor, área e arredondamento foram calculados para cada amostra contida nas imagens. Na Figura 1 é mostrado o fluxograma do algoritmo desenvolvido.

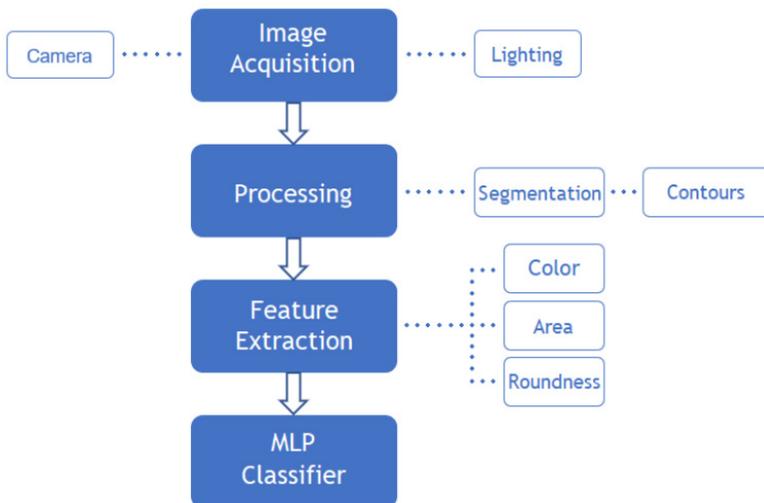


Figura 1. Fluxograma do Classificador MLP

O parâmetro de Área é calculado pela quantidade de pixels em cada amostra. O Arredondamento define o quanto cada amostra se aproxima de um círculo perfeito, deste modo, a rede consegue diferenciar um grão inteiro de um grão quebrado, entre outros defeitos. O Arredondamento (*Roundness*) é obtido através da equação:

$$\text{Arredondamento} = \frac{4 \cdot \pi \cdot \text{area}}{\text{perimetro}^2}$$

O parâmetro de cor calcula a média dos canais RGB (RGB Mean). Estes cinco parâmetros são as entradas usadas no classificador MLP para obter as classes “grão bom”

e “grão ruim”.

O classificador foi exposto a 848 amostras, sendo 748 para treinamento e 100 amostras para validação. A rede possui cinco neurônios na camada de entrada (um para cada parâmetro), uma camada oculta com 100 neurônios do tipo sigmoide usando o algoritmo Levenberg-Marquardt e uma camada de saída contendo 1 neurônio com saída binária sendo “0” para um grão bom e “1” para um grão ruim. Na Figura 2 temos exemplos de um grão bom (Fig. 2a) e de um grão ruim (Fig. 2b).

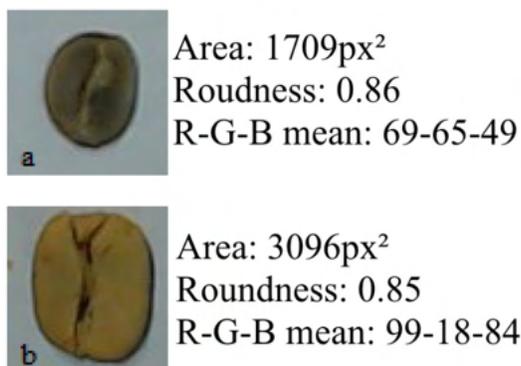


Figura 2. Exemplos de um grãos bom (a) e grão ruim (b)

### 3.2 Classificação por Clusterização K-Means

Na classificação proposta por Vasconcellos et al. (2019) o método utilizado foi a clusterização utilizando o algoritmo *K-Means*, Lloyd (1982) que é um método de aprendizado não supervisionado que se dá pela criação de *k* grupos de elementos previamente conhecidos. Cada Cluster engloba dados com características semelhantes que são verificadas matematicamente utilizando a distância Euclidiana. Este trabalho é uma outra abordagem de classificador que utiliza a mesma base de dados, porém desmembrando os grãos ruins em três novas classes que são: grão escuro, grão brocado e grão marinheiro. A classe de “grãos bons” foi mantida.

As imagens com as amostras passaram por um processamento utilizando o algoritmo White-Patch que visa a melhoria da luminosidade e padronização no tratamento da base de dados.

As características utilizadas no treinamento foram: Area, Arredondamento e média dos canais RGB e seus valores obtidos da mesma forma que o trabalho de Pizzaia et al. (2018). A Figura 3 exemplifica uma imagem após o tratamento e pronta para extração das características que serão utilizadas na rede.

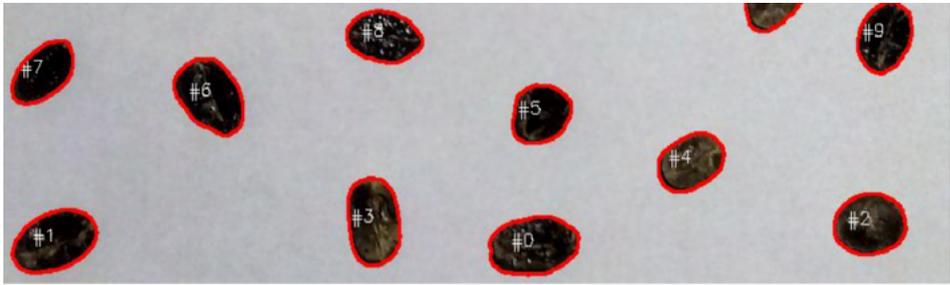


Figura 3. Grãos contornados e numerados

### 3.3 Classificação utilizando o framework Mask R-CNN

A rede proposta por Lube e Almeida (2020) utiliza como base a rede Mask R-CNN que foi definida por He et al. (2017) como um framework simples e flexível para segmentação de instância, a Mask R-CNN é baseado em um framework proposto por Ren et al. (2017) chamado Faster R-CNN, um sistema para detecção de objetos e segmentação semântica, que é rápido, robusto e intuitivo

A Mask R-CNN adiciona um novo ramo de predição de máscaras que funciona paralelamente ao ramo existente de classificação e regressão de bounding box da Faster R-CNN. Este novo ramo é uma pequena FCN (Full Connection Network) aplicada pixel a pixel em cada região de interesse (RoI) e aliada a essa FCN existe uma camada denominada RoIAlign com a função de melhorar a precisão das máscaras criadas e desacoplar o ramo das máscaras do ramo de predição de classe, garantindo uma melhoria de 10% a 50% na acurácia das máscaras. Na Figura 4 é exibido o framework da arquitetura Mask R-CNN.

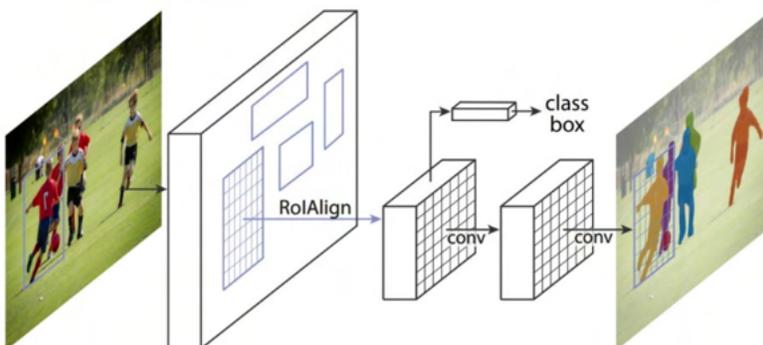


Figura 4. Framework da Mask R-CNN

O banco de dados de grãos de café foi montado a partir das imagens usadas nos trabalhos citados na seção 3.1 e 3.2. As amostras contêm grãos bons e grãos defeituosos (brocado, marinho, escuro e ruim). O tratamento das imagens foi por segmentação no

qual uma imagem com vários grãos foi subdividida em imagens menores com somente um grão e com fundo escuro. Por causa da baixa quantidade de amostras necessárias para o aprendizado com Deep Learning, foi necessário usar o processo de Data Augmentation que aplica rotações, espelhamentos, entre outras estratégias para aumentar a base de dados e, conseqüentemente, a precisão da rede. As classes são grão bom, ruim, brocado, escuro e marinheiro.



Figura 5. Grãos antes (esquerda) e depois da segmentação (direita)

O algoritmo deste trabalho recebeu as imagens com anotações para o treinamento, porém a base de dados é muito pequena para treinar uma rede do zero. Para resolver este impasse foi utilizada a técnica conhecida como fine tuning que é uma transferência de aprendizado de características de uma rede treinada com uma base de dados maior para uma rede menor.

Foi utilizado o software VGG Image Annotator (VIA tool) para produzir as Regiões de Interesse (RoI), estas contém as anotações com a localização dos grãos e suas respectivas classes que são parâmetros de entrada da rede junto as imagens com as amostras.

A rede proposta foi treinada por transferência de aprendizado de uma rede pré-treinada com base no banco de dados Microsoft COCO: Common Objects on Context Lin et al (2014). Com o fine tuning é possível ter uma rede com bons resultados mesmo com um banco de dados razoavelmente pequeno. A rede foi treinada com as 606 amostras de grãos segmentados por 45 épocas, com 100 passos por época e confiança mínima de 60%, a taxa de aprendizado foi fixada em 0.001.

### 3.4 Tipos de Grãos de Café

As classes de grãos tem características que as diferenciam por atributos como cor, aspecto e uniformidade como mostrado na Tab 1.

Classe	Características
Bom	Cor e aparência uniformes. Ausência de defeitos
Ruim	Grãos quebrados, pequenos, mal formados entre outros defeitos
Brocado	Canais escuros no grão provenientes do ataque da broca-do-café na plantaçoão
Escuro	Cor escura devido a um processo de fermentação indesejável
Marinheiro	Possui película amarelada que não foi corretamente removida durante beneficiamento

Tabela 1. Características dos grãos analisados

A rede MLP foi treinada com as classes “Bom” e “Ruim”, sendo a última uma composição das classes “Broca”, “Escura” e “Marinheiro”, uma vez que para este trabalho, não se tinha uma amostra separada em termos específicos do tipo de grãos, tais como broca, escuro e marinheiro. A rede de classificação por clusterização usou para treino a classe “ruim” desmembrada em outras três (Broca, Escuro e Marinheiro) e por fim, a rede Mask R-CNN foi treinada com todas as classes presentes na Tab. 1. Analisando a tabela é possível notar que alguns valores não se fazem presentes devido ao modo como as amostras foram divididas.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados de cada classificador e a análise comparativa de seus resultados.

A tabela 2 mostra as métricas de desempenho para cada tipo de classificador.

	ACCURACIA			PRECISÃO			RECALL			F-SCORE		
	MLP	K-M	Mask	MLP	K-M	Mask	MLP	K-M	Mask	MLP	K-M	Mask
Bom	94,1	94,4	93,1	95,1	94,3	83,3	92,8	95,4	58,8	93,9	94,8	68,9
Ruim	94,1	-	91,0	93,1	-	68,1	95,3	-	78,9	94,2	-	73,1
Brocado	-	90,1	96,1	-	73,1	100	-	85,7	86,4	-	78,9	92,7
Escuro	-	100	94,6	-	100	87,7	-	100	100	-	100	93,4
Marinheiro	-	95,6	98,4	-	100	87,5	-	66,6	87,5	-	80,0	87,5
Média	94,1	95,0	94,8	94,1	91,8	85,3	94,1	86,6	82,3	94,1	88,4	83,1

Tabela 2. Comparação da performance dos classificadores (%)

O classificador MLP apresenta valor médio superior a 94% em todas as métricas, porém com classes limitadas a grãos “bons” e “ruins” o que torna a comparação direta

imprecisa quando relacionada aos demais classificadores, contudo para a tarefa mais simples de apenas selecionar amostras positivas, ou seja, grãos bons esta proposta é eficaz e de baixo custo computacional, porém requer etapas para cálculo dos parâmetros de entrada (cor, arredondamento e área).

A clusterização por K-Means se destaca por ser uma técnica com aprendizado não supervisionado e também precisa de cinco parâmetros de entrada para classificação dos grãos. Os autores do artigo mencionam em sua conclusão a baixa eficiência na classificação de grãos “brocados”, o que pode ser confirmado nas métricas de precisão e recall presentes na Tab. 2. As métricas dos grãos “escuros” são o destaque desta técnica e devido a subdivisão da classe “ruim” os valores de performance deste não constam na tabela.

A Mask R-CNN por ser um algoritmo de Deep Learning necessita de um banco de amostras com grande volume, a classe “ruim” foi prejudicada por este aspecto, pois dela foram retiradas várias amostras que ganharam suas próprias classes (brocado, escuro e marinheiro) e o restante das amostras como grãos pequenos, quebrados e disformes não possuíam um volume suficiente para o treinamento da rede. O grande destaque foram os grãos brocados que apresentaram valores acima de 95% em acurácia e precisão, o que demonstra a capacidade da rede classificar estes grãos corretamente mesmo com uma grande similaridade em relação aos grãos ditos “bons”.

## 5 | CONCLUSÕES

Este trabalho visou demonstrar por meio das métricas de performance e da análise das técnicas de visão computacional apresentadas que não existe um classificador que é superior aos demais em todas as situações. O classificador MLP é muito eficaz em identificar grãos bons usando uma rede simples e de baixo custo computacional. Em algumas situações este tipo de classificador já produz uma performance suficiente para atender os almejados. A clusterização por K-Means atende de forma satisfatória quando a tarefa requer a classificação de grãos com características bem distintas entre as classes, pois a técnica agrupa os semelhantes nos clusters, tornando difícil a diferenciação de amostras similares como é o caso dos grãos bons e brocados.

A rede Mask R-CNN necessita de um banco de dados de grande volume, mas é capaz de distinguir diferenças sutis entre amostras caso seja treinada com número suficiente de imagens. Este classificador é o mais generalista e escalável entre os três estudados e o mais promissor, pois seu aprendizado profundo permite aumentar o número de classes sem alterar os parâmetros de entrada, somente adicionando mais amostras e suas anotações. Impurezas como “pedaços de pau”, “pedras” e “torrões” que também fazem parte da classificação dos grãos de café, poderiam ser facilmente adicionadas ao classificador e obteriam resultados promissores, o que não se pode afirmar das outras

técnicas que usam cor, arredondamento e área para classificação.

Como trabalho futuro, os autores estão buscando parceria com cooperativas do Estado do ES, com o intuito de obter amostras de todos os tipos de defeitos de grãos de café, além do que já temos, para que assim seja treinado um classificador com a capacidade de identificar todos os tipos de grãos de café e de aumentar as métricas apresentadas pela Mask-RCNN, pois é sabido de que quanto mais imagens se tem no dataset, mais eficiente se torna a rede.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Edital FAPES/CNPq Nº 23/2018 pela contribuição financeira.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, Usman; SEMINAR, Kudang Boro; SOEDIBYO, Dedy Wirawan; SUBRATA, I Dewa Made. **The development of automatic coffee sorting system based on image processing and artificial neural network**. 2010. p. 272-275. INTERNATIONAL CONFERENCE-THE QUALITY INFORMATION FOR COMPETITIVE AGRICULTURAL BASED PRODUCTION SYSTEM AND COMMERCE.

CARRILLO, Eduardo; PEÑALOZA, Alexander Aristizábal. **Artificial vision to assure coffee-excelso beans quality**. 2009. p. 35-35. EURO AMERICAN CONFERENCE ON TELEMATICS AND INFORMATION SYSTEMS NEW OPPORTUNITIES TO INCREASE DIGITAL CITIZENSHIP - Eatis '09. 2009. **Proceedings...** [S.L.]: ACM Press, 2009. p. 35-35.

HE, Kaiming; GKIOXARI, Georgia; DOLLÁR, Piotr; GIRSHICK, Ross. **Mask R-CNN**. 2017. v. 42. p. 386-397. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER VISION (ICCV). Out. 2017. [S.L.]: IEEE, out. 2017.

LUBE, Igor Garcia; ALMEIDA, Gustavo Maia de. **Classification of coffee beans using Deep Learning**. 2020. XLI CILAMCE, Foz do Iguaçu.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION (Londres). **World coffee consumption**. (2019). Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

LIN, Tsung-Yi; MAIRE, Michael; BELONGIE, Serge; BOURDEV, Lubomir; GIRSHICK, Ross; HAYS, James; PERONA, Pietro; RAMANAN, Deva; ZITNIK, C. Lawrence; DOLLÁR, Piotr. **Microsoft COCO: common objects in context**. 2014. p. 740-755. Computer Vision – Eccv 2014, [S.L.]. Springer International Publishing.

LOYD, Stuart P. **Least square quantization in PCM**. 1982. V. 28. p. 129–137. IEEE Transactions on Information Theory.

MAPA (Brasil). **Café no Brasil**. 2018. Disponível em: <<http://antigo.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 05 maio 2020.

OTSU, Nobuyuki. **A threshold selection method from gray-level histograms**. (1975). v. 11(285-296), p. 23-27. Automatica,

PIZZAIA, Joao Paulo Lebarck; SALCIDES, Igor Rodrigues; ALMEIDA, Gustavo Maia de; CONTARATO, Rodrigo; ALMEIDA, Ricardo. **Arabica coffee samples classification using a Multilayer Perceptron neural network**. 2018. p. 80-84. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRY APPLICATIONS (INDUSCON). 13., nov. 2018. Proceedings... [S.L.]: IEEE, 2018.

REN, Shaoqing; HE, Kaiming; GIRSHICK, Ross; SUN, Jian. **Faster R-CNN: towards real-time object detection with region proposal networks**. 2017. v. 39, n. 6, p. 1137-1149. IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence. jun. 2017.

VASCONCELLOS, Bruno Meschiatti; ALMEIDA, Gustavo Maia de; CONTARATO, Rodrigo; ALMEIDA, Ricardo. **Classificação de amostras de café usando visão computacional**. 2019. p. 2505-2508. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE. 14., 2019. Anais, Galoa.

## MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COMERCIAIS ORGÂNICOS E FLEXÍVEIS MECANICAMENTE

Data de aceite: 01/08/2022

Data de submissão: 13/07/2022

### Ana Carolina da Silva Mota

UNILA – Universidade da Integração Latino  
Americana  
Foz do Iguaçu – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/0896542799177352>

### Cleber Lourenço Izidoro

UNILA – Universidade da Integração Latino  
Americana  
Foz do Iguaçu – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/0896542799177352>

### Vagner da Silva Rodrigues

UNILA – Universidade da Integração Latino  
Americana  
Foz do Iguaçu – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/77217191817660433>

### Jorge Javier Gimenez Ledesma

UNILA - Universidade da Integração Latino  
Americana  
Foz do Iguaçu – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/9489296690332026>

### Oswaldo Hideo Ando Junior

UFRPE - Universidade Federal Rural de  
Pernambuco  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/3515465412634126>

### Marco Roberto Cavallari

UNICAMP – Universidade Estadual de  
Campinas  
Campinas – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/9041429608835546>

**RESUMO:** Nos últimos anos, a humanidade vem sofrendo uma crise energética devido à modernização acelerada. Como as fontes convencionais de energia estão tendo um alto impacto na degradação do meio ambiente, energias renováveis são a alternativa. Dentre as fontes renováveis, a energia solar fotovoltaica vem ganhando destaque, mais precisamente, os filmes fotovoltaicos orgânicos (OPV), pois estes possuem muitas vantagens como: serem leves, semitransparentes, flexíveis e se conformarem as mais variadas superfícies. A fim de verificar o funcionamento perante fatores pré-determinados um sistema foi simulado no *software* MATLAB/SIMULINK, obtendo resultados perante a diferentes fatores de irradiância.

**PALAVRAS-CHAVE:** Células solares orgânicas, simulação, Matlab.

### MODELING AND SIMULATION OF COMMERCIAL ORGANIC AND MECHANICALLY FLEXIBLE PHOTOVOLTAIC PANELS

**ABSTRACT:** In recent years, humanity has been suffering an energy crisis due to accelerated modernization. As conventional energy sources have a high contribution to the degradation of the environment, renewable energies are an alternative. Among renewable sources, photovoltaic solar energy has been gaining prominence, more precisely, organic photovoltaics (OPV). They offer many advantages such as lightweight, semitransparency, mechanical flexibility and conformability to a myriad of surfaces. In order to verify the operation

against predetermined factors, a system was simulated in the MATLAB/SIMULINK software. Performance was investigated under different irradiance parameters.

**KEYWORDS:** Organic photovoltaics, simulation, Matlab.

## 1 | INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e econômico gera cada vez mais demanda por energia elétrica, pois, nos últimos anos, a utilização de dispositivos eletroeletrônicos está muito presente no dia a dia da sociedade. Devido a isso, está se enfrentando uma crise energética no mundo, no qual, fontes convencionais de energia não estão sendo consideradas mais viáveis. Neste cenário, a energia advinda de combustíveis fósseis, por exemplo, está cada vez mais cara. Também se tem que as fontes convencionais de energia tem uma emissão de carbono alta, o que provoca o aumento no aquecimento global (VERMA *et al.*, 2015).

Se os problemas ambientais relacionados às fontes convencionais de energia não forem solucionados, poderão acarretar mudanças no clima mundial drásticas e, conseqüentemente, afetarão a qualidade de vida das pessoas, a indústria e, portanto, a economia. Com isso, fontes renováveis de energia se tornam muito importantes, pois os recursos utilizados oferecem a preservação do meio ambiente (LEITE, 2013).

Segundo o último infográfico, datado em 01/09/2021, da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), cerca de 58,9% da matriz elétrica Brasileira é proveniente de recursos hídricos, porém ainda que renovável, esta fonte de energia vem sendo um potencial degradador do meio ambiente (PEREIRA; SOUZA; SANTOS, 2016) (SANTOS *et al.*, 2021).

Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica vem se destacando como uma das fontes de energia renováveis mais promissoras, pois, tem baixa emissão de substâncias poluentes, pouca necessidade de manutenção e um custo reduzido.

Os dispositivos fundamentais na geração de energia solar fotovoltaica são as células solares. Até pouco tempo, estas, estavam muito relacionadas a semicondutores inorgânicos, mais precisamente o silício, porém visando o avanço do desenvolvimento dessa fonte de energia, o uso de semicondutores orgânicos vem se destacando como uma alternativa (MOLITON; NUNZI, 2006) (SANTOS; CAVALLARI; FONSECA, 2015).

Tecnologias fotovoltaicas a partir de compostos orgânicos, oferecem a vantagem de poderem ser flexíveis, leves, semitransparentes, e também tem o potencial de serem fabricados em um processo de impressão contínua, fácil adaptabilidade a uma ampla variedade de dispositivos e vantagens ecológicas (BRABEC *et al.*, 2005).

Uma destas tecnologias, são os fotovoltaicos orgânicos (OPV - *Organic Photovoltaics*), que são formados por várias células solares a partir de semicondutores orgânicos ligadas em série e/ou em paralelo. A técnica de fabricação de OPV tem a capacidade de formar filmes em diferentes padrões e dimensões, geralmente, em formato de linhas (PASTRANA

*et al.*, 2021). Por isso, neste trabalho, as células individuais OPV serão chamadas de linhas OPV.

Em comparação com células fotovoltaicas a partir de semicondutores inorgânicos, as baseadas em semicondutores orgânicos tem uma menor vida útil e menor eficiência. Um dos principais fatores que influenciam o tempo de vida e eficiência de tecnologias fotovoltaicas, é o efeito do sombreamento parcial. Este acontece quando a irradiância incidente sobre as células fotovoltaicas não é uniforme, podendo causar danos por elevada dissipação local de potência. Em tecnologias de silício, uma solução para a mitigação desse efeito, é a implementação de métodos de rastreamento do ponto de máxima potência (MPPT), que faz com que, apesar das condições climáticas, a tecnologia fotovoltaica forneça sempre a máxima potência possível. Em filmes OPV, o efeito do sombreamento parcial acarreta problemas irreversíveis pontuais na região sombreada.

Destaca-se que os módulos de silício tomam conta do mercado de energia solar fotovoltaica, por conta de sua eficiência e por utilizar tecnologias de produção já consolidadas. Porém, a geração de energia fotovoltaica através de compostos orgânicos já adentrou o mercado. Essa geração consiste em módulos personalizados de baixo custo que se moldam a qualquer superfície.

Com isso, tem sido feitos estudos para melhoria do funcionamento e eficiência de filmes fotovoltaicos orgânicos (OPV), sendo que, neste trabalho, dá-se ênfase à otimização do funcionamento das células fotovoltaicas orgânicas em painéis OPV com o formato de linhas. Por conta disso, destaca-se novamente que foi utilizada a nomenclatura “linha fotovoltaica orgânica - linha OPV”, para as células dos painéis OPV.

Em suma, neste capítulo, é abordada a caracterização da linha utilizada, e, por fim, realizada a sua simulação, baseada em um modelo matemático no *software* MATLAB/SIMULINK.

## 2 | MODELAGEM DA LINHA FOTOVOLTAICA ORGÂNICA

A linha fotovoltaica orgânica utilizada neste trabalho foi modelada a partir de dados de filmes OPV fornecidos por comunicação interna com empresas parceiras, o CSEM (Centro Suíço de Eletrônica e Microtecnologia) Brasil e a SUNEW. Foram fornecidos dados de um lote com 5 filmes fotovoltaicos fabricados pelo CSEM Brasil. Estes têm 30 cm<sup>2</sup> de área, sendo 21,6 cm<sup>2</sup> de área ativa. Os dados fornecidos foram de curvas I-V, das quais, por sua vez, os parâmetros elétricos foram extraídos.

Então, foi feita uma média dos parâmetros retirados das curvas I-V, afim de obter valores para cada linha mais precisos e que englobem todo o lote. Com isso, na Tabela 1, encontram-se os parâmetros médios dos filmes OPV, que serão empregados na modelagem de uma linha isolada.

Os filmes OPV contidos no lote são formados por um substrato de PET coberto por

um cátodo transparente de ITO e prata (Ag). Esse cátodo é depositado através da técnica de deposição de materiais chamada pulverização catódica (sputtering). Esta camada tem um molde para a definição das 6 linhas, que é feito por cortes mecânicos e deposição de um material poliéster como isolante. Depois, há a deposição das outras camadas por um processo de revestimento do tipo slot-die. A camada ETL é um filme extremamente fino a base de amina; a camada ativa é uma mescla de um polímero, com uma baixa banda proibida, e um material fullereno que é derivado do ácido [6,6]-fenil-C70 metilesterbutírico (PC70BM); a camada HTL é feita de uma dispersão polimérica em água de poli(3,4-etile nodioxitiofeno):poli(estireno sulfonado) (PEDOT:PSS), enquanto que o ânodo é composto por uma pasta de prata, depositada por um método como a serigrafia (*screen printing*) (BATISTA *et al.*, 2019)(CAVALLARI *et al.*, 2014)(ZANCHIN; CAVALLARI; FONSECA, 2021) (PASTRANA *et al.*, 2021).

Parâmetros	Valores
$V_{oc}$ (V)	4,72 ± 0,01
$I_{sc}$ (mA)	37,89 ± 0,62
$P_{max}$ (mW)	98,62 ± 3,00
$V_{mp}$ (V)	3,28 ± 0,02
$I_{mp}$ (mA)	30,07 ± 0,81
FF (%)	55,15 ± 1,15
N (%)	4,57 ± 0,14
$R_s$ ( $\Omega$ )	30,88 ± 1,21
$R_{sh}$ ( $\Omega$ )	1554,15 ± 116,80

Tabela 1 - Parâmetros médios de um lote de 5 filmes OPV

Para a obtenção das curvas características da linha OPV, através de uma simulação que tem como base o modelo elétrico de células fotovoltaicas real, deve-se, primeiramente, calcular o valor de corrente de curto-circuito  $I_{sc}$  e a tensão de circuito aberto  $V_{oc}$  para cada linha do filme OPV.

Para as linhas conectadas em série, tem-se a seguinte expressão:

$$V_{oc} = \sum_i V'_{oci} \quad (1)$$

Supondo que cada linha seja igual, então os valores de  $V'_{oc}$  são os mesmo para todas as linhas. Logo, obtém-se:

$$V_{oc} = \sum_i V'_{oci} = V'_{oc1} + V'_{oc2} + V'_{oc3} + V'_{oc4} + V'_{oc5} + V'_{oc6} \quad (2)$$

$$V_{oc} = \sum_i V'_{oci} = 6 x V'_{oc} \quad (3)$$

$$V'_{oc} = \frac{V_{oc}}{6} = \frac{4,72}{6} = 0,79 \quad (4)$$

A tensão no ponto de máxima potência para cada linha ( $V'_{mp}$ ) é calculada da mesma forma que  $V'_{oc}$ , e obtém-se um valor de 0,55 V.

Para fins de simplificação e como colocado anteriormente, condições de fabricação, nas quais, todas as linhas sejam iguais, considera-se o valor de corrente de curto-circuito e corrente no ponto de máxima potência, para cada linha, tal como na Tabela 1. Logo:

$$I'_{sc} = I_{sc} = 37,89 \text{ mA} \quad (5)$$

$$I'_{mp} = I_{mp} = 30,07 \text{ mA} \quad (6)$$

A potência máxima da linha OPV será:

$$P'_{mp} = I'_{mp} \times V'_{mp} = 30,07 \times 0,55 = 16,44 \text{ mW} \quad (7)$$

Os valores para a constante de corrente de circuito aberto ( $K_i$ ), a constante de idealidade da junção  $\eta$ , foram retirados de (HUANG *et al.*, 2020), pois este faz uma simulação com filmes fotovoltaicos orgânicos, no qual o autor utiliza  $K_i = 0,0017 \text{ A/K}$  e  $\eta = 1,47$ .

### 3 I MODELO DA LINHA SIMULADO NO MATLAB

A partir das equações (8) e (13), propõe-se um modelo matemático para simular a linha OPV e obter suas curvas características.

A irradiância solar incidente sobre a célula gera uma corrente elétrica que é representada pela fonte de corrente  $I_{ph}$ ; e, como a célula é um dispositivo feito de um material semiconductor, ela irá se comportar como um diodo, no qual passa uma corrente  $I_d$ . Essa última depende da tensão  $V$  dos terminais da célula (MOREIRA, 2019), conforme o circuito da Figura 1.

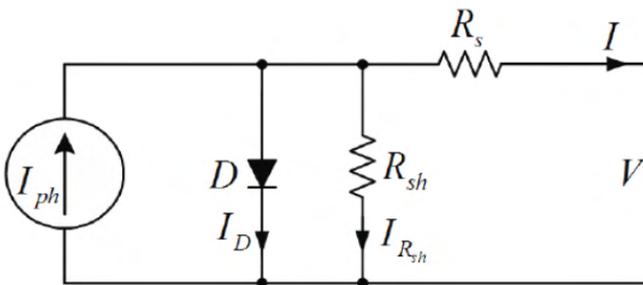


Figura 1 - Modelo de célula fotovoltaica com um diodo.

Fonte: do autor

Desta forma, pode-se escrever a corrente de saída da célula como:

$$I = Ipv = I_p - I_d - IRsh \quad (8)$$

A corrente elétrica que é representada pela fonte de corrente  $Iph$  é:

$$Iph = \left[ I_{sc} + \frac{I_{sc}R_s}{R_{sh}} + K_i(T - T_{ref}) \right] \frac{S}{S_{ref}} \quad (9)$$

No qual  $K_i$  (A/K) é o coeficiente de corrente de curto-circuito,  $T$  é a temperatura atual da célula,  $T_{ref}$  é a temperatura de referência,  $S$  é a irradiância atual que está incidindo sobre a célula e  $S_n$  é a irradiância de referência (HUANG *et al.*, 2020). Já a corrente  $I_d$  que passa pelo diodo é igual a:

$$I_d = I_o \left[ \exp\left(\frac{V + IR_s}{nV_t}\right) - 1 \right] \quad (10)$$

A corrente de saturação reversa ou corrente de fuga  $I_o$  do diodo é dada por:

$$I_o = \frac{I_{sc}}{\exp\left(\frac{V_{oc}}{nV_t}\right) - 1} \quad (11)$$

E tem-se que  $IRsh$  é igual a,

$$IRsh = I_{sh} = \frac{I_{sc}}{\exp\left(\frac{V_{oc}}{nV_t}\right) - 1} \quad (12)$$

A tensão térmica  $V_t$  é:

$$V_t = \frac{N_s k T}{1} \quad (13),$$

onde  $q$  é a carga do elétron com o valor de  $1,60 \times 10^{-19}$  C,  $k = 1,38 \times 10^{-23}$  J/K é a constante de Boltzmann,  $T$  é a temperatura do junção P-N,  $N_s$  é a quantidade de células conectadas em série e  $n$  é a constante de idealidade da junção.

Segundo (MOREIRA, 2019), os valores de  $R_s$  e  $R_{sh}$  impactam diretamente no fator de preenchimento (FF) e conseqüentemente na qualidade da célula. Com isso, o valor da resistência em série deve ser pequeno ( $R_s \rightarrow 0$ ) e já o valor resistência paralela deve ser grande ( $R_{sh} \rightarrow \infty$ ) para que a célula tenha alta eficiência. As Figuras de 2 a 4 apresentam o modelo proposto e simulado no *software* MATLAB/SIMULINK.

As simulações foram realizadas a fim de se obter as curvas I-V e P-V para  $1000 \text{ W/m}^2$  de irradiância incidente e  $25^\circ\text{C}$  de temperatura.

Também, fez-se uma simulação, a fim de se obter as curvas características para irradiâncias de  $200 \text{ W/m}^2$ ,  $400 \text{ W/m}^2$ ,  $600 \text{ W/m}^2$ ,  $800 \text{ W/m}^2$  e  $1000 \text{ W/m}^2$ , com uma temperatura fixa de  $25^\circ\text{C}$ . Foram realizadas também simulações para diferentes temperaturas com irradiância fixa, porém o modelo proposto não alcançou resultados que convergissem para a formação de curvas I-V e P-V adequadas. Isto pode ser devido ao fato que os valores de  $K_i$ ,  $n$ ,  $R_s$  e  $R_{sh}$  não terem sido otimizados, especificamente, para uma única linha OPV.

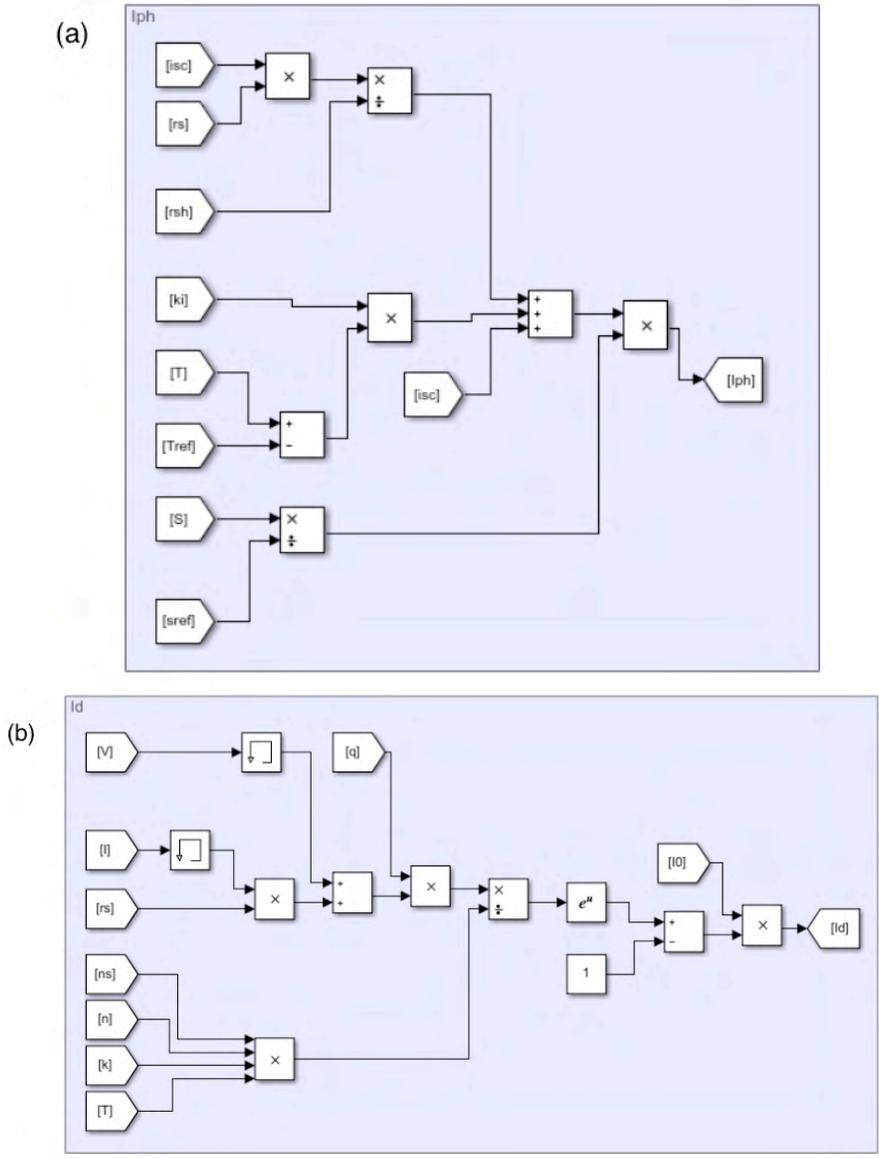


Figura 2 - Simulação do modelo matemático da linha OPV: (a) cálculo da corrente  $I_{ph}$  e (b) cálculo da corrente  $I_d$

Fonte: do autor

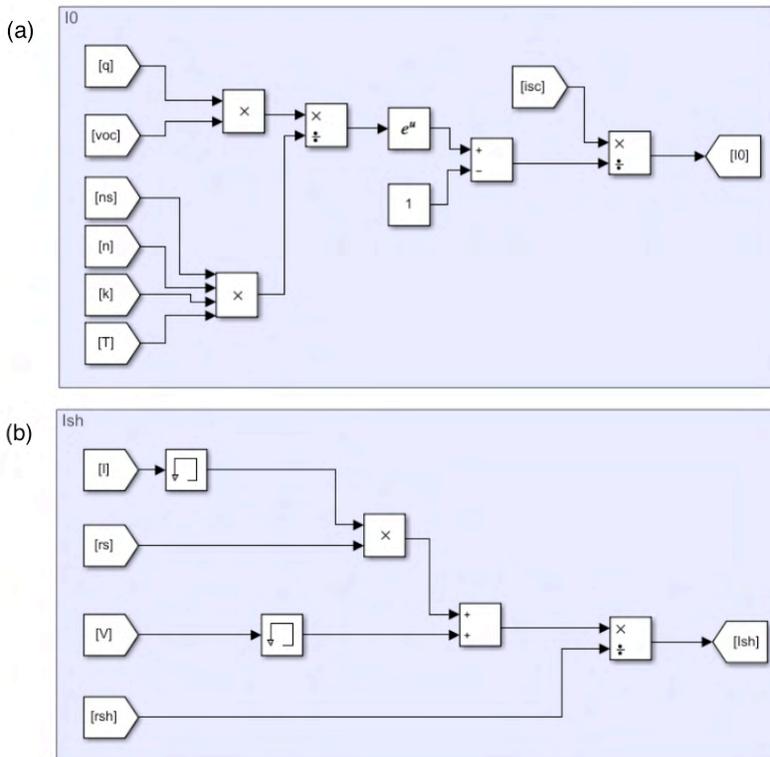


Figura 3 - Simulação do modelo matemático da linha OPV: (a) Cálculo de  $I_0$  e (b) Cálculo de  $I_{sh}$ .

Fonte: do autor

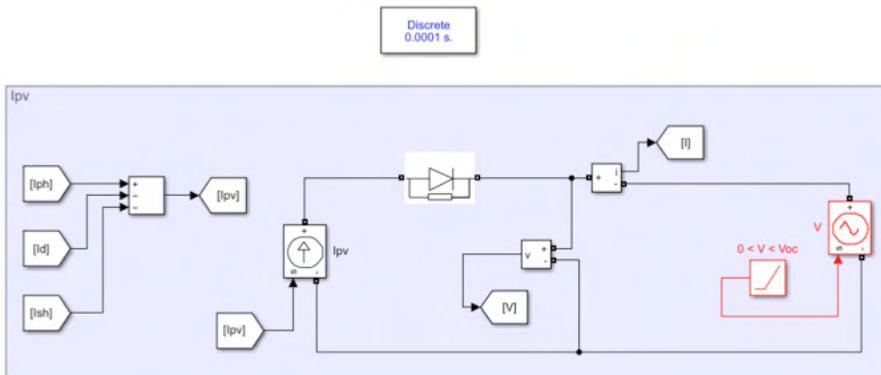


Figura 4 - Cálculo da corrente  $I_{pv}$ .

Fonte: do autor

A Tabela 2 mostra os dados utilizados nas simulações da linha OPV. O valor de  $R_{sh}$  utilizado é o mesmo da Tabela 1. E o valor de  $R_s$  não foi o mesmo daquela Tabela, pois o modelo simulado somente gerou curvas satisfatórias para  $R_s < 1$ .

Parâmetro	Valor
$S$ (W/m <sup>2</sup> )	1000
$N_s$	1
$V_{oc}$ (V)	0,79
$I_{sc}$ (mA)	37,89
$R_{sh}$ ( $\Omega$ )	1554,15
$R_s$ ( $\Omega$ )	0,31
$N$	1,47
$K_i$ (A/K)	0,0017
$K$ (J/K)	$1,38 \times 10^{-23}$
$q$ (C)	$1,60 \times 10^{-19}$
$S_{ref}$ (W/m <sup>2</sup> )	1000
$T_{ref}$ (K)	298,15

Tabela 2 - Parâmetros utilizado nas simulações da linha OPV

#### 4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As curvas características obtidas através da simulação da linha OPV são mostradas nas Figuras 5 e 6. Na Tabela 3, há uma comparação entre os valores medidos através das curvas I-V e P-V para 1000 W/m<sup>2</sup> e 25°C, com os calculados anteriormente na Seção 2.2. Por sua vez, na Tabela 4, são apresentados os valores das potências máximas para diferentes irradiâncias, obtidas dos gráficos P-V (Figura 6).

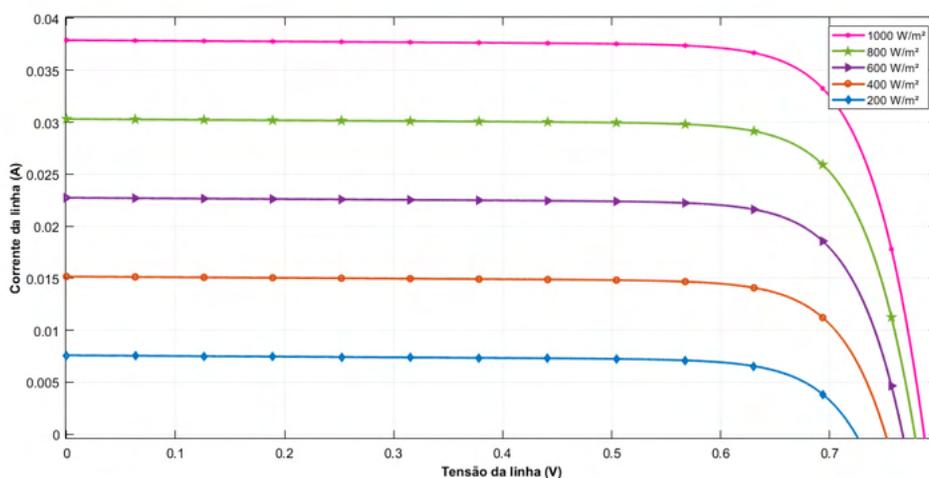


Figura 5 - Curva I-V da linha OPV para diferentes irradiâncias e temperatura de 25°C

Fonte: do autor

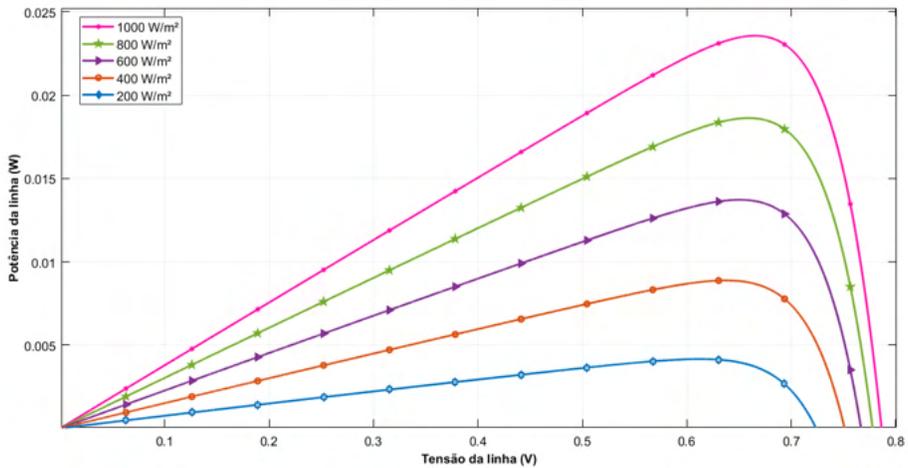


Figura 6 - Curva P-V da linha OPV para diferentes irradiâncias e temperatura de 25°C

Fonte: do autor

Parâmetro elétrico	Valor medido	Valor calculado	Erro
$P_{max}$ (mW)	23,57	16,44	43,37%
$V_{mp}$ (V)	0,66	0,55	20,00%
$I_{mp}$ (mA)	35,45	30,07	17,89%
$I_{sc}$ (mA)	37,89	37,89	0,00%
$V_{oc}$ (V)	0,79	0,79	0,00%

Tabela 3 – Comparação entre parâmetros da linha medidos e calculados para 1000 W/m<sup>2</sup> e 25°C.

Irradiância (W/m <sup>2</sup> )	$P_{max}$ (mW)
1000	23,70
800	18,60
600	13,70
400	8,90
200	4,00

Tabela 4 - Parâmetros da linha para diferentes irradiâncias e 25°C.

A partir dos resultados apresentados, pode-se perceber que há uma diferença de 7,13 mW entre a potência calculada e a potência medida sob 1000 W/m<sup>2</sup> e 25°C. Isso é devido ao fato de que  $I_{mp}$  e  $V_{mp}$  também possuem diferenças em relação aos valores calculados. Alguns parâmetros do modelo, como, por exemplo,  $R_s$  e  $R_{sh}$ , podem ter influenciado diretamente no valor obtido para o ponto de máxima potência.

## 5 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados da simulação do modelo matemático da linha OPV, pode-se

ver que o modelo funciona de maneira satisfatória sob diferentes irradiâncias. Conforme esperado, foram encontradas curvas I-V e P-V iguais às conservadas na literatura para esta tecnologia. Em trabalhos futuros, espera-se diminuir os erros em  $V_{mp}$  e  $I_{mp}$ , pois estes causaram um aumento aparente dos valores de potência máxima para cada irradiância em relação aos valores calculados inicialmente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a: (i) CSEM Brasil e SUNEW por concederem dados de seus filmes fotovoltaicos orgânicos para a realização desta investigação; (ii) Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia & Sustentabilidade (PPGIES) da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, 407531/2018-1 & 303293/2020-9) pelo apoio e fomento à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BATISTA, D. *et al.* **Combined Organic Photovoltaic Cells and Ultra Low Power CMOS Circuit for Indoor Light Energy Harvesting.** Sensors, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 19, n. 8, p. 1803, 2019.

BRABEC, C. J.; HAUCH, J. A.; SCHILINSKY, P.; WALDAUF, C. **Production aspects of organic photovoltaics and their impact on the commercialization of devices.** MRS bulletin, Cambridge University Press, v. 30, n. 1, p. 50–52, 2005.

CAVALLARI, M. R. *et al.* **Molds and resists studies for nanoimprint lithography of electrodes in low-voltage polymer thin-film transistors.** Journal of Electronic Materials, Springer, v. 43, n. 5, p. 1317–1325, 2014.

HUANG, H. *et al.* **Development of an improved computer model for organic photovoltaic cells.** In: IEEE. 2020 9th International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA). [S.l.: s.n.], 2020. p. 78–82.

LEITE, A. **A sustentabilidade empresarial, social e as fontes de energias.** Boletim de Inovação e Sustentabilidade, v. 1, 2013.

MOLITON, A.; NUNZI, J.-M. **How to model the behaviour of organic photovoltaic cells.** Polymer International, Wiley Online Library, v. 55, n. 6, p. 583–600, 2006.

MOREIRA, A. V. S. **Desempenho do Método Perturba e Observa com passo adaptativo e agrupamento de pontos em módulo fotovoltaico com diodo de passagem inteligente perante o sombreamento parcial.** 2019. UFRN. Dissertação de Mestrado – Brasil.

PASTRANA, L. M. *et al.* **Organic Thin-Films by Wet-Processes for Flexible Bulk-Heterojunction Organic Solar Cells.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL, COMPUTER AND ENERGY TECHNOLOGIES (ICECET), 2021, Cidade do Cabo, África do Sul. EUA: IEEE, 2021. pp. 1-6.

PEREIRA, P.; SOUZA, A.; SANTOS, I. **Modelagem e avaliação de desempenho das principais técnicas de controle de MPPT empregadas na geração fotovoltaica.** XIV CEEL. Uberlândia, 2016.

SANTOS, A. Q. O. *et al.* **Electricity Market in Brazil: A Critical Review on the Ongoing Reform.** Energies, MDPI, v. 14, p. 2873, 2021.

SANTOS, G.; CAVALLARI, M. R.; FONSECA, F. J. **A comparative study on the optimization of a ternary P3HT: PCBM: Pentacene active layer in bulk heterojunction organic solar cells.** Journal of Solar Energy Engineering, American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, v. 137, n. 4, 2015.

VERMA, D.; NEMA, S.; SHANDILYA, A.; DASH, S. K. **Comprehensive analysis of maximum power point tracking techniques in solar photovoltaic systems under uniform insolation and partial shaded condition.** Journal of Renewable and Sustainable Energy, AIP Publishing LLC, v. 7, n. 4, p. 042701, 2015.

ZANCHIN, V. R.; CAVALLARI, M. R.; FONSECA, F. J. **Stability of Polythiophene-Based Transistors upon Bending for Gas Sensing Applications.** Journal of Integrated Circuits and Systems, v. 16, n. 1, p. 1–6, 2021.

# CAPÍTULO 9

## SIMULAÇÃO DE ALGORITMOS DE RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA APLICADOS A PAINÉIS FOTOVOLTAICOS ORGÂNICOS COM CONVERSOR CC-CC SOB SOMBREAMENTO PARCIAL

Data de aceite: 01/08/2022

Data de submissão: 13/07/2022

### Ana Carolina da Silva Mota

UNILA – Universidade da Integração Latino Americana  
Foz do Iguaçu – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/0896542799177352>

### Vagner da Silva Rodrigues

UNILA – Universidade da Integração Latino Americana  
Foz do Iguaçu – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/77217191817660433>

### Cleber Lourenço Izidoro

UNILA – Universidade da Integração Latino Americana  
Foz do Iguaçu – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/0896542799177352>

### Jorge Javier Gimenez Ledesma

UNILA - Universidade da Integração Latino Americana  
Foz do Iguaçu – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/9489296690332026>

### Oswaldo Hideo Ando Junior

UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/3515465412634126>

### Marco Roberto Cavallari

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas  
Campinas – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/9041429608835546>

**RESUMO:** Os painéis fotovoltaicos orgânicos (OPV) são formados por células fotovoltaicas individuais de semicondutores orgânicos ligados em série e/ou paralelo. Para que possam ser largamente difundidos no mercado de energia fotovoltaica, é necessário que alguns problemas sejam solucionados, principalmente, em relação ao tempo de vida e a eficiência. O método de rastreamento do ponto de máxima potência (MPPT) tem recebido muita atenção como um importante recurso para aumento da eficiência dos sistemas fotovoltaicos. Neste capítulo, é apresentado um estudo de implementação de métodos MPPT para cada linha de OPV, utilizando um circuito composto pelo modelo matemático desta linha, um modelo matemático de um conversor *boost* e a implementação de duas diferentes técnicas de MPPT que atuam sobre o conversor citado. O sistema foi simulado no software MATLAB/SIMULINK, no qual se variou o valor da perturbação do ciclo de trabalho sob diferentes valores de irradiância e com o intuito de compreender o funcionamento de uma única linha OPV perante sombreamento parcial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Células solares orgânicas, MPPT, conversor boost.

SIMULATION OF MAXIMUM POWER POINT TRACKING ALGORITHMS APPLIED TO ORGANIC PHOTOVOLTAIC PANELS WITH DC-DC CONVERTER UNDER PARTIAL SHADOWING

**ABSTRACT:** Organic photovoltaic panels (OPV) are formed by photovoltaic cells of organic semiconductors connected in series and/or parallel. Despite being commercially available, the

technology still faces many challenges, mostly related to its lifetime and efficiency. Maximum power point tracking (MPPT) methods have received much attention as an important resource for increasing the efficiency of photovoltaic systems. In this context, this chapter presents the implementation of MPPT methods for OPVs by simulating a circuit composed of the mathematical model of each OPV line, a mathematical model of a boost converter and two different MPPT algorithms. The system was investigated in the MATLAB/SIMULINK software, in which the perturbation of the duty cycle was varied and analyzed under different irradiance values in order to understand the operation of a single OPV line under partial shading.

**KEYWORDS:** Organic photovoltaics, MPPT, boost converter.

## 1 | INTRODUÇÃO

A busca por alternativas de geração de energia que supram o consumo dos mercados mundiais passa pelo desenvolvimento de inovações tecnológicas e procedimentais que aumentem a capacidade de geração e redução de perdas das tecnologias atuais (SANTOS *et al.*, 2021).

Dentre as tecnologias sustentáveis mais difundidas atualmente, encontra-se a energia gerada a partir de painéis fotovoltaicos. Os módulos de silício tomam conta do mercado de energia solar fotovoltaica por conta de sua eficiência e por utilizarem tecnologias de processamento já consolidadas na microeletrônica. Porém, aos poucos, está surgindo a geração de energia fotovoltaica através de compostos orgânicos. O fotovoltaico orgânico (OPV) é uma tecnologia desenvolvida a partir de semicondutores a base de polímeros, pequenas moléculas ou formas alotrópicas do carbono (SANTOS; CAVALLARI; FONSECA, 2015). Para estes fotovoltaicos serem largamente difundidos no mercado da energia, é necessário que alguns problemas sejam solucionados, principalmente, em relação ao tempo de vida e a eficiência do OPV (PASTRANA *et al.*, 2021) (ZANCHIN; CAVALLARI; FONSECA, 2021). Motivado por este cenário, um estudo de implementação de métodos MPPT para cada linha de um painel OPV foi realizada utilizando um circuito composto pelo modelo matemático desta linha, um modelo matemático de conversor *boost* e duas diferentes técnicas de MPPT sobre o conversor.

Neste capítulo, é apresentada a modelagem e simulação no software MATLAB/SIMULINK de um conversor *boost*, bem como os resultados da integração da linha fotovoltaica orgânica, conversor *boost* e algoritmo MPPT implementado para controle do conversor citado.

## 2 | MODELAGEM PARA SIMULAÇÃO DO CONVERSOR BOOST

Os parâmetros do conversor *boost* foram calculados a partir dos valores de uma linha fotovoltaica orgânica apresentados na Tabela 1. Estes valores foram obtidos através da modelagem da linha fotovoltaica orgânica a partir de dados de filmes OPV fornecidos pelas empresas parceiras o CSEM (Centro Suíço de Eletrônica e Microtecnologia) Brasil e

a SUNEW.

Potência Máxima	16,44 mW
Tensão na máxima potência	0,55 V
Corrente na máxima potência	0,03 A

Tabela 1 - Especificações de uma linha fotovoltaica orgânica.

A modelagem e o equacionamento do conversor *boost* utilizado foi proposto por (AHMED, 2000). O circuito básico do conversor *boost* é mostrado na Figura 1.

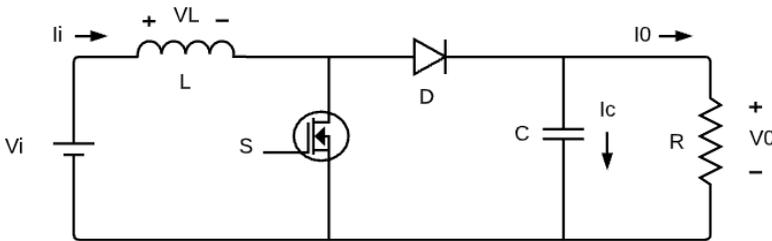


Figura 1 - Circuito básico do conversor *boost*.

Fonte: do autor

Quando a fonte de tensão  $V_i$  é substituída por uma célula fotovoltaica que irá fornecer uma tensão de entrada ( $V_{pv}$ ) e uma corrente de entrada ( $I_{pv}$ ) no conversor *boost*, faz-se necessário a adição de um capacitor ( $C_{pv}$ ) entre a célula e o conversor, pois ele terá a função de estabilizar a tensão  $V_{pv}$ . Isso acarretará a redução da influência da ondulação da corrente  $\Delta I_i$  no funcionamento da célula (RIBEIRO, 2011). Logo, em um modelo no qual há uma célula fotovoltaica na entrada do conversor *boost*, tem-se dois capacitores em todo o circuito:  $C_{pv}$  inserido entre a célula e o conversor, e  $C$ , isto é, o capacitor do circuito do conversor. Com isso, o capacitor  $C_{pv}$  é calculado através da seguinte fórmula (KJAER; PEDERSEN; BLAABJERG, 2005):

$$C_{pv} = \frac{P_0}{4\pi \cdot f \cdot V_i \cdot \Delta V_0} \quad (1)$$

Neste estudo, é proposto um ciclo de trabalho  $d = 0,8$  para aumentar a tensão de entrada e uma frequência de 25 kHz. Note que, esta frequência deve ser alta o suficiente para reduzir a ondulação de corrente na carga, assim como o tamanho do indutor, porém não pode ser tão alta para não acarretar elevadas perdas de chaveamento no transistor empregado (RASHID, 2014).

Aplicando os equacionamentos propostos por Ahmed (2000) e Kjaer, Pedersen;

Blaabjerg (2005), tem-se na Tabela 2 os valores utilizados nas simulações do conversor *boost*.

Parâmetro elétrico	Valor
$P_O$ (mW)	16,44
$V_i$ (V)	0,55
$V_O$ (V)	2,73
$C$ ( $\mu$ F)	0,70
$L$ (mH)	5,82
$C_{pv}$ ( $\mu$ F)	0,35
$d$	0,8
$f$ (Hz)	25000
$R$ ( $\Omega$ )	454,45

Tabela 2 - Valores empregados nas simulações do conversor *boost*.

Inicialmente, foi simulado no MATLAB/SIMULINK o circuito básico de um conversor *boost*, a fim de verificar seu funcionamento. Na Figura 2, é apresentado o diagrama do circuito simulado.

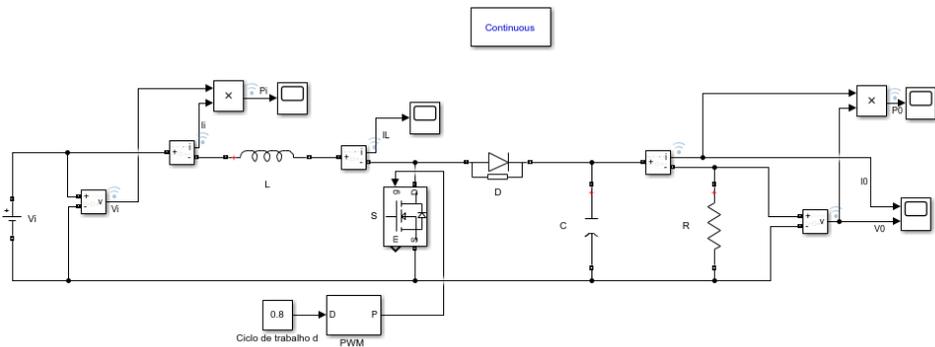


Figura 2 - Circuito do conversor *boost* simulado no MATLAB/SIMULINK.

Fonte: do autor

### 3 I SIMULAÇÕES DO CONVERSOR BOOST

Para verificar o funcionamento do conversor *boost*, foram obtidos gráficos da corrente e potência de entrada, assim como os gráficos da tensão, corrente e potência de saída. Para a corrente de entrada e a potência de entrada, foram gerados os gráficos da Figura 3. Através destes, observou-se um valor médio para  $P_i$  de 21,48mW, um valor máximo para  $I_i$  de 32,47mA e mínimo de 32,11mA, ou seja, uma oscilação pico a pico da corrente no indutor de 0,35mA.

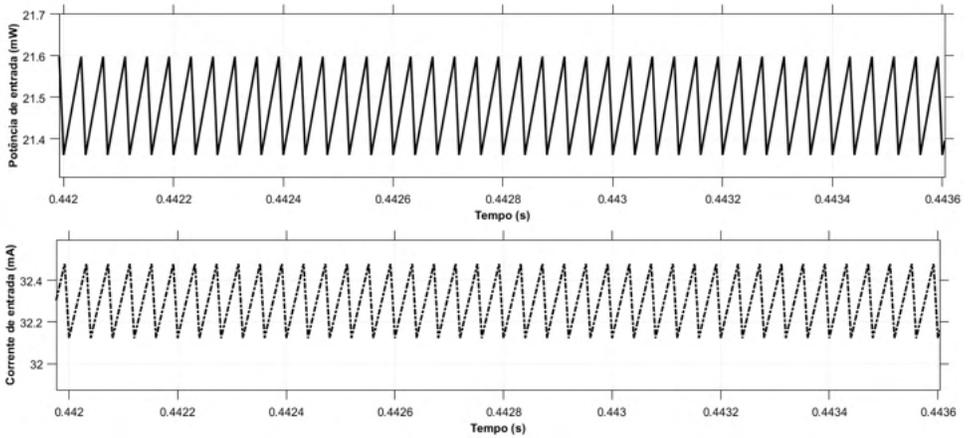


Figura 3 - Gráfico da potência e corrente de entrada do conversor *boost*.

Fonte: do autor

Já para a corrente, tensão e potência de saída foram gerados os gráficos da Figura 4. O valor médio da potência de saída foi de 13,72mW. A tensão máxima de  $V_o$  foi de 2,68V, enquanto a tensão mínima foi de 2,37V, resultando, portanto, em um  $\Delta V_o$  de 0,31V, de acordo com a especificação inicial de 10%.

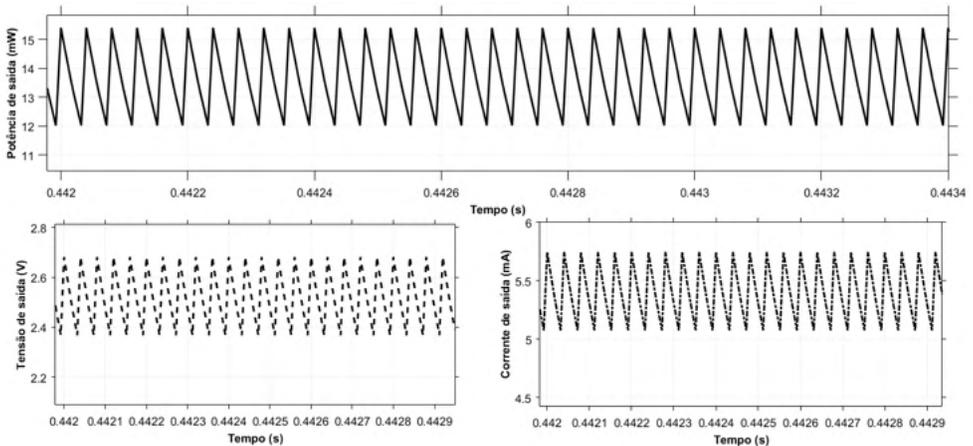


Figura 4 - Gráficos da potência, corrente e tensão de saída do conversor *boost*

Fonte: do autor

Há uma perda de potência na saída de , devido ao diodo e ao transistor MOSFET do conversor, pois o software utilizado coloca nestes dispositivos medidas padrão de resistências internas para que sejam mais realistas. A potência dissipada pelo MOSFET foi de 6,8 mW.

## 4 | SIMULAÇÕES DA LINHA OPV COM CONVERSOR BOOST E MPPT

O circuito simulado do sistema é apresentado na Figura 5, composto pelo modelo matemático da linha OPV, o conversor *boost*, um capacitor ( $C_{pv}$ ) entre a linha e o conversor, além do MPPT que atua no conversor citado.

Simulou-se o circuito completo para analisar seu funcionamento frente a alterações súbitas de irradiância. Para isso, tanto para o método Perturba e Observa (P&O) quanto para o Condutância Incremental (IC), manteve-se a temperatura fixa em 25°C e variou-se a irradiância conforme a Figura 6.

O degrau foi necessário para se calcular o tempo de subida, enquanto a forma da curva foi escolhida a fim de simular um sombreamento que logo depois se dissipe. Juntamente a isso, as simulações também foram feitas para diferentes valores de  $\Delta D$ : 0,02; 0,0002 e 0,000002.

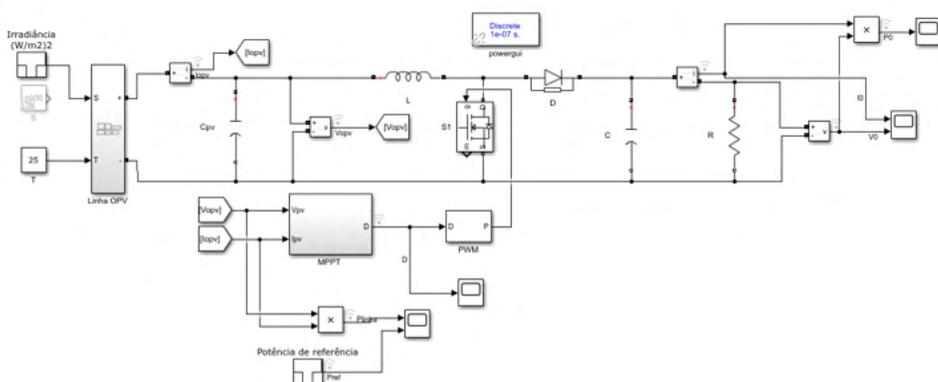


Figura 5 - Circuito completo simulado no MATLAB/SIMULINK.

Fonte: do autor

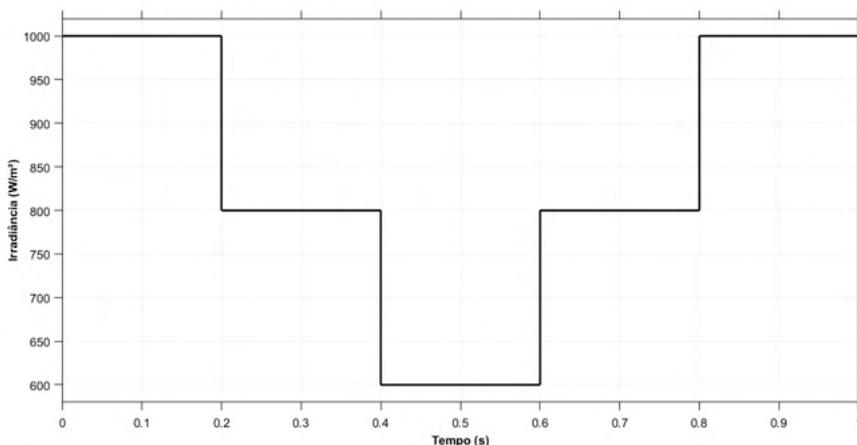


Figura 6 - Variação da irradiância.

Fonte: do autor

A partir do procedimento proposto, foram obtidos gráficos de potência de saída da linha OPV para diferentes  $\Delta D$ , que foram comparados às potências obtidas através da simulação de uma linha OPV. Estas foram consideradas potências de referência. Os gráficos também apresentam uma ampliação na mudança de irradiância de 1000 W/m<sup>2</sup> para 800 W/m<sup>2</sup> para melhor visualização do comportamento da curva.

Com isso, ao fazer a análise dos métodos de rastreamento, os principais pontos observados foram: o tempo de subida (*i.e.* o tempo que a resposta do sinal leva para cruzar um limite inferior de amplitude de 10% e superior de 90%) e a oscilação de potência a partir de uma alteração em  $\Delta D$ .

#### 4.1 Simulações da integração com MPPT pertuba e observa

As Figuras de 7 a 9 contêm gráficos da potência de saída de uma linha OPV para um incremento  $\Delta D$  de 0,02, 0,0002 e 0,000002, respectivamente.

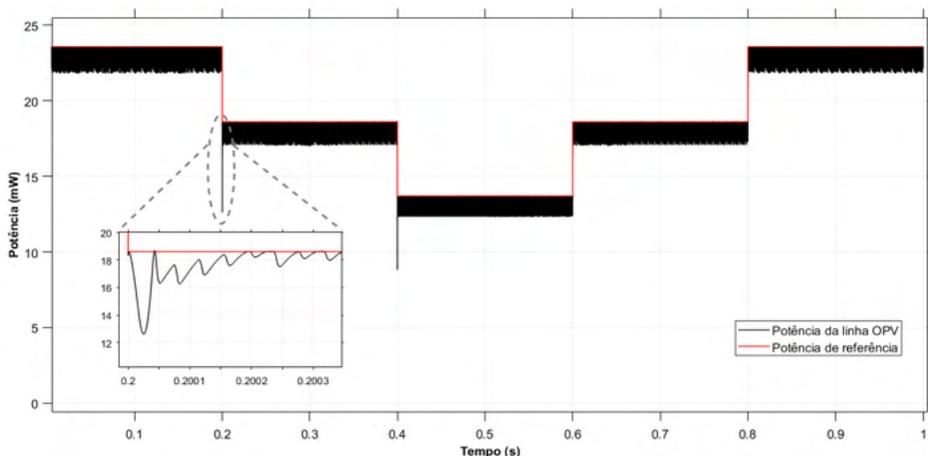


Figura 7 - Potência de saída da linha OPV com  $\Delta D$  de 0,02 e MPPT P&O.

Fonte: do autor

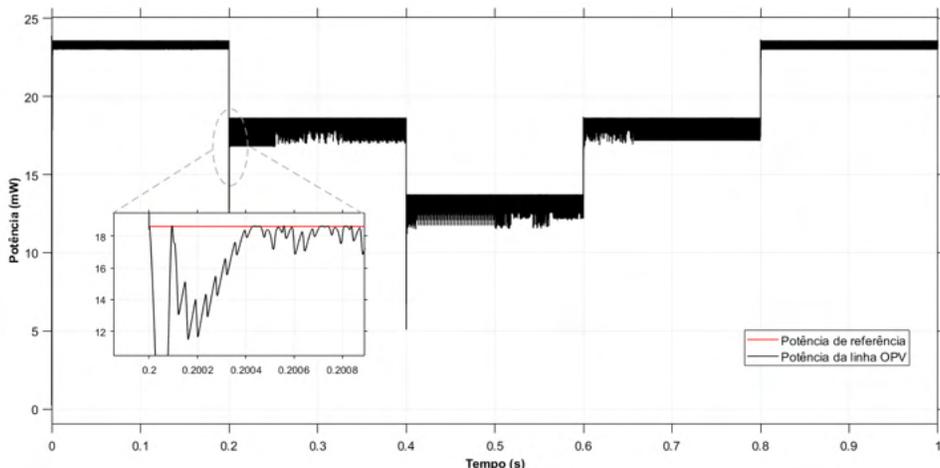


Figura 8 - Potência de saída da linha OPV com  $\Delta D$  de 0,0002 e MPPT P&O.

Fonte: do autor

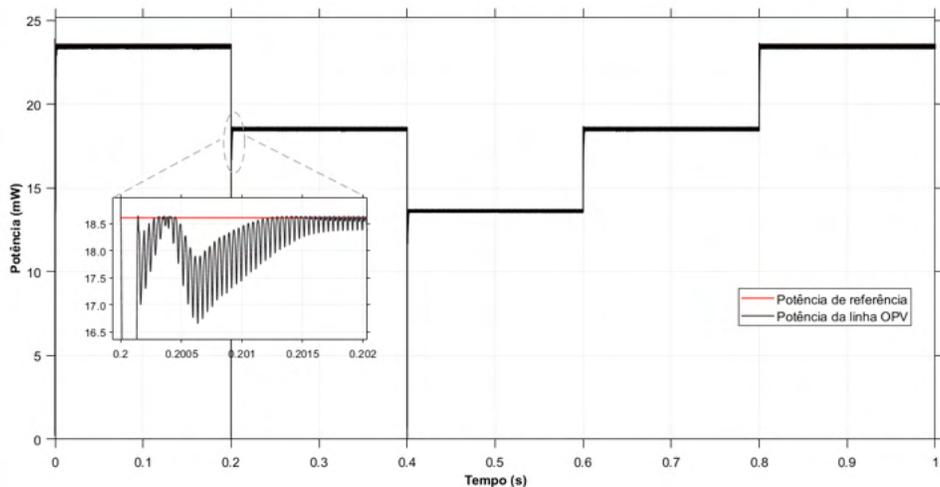


Figura 9 - Potência de saída da linha OPV com  $\Delta D$  de 0,000002 e MPPT P&O.

Fonte: do autor

Percebe-se através dos gráficos que, para um  $\Delta D$  de 0,000002, há uma oscilação menor que para os demais valores.

Na Figura 10, é possível observar que o ciclo de trabalho se adequa a cada mudança de irradiância, de forma que a linha opere em sua potência máxima até uma nova alteração da irradiância.

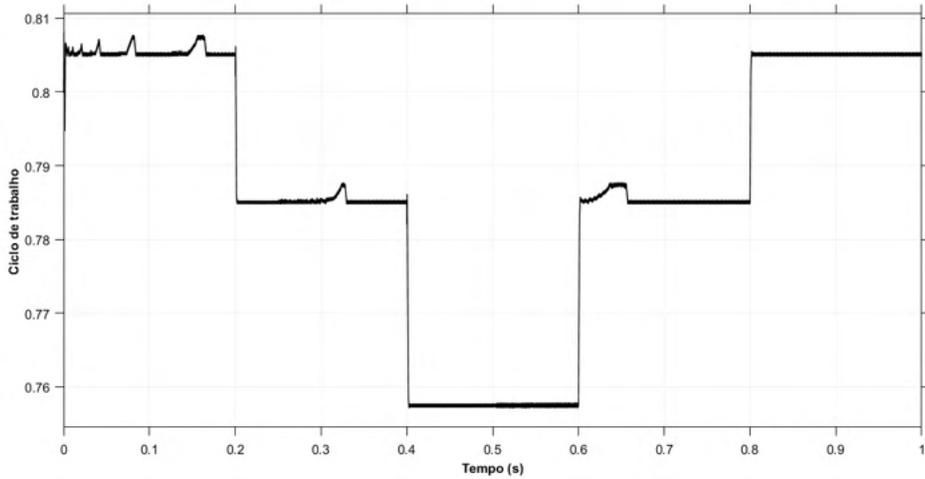


Figura 10 - Ciclo de trabalho para o MPPT P&O

Fonte: do autor

#### 4.2 Simulações da integração com MPPT condutância incremental

Assim como para o MPPT P&O da Seção anterior, foram obtidos os gráficos da potência de saída de uma linha OPV sob um MPPT do tipo IC. Estes são mostrados nas Figuras de 11 a 14.

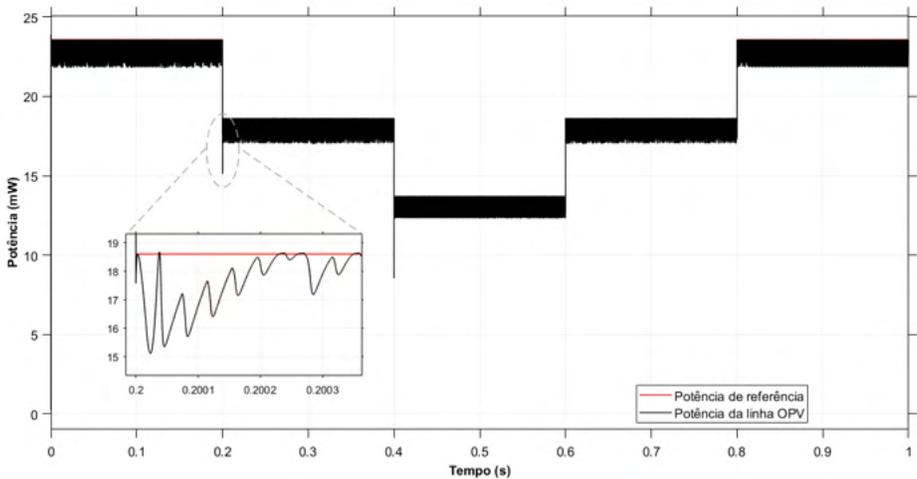


Figura 11 - Potência de saída da linha OPV com  $\Delta D$  de 0,02 e MPPT IC.

Fonte: do autor

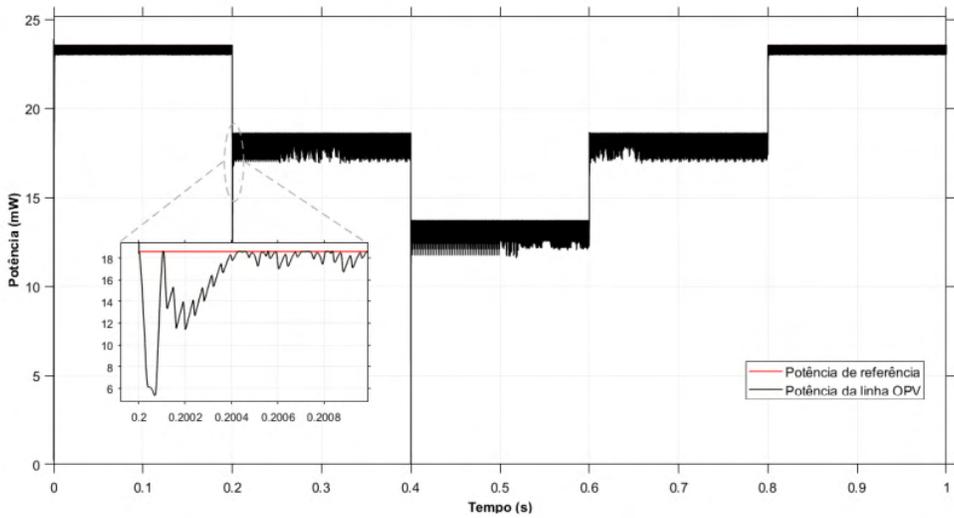


Figura 12 - Potência de saída da linha OPV com  $\Delta D$  de 0,0002 e MPPT IC.

Fonte: do autor

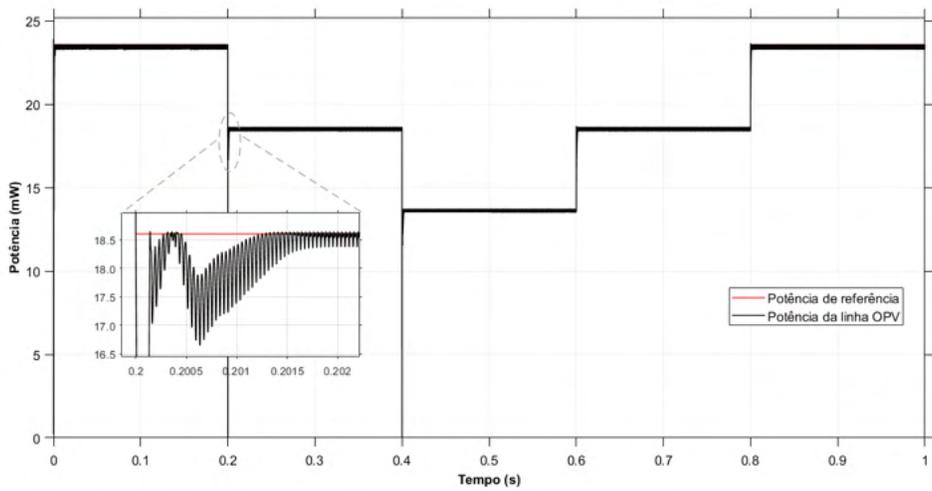


Figura 13 - Potência de saída da linha OPV com  $\Delta D$  de 0,000002 e MPPT IC.

Fonte: do autor

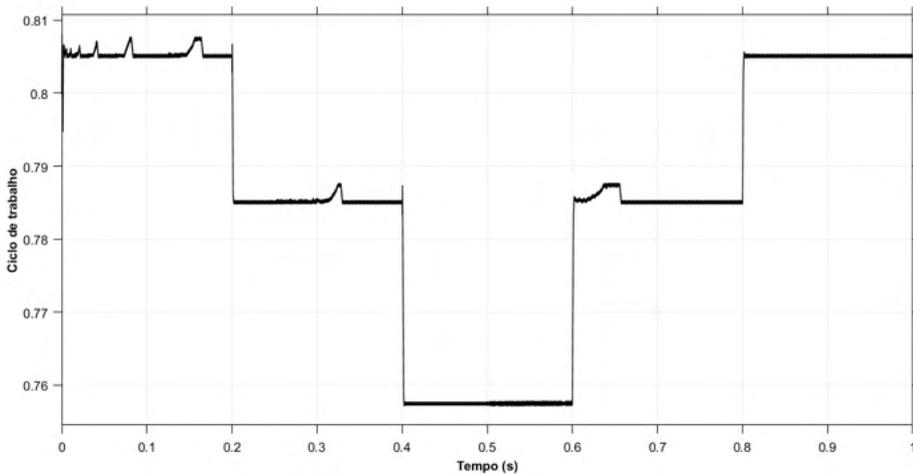


Figura 14 - Ciclo de trabalho para o MPPT IC.

Fonte: do autor

### 4.3 Análise dos métodos MPPT simulados

Através de uma rápida análise visual, já se percebe que os gráficos apresentados tanto para o método P&O, quanto para o IC são parecidos. A única diferença é notada nos gráficos da potência de saída da linha OPV para  $\Delta D$  de 0,02, onde no método P&O apresenta uma queda abrupta, devido a uma alteração brusca de irradiância, maior que a observada no método IC. Para P&O, esta chega a um mínimo de ca. 13mW, enquanto para o método IC este é de ca. 15mW. Em outras palavras, para P&O, há uma perda de potência maior, de aproximadamente 5,6mW enquanto IC apresenta uma perda de 3,6mW.

Um gráfico obtido para uma irradiância fixa em  $1000W/m^2$  e uma temperatura também fixa em  $25^{\circ}C$  é mostrado na Figura 15. Esta apresenta uma ampliação na forma de onda da potência de saída da linha OPV com MPPT P&O e com MPPT IC, para permitir a visualização de qualquer diferença entre os métodos. No entanto, percebe-se que tanto a oscilação média da potência quanto a fase são praticamente as mesmas.

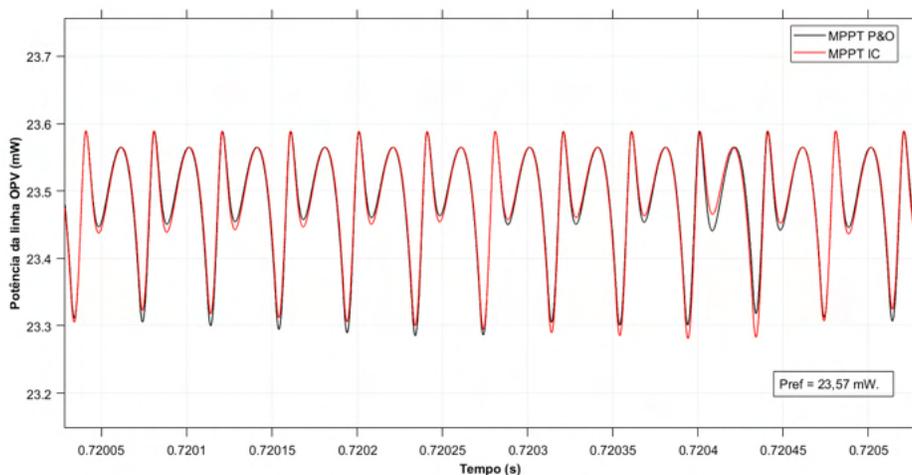


Figura 15 - Comparação entre as potências de saída da linha com MPPT P&O e IC

Fonte: do autor

Analisando as Figuras 10 e 14, percebe-se que o ciclo de trabalho, para ambos os métodos, adequa-se a cada mudança de irradiância, a fim de que se mantenha sempre na potência máxima oferecida pela linha. O tempo de subida para cada  $\Delta D$  foi obtido a partir das ampliações de cada gráfico de potência no momento de alteração da irradiância de  $1000\text{ W/m}^2$  para  $800\text{ W/m}^2$ . A oscilação da potência foi medida em uma região da curva onde se tinha  $1000\text{ W/m}^2$  de irradiância, podendo ser observados na Tabela 3.

Método	$\Delta D$	Tempo de subida (s)	Oscilação (mW)
P&O	0,02	0,0002	1,74
	0,0002	0,0002	0,59
	0,000002	0,0004	0,31
IC	0,02	0,0002	1,74
	0,0002	0,0002	0,59
	0,000002	0,0004	0,31

Tabela 3 - Tempo de resposta e oscilação para cada MPPT conforme  $\Delta D$ .

Os resultados da Tabela 3 revelam a similaridade dos métodos MPPT para a linha OPV simulada. Pode-se perceber também que o tempo de subida aumenta com a diminuição do valor colocado para  $\Delta D$ , porém a oscilação da potência diminui quanto menor for  $\Delta D$ . Pereira, Sousa e Santos (2016), usando também os métodos P&O e IC, obtiveram um tempo de subida de 0,06 s. A diferença entre o obtido neste trabalho, de 0,4 ms e o obtido por eles, é devido ao fato de que eles utilizaram uma frequência de

chaveamento de 3 kHz e um arranjo de 330 módulos fotovoltaicos de outro semicondutor, *i.e.* silício. Para  $\Delta D$  de 0,02 e 0,0002, obtiveram-se os mesmos tempos de subida, sendo que  $\Delta D$  de 0,02 apresentou uma maior oscilação da potência, entre 21,2mW e 23,6mW. Considerando que a potência de referência para 1000W/m<sup>2</sup> é de 23,57mW, observou-se um erro estático de 3,65%. Com  $\Delta D$  de 0,0002, a potência variou entre 23,0mW e 23,6mW, logo, um erro estático de 0,51%. Com o  $\Delta D$  de 0,000002, observou-se uma potência média para 1000W/m<sup>2</sup> de 23,44mW com um erro estático de 0,55%. Apesar do erro estático de  $\Delta D$  igual a 0,0002 ser menor que para 0,000002, e este apresentar uma maior oscilação na potência para 1000W/m<sup>2</sup> de irradiância, percebe-se que as curvas para 800W/m<sup>2</sup> e 600W/m<sup>2</sup> de irradiância apresentam certa instabilidade e uma oscilação maior que 0,59mW, o que para  $\Delta D= 0,000002$  não acontece.

Com a diminuição de  $\Delta D$ , verificou-se que a queda abrupta com uma diminuição da irradiância se torna mais significativa, porém, isto não é levado em consideração, pois na prática não há uma alteração de irradiância “instantânea”. A literatura afirma que os dois métodos MPPT apresentados tem a mesma eficiência, sendo que o IC apresenta uma menor oscilação (SALAS et al., 2006). Neste trabalho, observou-se os mesmos tempos de subida e de oscilação. Logo pode-se afirmar que os dois métodos realmente têm a mesma eficiência. Além disso, observou-se que, para linhas fotovoltaicas orgânicas, os métodos funcionaram de forma similar, sendo que o método IC não apresentou uma oscilação menor que a por P&O. Uma diferença entre os métodos pode não ter sido notada por conta dos valores empregados na simulação do modelo matemático da linha OPV neste trabalho. Note que os valores de  $K_i$ ,  $n$ ,  $R_s$  e  $R_{sh}$  não foram otimizados especificamente para a linha fotovoltaica orgânica produzida pelo CSEM-Brasil. Também deve ser devido a isto o fato de não se ter conseguido curvas características adequadas após uma variação na temperatura. Contudo, conclui-se a partir deste trabalho que ambos os métodos MPPT podem ser empregados para OPV, desde que seja o menor possível. Porém, como vimos, este deve ter um limite para que o tempo de subida não seja consequentemente grande.

## 5 | CONCLUSÕES

O conversor *boost* projetado apresentou um funcionamento adequado, porém com uma perda de potência de 7,76mW devido às chaves semicondutoras presentes no mesmo. Consequentemente, obteve-se uma eficiência de 63,87%. Já nas simulações da integração, pode-se perceber que o melhor valor para  $\Delta D$  é de 0,000002, pois este apresentou baixa oscilação da potência de saída da linha para as diferentes irradiâncias colocadas, assim como, um tempo de subida razoavelmente pequeno. Para este valor de  $\Delta D$  e para ambos os métodos MPPT, o circuito completo apresentou os mesmos resultados, o que pode ser decorrente de limitações do modelo matemático e seus parâmetros escolhidos para representarem uma linha OPV. Também, o ciclo de trabalho oriundo do MPPT se adaptou

bem às alterações na irradiância. Portanto, em uma situação em que a linha OPV se encontre sombreada, apresentando  $600\text{ W/m}^2$  de irradiância, por exemplo, esta conseguiria se manter em seu MPP e, conseqüentemente, entregando a máxima potência possível.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a: (i) CSEM Brasil e SUNEW por concederem dados de seus filmes fotovoltaicos orgânicos para a realização desta investigação; (ii) Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia & Sustentabilidade (PPGIES) da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, 407531/2018-1 & 303293/2020-9) pelo apoio e fomento à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AHMED, A. **Eletrônica de Potência**. [S.l.]: Prentice Hall, Inc., 2000.

KJAER, S. B.; PEDERSEN, J. K.; BLAABJERG, F. **A review of single-phase grid-connected inverters for photovoltaic modules**. IEEE transactions on industry applications, IEEE, v. 41, n. 5, p. 1292–1306, 2005.

PASTRANA, L. M. *et al.* **Organic Thin-Films by Wet-Processes for Flexible Bulk-Heterojunction Organic Solar Cells**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL, COMPUTER AND ENERGY TECHNOLOGIES (ICECET), 2021, Cidade do Cabo, África do Sul. EUA: IEEE, 2021. pp. 1-6.

PEREIRA, P.; SOUZA, A.; SANTOS, I. **Modelagem e avaliação de desempenho das principais técnicas de controle de MPPT empregadas na geração fotovoltaica**. XIV CEEL. Uberlândia, 2016.

SALAS, V.; OLIAS, E.; BARRADO, A.; LAZARO, A. **Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaic systems**. Solar energy materials and solar cells, Elsevier, v. 90, n. 11, p. 1555–1578, 2006.

SANTOS, A. Q. O. *et al.* **Electricity Market in Brazil: A Critical Review on the Ongoing Reform**. Energies, MDPI, v. 14, p. 2873, 2021.

SANTOS, G.; CAVALLARI, M. R.; FONSECA, F. J. **A comparative study on the optimization of a ternary P3HT: PCBM: Pentacene active layer in bulk heterojunction organic solar cells**. Journal of Solar Energy Engineering, American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, v. 137, n. 4, 2015.

RASHID, M. H. **Eletrônica de Potência. Dispositivos, Circuitos e Aplicações**. Tradução de L. Abramowicz, 2014.

RIBEIRO, R. V. **Sistema fotovoltaico autônomo baseado em conversores cc-cc boost**. MESTRADO, UFRJ, 2011.

ZANCHIN, V. R.; CAVALLARI, M. R.; FONSECA, F. J. **Stability of Polythiophene-Based Transistors upon Bending for Gas Sensing Applications**. Journal of Integrated Circuits and Systems, v. 16, n. 1, p. 1–6, 2021.

## IDENTIFICAÇÃO E MODELAGEM DE PLUMAS GASOSAS NA COLUNA D'ÁGUA ATRAVÉS DE MÉTODOS GEOFÍSICOS DE ALTA RESOLUÇÃO

*Data de aceite: 01/08/2022*

**Jorge Fiori Fernandes Sobreira**

PETROBRAS

**Carlos Eduardo Borges de Salles Abreu**

PETROBRAS

**Esmeraldino Aleluia Oliveira Júnior**

PETROBRAS

**Marcelo Rocha Peres**

UnB

**Marco Ianniruberto**

UnB

**Luciano Emídio da Fonseca**

UnB

**RESUMO:** Enquanto campanhas convencionais de aquisição sísmica procuram imagear os reservatórios e a subsuperfície profunda com frequência da ordem de dezenas de hertz, outros métodos acústicos, que empregam fontes de frequência de emissão de algumas ordens de grandeza superiores, oferecem ganhos evidentes em termos de resolução vertical, embora com penetração restrita à seção mais rasa. Tais métodos são empregados no offshore para a determinação acurada da batimetria e da geomorfologia submarina, mas se prestam também à obtenção de uma imagem sísmica do substrato marinho raso, até profundidades que dependem das características de atenuação do meio, do equipamento e da frequência utilizada.

Com o devido cuidado na aquisição dos dados e no seu posterior processamento, é possível utilizar estes dados para se detectar evidências de exsudações de “shallow gas”, através de imagens que detectas diretamente plumas ascendentes de gás na coluna d’água. Esta possibilidade de detecção remota de exsudações de gás tem implicações diretas para a Indústria de Petróleo para fins de Exploração, de Meio-ambiente e de Monitoramento da integridade geomecânica do campo produtor. Um experimento controlado, conduzido pela Universidade de Brasília (UnB), no âmbito de um Termo de Cooperação coordenado pela área de Reservatório do Centro de Pesquisa da PETROBRAS simulou uma exsudação gasosa no fundo do Lago Paranoá (em Brasília – DF), a partir da injeção de ar comprimido no fundo do Lago (alvo submerso). Esta injeção de gás originou uma pluma ascendente na coluna d’água que pôde ser imageada por dados de Ecobatímetro Multifeixe de elevada frequência (190 a 420 kHz), comprovando assim a aplicabilidade deste tipo de dado ao reconhecimento de problemas reais da atividade offshore. Também foi adaptada uma modelagem física/matemática do retroespalhamento acústico de um campo de bolhas de modo a se entender quais os parâmetros físicos influenciam as observações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Exsudações de gás, coluna d’água, sonar multifeixe.

**ABSTRACT:** Enquanto campanhas convencionais de aquisição sísmica procuram imagear os reservatórios e a subsuperfície profunda com frequência da ordem de dezenas

de hertz, outros métodos acústicos, que empregam fontes de frequência de emissão de algumas ordens de grandeza superiores, oferecem ganhos evidentes em termos de resolução vertical, embora com penetração restrita à seção mais rasa. Tais métodos são empregados no offshore para a determinação acurada da batimetria e da geomorfologia submarina, mas se prestam também à obtenção de uma imagem sísmica do substrato marinho raso, até profundidades que dependem das características de atenuação do meio, do equipamento e da frequência utilizada. Com o devido cuidado na aquisição dos dados e no seu posterior processamento, é possível utilizar estes dados para se detectar evidências de exsudações de “shallow gas”, através de imagens que detectas diretamente plumas ascendentes de gás na coluna d’água. Esta possibilidade de detecção remota de exsudações de gás tem implicações diretas para a Indústria de Petróleo para fins de Exploração, de Meio-ambiente e de Monitoramento da integridade geomecânica do campo produtor. Um experimento controlado, conduzido pela Universidade de Brasília (UnB), no âmbito de um Termo de Cooperação coordenado pela área de Reservatório do Centro de Pesquisa da PETROBRAS simulou uma exsudação gasosa no fundo do Lago Paranoá (em Brasília – DF), a partir da injeção de ar comprimido no fundo do Lago (alvo submerso). Esta injeção de gás originou uma pluma ascendente na coluna d’água que pôde ser imageada por dados de Ecobatímetro Multifeixe de elevada frequência (190 a 420 kHz), comprovando assim a aplicabilidade deste tipo de dado ao reconhecimento de problemas reais da atividade offshore. Também foi adaptada uma modelagem física/matemática do retroespalhamento acústico de um campo de bolhas de modo a se entender quais os parâmetros físicos influenciam as observações.

**KEYWORDS:** Gas seepage, water column, multibeam sonar.

## INTRODUÇÃO

Os métodos sísmicos constituem os principais métodos geofísicos aplicados à Indústria de Petróleo. Enquanto a Sísmica convencional procura imagear os reservatórios e a subsuperfície profunda, métodos acústicos que empregam fontes de frequência de emissão algumas ordens de grandeza superiores (em geral entre 3,5 e 420 kHz), tais como Ecobatímetros Monofeixe e Multifeixe (Figura 1), Sonares de Varredura Lateral (Side Scan Sonar) e Perfiladores de Sub-fundo (Sub Bottom Profiler ou SBP, como boomer, sparker e chirp) possibilitam ganhos evidentes em termos de resolução vertical, embora com penetração restrita à seção mais rasa (Figura 2).



Figura 1 – Sonar Multifeixe SeaBat T50-P da Teledyne Reson, frequência de 420 KHz, utilizado para aquisição de dados do batimétricos e na coluna d’água durante o experimento.

Estes métodos acústicos de alta frequência são empregados no offshore para a determinação acurada da batimetria e da geomorfologia submarina, mas se prestam também à obtenção de uma imagem sísmica do substrato marinho raso, até profundidades que dependem das características de atenuação do meio, do equipamento e da frequência utilizada. Deste modo podem ser identificadas feições como interfaces sedimentares rasas e mesmo plumas, associadas a exsudações gasosas ou líquidas de hidrocarbonetos, sejam elas naturais ou eventualmente induzidas, relacionadas a efeitos geomecânicos nos reservatórios petrolíferos e/ ou seção sobrejacente [2]. Por meio da análise de dados de SBP é possível identificar tais plumas diretamente na seção sedimentar rasa, ou mesmo possíveis indícios das mesmas na coluna d’água (Figura 2).

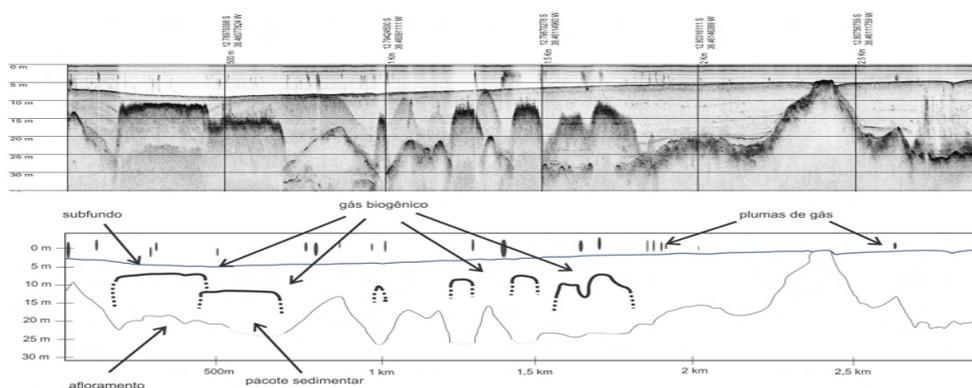


Figura 2. Plumagens de gás (biogênico) interpretadas na seção rasa, em dados de SBP adquiridos na Baía de Aratu (BA)

A utilização adequada de sonares multifeixe de alta frequência, com capacidade de imageamento da coluna d’água [11], permite a produção de imagens de plumas ascendentes

na coluna d'água, com implicações diretas para a Indústria de Petróleo, com aplicações para fins de Exploração, Meio-ambiente e Monitoramento da integridade geomecânica do campo produtor [8] [9]. Este imageamento é possível desde que se utilize do modo de operação e de parâmetros de aquisição adequados para o sonar, como por exemplo, tempo mais longo de registro, que permita obter informações também na coluna d'água [3]. É necessário ainda um processamento dos dados adquiridos, de modo a evidenciar as bolhas de gás. Este tipo de dado de sonar multifeixe permite ainda inferir a natureza do sedimento de fundo, através de inversão da resposta do feixe acústico incidente sob diferentes ângulos, a partir do retroespalhamento acústico (backscatter) do fundo do mar [12].

Alguns estudos com aquisição de dados ultrassonográficos controlados testes podem ser encontrados na literatura. Bergés et al. [1] realizaram um teste controlado em um tanque de 8 x 8 metros com 5 metros de profundidade com o intuito de quantificar o fluxo de gás usando medidas passivas de emissão de nuvens de bolhas de nitrogênio. Um experimento controlado com medições de ecobatímetro multifeixe foi realizado também foi realizada por Leblond et al. [4]. em um tanque de 12,5 x 50 metros com estratos de água do mar de 10 a 20 metros para se validar a modelagem direta e inversa do fluxo volumétrico de bolhas. Há também resultados publicados sobre a liberação de CO<sub>2</sub> injetado de forma controlada em sedimentos marinhos rasos na baía de Ardmucknish Oban [5] [6]. Cevatoglu et al. [5] estudou o fluxo de liberação de CO<sub>2</sub> usando pesquisas de reflexão sísmica 2D antes e depois da liberação do gás, sendo possível observar a realce dos refletores e das bolhas na coluna d'água.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A fim de avaliar a possibilidade de imageamento acústico de plumas gasosas também na coluna d'água, um experimento controlado foi conduzido, em 2016 e 2017, pela Universidade de Brasília (UnB), no âmbito de um Termo de Cooperação coordenado pelo Centro de Pesquisa da PETROBRAS. Neste experimento simulou-se uma exsudação gasosa no fundo de um corpo d'água extenso, no caso o Lago Paranoá (em Brasília – DF), o que foi feito por meio da injeção de ar comprimido (à pressão de 4 bar), bombeado a partir de um compressor instalado numa embarcação de apoio (Figura 3).

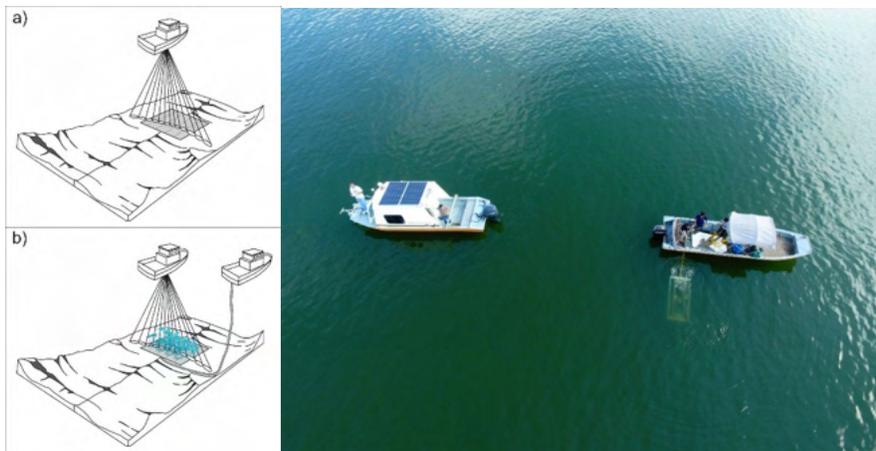


Figura 3. Esquema do experimento controlado de injeção de gás (ar comprimido) no fundo (lodoso) do Lago Paranoá (DF), empregando uma embarcação para injetar o gás numa estrutura acrílica com base metálica (alvo submerso), e outra para o registro de dados de Ecobatímetro Multifeixe de 420 kHz. A assinatura acústica do fundo difere no caso do alvo com bolhas (b) e sem bolhas (a), mostrando a influência da presença do gás na resposta acústica. (c) Visão das embarcações de aquisição e de transporte do alvo. Destaque para o alvo sendo lançado

Este ar bombeado fluiu através de uma mangueira até tubos de PVC perfurados, montados sobre placas de acrílico por sua vez sustentadas por uma estrutura metálica (alvo submerso) com dimensões (2 x 1) m, especialmente construída para o experimento (fig. 4). Esta injeção de gás originou uma pluma gasosa ascendente na coluna d'água. Para o registro de dados acústicos, empregou-se um Ecobatímetro Multifeixe com a elevada frequência de 420 kHz.

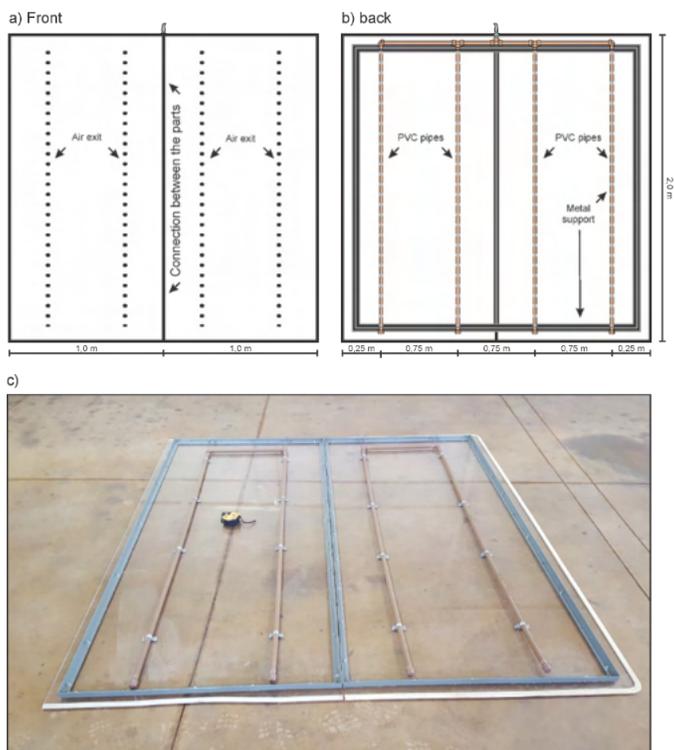


Figura 4 –Alvo controlado desenvolvido para o experimento. a) Projeto do Alvo: Visão frontal com destaque para os orifícios de saída de ar para a formação das bolhas. b) Projeto do Alvo: Visão posterior, com destaque para a tubulação de passagem de ar. c) Visão do alvo controlado construído para o projeto: Parte inferior, com destaque para a tubulação do sistema de injeção de ar e para as estruturas individualizadas de cada placa.

## RESULTADOS

Como resultados desta aquisição foi possível se obter imagens acústicas das bolhas de ar liberadas pelo sistema de injeção e discriminá-las do alvo controlado e do fundo do lago. Nas Figuras 5a e 5b estão apresentados os resultados de antes e depois da injeção de ar, respectivamente. É possível observar que as bolhas parecem ser mais dispersas e mais intensas na área profunda, devido ao tamanho das bolhas aumentarem com a diminuição da pressão à medida que se aproximam da superfície. Com as bolhas maiores, é mais fácil que as ondas emitidas pelo equipamento interajam com sua superfície, propiciando uma maior superfície de reflexão. A dispersão das bolhas deve estar relacionada com a maior coluna d'água pela qual estas percorrem, que favorece que estas se afastem mais umas das outras.

## Site 1

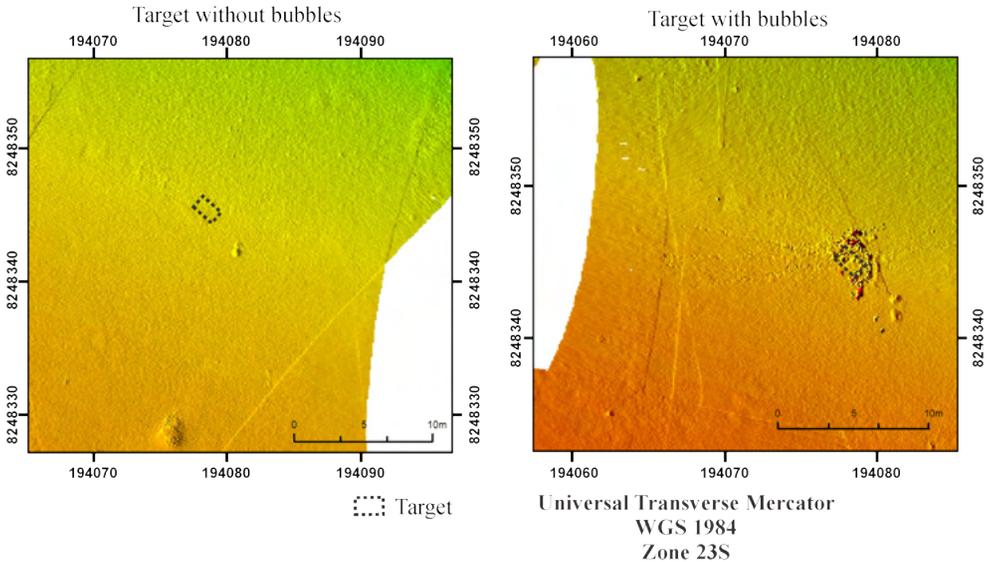


Figure 5 – Imagens acústicas do alvo controlado no Site 01 (mais profundo) antes (esquerda) e depois (direita) da injeção de ar. O retângulo pontilhado indica a posição do alvo.

Além de detecção do alvo submerso na imagem acústica do fundo do Lago (fig. 5), uma pluma ascendente de bolhas gasosas pôde ser imageada na coluna d'água por dados de Ecobatímetro Multifeixe com frequência 420 kHz, comprovando assim a aplicabilidade deste tipo de dado ao reconhecimento de problemas reais da atividade offshore (fig. 6). A pluma pode ser também detectada na imagem de porção referente a coluna d'água da através da Waterfall de dados de sonar (Figura 7). Este tipo de visualização de dados permite tanto a detecção quanto uma quantificação relativa da densidade de bolhas. Digno de nota é que a profundidade do Lago nessa área, de até 15 m, não difere muito da típica altura de voo dos Autonomous Underwater Vehicles (AUV's) empregados na aquisição deste tipo de dado, que é da ordem, de até 40 m.

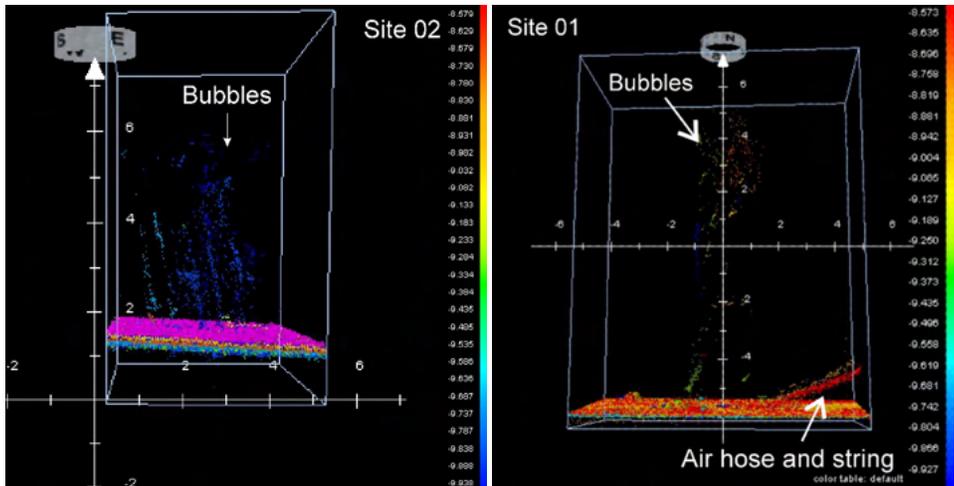


Figura 6. Experimento no Lago Paranoá (DF): imagem acústica da pluma de bolhas gasosas na coluna d'água a partir da resposta da intensidade do retroespalhamento acústico em dados de Ecobatímetro Multifeixe de 420 kHz (à esquerda, em lâmina d'água um pouco mais rasa, e à direita, em lâmina d'água um pouco mais profunda). Observar que mesmo a mangueira injetora de ar comprimido e a corda que prendia o alvo submerso foram imageadas. Este tipo de resposta tende a ser ressaltado em lâminas d'água maiores

Por outro lado, observou-se que a resposta acústica da exsudação na coluna d'água pode ser amplificada pelo efeito de ressonância das bolhas, associada a uma frequência característica, que depende de fatores como a pressão hidrostática local, o que potencialmente resalta tal resposta em águas mais profundas, onde reside boa parte do interesse da Indústria de Petróleo no Brasil, devido à maior rigidez esperada para as bolhas nesta situação. Um outro fator que determina aquela frequência é o diâmetro da bolha. Havendo bolhas de diâmetros variados, maior será a probabilidade de uma determinada faixa de diâmetros entrar em ressonância, o que facilita a sua identificação. Para se quantificar esta hipótese foi feita uma modelagem física da interação do campo de bolhas com a frente de onda acústica do sonar.

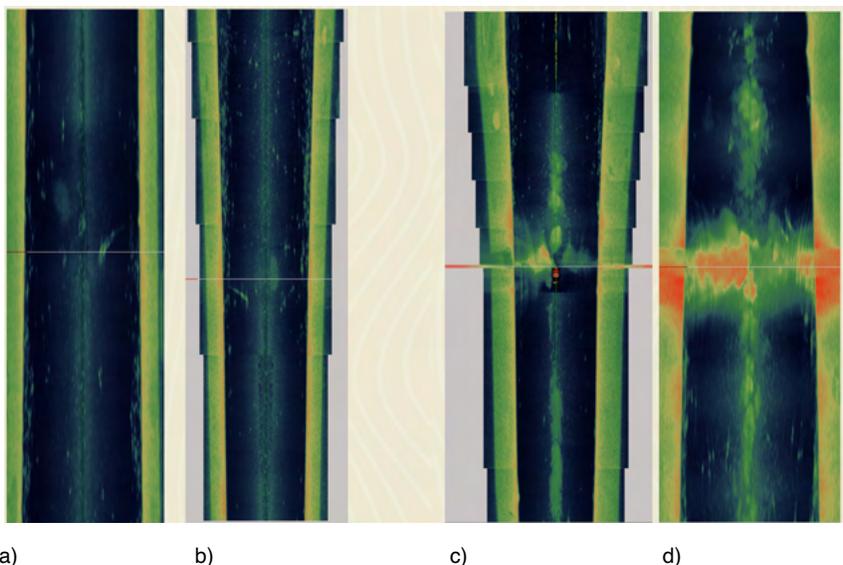


Figura 7 – Visualização da pluma de bolhas na coluna d’água através da Waterfall de dados de sonar. a) Aquisição sem bolhas; b) Notar Cabo mangueira na coluna d’água sem bolhas; c) Aquisição com bolhas em água rasa. Notar pluma vermelha subindo na coluna d’água; d) aquisição com bolhas em águas mais profundas. Notar que a nuvem de bolhas proveniente da aquisição se alarga ao subir na coluna d’água.

## Modelagem da Pluma de Gas

Exsudações de gás no leito marinho ocorrem tanto de forma contínua (*seepage*), quanto por emissão de forma “explosiva” (*blow-out*), sendo a primeira forma de emissão que foi simulada no experimento controlado. A quantidade de energia retroespalhada por uma bolha de raio “ $a$ ” é função da frequência  $f$  da onda emitida pelo sonar e pode ser definida pela “back-scattering cross-section”,  $\sigma_{BS}$ , cuja equação aproximada proposta por Bloomberg [7] é mostrada abaixo:

$$\sigma_{BS} = \frac{a^2}{\left[\left(\frac{f_0}{f}\right)^2 - 1\right]^2 + \delta^2} \quad \text{Equação 5.2-1}$$

onde  $\delta$  é o termo de atenuação e  $f_0$  é a frequência ressonante da bolha, calculada pela seguinte expressão:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi a} \sqrt{\frac{3\gamma P_w}{\rho_w}} \quad \text{Equação 5.2-2}$$

Onde  $\gamma$  é a constante adiabática para o ar ( $\approx 1.4$ ),  $\rho_w$  é a densidade da água e  $P_w$  é a pressão hidrostática em Pascal.

Na equação do sonar a intensidade de retrodifusão de uma bolha (Target Strength, TS), em decibéis, é definida como a secção de retrodifusão efetiva na direção do receptor

do sonar relativamente à unidade de superfície de área  $A_1$ . Para um difusor onidirecional, temos:

$$TS = 10 \log \left( \frac{\sigma_{BS}}{A_1} \right) \sigma_{BS} \quad \text{Equação 5.2-3}$$

A variação do volume das bolhas durante a migração vertical na coluna d'água pode ser definido em função do módulo de compressibilidade do ar,  $\beta$ , de acordo com a seguinte relação:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = - \frac{\Delta p}{\beta} \quad \text{Equação 5.2-4}$$

onde:  $V_0$  = volume inicial;  $DV$  = variação de volume;  $Dp$  = variação de pressão ambiental

Com base nos trabalhos científicos de Lurton [10] e de Bloomberg [7], foi realizada uma modelagem direta da TS de bolhas individuais utilizando como dados de input os valores das constantes definida em literatura e parâmetros relativos ao experimento controlado realizado no lago Paranoá. O ecobatímetro multifeixe utilizado foi um Teledyne Reson T50-P, operante em frequências de 420 kHz, e o alvo foi colocado em profundidades entre 15 e 8 m. A tabela a seguir mostra o resultado da modelagem com os parâmetros e constantes citados.

T50-P freq.	420kHz			
$\gamma$ (adiabatic constant for air)	1,4			
Modulo compressibilidade (Pa)	141000			
$\rho_w$ (densidade água)	1000 kg/m3			
$\delta$ (dumping)	3,78			
Profundidade (m)	2.0	5.0	10.0	15.0
$p_w$ (pressão hidrostática) (Pa)	120000	150000	200000	250000
$a$ (diâmetro) (m)	0.0050	0.0048	0.0044	0.0040
$V(h)$ (volume bolha na profundidade h) ( $m^3$ )	6.44E-08	5.73E-08	4.54E-08	3.35E-08
$f_0$ (frequência ressonante) (Hz)	715.86	832.28	1038.49	1284.68
$\sigma_{BS}$ (backscattering cross section) ( $m^2$ )	1.62E-06	1.50E-06	1.28E-06	1.05E-06
$TS=10 \cdot \log(\sigma/A_1)$ (dB) - Lurton, 2002	-57.91	-58.25	-58.92	-59.80

TABELA Equação 5.2-1

Os valores de **TS** reportados na tabela permitem, numa primeira aproximação, determinar a intensidade do sinal retrodifundido por uma única bolha e observar: a) a frequência ressonante para o tamanho de bolhas geradas no experimento (entorno de 1kHz) é muito menor da frequência operativa do ecobatímetro (420kHz), portanto a ressonância não influencia na medição; b) tanto a seção equivalente de retrodifusão ( $\sigma_{BS}$ ) quanto o

relativo **TS**, tendem a aumentar durante a subida das bolhas do fundo até a superfície em função do aumento do tamanho das bolhas.

Apremissa de que a pluma de bolhas aumenta constantemente à medida que ascende até a superfície não estaria correta. Durante a ascensão das bolhas outros fenômenos devem ser considerados, uma vez que as condições físicas ao longo da coluna d'água não se mantêm constantes. Wilson et al. (2015) apresentou resultados mostrando que variações de temperatura ao longo da coluna d'água podem causar desmembramentos da pluma de bolhas formando uma espécie de "intrusão" de bolhas ao longo da interface entre estas regiões com diferentes temperaturas. Devido à variação da temperatura, a coluna d'água teria o comportamento de um meio estratificado. Este seria um efeito importante para explicar a variação na quantidade de bolhas e da intensidade do retroespalhamento ao longo da coluna d'água observados no experimento.

Caso não existisse essa estratificação da coluna d'água, a pluma de bolhas deveria ter um formato de "cone invertido" devido à dispersão destas e ao crescimento de tamanho devido à redução de pressão em menores profundidades. No entanto, não é isso que se observa nos resultados (Figura 8), uma vez que existem profundidades onde as bolhas se concentram (linhas vermelhas na Figura 9), o que é acompanhado por um aumento relativo da intensidade do retroespalhamento.

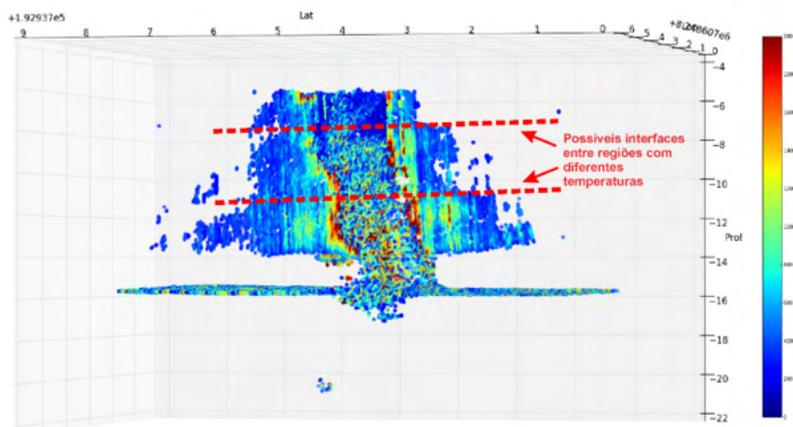
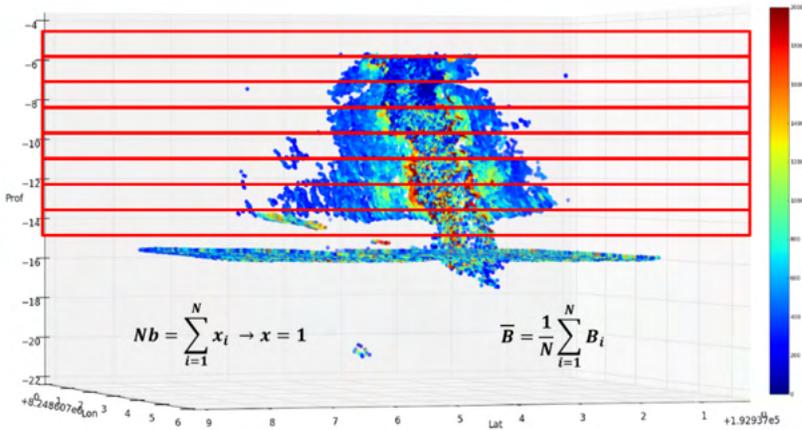


Figura 8 – Distribuição espacial dos pontos de retroespalhamento, indicando as regiões possíveis onde a pluma de bolhas pode ter se desmembrado devido a diferenças de temperaturas ao longo da coluna d'água (linhas tracejadas vermelhas).

Na Figura 9 a distribuição espacial dos pontos de retroespalhamento e na Figura 10 estão apresentados gráficos da quantidade de pontos de retroespalhamento pela profundidade para diferentes intervalos de profundidade. Pode-se observar que mesmo para diferentes intervalos, o padrão é parecido, indicando que a quantidade de pontos de

retroespalhamento diminui com a profundidade. Isso sugere dois cenários, ou a quantidade de bolhas diminui com a profundidade, ou, o mais provável, que o tamanho das bolhas diminui com a profundidade (na realidade o tamanho aumenta à medida que a profundidade diminui).



Na Figura 9. Quantização de pontos de retroespalhamento pela profundidade para diferentes intervalos de profundidade.

A partir dos resultados apresentados nas Figuras 8, 9 e 10, pode-se observar que como as bolhas aumentam de tamanho quando estão chegando mais próximo da superfície, sua rigidez diminui, já que sua pressão interna diminui com o aumento de seu volume. Sendo assim, a intensidade do retroespalhamento também diminui já que esta é dependente da rigidez da bolha. Este comportamento pode ser observado especialmente na Figura 9 que apresenta os valores médios da intensidade do retroespalhamento para diferentes intervalos de profundidades.

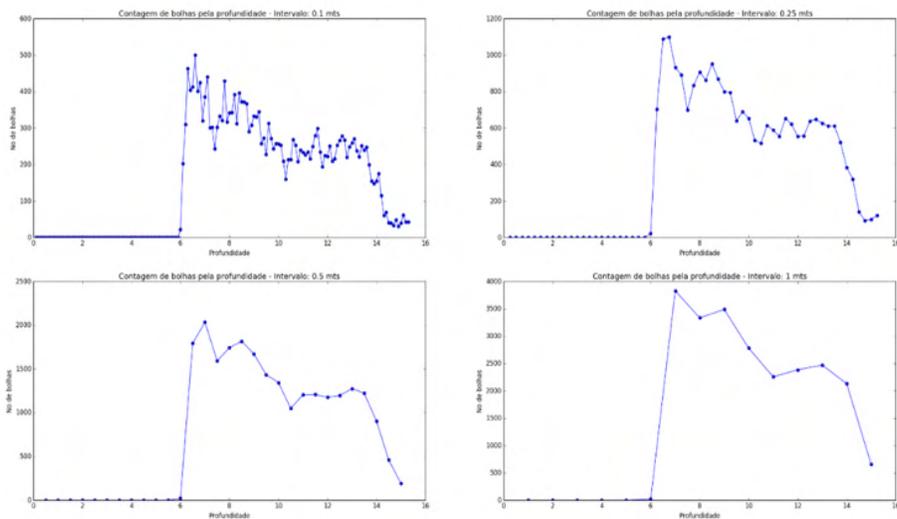


Figura 10 – Quantidade de pontos de retroespalhamento pela profundidade para diferentes intervalos de profundidade.

## CONCLUSÕES

Demonstrou-se, através de um experimento realizado em condições controladas, o potencial de se detectar uma exsudação gasosa na coluna d'água através de dados de Ecobatímetro Multifeixe, desde que tomando-se os devidos cuidados, tais como permitir um tempo de registro mais longo, de modo a não registrar apenas as informações referentes ao fundo; o emprego de frequências de emissão elevadas e de preferência, múltiplas; e o processamento adequado dos dados. Tal processo de identificação deve ser corroborado pela análise de dados de SBP do subfundo marinho e pela própria resposta do retroespalhamento acústico do fundo do mar, que deve ressaltar porções saturadas no gás. Existe ainda potencial de detecção de exsudações sutis, que não cheguem a formar bolhas, em dados sonográficos, a partir do contraste de impedância acústica produzido na água.

Os contrastes em relação ao meio aquoso (tomando a densidade da água nas condições ambiente como cerca de  $997 \text{ kg/m}^3$ ) devem ser ainda maiores para hidrocarbonetos gasosos como o metano (cuja densidade é de  $0,66 \text{ kg/m}^3$ ) em relação àqueles introduzidos pelo ar (cuja densidade é de  $1,29 \text{ kg/m}^3$ , no caso do ar seco, a  $0^\circ \text{C}$  e  $1 \text{ atm}$ ), embora o mesmo não se verifique para outros gases como é o caso do dióxido de carbono (com densidade em torno de  $1,98 \text{ kg/m}^3$ ).

Observou-se neste experimento que, embora a tendência seja de uma maior quantidade de pontos de retroespalhamento em menores lâminas d'água, o valor médio de sua intensidade aumenta em profundidade, o que estaria relacionado ao mencionado

efeito de ressonância das bolhas. A análise das observações à luz da modelagem física mostrou que como as bolhas aumentam de tamanho quando estão chegando mais próximo da superfície, sua rigidez diminui, já que sua pressão interna diminui com o aumento de seu volume. Sendo assim, a intensidade do retroespalhamento também diminui já que esta é dependente da rigidez da bolha. Este comportamento pode ser observado pela estratificação valores médios da intensidade do retroespalhamento para diferentes intervalos de profundidades.

Experimentos controlados como aqui descrito são valiosos, no sentido de permitirem a obtenção de uma resposta à simulação de fenômenos de interesse para a Indústria de Petróleo, e devem por isso ser replicados em condições realistas ou similares, o que se torna ainda mais relevante num cenário de crescentes restrições ambientais e preocupação com possíveis efeitos induzidos, relacionados às atividades de Exploração & Produção.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Fabio de Novaes Filho, da Rural Tech, pelo gentil empréstimo do equipamento e do barco utilizado na aquisição dos dados. Agradecemos também a equipe de campo comandada pelo Prof. Marcelo Rocha e sua aluna Gabriela Turquetti. Esta pesquisa foi apoiada pela Petrobras/Cenpes no âmbito do projeto de pesquisa “Processamento de Sinais Sonográficos para a Identificação Direta de Hidrocarbonetos”, SAP: 4600505474, 2014/00634-2.

## REFERÊNCIAS

- [1] B. J. P. Bergès, T. G. Leighton, and P. R. White, “Passive acoustic quantification of gas fluxes during controlled gas release experiments,” *Int. J. Greenh. Gas Control*, vol. 38, pp. 64–79, 2015.
- [2] S., Dupré, L., Berger, N., Le Bouffant, C., Scalabrin, & J.-F., Bourillet. “Fluid emissions at the Aquitaine Shelf (Bay of Biscay, France): A biogenic origin or the expression of hydrocarbon leakage?”, *Continental Shelf Research*, 88(October), 24–33, 2014.
- [3] K. Colbo, T. Ross, C. Brown, and T. Weber, “A review of oceanographic applications of water column data from multibeam echosounders,” *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, vol. 145, pp. 41–56, 2014.
- [4] I. Leblond, C. Scalabrin, and L. Berger, “Acoustic monitoring of gas emissions from the seafloor. Part I: quantifying the volumetric flow of bubbles,” *Mar. Geophys. Res.*, vol. 35, no. 3, pp. 191–210, 2014.
- [5] M. Cevatoglu, J. M. Bull, M. E. Vardy, T. M. Gernon, I. C. Wright, and D. Long, “Gas migration pathways, controlling mechanisms and changes in sediment acoustic properties observed in a controlled sub-seabed CO<sub>2</sub> release experiment,” *Int. J. Greenh. Gas Control*, vol. 38, pp. 26–43, 2015.
- [6] P. Taylor, H. Stahl, M. E. Vardy, J. M. Bull, M. Akhurst, C. Hauton, R. H. James, A. Lichtschlag, D. Long, D. Aleynik, M. Toberman, M. Naylor, D. Connelly, D. Smith, M. D. J. Sayer, S. Widdicombe, I. C. Wright, and J. Blackford, “A novel sub-seabed CO<sub>2</sub> release experiment informing monitoring and impact assessment for geological carbon storage,” *Int. J. Greenh. Gas Control*, vol. 38, pp. 3–17, Jul. 2015.

[7] Blomberg, E. A., Sæbø, T. O., Hansen, R. E., Pedersen, R. B. and Austeng, A.: Automatic Detection of Marine Gas Seeps Using an Interferometric Sidescan Sonar. IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING, 2016

[8] Leifer, I., Chernykh, D., Shakhova, N. Semiletov, I.: Sonar gas flux estimation by bubble insonification: application to methane bubble flux from seep areas in the outer Laptev Sea. The Cryosphere, 11, 1333–1350, 2017

[9] Leifer, I. and Tang, D. J.: The acoustic signature of marine seep bubbles, Journal of the Acoustical Society of America, Express Letters, 121, EL35–EL40, 2006.

[10] Lurton, X.: An Introduction to Underwater Acoustics: Principles and Applications, Chichester, U.K.: Springer-Praxis, 2002

[11] Urban, P., Koser, K. and Greinert, J.: Processing of multibeam water column image data for automated bubble/seep detection and repeated mapping. Limnology and Oceanography: Methods, 1-21, 2017

[12] Fonseca, Luciano, Brown, Craig, Calder, Brian, Mayer, Larry, Rzhzanov, Yuri Angular range analysis of acoustic themes from Stanton Banks Ireland: A link between visual interpretation and multibeam echosounder angular signatures. Applied Acoustics., v.70, p.1298 - 1304, 2009.

## NUMERICAL SIMULATION OF A CONNECTED-PIPE TEST RAMJET MOTOR

*Data de aceite: 01/08/2022*

### Douglas Carvalho Cerbino

Universidade de Brasília, Faculdade UnB-FGA,  
Área Especial de Indústria Projeção A, Setor  
Leste, Gama, Brasília-DF  
<http://lattes.cnpq.br/8893737855566129>

### Olexiy Shynkarenko

Universidade de Brasília, Faculdade UnB-FGA,  
Área Especial de Indústria Projeção A, Setor  
Leste, Gama, Brasília-DF  
<http://lattes.cnpq.br/0072881392129534>

**ABSTRACT:** This work presents analytical and numerical simulations of a ramjet engine developed at the Chemical Propulsion Laboratory (CPL) of the University of Brasilia (UnB) to aid its design and safety for future hot tests. The test facility comprises a connected-pipe test bench with a heater simulating the diffuser flow. The test bench's primary objective is to study the ramjet combustion chamber performance and the cooling wall effect provided by the presence of the flame holders. Transient time-averaged Navier-Stokes equations in two-dimensional form and the  $k-\varepsilon$  turbulence model describe the flow behavior. The non-premixed model based on GriMech 3.0 mechanism takes into account chemical transformations. Implementing the structured mesh and mesh sensitivity analysis yielded optimal simulation accuracy and time. The numerical simulation studies the motor performance in three flight regimes. The validation of the simulation results

to analytical and numerical ones presented an acceptable level of data conformity. As a main result, CFD simulations proved the ramjet wall cooling concept with an efficient flame holder and separator. Consequently, more advanced simulations will be provided in the future resulting in recommendations for hot tests.

**KEYWORDS:** Ramjet, CFD, Non-premixed combustion.

### SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE UM MOTOR RAMJET DE TESTE DE TUBO CONECTADO

**RESUMO:** Este trabalho apresenta simulações numéricas e analíticas de um motor ramjet desenvolvido no Laboratório de Propulsão Química (CPL) da Universidade de Brasília para auxiliar o seu design e segurança para futuros testes quentes. A instalação de testes compreende uma bancada de testes do tipo tubo-conectado com um aquecedor simulando o fluxo do difusor. O objetivo primário da bancada de testes é estudar a performance da câmara de combustão e o efeito de resfriamento das paredes provido pela presença dos ancoradores de chama. Equações de Navier-Stokes transientes temporais-médias na forma bidimensional e o modelo de turbulência  $k-\varepsilon$  descrevem o comportamento do fluxo. O modelo de chama sem pré-mistura baseado no mecanismo GriMech 3.0 leva em conta as transformações químicas. A implementação de uma malha estruturada e de uma análise de sensibilidade de malha forneceram a acurácia e o tempo ótimos para a simulação. A simulação numérica estuda o motor em três regimes de voo distintos. A validação dos

resultados da simulação com os resultados analíticos e numéricos apresentaram nível de conformidade aceitável dos dados. Como principal resultado, as simulações fluidodinâmicas provaram o conceito de resfriamento das paredes do ramjet com ancoradores de chama e separador. Conseqüentemente, simulações mais avançadas serão providenciadas no futuro, resultando em recomendações para os testes quentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ramjet, Fluidodinâmica Computacional, Combustão sem pré-mistura.

## 1 | INTRODUCTION

The performance analysis of air-breathing engines is more complex than conventional rockets because it strongly changes with the imposed flight conditions, such as Mach number, altitude, and angle of attack. In the engine development, before the complete propulsive system testing, the combustors of the ramjet are examined alone on the connected-pipe test bench (SARIŞIN, 2005). This type of test table is composed of a heater, which primary function is to simulate the diffuser flow, the combustion chamber, which promotes the energy increment in the system by combustion reactions, and the nozzle, which is responsible for accelerating the flow particles as a consequence of its momentum organization provided by the internal motor shape (ANDERSON, 2011). Figure 1 presents the engine schematics assembled at the laboratory.

The heater simulates the diffuser exit flow properties, such as pressure, temperature, and mass flux of the engine operating in natural conditions. The heater's primary purpose is to increase the flow temperature by the combustion process of a relatively small amount of fuel (SARIŞIN, 2005). Its functioning is similar to the combustion chamber, which will be described further. SHYNKARENKO et al. (2019) conducted an experimental investigation of hydrocarbon-based fuels. One of the results was estimating the vitiated air's thermodynamic state at the combustion chamber's entrance as a function of flight altitude and Mach number. Figure 2 shows the air stagnation temperature and pressure for different flight altitudes and velocities.

Injectors, flame holders, and an igniter are in a liquid ramjet engine combustion chamber. These three elements create efficient and controlled conditions and increase the system's temperature.

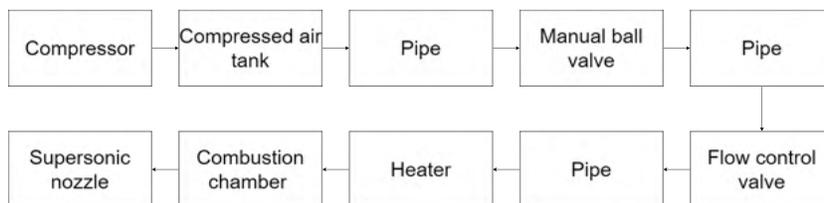


Figure 1. Engine schematics

A homogeneous mixture requires a well-distributed injector pattern. At the engine assembled at the Laboratory, the 304L stainless steel ring collector has the injectors evenly spaced across the circumference. The ignitor's objective is to begin the burning process in the combustion chamber. Finally, the flame holders generate recirculation zones for efficient combustion. It also allows the combustion to be self-sustained after the ignition and separate cold and hot flow regions. Avoiding the contact of hot gas areas with the engine walls, which could have structural damage due to high temperatures at the core of the combustion process, is also essential (BAILEY, 1960).

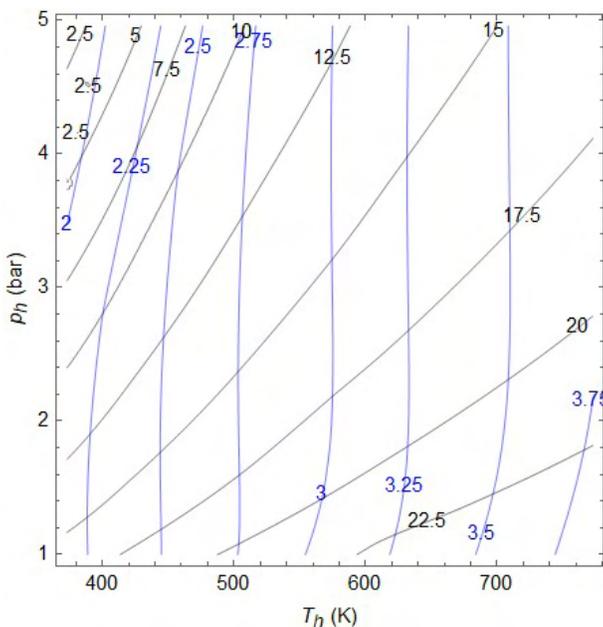


Figure 2. Temperature and absolute pressure as a function of flight altitude (km) - black, and Mach number - blue (SHYNKARENKO et al., 2019).

The nozzle's principal function is the flow's acceleration to generate as much thrust as possible. This effect is a consequence of the geometry change. The flow velocity change happens through the organization of the momentum of the highly diffuse particles at the end of the combustion chamber, so the thermal energy transforms into kinetic energy at the nozzle.

According to MATTINGLY (2006), the ramjet engine operates at the Brayton thermodynamic cycle, which has four principal transformations (CENGEL; BOLES, 2019). The connected-pipe test bench's thermodynamic cycle corresponds to the actual engine cycle in the combustion chamber, nozzle, and heat loss transformations. With the main objective of studying the combustion chamber, the transformation of heat increment is the main cycle parameter compared with simulations. In other words, the temperatures before

and after the combustion process in the combustion chamber are compared. A detailed study of the engine's thermodynamic cycle and the detailed numerical simulation analysis shown in this paper for three flight regimes can be found in (CERBINO, 2021). Table 1 presents three test cases representing flight regimes chosen for the validation of the project. Table 1 also shows the engine's specific impulse  $I_{sp}$ , the temperature at the end of the heater  $T_h$ , and the combustion chamber outlet  $T_{max}$  obtained by analytical calculations.

Case No.	Case No.	Altitude (km)	$I_{sp}$ (s)	$T_h$ (K)	$T_{max}$ (K)
01	2.5	14.0	2133	483	1869
02	2.75	16.0	1974	537.4	2009
03	3.0	18.0	2009	597	2131

Table 1 - Simulated flight regimes.

The current study originates from the research and development project about designing the ramjet motor for a highly-maneuvrable missile. The test motor created at the Chemical Propulsion Laboratory of the University of Brasilia (CPL) can operate at high-altitude conditions from 10 to 20 km and Mach from 2.5 to 3.0. The testing equipment creates such flight conditions on the ground utilizing the connected-pipe test bench. The works (AZEVEDO et al., 2018; FREITAS; SHYNKARENKO, 2020; AZEVEDO et al., 2019; SHYNKARENKO; CONTIJO, 2020) describe the infrastructure of the testing equipment. Besides the flow system schematics, other research is devoted to this motor's subsystems. For example, the papers (SHYNKARENKO; SIMONE 2020; SHYNKARENKO et al. 2015; FILHO; SHYNKARENKO; SIMONE; 2018; SHYNKARENKO et al.2019; SOUZA; SHYNKARENKO, 2017) describe not only studies on the ignition system design for the heater and main combustion chamber of the motor but also studies on the combustion of hydrocarbons in the flow path numerically. A small-scale solid-fuel ramjet motor is a predecessor of the current development. The works (SHYNKARENKO; CONTIJO, 2020; AZEVEDO et al., 2019) study such motor flow behavior and control. Work (CERBINO, 2021) shows advancements in evaluating global motor performance.

There are very few works in the area of the project. However, many researchers widely studied the fundamental flow processes and their numerical simulations in the last decades applicable in the current study. For example, Yi et al. (2019) provided the combustion characteristics of a  $CH_4/O_2$  rapid mixed torch for a hybrid rocket motor. Haidn (HAIDN et al., 2016) studied hydrocarbon combustion for rocket applications. Oxy-fuel combustion of methane in a swirl tubular flame burner under various oxygen contents was checked (LI et al., 2017), and ignition characteristics and combustion performances of an oxygen-methane small thrust rocket engine in (JIAG; QING-LIAN; CHI-BING, 2018). The work (PAULY; SENDER; OSCHWALD, 2009) researches the ignition of a gaseous methane/

oxygen coaxial jet and work (MELVIN; MOSS, 1975) - structure in methane-oxygen diffusion flames. Combustion characteristics of the methane-oxygen diffusion flame in a model combustor and flammability characteristics of combustible gases and vapors were investigated (SEONG; JOON; JEONG, 2017; ZABETAKIS, 1965).

The validation of combustion in an axisymmetric natural gas furnace and turbulent mixing of two streams with different densities were studied (WESTBROOK; DRYER, 1981; UITTENBOGAARD, 1989). Work (HUANG; GROVES, 1976) examined turbulent flow with separation along an axisymmetric afterbody, and research (KAYS; CRAWFORD, 1993) simulated multicomponent species transport in pipe flow.

The principal motivation of the current study is research for the preparation phase for safe experimental tests. This work investigates the ramjet motor assembled at CPL by the numerical simulation and validates the results with analytical and numerical calculations. The work is innovative and novel from a computational point of view because its methodology utilizes a concept of the overall energy balance to simulate the flow properties inside the engine. It includes combustion energy liberation, its transformation to a thrust force, and consumption by the external sources according to the force balance described (CERBINO, 2021). In such a way, the flow simulation adapts to the flight regime simulated in the experiments.

This work aims to provide a numerical study of the chemically reacting, compressible viscous flows inside the ramjet engine. The following research is necessary to reach this objective: search for an appropriate numerical method, analyze the geometry, build and validate the structured mesh and organize numerical simulations.

## 2 | METHODOLOGY

The Authors used ANSYS Fluent software (ANSYS, 2013) to solve bi-dimensional axis-symmetrical transient time-averaged Navier-Stokes equations (ANDERSON, 2011) that describe the flow in ramjet engine. The  $k-\varepsilon$  *Realizable* turbulence model describes near-wall viscous processes in the computational volume. Simulation of similar-to-ramjet flow structures previously studied in a laboratory environment proved the efficiency of the turbulence model after its validation with experimental data. A comprehensive discussion about the flow model is provided in (BARDINA; HUANG; COAKLEY, 1997) and (ANSYS, 2013).

In the non-premixed combustion model, the reactants enter the reaction zone from two distinct streams (ANSYS, 2013). The flame type present in this model is the diffusion flame. The global reaction rate is typically limited by the molecular diffusion of the chemical species towards the flame front (WARNATZ; MAAS; DIBBLE, 2006). With the assumption that the chemical species react at the exact moment they mix at the molecular level, the problem is simplified to determine how the oxidizer mixtures with the fuel. The mixture

problem is heavily simplified when one assumes equal diffusivities for all the scalars. Consequently, the solution focuses on the mixture of only one variable,  $f$ , which is the variable to be transported to the model. The set of equations solved by the CFD software is detailed in (ANSYS, 2013).

The domain edges use the following boundary definitions of ANSYS Fluent: the “mass flow inlet” of air at the left far end of the domain; two “mass flow inlets” of fuel located at the tip of the heater and combustion chamber injectors; the “axis” represented by the inferior line of the geometry; the “pressure outlet” at the far right end of the domain; and the remaining borders were defined as the “wall.” Figure 3 shows the simulation domain and its details.

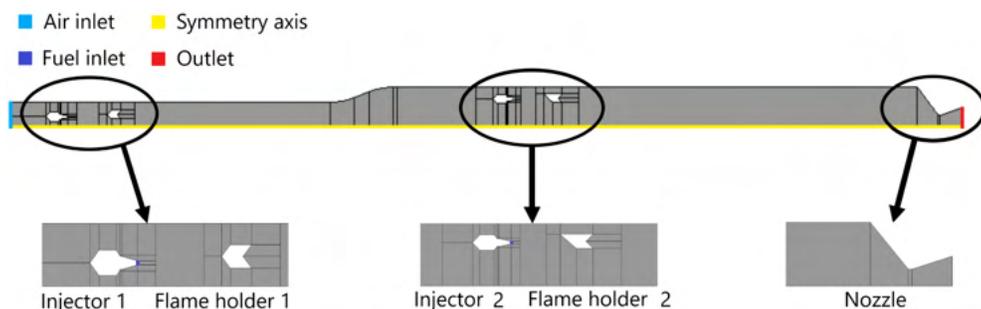


Figure 3. Computational domain.

The equation system uses the averaged Navier-Stokes equations for compressible viscous flows. The  $k-\epsilon$  *Realizable* turbulence model with the scalable wall functions accounts for viscous effects and wall interactions. The non-premixed combustion model uses the Gri-Mech 3.0 chemical kinetics mechanism.

The coupled scheme with pseudo-transient and high-order term relaxation is selected in the methods. Monitors aided the simulation convergence analysis using the mass flux balance and the heat transfer rate on the walls as principal parameters. At first, it is solved in 2,000 iterations with automatic time steps using the option *verbosity* to check the initial stability and the flow time. After these iterations, a time step was one order of magnitude lower than the automatic time step (in this work, the time step is  $10^{-5}$  s at this stage) to reduce the value of residuals and assist the convergence.

The spatial discretization has the following settings: least cell square-based for gradient treatment, first-order upwind for density, momentum, and discrete ordinates, second-order upwind for pressure, turbulent kinetic energy and dissipation rate, energy, mean mixture fraction, and mixture fraction variance.

The authors provide the validation of the flow simulation with analytical methods described in (ANDERSON, 2011), numerical calculation using the quasi-one-dimensional

model in Rocket Propulsion Analysis (RPA) software, Ansys Verification Models (ANSYS, 2013), combustion analysis (WARNATZ; MAAS; DIBBLE, 2006), and the mesh sensitivity analysis explained in details in (CERBINO 2021).

## 3 | RESULTS

### 3.1 Mesh sensitivity analysis

Due to the axial symmetry of the engine, the numerical simulations used the axis-symmetric two-dimensional approach. The meshing algorithm utilized the face-meshing function on all faces of the domain. Figure 3 represents the domain division to apply the sizing function. All meshing zones are composed of quadrilateral elements aligned with flow direction (most favorable for CFD simulations to reduce the computational error). The mesh is refined near the walls, injectors, and flame holders, as these regions have higher parameter gradients. Thus, more minor elements are needed to represent effects such as the boundary layer, flamelets, and viscous effects.

Four different meshes are created with ANSYS Meshing to study the influence of grid refinement on the results. The first (coarse mesh) comprises approximately 102,000 elements; the second (medium mesh) has 183,000 elements. The third (refined mesh) has 333,000 cells, and the fourth (most refined mesh) has 512,000 elements. All meshes have the worst element quality in the range of 0.41; the mean element quality is around 0.98.

Figures 4 and 5 show the heat flux distribution along the walls and the temperature across the radial direction after the heater. The figures demonstrate that meshes 3 and 4 have almost overlapped results. Thus, mesh number three can be considered the optimal mesh for the system as the corresponding values do not differ significantly from mesh 4. The mesh has 2,009 divisions in the axial direction and from 47 to 237 at the inlet and outlet in the radial direction.

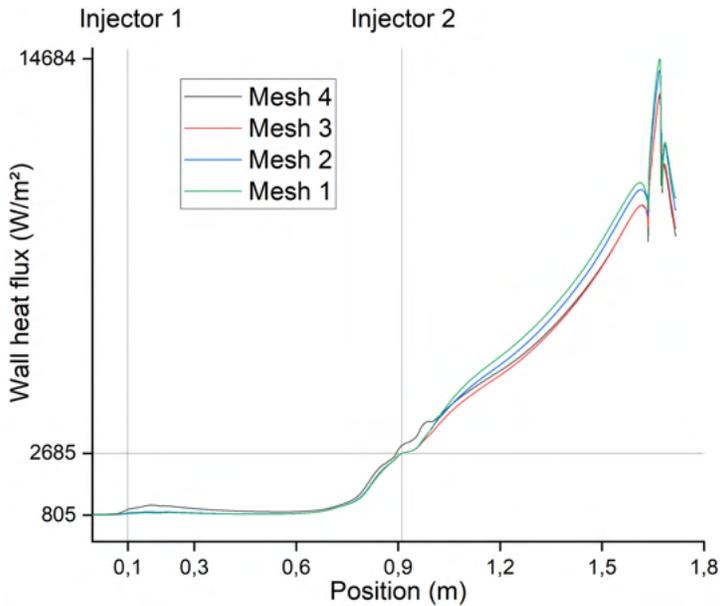


Figure 4. Heat flux on the engine wall.

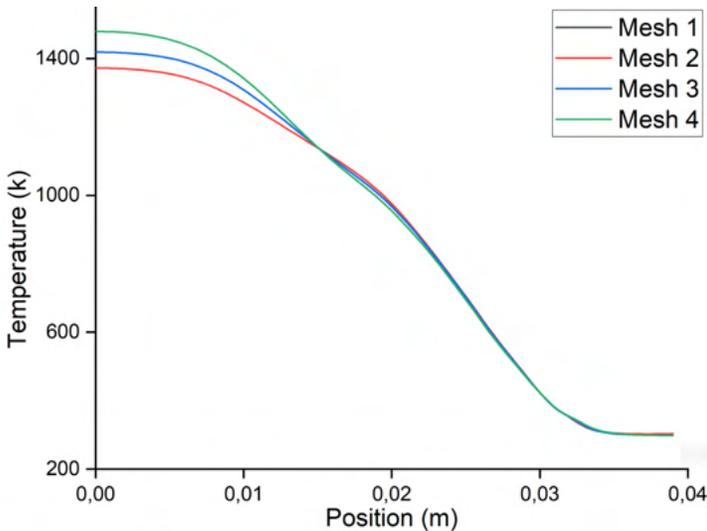


Figure 5. Radial distributions of temperature after the heater.

### 3.2 Temperature distributions

The area-averaged temperature after the combustion chamber throughout the entire radial direction showed a lower value for the mean temperature when compared to analytical results. Such a phenomenon occurs because of the flow separation effect. The flame holders generate an incomplete combustion zone near the engine walls yielding an excess

of oxidizer and lower temperatures. Thus, to make an equivalent comparison between the simulation and analytical results, the mean temperature data is collected only in the reaction zone to produce an equivalent comparison between the simulation and analytical results. The simulation showed the area-averaged temperature after the heater of 494.6 K, 520 K, and 603 K for test cases 1, 2, and 3, respectively. After the combustion chamber, the temperatures were 1934.8 K, 1996.9 K, and 2030.9 K, respectively.

Additional Rocket Propulsion Analysis (RPA) simulations were conducted to validate the analytical model. The values of the maximum temperature of these simulations are 1888.7 K (test case 1), 2083.3 K (test case 2), and 2145.4 K (test case 3). Comparing the analytical model and RPA simulation results, a maximum deviation of 3.5% is obtained. A maximum deviation of 5.33% (test case 3) is obtained when RPA results are compared with the CFD simulations. This error increase is a consequence of two distinct situations: as the heater simulates the diffuser flow by a combustion process, the oxygen concentration of the air that reaches the combustion chamber is lower. Thus the energy released in the combustion process at the combustion chamber is slightly lower than the actual engine, also yielding to a lower final temperature when compared to the analytical result, and due to the flow separation of the flame holders mentioned in the previous paragraph.

Analysis of interior walls' temperature distributions showed a maximum value of 1089 K at the end of the combustion chamber (test case 2). Thus structural safety is guaranteed as the maximum temperature observed for all test cases near the axis of the combustion chamber and on the walls did not exceed the material thermal limit. Figure 6a displays temperature fields inside the computational domain for all test cases. Notably, temperature drop occurs at the transition zone between the heater and the combustion chamber in all cases. This process results from two zones with significantly different densities and temperatures. One area consists of a dense cold peripheral flow that protects the wall, and the other one of a low-density axial hot flow with intense combustion. Figure 6b demonstrates the mixing of two flows in the transition zone between the heater and the combustion chamber, decreasing the overall mean temperature. Figure 6c shows the density distribution inside the engine for test case 2.

It is important to note that from Fig. 6, a scale factor of 2:1 on the axial direction is applied for better visualization.

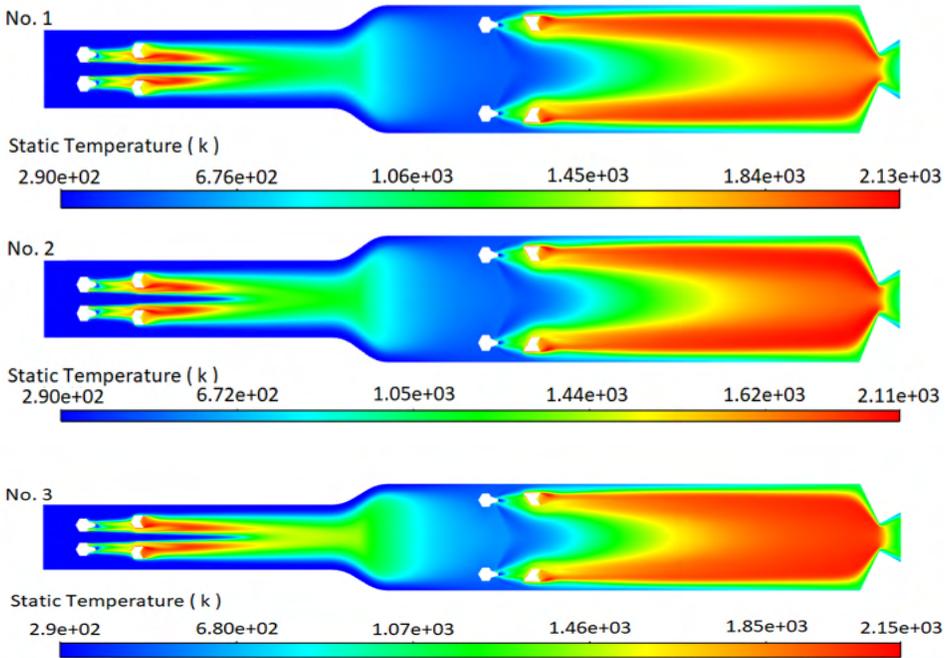


Figure 6. Simulated cases temperature contours.

### 3.3 Velocity, vorticity, and path lines

Figure 7 shows the Mach number, vorticity, and pathlines, respectively. Analysis of the pathlines determined the recirculation regions (lines in black in Fig. 7) near the flame holders, the combustion chamber entrance, and a small recirculation zone near the injectors. Low velocities observed on Mach number contours and high vorticity values at regions mentioned before confirm the recirculation zone locations.

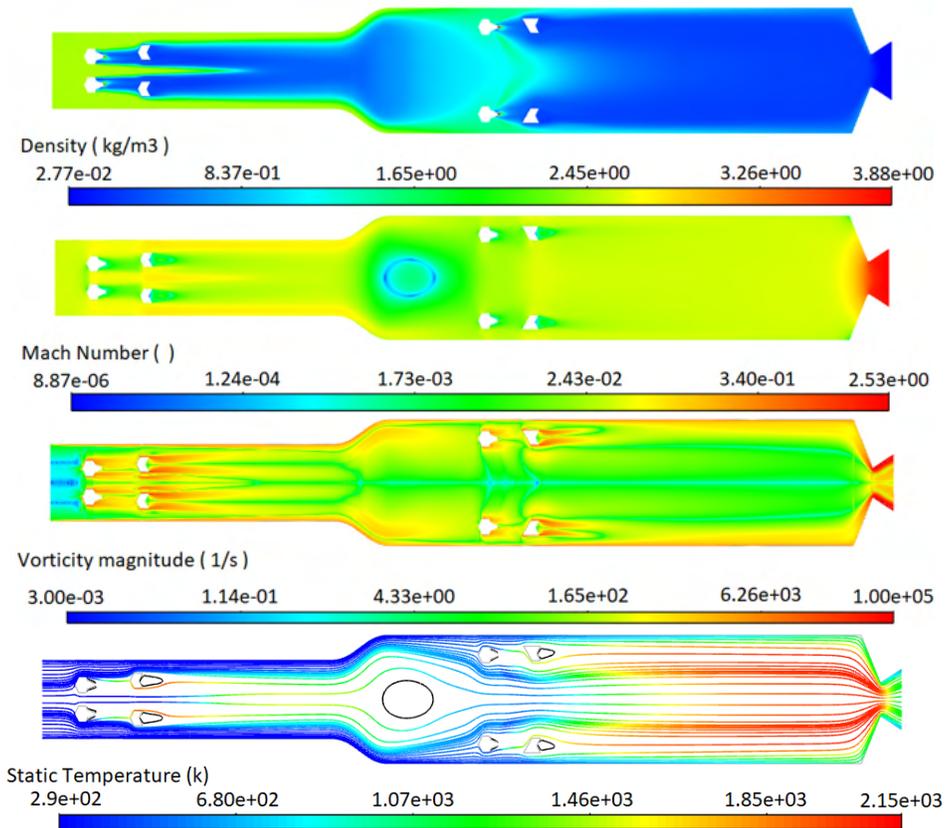


Figure 7. Density, Mach, vorticity contours, and pathlines.

## 4 | CONCLUSIONS

The bibliographic review made it possible to define the methods needed to make the numerical simulations properly. The bi-dimensional computational domain represents axis-symmetric flow in the engine. The structured mesh consists of quadrilateral elements refined according to the flow gradients in the boundary layer and the intense combustion regions. The mesh sensitivity analysis confirmed the mesh independence of results, ensuring the optimal accuracy and time for simulations. The chosen mesh presented close-to-optimal values for mean element quality as well as for the worst elements. Effects of temperature values after the heater and after the combustion chamber of simulations shown in section 3.2 presented a maximum deviation of approximately 4.7% when compared to analytical results presented in Table 1. Thus, the simulation results have a 5% tolerance deviation. The flame holders confirmed the presence of the flow separation regions and generation of the recirculating zones. Consequently, the simulation shows the efficient wall cooling by a cold gas layer near the wall. The combustion occurs in the engine's central region, which is self-sustained.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the University of Brasilia, FAPDF, CNPq, and the Chemical Propulsion Laboratory of UnB for the financial and technical support of the research project.

## REFERENCES

ANDERSON, J. D. **Fundamentals of Aerodynamics**. McGraw-Hill Companies, Inc, Avenue of the Americas, New York, NY 10020., 6 edition, 2016.

AZEVEDO, V. A.; ALVES, I.; SHYNKARENKO, O.; VERAS, C. A. G. **Experimental investigation of high regression rate paraffin for solid fuel ramjet propulsion**. In 1 Congr. Aeroesp. Bras. – Edição Especial Plêiade, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2018.

AZEVEDO, V. A.; ALVES, I.; SHYNKARENKO, O.; VERAS, C. A. G. **Experimental investigation of high regression rate paraffin for solid fuel ramjet propulsion**. AIAA Prop. and Energy 2019 Forum, Indianapolis, IN, USA, 2019.

BAILEY, F. W. **Flame holder construction**. Current Assignee: Curtiss Wright Corp. Inventor: F. W. Bailey. Attorney: V.D. Behu. 2,941,362. Filed: 2 Nov. 1953. Application granted: 21 Jun. 1960., 1960.

BARDINA, J. E.; HUANG, P. G.; COAKLEY, T. J. **Turbulence modeling validation**, testing, and development. Technical report, Moffett Field, California, 1997.

CENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. **Thermodynamics: An engineering approach**. McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York, NY 10121, 9 edition, 2019.

CERBINO, D. C. **Simulação de fluxo dentro de um motor estado-reator**. Bachelor thesis, Universidade de Brasília - Faculdade do Gama (UnB - FGA), 2021.

FILHO, J.; SHYNKARENKO, O.; SIMONE, D. **Numerical study of the cooling effect inside a CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> torch ignition system for hybrid RM**. In 1 Congr. Aeroesp. Bras. – Edição Especial Plêiade, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2018.

FREITAS, L. C.; and SHYNKARENKO, O. **Experimental and analytical study of the cold flow inside a ramjet test engine**. J. Aerosp. Technol. Manag., 2020.

Haidn, O.; CELANO, M. P.; MENG, L.; CHRISTOF, R.; SILVESTRI, S.; SLAVINSKAYA, N. **On methane/oxygen combustion for rocket applications**. Proceedings of the International Symposium on Innovation and Prospects of Liquid Propulsion Technology, Xi'an, China, 2016.

HUANG, T.; GROVES, N. **Propeller/stern boundary layer interaction on axisymmetric bodies: Theory and experiment**. David W. Taylor Naval Ship Research and Development Center Report, vol. 76-0113., 1976.

JIAQ, Z.; QING-LIAN, L.; CHI-BING, S. **Ignition characteristics and combustion performances of a LO<sub>2</sub>/GCH<sub>4</sub> small thrust rocket engine**. J. Cent. South Univ., vol. 25, pp. 646–652, 2018.

KAYS, W.; CRAWFORD, M. **Convective Heat and Mass Transfer**. 3rd Ed. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, NY., 1993. [29] ANSYS Fluent Theory Guide. ANSYS Inc., 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317, 2013.

LI, B.; SHI, B.; ZHAO, X.; MA, K.; DINGJIANG, X.; ZHAO, D.; LI, J. **Oxy-fuel combustion of methane in a swirl tubular flame burner under various oxygen contents: Operation limits and combustion instability**. Exp. Therm. Fluid Sci., vol. 90, 2017.

MATTINGLY, J. D. **Elements of Propulsion: Gas Turbines and Rockets**. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, Alexander Bell Drive, Reston, Virginia, 2006.

MELVIN, A.; MOSS, J. **Structure in methane-oxygen diffusion flames**. Symp. (Int.) Combust., vol. 15, pp. 625–636, 1975.

PAULY, C.; SENDER, J.; OSCHWALD, M. **Ignition of a gaseous methane/oxygen coaxial jet**. Prog. Propuls. Phys., n. 1, pp. 154–170, 2009.

SARÇIN, M. N. **Design of a connected pipe test facility for ramjet applications**. Master's thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2005.

SEONG, B.; JOON, B.H.; JEONG, D. K. **Combustion characteristics of the methane-oxygen diffusion flame using swirl-coaxial injector in a model combustor**. Proceedings of the 53rd AIAA/SAE/ASSEE Joint Propulsion Conference, 2017.

SOUZA, K.; SHYNKARENKO, O. **Development of a measurement system of temperature and pressure in the combustion chamber of a torch ignition system**. In Proceedings of the 24th International Congress of Mechanical Engineering, Curitiba, Brazil, 2017.

SHYNKARENKO, O.; AZEVEDO, V. A.; VERAS, C. A. G.; ALVES, I. **Experimental investigation of hydrocarbon based fuels in solid fuel ramjet propulsion**. 70th International Astronautical Congress (IAC), 2019a.

SHYNKARENKO, O.; CONTIJO, M. **Development of a thrust control system for rocket engines**. In 71st International Astronautical Congress (IAC), The CyberSpace Edition, 2020.

SHYNKARENKO, O.; FILHO, S. R. V.; ISHIOKA, I. S. K.; and HABL, L. T. C. **Design of a nitrous oxide/methane ignition system for hybrid rocket motor**. Journal of Dnipropetrovsk University, Series of Rocket Technology, 2015.

SHYNKARENKO, O.; SIMONE, D. **Oxygen–methane torch ignition system for aerospace applications**. Aerospace, 2020.

SHYNKARENKO, O.; SIMONE, D.; ANDRIANOV, A.; LEE, J.; BERTOLDI, A. E. M. **Experimental and numerical study of the flammability limits in a CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> torch ignition system**. Energies, 15, 3857, 2022.

UITTENBOGAARD, R. **Stably stratified mixing layer**. Data Report for the 14th meeting of the IAHR Working Group on Refined Flow Modeling, vol., 1989.

WARNATZ, J.; MAAS, U.; DIBBLE, R. W. **Combustion**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 4 edition, 2006.

WESTBROOK, K.; DRYER, L. **Simplified reaction mechanism for the oxidation of hydrocarbon fuels in flames**. Combustion Science and Technology, vol. 27, pp. 31–43, 1981.

Yi, W; ZHANG, Z.; FUWEN, L.; WANG, N. **Combustion characterization of a CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> rapid mixed swirl torch igniter for hybrid rocket motor**. Aerosp. Sci. Technol., vol. 98, 2019.

ZABETAKIS, M. **Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors**. U.S. Department of the Interior. Bureau of Mines: Washington, DC, USA, 1965.

## UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E O CAMPO CONCEITUAL DAS ESTRUTURAS ADITIVAS

*Data de aceite: 01/08/2022*

*Data de submissão: 03/07/2022*

**Grazielle Jenke**

Universidade do Vale do Itajaí – Univali  
Itajaí – SC  
<http://lattes.cnpq.br/9021396855352620>

**Verônica Gesser**

Universidade do Vale do Itajaí – Univali  
Itajaí – SC  
<http://lattes.cnpq.br/0666108693463895>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi de examinar a abordagem da Teoria dos Campos Conceituais e o Campo Conceitual Aditivo nos estudos que envolvem esse tema, através de uma revisão sistemática da literatura entre as publicações realizadas entre os anos de 2011 e 2021. A coleta de dados considerou o período entre os anos de 2011 e 2021 e os descritores: “Campo Conceitual Aditivo”, “Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática” e “Gerard Vergnaud” AND “Papel do Professor”. Após todas as etapas da revisão bibliográfica sistemática, enquadraram-se nesse trabalho 27 publicações. Observou-se que 8 publicações se elucidaram exclusivamente nas teorias observadas e 19 publicações buscaram também outros aportes teóricos, o que revelou se tratar de uma teoria menos abrangente. De outro lado, ofereceu suporte para a análise metodológica dos dados, pois orientou de que forma deve-se analisar os dados coletados. Das publicações

aqui analisadas, 21 realizaram a análise e discussão dos dados à luz da Teoria dos Campos Conceituais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Revisão de literatura, Teoria dos Campos Conceituais, Campo Conceitual Aditivo.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to examine the approach of The Theory of Conceptual Fields and the Additive Conceptual Field in studies involving this topic, through a systematic review of the literature among the publications carried out between the years 2011 and 2021. The data collection considered the period between 2011 and 2021 and the descriptors: “Additive Conceptual Field”, “Conceptual Field” AND “Gerard Vergnaud” AND “Mathematics” and “Gerard Vergnaud” AND “Teacher’s Role”. After all the steps of the systematic literature review, 27 publications were included in this work. It was observed that 8 publications were elucidated exclusively on the observed theories and 19 publications also sought other theoretical contributions, which revealed that it was a less comprehensive theory. On the other hand, it offered support for the methodological analysis of the data, as it guided how the collected data should be analyzed. Of the publications analyzed here, 21 performed the analysis and discussion of data in the light of the Theory of Conceptual Fields.

**KEYWORDS:** Literature review, Theory of Conceptual Fields, Additive Conceptual Field.

## 1 | INTRODUÇÃO

A necessidade de uma aprendizagem efetiva está inserida na perspectiva de que o aluno avança em sua trajetória escolar à medida que compreende e interioriza os conceitos. Esta ideia encontra alicerce na Teoria dos Campos Conceituais (TCC), de Gerard Vergnaud, por ela amplia-se o foco piagetiano das operações lógicas gerais, para o estudo do funcionamento cognitivo do sujeito, com foco no que se passa na sala de aula, principalmente pelos conteúdos do conhecimento. Esta teoria defende que o conhecimento está organizado em “gavetas”, denominadas de Campos Conceituais os quais são compostos por situações, problemas, relações, estruturas, conceitos e teoremas inter-relacionados (VERGNAUD, 1993). A estrutura de conhecimento, apresentada por Vergnaud, permite analisar as tarefas cognitivas e os procedimentos adotados pelo aluno durante a aprendizagem de um determinado Campo Conceitual.

Estudos sobre os procedimentos adotados pelos alunos quando estão diante de situações problemas (nesta teoria chamados de sujeitos-em-ação) vêm crescendo desde 2011. Ao buscar a palavra-chave “Campo Conceitual”, no portal de periódico Capes, encontramos 6.535 artigos, destes 5.056 foram publicados entre 2011 e 2021. Ao buscarmos uma pesquisa que compile os estudos realizados, neste mesmo período, nada foi encontrado. Este fato nos revela que estamos tratando de um tema atual e pertinente, bem como aponta para a necessidade de se realizar um estudo sistematizado sobre essas publicações.

O objetivo deste trabalho é examinar a abordagem da Teoria dos Campos Conceituais e o Campo Conceitual Aditivo nos estudos que envolvem esse tema, através de uma revisão sistemática da literatura entre as publicações realizadas entre os anos de 2011 e 2021. Na primeira parte, abordamos o tipo de busca, as bases de buscas e os critérios de inclusão e exclusão, avaliados quanto à qualidade metodológica. Na segunda parte deste trabalho, apresentamos os resultados, onde são sintetizadas as informações disponibilizadas pelos artigos que foram incluídos nesta revisão. Por fim, apresentamos as considerações finais, momento que são informadas as evidências encontradas sobre a Teoria dos Campos Conceituais e o Campo Conceitual Aditivo.

## 2 | MÉTODO

Este estudo se constitui de uma revisão bibliográfica, de caráter sistemático, voltada para a Teoria dos Campos Conceituais e o Campo Conceitual Aditivo. A revisão bibliográfica busca obter uma ideia precisa sobre o estado atual dos conhecimentos sobre um determinado tema, sobre suas lacunas e sobre a contribuição da investigação para o desenvolvimento do conhecimento (LAKATOS; MARCONI, 2010). Sobre a revisão bibliográfica, destaca-se que esta tem sido de grande relevância para as produções científicas, principalmente no que se refere à definição do objeto de pesquisa, pois visam

identificar as tendências de estudos, as metodologias e analisar o que foi produzido em uma determinada época. Para Dane (1990) a revisão bibliográfica é importante para definir a linha limítrofe da pesquisa que se deseja desenvolver e para isso, é preciso definir as palavras chave, autores, periódicos e fontes de dados preliminares.

Conduzir a revisão bibliográfica de forma sistemática, favorece para o desenvolvimento de um trabalho com maior fidedignidade de dados. Shaw (1995) relata que um dos principais problemas de trabalhos que descrevem revisões da literatura sem o devido rigor, é a ênfase apenas na interpretação pessoal dos textos em linguagem narrativa. Por isso, o rigor e a relevância da revisão bibliográfica como embasamento de um trabalho de pesquisa não devem ser subestimados (HART, 1998).

A qualidade nas buscas e nos resultados da revisão bibliográfica sistemática derivam de um conjunto de passos, técnicas e ferramentas pré-determinadas. Para Levy e Ellis (2006) a revisão bibliográfica sistemática é o processo de coletar, conhecer, compreender, analisar, sintetizar e avaliar um conjunto de artigos científicos com o propósito de criar um embasamento teórico-científico sobre um determinado tema. Segundo os autores, esse processo se constitui em três etapas: entrada, processamento e saída. A primeira etapa, denominada de entrada, é composta pelos estudos primários, ou seja, pelas as informações que serão processadas na segunda etapa, por exemplo: periódicos, livros, dissertações e teses. Esta etapa também compreende o plano de como será conduzida a revisão bibliográfica sistemática. A segunda etapa, de processamento, consiste em conhecer e compreender a literatura sobre o tema, aplicar a revisão, analisar e compilar os resultados e, por fim, avaliar os resultados. E, a etapa três, é caracterizada pela síntese dos resultados e escrita do relatório.

A primeira etapa deste trabalho contou com a coleta de dados. Esta foi realizada no período de junho a julho de 2021, tendo contado com buscas nas bases de dados da: Scientific Eletrônico Library Online (SCIELO), Academic Search Premier (EbscoHost), Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Portal de Busca Integrada (SIBI-USP), Periódicos Capes e ArXiv. A escolha das bases de dados busca satisfazer a orientação de Medeiros e Tomasi (2008), de que as principais fontes a serem consultadas para a elaboração da revisão bibliográfica são estudos em periódicos científicos acadêmicos, livros, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses.

Como critério de inclusão, foram considerados o período e os descritores. Quanto ao período, foi definida a década entre os anos de 2011 e 2021, visto que levantamentos iniciais identificaram que, no período anterior a 2011, há escassez de artigos que abordam o estudo e a aplicação do Campo Conceitual Aditivo. No que diz respeito aos descritores, neste estudo foram incluídos artigos que apresentaram descritores como: “Campo Conceitual Aditivo”, “Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática” e “Gerard Vergnaud” AND “Papel do Professor”.

Inicialmente, a busca de publicações que se adequassem aos critérios de inclusão

resultou em 87 estudos, sendo 3 na Scientific Eletronic Library Online (SCIELO), 51 na Academic Search Premier (EbscoHost), 10 na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), 7 no Portal de Busca Integrada (SIBI-USP) e 16 nos Periódicos Capes. A única base que não trouxe resultados em nenhum dos descritores foi a ArXiv. Em relação aos descritores, 50 resultados foram encontrados com o descritor “Campo Conceitual Aditivo”, 35 com o descritor “Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática” e 2 com o descritor “Gerard Vergnaud” AND “Papel do Professor”.

Após a seleção dos artigos conforme os critérios de inclusão, procedeu-se com os critérios de exclusão, que foram: publicações não expressivas aos descritores e publicações duplicadas. Realizada a exclusão, restaram 28 publicações, destas 16 são periódicos científicos acadêmicos, 1 é livro, 4 são trabalhos de conclusão de curso e 7 são dissertações.

Encerrada a etapa de exclusão, prosseguiu-se para a terceira etapa deste trabalho, onde foram seguidos, nessa ordem, os seguintes passos: leitura exploratória; leitura seletiva e escolha do material que se adequam aos objetivos e tema deste estudo; leitura analítica e análise dos textos, finalizando com a realização de leitura interpretativa. Após estas etapas, constituiu-se a terceira etapa deste trabalho, a elaboração do texto, o qual agrupou os temas mais abordados em categorias.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Das 87 publicações encontrados na busca inicial, foram selecionados 28 para leitura e fichamento. Das publicações selecionadas, o ano de 2011 contou com 4 publicações, o ano de 2013 contou com 4 publicações, o ano de 2015 e o anos de 2017 apresentaram uma concentração de maior número de publicações, 5 em cada ano, o ano de 2016 contou com 2 publicações, o ano de 2018 contou com 4 publicações, o ano de 2020 contou com 3 publicações e o ano de 2021 contou com 1 publicação. O ano de 2012, o ano de 2014 e o ano de 2019 não apresentaram resultados.

Todas as 28 publicações apresentam a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud como referencial teórico, porém em relação às palavras-chave, apenas 10 publicações apresentam as palavras “Teoria dos Campos Conceituais” ou “Campos Conceituais” entre suas palavras-chave. As outras palavras chaves que mais aparecem são “Campo Conceitual Aditivo” ou “Campo Aditivo” e “Estruturas Aditivas”, em 7 e 5 publicações respectivamente.

Referente ao conteúdo matemático e físico estudado, 14 se alicerçam no Campo Conceitual Aditivo, 4 no Campo Conceitual Multiplicativo, 2 em ambos e 7 em outros conteúdos. Sobre os outros conteúdos estudados, 2 tratam de grandezas de volume, 2 de proporção, 1 de problemas de divisão, 1 de álgebra e 1 de física experimental, conforme apêndice A. Após leitura e fichamento dos artigos selecionados, identificou-se as categorias

evidentes considerando os temas mais abordados, Teoria dos Campos Conceituais e Campo Conceitual Aditivo. São elas: campo conceitual, situações, conceitos, esquemas, invariantes operatórios e campo conceitual aditivo.

A primeira categoria trata da compreensão do conceito de Campo Conceitual (CC). Para compreender esse conceito, é preciso saber que nosso conhecimento possui uma organização dentro da nossa estrutura cognitiva. Essa organização é denominada por Vergnaud (1993) de Campo Conceitual. Um campo conceitual reúne os elementos necessários para a compreensão de um determinado campo do conhecimento. Para isso, é composto por um conjunto de situações, problemas, relações, estruturas, conceitos e teoremas inter-relacionados (VERGNAUD, 1993), conforme a figura 1. Magina (2011, p.67) refere-se ao campo conceitual como “sendo um conjunto de problemas ou situações, cuja análise e tratamento requerem vários tipos de conceitos, procedimentos e representações simbólicas, os quais se encontram em estreita conexão uns com os outros”. A compreensão de um Campo Conceitual é tida na superação das dificuldades conceituais, que por sua vez, são superadas na medida em que são encontradas e enfrentadas, o que leva tempo, experiência, maturidade e aprendizagem.



FIGURA 1: Representação do conceito de Campo Conceitual

FONTE: JENSKE, 2011, p.33

A segunda categoria trata de Conceitos e na perspectiva de uma aprendizagem significativa, um Conceito não pode ser simplesmente reduzido à sua definição. Para Etcheverria et al (2015, p. 1185), Vergnaud (1996) conduz a considerar que

(...) a formação de um conceito está apoiada em um tripé de conjuntos (S, I, R), no qual S é um conjunto de situações, que dão sentido ao conceito (a referência); I é um conjunto de invariantes sobre os quais repousa a operacionalidade dos esquemas (o significado); e R é um conjunto de formas, que permitem representar simbolicamente o conceito, as suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento (o significante).

O que simbolicamente podemos representar por:  $C = (S, I, R)$ . Desta forma, um Conceito adquire significado através das linguagens e dos símbolos envolvidos na

representação de diferentes situações e na resolução diferentes problemas.

Na terceira categoria, aborda-se o conceito de situação. As situações são responsáveis pelo sentido atribuído ao conceito, pois é através de uma variedade de situações que um conceito se torna significativo. O conceito de situação proposto por Vergnaud (1993) refere-se aos processos cognitivos e as respostas do sujeito, que variam em função das “situações” com que ele se confronta. Ou seja, tarefas, atividades, problemas ou desafios propostos ao sujeito. É importante destacar que um campo conceitual apresenta várias situações e que os conhecimentos dos sujeitos são construídos por situações que eles enfrentaram e dominaram. O sujeito se desenvolve pela formação de conceitos que lhe permitem tratar diversas situações, inclusive situações diferentes daquelas já vistas e não aprendendo uma solução para cada situação.

Esquema é o conceito abordado nessa quarta categoria. Os esquemas são as estratégias que os sujeitos selecionam para resolver determinada situação. Podem ser algoritmos ou procedimentos heurísticos. Na aprendizagem da matemática existem diversos exemplos de esquemas, como o algoritmo da adição, subtração, multiplicação e divisão de números inteiros. Segundo Vergnaud (1993, p. 2) “(...) esquema é a organização invariante do comportamento para uma classe de situações dada.”. O conceito de esquemas agrega alguns ingredientes como: metas e antecipações, regras de ação, invariantes operatórias e possibilidades de inferência (VERGNAUD, 1996). É nos esquemas que se pode observar os conhecimentos-em-ação do sujeito, ou seja, os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória, o que é denominado por Vergnaud (1993) de “invariantes operatórios”.

Os invariantes operatórios são os conhecimentos contidos nos esquemas e determinam as diferenças entre um esquema e outro. Eles representam as atitudes, as escolhas estratégicas que o sujeito utiliza diante de uma situação e variam de acordo com os conhecimentos prévios que o sujeito possui. Os invariantes operatórios são designados de “conceito-em-ação” e “teorema-em-ação”. Para Vergnaud “[...] um teorema-em-ação é uma proposição que pode ser verdadeira ou falsa. Um conceito-em-ação é *um objeto, um predicado, ou uma categoria de pensamento tida como pertinente, relevante.*” (VERGNAUD, 1998, p. 168, apud SANTANA, 2010, p.36). Portanto, pode-se concluir que os invariantes operatórios direcionam o reconhecimento dos elementos pertinentes da situação e a apreensão da informação sobre a situação em questão, figura 2.



FIGURA 2: Representação do conceito de Invariantes Operatórios

FONTE: JENSKE, 2011, p.37

A última categoria trata do Campo Conceitual Aditivo (CCA) ou Campo Conceitual das Estruturas Aditivas. O Campo Conceitual Aditivo é constituído pelo conjunto de situações que requerem, para sua resolução, uma ou mais adições ou subtrações ou ainda uma combinação dessas operações e, o conjunto de conceitos e teoremas que permitem analisar, matematicamente, tais situações. Para Vergnaud o campo conceitual aditivo envolve vários conceitos, como: “número, medida, transformação temporal (ganhar/perder), comparação quantificada, composição binária de medidas (total), composição de transformações e relações, operação unitária, inversão, número natural e relativo, abcissa, deslocamento orientado e quantificado, entre outros.” (VERGNAUD, 1993, p. 9-10). Segundo Vergnaud existem vários tipos de relações aditivas, as quais envolvem níveis distintos de complexidade e classificam-se em:

- I. A composição de duas medidas numa terceira.
- II. A transformação (quantificada) de uma medida inicial numa medida final.
- III. A relação (quantificada) de comparação entre duas medidas.
- IV. A composição de duas transformações.
- V. A transformação de uma relação.
- VI. A composição de duas relações. (VERGNAUD, 1996, p.172)

Ao elucidar as categorias é possível perceber quantas situações são necessárias para que o sujeito tenha domínio do Campo Conceitual Aditivo. Essa diversidade de situações exige que o professor tenha clareza das dificuldades presentes nos problemas que propõe, para possibilitar ao sujeito a formação de esquemas distintos.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho dedicou-se a examinar a abordagem da Teoria dos Campos Conceituais e o Campo Conceitual Aditivo, através de uma revisão sistemática da literatura entre 28

publicações realizadas entre os anos de 2011 e 2021. Todas as publicações elucidaram-se nas teorias de Gérard Vergnaud (Teoria dos Campos Conceituais e/ou Campo Conceitual Aditivo e/ou Campo Conceitual Multiplicativo). Em um panorama geral, 8 publicações elucidaram-se exclusivamente nestas teorias. As demais 20 publicações buscaram também outros aportes teóricos, como por exemplos: resolução de problemas, aprendizagem matemática baseada em conceitos, aprendizagem significativa, ludicidade e jogos, TIC's, ação docente, entre outras. Fato este que revela se tratar de uma teoria menos abrangente.

Em relação as categorias identificadas, foram seis: campo conceitual, situações, conceitos, esquemas, invariantes operatórios e campo conceitual aditivo. O conjunto das categorias estudadas revela uma estrutura teórica que conduz, tanto o pesquisador quanto o leitor, a entender o significado das diferentes representações simbólicas de um Campo Conceitual, em especial o Aditivo. Esse entendimento aponta que além do aporte teórico, a teoria também fornece suporte para a análise metodológica dos dados, pois orienta de que forma deve-se analisar os dados coletados. As publicações aqui analisadas compactuam com essa afirmação, considerando que 21 realizaram a análise e discussão dos dados à luz da Teoria dos Campos Conceituais.

## REFERÊNCIAS

DANE, F. **Research methods**. Brooks/Cole Publishing Company: California, 1990.

ETCHEVERRIA, Teresa Cristina; CAMPOS, Tânia Maria Mendonça; SILVA, Angélica Fontoura Garcia. **Campo Conceitual Aditivo: um estudo com professoras dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. Bolema, Rio Claro (SP), v. 29, n. 53, p. 1181-1200, dez. 2015.

HART, C. **Doing a literature review: releasing the social science research imagination**. Sage Publications: London, 1998.

JENSKE, G. **A Teoria de Gérard Vergnaud como aporte para a superação da defasagem de aprendizagem de conteúdos básicos da matemática: um estudo de caso**. Dissertação. Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS, 2011.

LAKATOS, E. Maria; MARCONI, M. de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica: Técnicas de pesquisa**. 7 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. **A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research**. Informing Science Journal, v.9, p.181-212, 2006.

MAGINA, S. **A pesquisa na sala de aula de matemática das séries iniciais do ensino fundamental**. Contribuições teóricas da psicologia. Educar em Revista, Curitiba: Editora UFPR, p. 63-75, 2011.

SANTANA, Eurivalda Ribeiro dos Santos. **Estruturas aditivas: o suporte didático influencia a aprendizagem do estudante?**. 2010. 338 f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

SHAW, J. **A schema approach to the formal literature review in engineering theses**. System, v.23, n.3, p.325-335, 1995.

TOMASI, Carolina; MEDEIROS, João Bosco. **Comunicação científica: normas técnicas para redação científica**. São Paulo: Atlas, 2008.

VERGNAUD, G. **Teoria dos Campos Conceituais**. In Nasser, L. (ed.) Anais do 1o Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro, 1993. p.1-26.

VERGNAUD, G. A Teoria dos Campos Conceituais. In: BRUN, Jean (Org.). **Didática das Matemáticas**. Tradução de Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996, p.155 – 191.

## APÊNDICE A – RELAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES ANALISADAS

Descritor	Título	Autores	Palavras chave	Ano de publicação	Tipo de publicação	Link
"Campo Conceitual" AND "Gerard Vergnaud" AND "Matemática"	A Aprendizagem de Matemática por Alunos Adolescentes na Modalidade Educação de Jovens e Adultos: analisando as dificuldades na resolução de problemas de estrutura aditiva	QUEIROZ, Simone; LINS, Mônica.	EJA adolescente. Estrutura Aditiva. Problemas Aritméticos. Erros no cálculo Relacional e Numérico.	2011	Periódico científico acadêmico	<a href="https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/bolema/article/view/4597">https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/bolema/article/view/4597</a>
"Campo Conceitual Aditivo"	A pesquisa na sala de aula de matemática das séries iniciais do ensino fundamental: contribuições teóricas da psicologia	MAGINA, Sandra.	Estruturas aditivas; professores polivalentes; estudo descritivo; psicologia cognitiva; educação matemática.	2011	Periódico científico acadêmico	<a href="http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0104-40602011000400005&amp;lang=pt">http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0104-40602011000400005&amp;lang=pt</a>
"Campo Conceitual Aditivo"	A teoria de Gérard Vergnaud como aporte para a superação da defasagem de aprendizagem de conteúdos básicos da matemática: um estudo de caso	JENSKE, Grazielle; HARRES, João Batista Siqueira.	Teoria dos campos conceituais; Teoria da Aprendizagem Significativa; Ensino de matemática; Campo conceitual Aditivo; Campo Conceitual Multiplicativo.	2011	Dissertação	<a href="http://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/3412/1/434027.pdf">http://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/3412/1/434027.pdf</a>
"Campo Conceitual" AND "Gerard Vergnaud" AND "Matemática"	Estruturas aditivas e multiplicativas: uma análise de resoluções de questões de matemática apresentadas por estudantes da 5ª série/6º ano do ensino fundamental	STOCK, Brunna Sordi; BASSO, Marcus Vinicius de Azevedo.	Aprendizagem; Ensino fundamental; Matemática; Campos conceituais; Contrato didático.	2011	TCC	<a href="https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/37111">https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/37111</a>

<p>“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”</p>	<p>Análise da abordagem da grandeza volume em livros didáticos de matemática do ensino médio</p>	<p>MORAIS, Leonardo Bernardo de.</p>	<p>Grandezas e medidas; Livro didático; Ensino Médio; Teoria dos Campos Conceituais; Volume</p>	<p>2013</p>	<p>Dissertação</p>	<p><a href="http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13239">http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13239</a></p>
<p>“Gerard Vergnaud” AND “Matemática”</p>	<p>Análise da construção dos conceitos de proporcionalidade com a utilização do software geoplano virtual</p>	<p>FIOREZE, Leandra Anversa; BARONE Dante; BASSO, Marcus; ISAIA, Sílvia.</p>	<p>Ensino de matemática. Ensino Fundamental. Proporcionalidade. Teoria dos campos conceituais. Aprendizagem. Tecnologia educacional.</p>	<p>2013</p>	<p>Periódico científico acadêmico</p>	<p><a href="http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1516-73132013000200003&amp;lang=pt">http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1516-73132013000200003&amp;lang=pt</a></p>
<p>“Campo Conceitual Aditivo”</p>	<p>Problemas matemáticos aditivos no ensino fundamental</p>	<p>JUSTO, Jutta Cornelia Reuwsaat.</p>	<p>Educação Matemática. Resolução de Problemas. Campo conceitual aditivo. Processos Cognitivos. Ensino Fundamental.</p>	<p>2013</p>	<p>Periódico científico acadêmico</p>	<p><a href="https://periodicos.ufpe.br/revistas/emteia/article/view/2161">https://periodicos.ufpe.br/revistas/emteia/article/view/2161</a></p>
<p>“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”</p>	<p>Resolução de problemas sobre a grandeza volume por alunos do ensino médio: um estudo sob a ótica da teoria dos campos conceituais</p>	<p>FIGUEIREDO, Ana Paula Nunes Braz.</p>	<p>Grandezas e medidas; Volume; Teoria dos Campos Conceituais.</p>	<p>2013</p>	<p>Dissertação</p>	<p><a href="https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13227">https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13227</a></p>
<p>“Campo Conceitual Aditivo”</p>	<p>Campo Conceitual Aditivo: um estudo com professoras dos anos iniciais do Ensino Fundamental</p>	<p>ETCHEVERRIA, Teresa Cristina; CAMPOS, Tânia Maria Mendonça; SILVA, Angélica Fontoura Garcia.</p>	<p>Professoras; Anos Iniciais do Ensino Fundamental; Estruturas Aditivas; Grupo de Discussão.</p>	<p>2015</p>	<p>Periódico científico acadêmico</p>	<p><a href="http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0103-636X2015000301181&amp;lang=pt">http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0103-636X2015000301181&amp;lang=pt</a></p>
<p>“Campo Conceitual Aditivo”</p>	<p>Desempenho dos acadêmicos ingressantes nos cursos de ciências exatas em problemas do campo conceitual aditivo</p>	<p>KATO, Lilian Akemi; GERÔNIMO, João Roberto; CARDOSO, Valdinei Cezar; ZANELLA, Marli Schmitt; NIRO, Kleber Luciano; DE SOUZA, Jusley Talita Grimes.</p>	<p>Teoria dos campos conceituais, estrutura aditiva, ciências exatas, ensino superior, categorias de Vergnaud.</p>	<p>2015</p>	<p>Periódico científico acadêmico</p>	<p><a href="http://www.redalyc.org/pdf/3033/303343304006.pdf">http://www.redalyc.org/pdf/3033/303343304006.pdf</a></p>
<p>“Campo Conceitual Aditivo”</p>	<p>Investigação sobre a (re) construção do conhecimento de professores participantes de um grupo que estuda o campo conceitual aditivo</p>	<p>GARCIA, Angélica; PEREIRA, Mirtes; FLORES, Rebeca.</p>	<p>Formação de professores de matemática, estruturas aditivas.</p>	<p>2015</p>	<p>Livro</p>	<p><a href="http://funes.uniandes.edu.co/10949/">http://funes.uniandes.edu.co/10949/</a></p>

“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”	Múltiplos e divisores de números naturais um estudo no quinto ano do ensino fundamental	BREHM, Juneor dos Santos.	“Segredo dos números”, Campos Conceituais, Múltiplos, Divisores, Construção de Maquetes.	2015	Dissertação	<a href="http://hdl.handle.net/10183/119749">http://hdl.handle.net/10183/119749</a>
“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”	Na trilha da aprendizagem: conhecendo os processos de construção de procedimentos matemáticos no campo conceitual aditivo	SILVA, Berenice de Souza.	Aprendizagem. Matemática. Teoria dos Campos Conceituais. Situações-problemas.	2015	TCC	<a href="http://bdm.unb.br/handle/10483/18298">http://bdm.unb.br/handle/10483/18298</a>
“Campo Conceitual Aditivo”	Contribuições do campo conceitual multiplicativo para a formação inicial de professores com suporte das tecnologias digitais.	CARVALHO, Rodrigo Lacerda; DE CASTRO FILHO, José Aires; MAIA, Dennys Leite; PINHEIRO, Joserlene Lima.	Formação de Professores, Tecnologias Digitais, Estruturas Multiplicativas.	2016	Periódico científico acadêmico	<a href="https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/25004">https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/25004</a>
“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”	Grupo de estudos: compartilhando e reconstruindo conhecimentos acerca das estruturas aditivas	Garcia Silva, Angelica da Fontoura; Miranda, Mirtes Souza.	Educação Matemática. Grupos de Estudo. Conhecimento Profissional Docente. Campo Conceitual Aditivo.	2016	Periódico científico acadêmico	<a href="http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/educacao/article/view/5796">http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/educacao/article/view/5796</a>
“Campo Conceitual Aditivo”	A Concepção de Professor do Ensino Fundamental sobre Estruturas Multiplicativas	SOUZA, Emília Isabel Rabelo de; MAGINA, Sandra Maria Pinto.	Campo Conceitual Multiplicativo. Situação-Problema. Professores do Ensino Fundamental. Estudo Diagnóstico. Metodologia Descritiva.	2017	Periódico científico acadêmico	<a href="http://seer.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/2930">http://seer.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/2930</a>
“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”	Educação matemática de jovens e adultos: os diferentes significados das situações-problema do campo aditivo na EJA	ANDRADE, Yara de Fátima Nascimento.	Educação de jovens e adultos Educação matemática Campo aditivo.	2017	TCC	<a href="https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/2050">https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/2050</a>
“Campo Conceitual Aditivo”	Futuros professores de Matemática nos Anos Iniciais e suas estratégias diante de problemas do campo conceitual aditivo	REZENDE, Veridiana; BORGES, Fábio Alexandre.	Campo conceitual aditivo, Ensino de Matemática nos Anos Iniciais, Formação inicial.	2017	Periódico científico acadêmico	<a href="https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/30405">https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/30405</a>

“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”	Introduzindo a noção de proporcionalidade via resolução de problemas: uma análise acerca de esquemas mobilizados por estudantes do sétimo ano do Ensino Fundamental	AGUIAR, Mariana Braun.	Proporcionalidade; Resolução de Problemas; Campos Conceituais.	2017	Dissertação	<a href="http://hdl.handle.net/10183/169426">http://hdl.handle.net/10183/169426</a>
“Campo Conceitual Aditivo”	Jogos e registros orais e gráficos: desenvolvimento da criança no campo conceitual aditivo	REIS, Keila Cristina de Araújo.	Ludicidade Jogos - aprendizagem Matemática - aprendizagem e trabalho pedagógico.	2017	Dissertação	<a href="http://repositorio.unb.br/handle/10482/31397">http://repositorio.unb.br/handle/10482/31397</a>
“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”	Dificuldades e avanços No domínio do campo conceitual da modelagem didático-científica: um estudo de caso em uma disciplina de física experimental	ALBUQUERQUE, Leonardo Heidemann; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela.	Modelagem didático-científica; Episódios de Modelagem; atividades experimentais; ensino de Física.	2018	Periódico científico acadêmico	<a href="https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/933">https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/933</a>
“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”	Resolução de problemas de divisão: esquemas utilizados por estudantes de um terceiro ano do ensino fundamental de Curitiba	SOUZA, Aline Cristina Azzolin de.	Resolução de problemas. Campo Conceitual Multiplicativo. Divisão. Esquemas. Invariantes operatórios.	2018	Dissertação	<a href="https://hdl.handle.net/1884/58201">https://hdl.handle.net/1884/58201</a>
“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”	Situações-problema elaborada por professores dos anos iniciais	MERLINI Vera Santos; SOUZA, Jaqueline Santana de.	Campo Conceitual Multiplicativo; Dimensões Colaborativas; Professor Reflexivo; Classe Combinatória.	2018	Periódico científico acadêmico	<a href="https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/33056">https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/33056</a>
“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”	Utilização de jogos na aprendizagem do campo aditivo em turmas do 5o ano do ensino fundamental	LACERDA, Ana Paula Pontes; GOMES, Karla Geanne Silva.	Ensino - Matemática Campo aditivo Jogos pedagógicos.	2018	TCC	<a href="https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/4346">https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/4346</a>
“Campo Conceitual Aditivo”	Resolução de problemas do campo conceitual aditivo: uma análise das dificuldades e estratégias de alunos do 5º ano do ensino fundamental	BARROS, Felipe Aparecido Baldim; JUSTULIN, Andresa Maria.	Campo Aditivo; Resolução de Problemas; Teoria dos Campos Conceituais; Dificuldades; Estratégia de Resolução de Problemas.	2020	Periódico científico acadêmico	<a href="http://www.rematec.net.br/index.php/rematec/article/view/241">http://www.rematec.net.br/index.php/rematec/article/view/241</a>

“Campo Conceitual Aditivo”	Estratégias resolutivas de operações do campo aditivo: uma experiência com estudantes do 6º ano	CARMO, Cleverton Eugênio; ET-CHEVERRIA, Teresa Cristina.	Adição e Subtração; Anos Finais do Ensino Fundamental; Estratégias de Resolução	2020	Periódico científico acadêmico	<a href="https://www.revistasbemsp.com.br/REMat-SP/article/view/407">https://www.revistasbemsp.com.br/REMat-SP/article/view/407</a>
“Campo Conceitual Aditivo”	Conhecimentos compartilhados por professores e futuros professores na elaboração e análise colaborativa de situações aditivas	ALMEIDA, Flabrina Mendes; SOUZA, Ana Cláudia Gouveia; SANTOS, Christian Eduardo Aragão.	Formação de professores; Conhecimentos para a docência; Professores que ensinam Matemática; Colaboração; Estruturas aditivas	2020	Periódico científico acadêmico	<a href="https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/5110">https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/5110</a>
“Campo Conceitual” AND “Gerard Vergnaud” AND “Matemática”	Análise de situações de proporção simples em provas de matemática do ENEM	SILVA, José Diego Martins; SANTOS, Ermani Martins	ENEM; Campo Conceitual Multiplicativo; Proporção Simples	2021	Periódico científico acadêmico	<a href="https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/5113">https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/5113</a>

## INFLUENCE OF NON-LINEAR DAMPING ON NON-LINEAR STRUCTURES VIBRATIONS

*Data de aceite: 01/08/2022*

**Thiago R. Carvalho**

School of Civil and Environmental Engineering,  
Federal University of Goiás Avenida  
Universitária  
Goiás/Goiânia, Brazil

**Zénon J. Guzman N. Del Prado**

School of Civil and Environmental Engineering,  
Federal University of Goiás Avenida  
Universitária  
Goiás/Goiânia, Brazil

**ABSTRACT:** The study of linear and non-linear dynamic behavior of structures is an area that has received constant attention in recent decades, due to the fact that the structures have become increasingly light and slender, causing vibration problems to be taken into account during the project. Many studies have been developed to try to understand the nonlinear response of structural systems, especially chaotic vibrations considering different types of nonlinearities in systems with gain or loss of stiffness. In this sense, many studies have been developed considering linear damping, but in many applications, it is necessary to consider non-linear damping, such as drag forces or vibration isolation, which mainly affect the non-linear dynamic response of systems. This work aims to study the role of non-linear damping in non-linear oscillations of a discrete system with a degree of freedom. It is considered a discrete system of a degree of freedom and subjected to variable loads over time considering three

types of damping (linear, quadratic and cubic). Resonance curves are obtained for various load and damping values in order to observe their influence on the dynamic instability of the system.

**KEYWORDS:** Nonlinear damping, nonlinear dynamics, structures.

### 1 | INTRODUCTION

The study of linear and non-linear dynamic behavior of structures is an area that has received constant attention in recent decades, due to the fact structures have become increasingly light and slender, causing vibration problems to be taken into account during the project. Many investigations have been developed to try to understand the non-linear response of structural systems, especially chaotic vibrations considering various types of nonlinearities in systems with gain or loss of stiffness.

Among the various parameters of the structures, damping plays a fundamental role with regard to phenomena of loss of stability and in the order of magnitude of oscillations, but as the correct determination of damping is still a great difficulty, the right choice of this parameter is of great scientific interest.

In this sense, the study of the value of damping is justified, because it defines the limits of stability or instability. In addition, many studies have been developed considering linear damping, but in many applications, it is

necessary to consider nonlinear damping, such as drag forces or vibration isolation, which mainly affects the non-linear dynamic response of systems.

In the literature it is possible to find several studies related to the effect of non-linear damping and non- classical damping on non-linear vibrations of dynamic systems, where chaotic, near-periodic vibrations, attraction, and escape basins as well as multiple resonance and coupling phenomena were studied [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

This work aims to study the role of non-linear damping (linear, quadratic and cubic) in the non-linear oscillations of dynamic systems governed by the Duffing equation. It is intended to develop a study to evaluate the non-linear oscillations of rigid bars considering geometric nonlinearity as well as non-linear damping when subjected to variable external loads over time.

## 2 | MATHEMATICAL FORMULATION

It is considered a rigid bar of length  $L$ , density  $r$  and cross section  $A$ , fixed at the base by an elastic rotational spring with linear stiffness ( $k_1$ ), quadratic ( $k_2$ ) and cubic ( $k_3$ ), with linear damping ( $C_1$ ), quadratic ( $C_2$ ) and cubic ( $C_3$ ), subjected to axial ( $P_2 \sin(Wt)$ ) and lateral ( $P_1 \cos(Wt)$ ) harmonics with frequency  $W$  acting at the top and with  $q$  rotation at the base as seen in Figure 1.

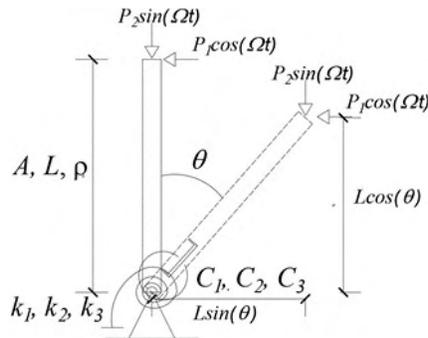


Figure 1 – Rigid bar model.

To obtain the dynamic equilibrium equation of the system the deformation energy ( $U$ ) of the system is given by:

$$U = \frac{1}{2} k_1 \theta^2 + \frac{1}{3} k_2 \theta^3 + \frac{1}{4} k_3 \theta^4 \quad (1)$$

The work ( $W$ ) of external forces is given by:

$$W = -P_1 \cos(\Omega t) L \sin(\theta) + P_2 \sin(\Omega t) L [1 - \cos(\theta)] \quad (2)$$

The work of non-conservative forces can be written as:

$$W_{nc} = \frac{1}{2} C_1 \theta^2 + \frac{1}{3} C_2 \theta^3 + \frac{1}{4} C_3 \theta^4 \quad (3)$$

The kinetic energy ( $T$ ) of the system is obtained from the kinetic energy of a different element of mass  $dm$ , located at a distance  $r$  from the base as well:

$$T = \int_M \frac{1}{2} r^2 dm = \frac{1}{6} \rho AL^3 \dot{\theta}^2 \quad (4)$$

The Lagrangian ( $f$ ) function can be written as:

$$f = T - U + W \quad (5)$$

Replacing the Eq. (1), (2) and (3) in eq. (4), one comes to:

$$f = \frac{1}{6} \rho AL^3 \dot{\theta}^2 - \left( \frac{1}{2} k_1 \theta^2 + \frac{1}{3} k_2 \theta^3 + \frac{1}{4} k_3 \theta^4 \right) + P_1 \cos(\Omega t) L \sin(\theta) + P_2 \sin(\Omega t) L [1 - \cos(\theta)] \quad (6)$$

Applying the Hamilton principle given by Eq. (7)

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial f}{\partial \dot{\theta}} - \frac{\partial f}{\partial \theta} = - \frac{\partial W_{nc}}{\partial \theta} \quad (7)$$

You will find the non-linear dynamic equilibrium equation of the system given by:

$$\begin{aligned} \frac{1}{3} \rho AL^3 \ddot{\theta} + C_1 \dot{\theta} + C_2 \dot{\theta} |\dot{\theta}| + C_3 \dot{\theta}^3 + k_1 \theta + k_2 \theta^2 + k_3 \theta^3 \\ = P_1 \cos(\Omega t) L \cos(\theta) + P_2 \sin(\Omega t) L \sin(\theta) \end{aligned} \quad (8)$$

### 3 I RESULTS

For the development of analyses of the dynamic behavior of the rigid bar of Figure 1, the following numerical properties were used:  $k_1 = 1.0$ ;  $k_2 = 0$ ;  $k_3 = 1.0$ ;  $L = 1.0$ ;  $P_1 = 0.002$ ;  $P_2 = 0$ ;  $r = 1.0$ . While the parameters  $C_1$ ,  $C_2$  and  $C_3$  were varied for different numerical values to evaluate the influence of damping on the nonlinear dynamic behavior of the bar.

The resonance curves of the system were obtained by adopting as a parameter the frequency of lateral load, obtained by applying the crude force method and the numerical integration of the Runge-Kutta method, considering incremental values of linear, quadratic and cubic damping coefficients. Resonance curves aim to evaluate the influence of the type of damping on the dynamic instability of the system.

Figure 2 presents the resonance curves considering only incremental values of viscous linear damping  $C_1$ , varying its value in the range of  $10^{-2}$  to  $10^{-5}$ . As can be seen in Fig. 2 (a), for high damping values, the curve presents linear behavior but, as the damping value is reduced, the curves exhibit hardening behavior of resonance. For low values of the damping coefficient, the point of dynamic instability is increasing.

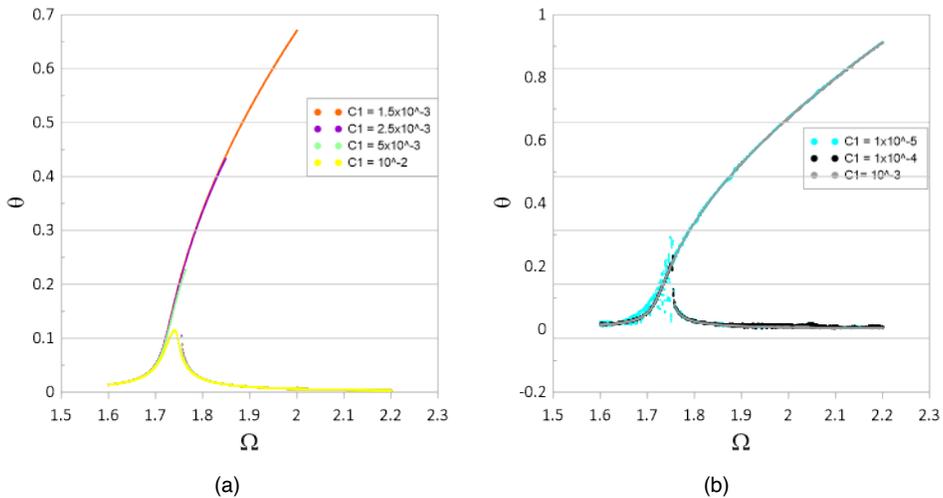
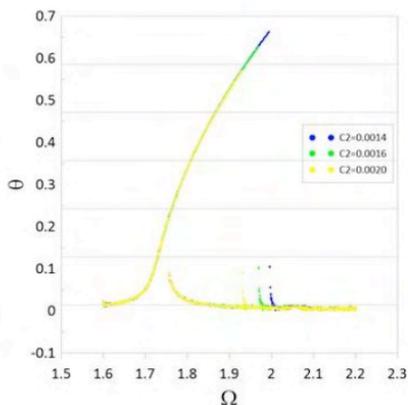


Figure 2 - Parametric analysis of isolated linear damping.

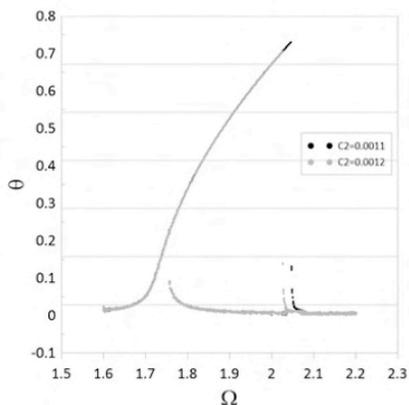
Figure 3 presents the resonance curves considering only incremental values of quadratic damping with intensity variation of the damping parameter  $C_2$  in the range of  $2.0 \times 10^{-3}$  to  $1.2 \times 10^{-3}$ . As can be observed, all curves show hardening type behavior without *presenting* linear behavior and the point of dynamic instability (jump) is quite similar for all values of  $C_2$ . It is also possible to observe that, as the damping value is increased, there is the appearance of a new branch of instability around  $\Omega = 2.0$ , a phenomenon that was not observed when considering viscous linear damping.

Figure 4 presents the resonance curves considering only incremental values of cubic damping with intensity variation of the damping parameter  $C_3$  in the range of  $1.0 \times 10^{-2}$  to  $1.3 \times 10^{-3}$ . As can be seen, the curves again exhibit hardening behavior, but this time it is possible to observe more clearly the effect of damping on the non-linear vibrations of the system. As the value of the cubic damping coefficient is reduced, the resonance curves present incremental values in the displacement and point of greater dynamic instability. It can also be observed that there is the emergence of a new branch around  $\Omega = 2.0$  as well as in the region of small amplitude vibrations, the amplitudes are variable depending on the value of the damping.

The resonance curves presented describe the great influence of damping on nonlinear dynamic behavior, and allow us to observe that depending on the damping chosen, the system may present new branches of dynamic instability.

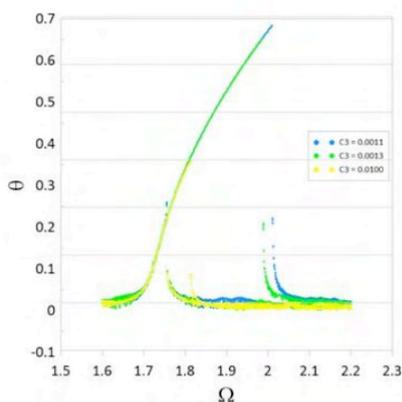


(a)

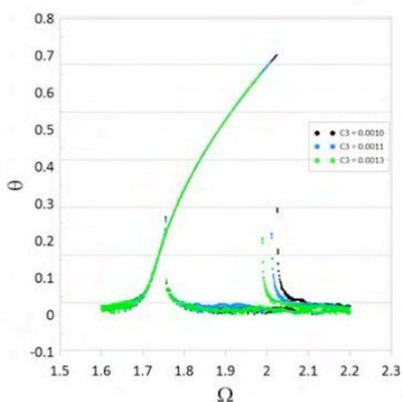


(b)

Figure 3 - Parametric analysis of quadratic non-linear damping isolated.



(a)



(b)

Figure 4 - Parametric analysis of cubic damping isolated for higher numerical values.

## 4 | CONCLUSIONS

In this work, the influence of linear, quadratic and cubic damping on the nonlinear dynamic behavior of a system with geometric cubic nonlinearity was studied when submitted to harmonic load action.

Resonance curves were obtained for incremental values of damping coefficients and, in all cases, hardening behavior was observed, which is typical for structures with non-linear cubic stiffness.

The first immediate and natural effect observed is the abatement of the curve, as the damping factor increases, both for cases of vibration with linear damping and with non-linear. Thus, it is possible to observe that the value of the linear or non-linear damping coefficient is sufficiently significant to the point of changing the order of magnitude of the

maximum deflections calculated for the structure.

When linear damping is considered, resonance curves are typical and for low damping values, the point of instability presents large amplitude vibrations. On the other hand, when quadratic or cubic damping is considered, the resonance curves present the emergence of a new branch of vibrations, suggesting a new bifurcation point in the region of small amplitude vibrations. Another characteristic due to nonlinear damping is that the region of small amplitude vibrations presents distinct amplitudes for distinct damping values.

## THANKS

This work was carried out with the financial support of the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

## DECLARATION OF AUTHORSHIP

The authors confirm that they are solely responsible for the authorship of this work, and that all material included herein as part of this work is the property (and authorship) of the authors or has the permission of the owners to be included here.

## REFERENCES

J. C. Sprott, W. G. Hoover. Harmonic Oscillators with Nonlinear Damping. International, *Journal of Bifurcation and Chaos*, Vol. 27, No. 11, 2017.

D. Andersen, Y. Starosvetsky, A. Vakakis, L. Bergman. Dynamic instabilities in coupled oscillators induced by geometrically nonlinear damping. *Nonlinear Dynamics*, 67:807–827, 2012.

J. Baltanás, J.L. Trueba, M.A.F. San Juan. Energy dissipation in a nonlinearly damped Duffing oscillator. *Physica D* 159, 22–34, 2001.

V. Monwanou<sup>1</sup>, C. H. Miwadinou, C. Ainamon and J. B. Chabi Orou. Hysteresis, Quasiperiodicity and Chaoticity in a Nonlinear Dissipative Hybrid Oscillator. *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 7 (1), 1-7, .2018.

Z.K. Peng, G. Meng, Z.Q Lang, W.M. Zhang, F.L. Chu, Study of the effects of cubic nonlinear damping on vibration isolations using Harmonic Balance Method. *International Journal of Non-Linear Mechanics* 47, 1073–1080, 2012.

L. Ruzziconi, G. Litak, Stefano Lenci. Nonlinear oscillations, transition to chaos and escape in the Duffing system with non-classical damping. *Journal of Vibroengineering*. V. 13 (1). 2011

M. S. Siewe, H. Cao, and M. A. F. San Juan, "Effect of nonlinear dissipation on the basin boundaries of a driven two-well Rayleigh–Duffing oscillator," *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 39, no. 3, pp. 1092–1099, 2009.

Taylor, John R. *Classical Mechanics*. Porto Alegre: Bookman, 2013.

## ESTUDO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL EM NOSSA SENHORA DA GLÓRIA/SE

*Data de aceite: 01/08/2022*

**José Batista Siqueira**

Departamento de Geologia da UFRN, Campus  
Universitário Lagoa Nova

**Edson Magalhães Bastos Júnior**

Companhia de Saneamento de Sergipe,  
Gerência Operacional Regional Sertão

**José Antônio Pacheco Almeida**

Universidade Federal de Sergipe,  
Departamento de Geologia São Cristóvão/  
Sergipe

**RESUMO:** O município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe/Brasil, está situado no semiárido nordestino, e apresenta um contexto geológico-geomorfológico marcado pela sua inserção no pediplano sertanejo, cujas superfícies pediplanadas se desenvolveram sobre litologias variáveis. O contexto geológico, desse município está inserido na Província Borborema, tendo a maior parte de sua extensão territorial no Domínio Macururé. Na área ocorrem rochas de origem plutônica e também resultantes de metamorfismo regional, dentre as quais se destacam micaxistos, quartzitos, mármore, metassiltitos, metarritimitos, metarenitos, anfíbolitos, metagrauvas, hornblenditos e monzonitos. As superfícies predominantemente, estão dispostas em sistema de interflúvios tabulares, com alta dissecação desenvolvida durante o Quaternário, são ocupadas predominantemente pela atividade agropecuária, que circundam alguns nichos de

remanescentes florestais arbóreos e arbustivos. Interligados por uma cobertura herbácea multivariada e duas redes: uma de drenagem hidrográfica natural, e outra de circulação terrestre (acessos viários). Isto tornou relevante evidências de erosão na forma de ravinhas individuais, fatos geomorfológicos que sugeriram uma morfodinâmica antropogênica. Por esta razão, a pesquisa apoiou-se na utilização das geotecnologias, para o mapeamento da vulnerabilidade à erosão em toda extensão superficial do município. O arcabouço teórico-metodológico partiu da articulação de dois modelos referenciais nas Geociências que culminaram na elaboração de uma carta síntese. As etapas de desenvolvimento metodológico foram enquadradas em quatro níveis de realização, e seguiu a interpretação de Modelos Digitais de Elevação e imagens orbitais óticas multiespectrais, e a integração e derivação de dados sobre litologia, pedologia, clima, vegetação e uso da terra em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas. O estudo mostra que atualmente predominam unidades ecodinâmicas em situação de estabilidade dinâmica, embora a associação entre solos litólicos altamente expostos, relevos altamente dissecados em interflúvios tabulares e zonas de vertentes côncavo-convergentes, interseccionadas por estradas, guardam potencial fator de risco a alterações futuras desse equilíbrio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vulnerabilidade ambiental; modelos ambientais; ecodinâmica; geoprocessamento.

## ENVIROMENTAL VULNERABILITY STUDY IN NOSSA SENHORA DA GLÓRIA/ SE

**ABSTRACT:** The municipality of Nossa Senhora da Glória, Sergipe/Brazil, is located in the northeastern semi-arid region, and presents a geological and geomorphologic context marked by its insertion into the sertanjo pediplano whose pediplanadas surfaces developed on variables lithologies. As for The geological context, and reflected on the environmental characteristics, The municipality is characterized by its structural integrated into the Borborema Province, the Fold Sergipana Range, with most of its territorial extension inserted in Macururé domain and a smaller portion in Marancó Domain. In the study area occur rocks of plutonic origin and also resulting from regional metamorphism, among which stand out mica schists, quartzites, marbles, metasilstone, metaritimitos, metarenites, amphibolites, metagraywackes hornblendites and monzonite. Which are predominantly members of Macururé Domain. The surfaces are predominantly arranged in a system of tabular interfluves with high dissection developed during the Quaternary. Currently are occupied predominantly by farming. These are interconnected by a multivariate herbaceous cover and two networks: natural river drainage, and other terrestrial circulation (road access). Some significant erosion evidence in the form of individual gullies, geomorphologic facts that suggested a morphodynamic of anthropogenic action. For this reason, the research was based on the use of geotechnology, to map vulnerability and environmental vulnerability to erosion across surface extension of the municipality. The methodological development stages were grouped into four general and progressive levels of achievement, and followed the interpretation of Digital Elevation Models and multispectral optical satellite images, and the integration and derivation of data on lithology, pedology, climate, vegetation and land use in environment of Geographic Information System. The study shows that currently predominate ecodynamics units in dynamic stability situation, although the association between highly exposed litholic soils, reliefs highly dissected in tabular interfluves and areas of concave-converging strands intersect by road, keep potential risk factor to future changes in that balance.

**KEYWORDS:** Environmental vulnerability; environmental models; ecodynamics; geoprocessing.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os estudos geológico-geomorfológicos possuem um caráter multifinalitário, transversal e integrado, o qual tem na análise ambiental e no uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (Dramis et al. 2011) uma de suas principais expressões atuais.

Segundo Florenzano et al. (2008), isto se deve à conjugação histórica entre: a) a inserção dos conceitos de Geossistemas (Sotchava 1978) e Ecodinâmica (Tricart 1977); e b) o desenvolvimento das tecnologias computacionais, a abordagem quantitativa e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Como desdobramento, a literatura acerca da história da geomorfologia destaca os três níveis de abordagem propostos por Ab'Saber (1969), e a ordem taxonômica em seis níveis, proposta por Ross (1992) como fundamental para os estudos geomorfológicos no Brasil.

Tais sistemas computacionais permitem aliado ao trabalho interpretativo do pesquisador, analisar com mais amplitude a inter-relação entre variáveis ambientais (geologia, solo, relevo, clima, vegetação, formas de exploração e utilização da terra e conflitos de apropriação resultantes) para produzir novo conhecimento sobre a dinâmica do modelado terrestre, abrangendo o estudo das formações geomorfológicas e dos processos atuantes que condicionam ou determinam a fragilidade ou estabilidade ambiental dinâmica dos ecossistemas.

Os processos erosivos constituem-se matéria de extrema importância no estudo da Ecodinâmica (Tricart 1977) em ambientes terrestres, pois fornecem indicações sobre a relação morfogênese/pedogênese, e, conseqüentemente, sobre os graus de estabilidade ou instabilidade dinâmicas nos subambientes de um determinado ecossistema.

A compreensão de tais processos é fortemente determinada pela interação entre variáveis ambientais anteriormente mencionadas e amplamente consideradas em metodologias de referência para o estudo da vulnerabilidade ambiental à erosão (Ross 1994, Crepani et al 2001).

Embora muitos processos e fenômenos abordados no campo das Geociências se dêem numa elevada dimensão espaço-temporal, ou seja, tempo geomorfológico e abrangência geográfica regional e/ou global, as pautas ambientais construídas no contexto do Século XX, durante o pós-guerra, levaram instituições e cientistas a desenvolverem em caráter estratégico estudos e pesquisas sobre recursos naturais que relacionassem as dimensões global e local.

Questões de ordem macro, mas aplicáveis na experiência local, fizeram com que se observassem em campo, em uma das incursões realizadas no município de Nossa Senhora da Glória/SE, sinais de processos erosivos concentrados em uma localidade povoada, na zona rural, associados a princípio ao trabalho da hidrografia, porém ocorrendo em trechos cortados por várias vias de acesso.

Esta observação despertou o interesse para os estudos ambientais no município, conforme fluxograma da Figura 1, estando desde o início associado ao propósito de contribuir para o conhecimento ambiental, principalmente pelos seus habitantes, uma vez que é de fundamental importância para o equilíbrio dinâmico dos ecossistemas terrestres a incorporação gradativa do conhecimento técnico-científico pela sociedade civil e poder público, independentemente do modelo vigente de gestão territorial.

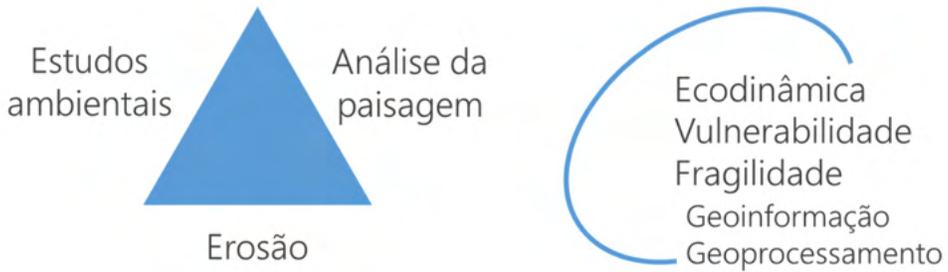


Figura 1. Ambiente conceitual da pesquisa.

Uma pesquisa bibliográfica inicial apontou para vários estudos de caso no Nordeste e em outras regiões do Brasil, na área de zoneamento e diagnóstico ambiental em médias e grandes escalas, relacionando mapeamento geomorfológico integrado e uso de Sistemas de Informações Geográficas. Em muitos deles relacionavam-se as contribuições de pesquisadores como, Crepani et al. (1996, 2001); Ross (1992, 1994), além de outras envolvendo a aplicação de Redes Neurais Artificiais e teoria fractal (Spörl 2007). Esta etapa foi de fundamental importância para o dimensionamento da pesquisa que tem como objetivo, analisar a vulnerabilidade ambiental à erosão no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe/Brasil, a partir do mapeamento geomorfológico integrado ao estudo da morfodinâmica e ecodinâmica dos sistemas ambientais presentes no município.

## 2 | ÁREA DE ESTUDO

O município de Nossa Senhora da Glória, está situado na porção noroeste do estado de Sergipe/Brasil. E inserido no bioma caatinga, no semiárido nordestino. Compreende uma área territorial oficial de 756,49 Km<sup>2</sup>, e tem na agricultura e indústrias associadas, no comércio e serviços, suas principais atividades econômicas. Situa-se na junção entre as bacias hidrográficas dos rios Capivara (Bacia do Rio São Francisco) e Sergipe (Bacia homônima), no seu alto curso (Figura 2).

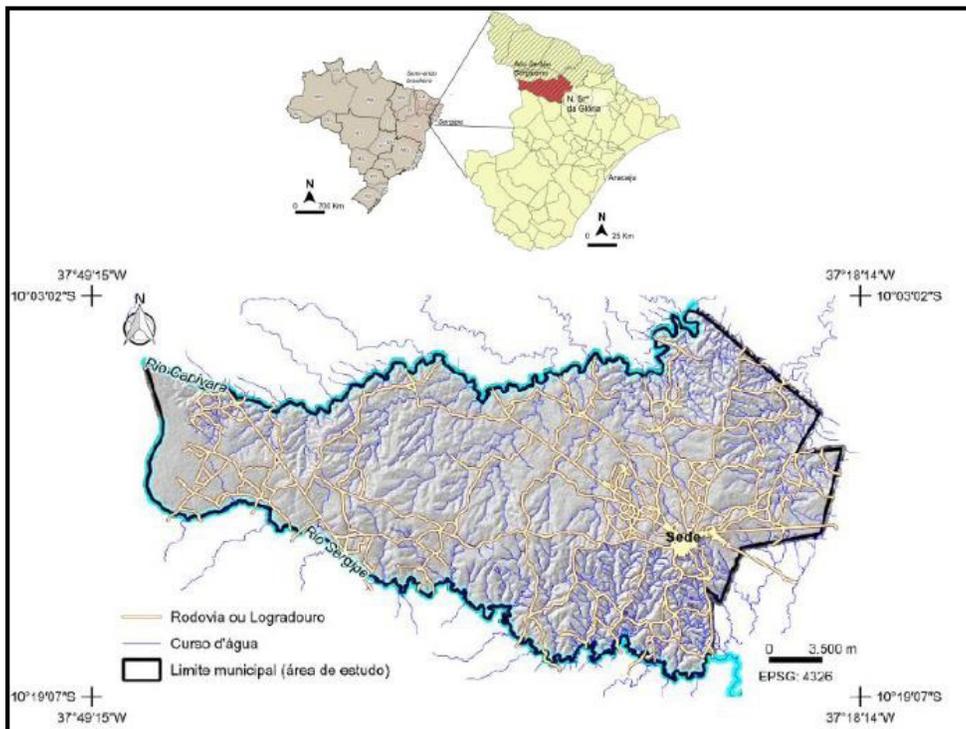


Figura 2. Localização da área de pesquisa

Quanto ao contexto geológico, e com reflexos nas características ambientais, esse município é caracterizado por sua inserção estrutural na Província Borborema, da Faixa de Dobramentos Sergipana, tendo a maior parte de sua extensão territorial inserida no Domínio Macururé e uma menor porção no Domínio Marancó. Na área de estudo ocorrem rochas de origem plutônica e também resultantes de metamorfismo regional, dentre as quais se destacam micaxistos, quartzitos, mármores, metassiltitos, metarritimitos, metarenitos, anfíbolitos, metagrauvascas, hornblenditos e monzonitos (Figuras 3 e 4).

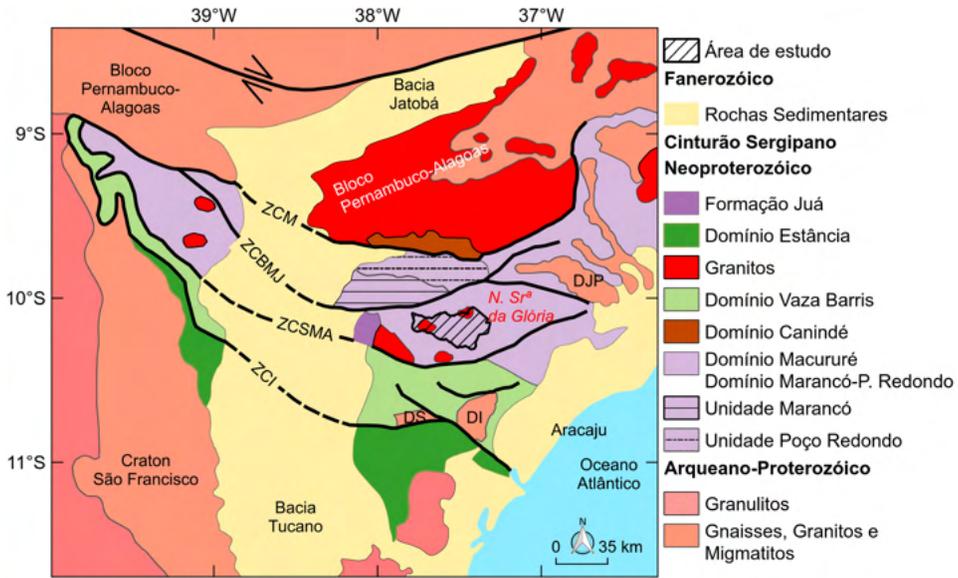


Figura 3. Mapa exibindo os principais domínios da Faixa de Dobramentos Sergipana e localização da área de estudo. Adaptado de Bueno et al. (2009).

Essas litologias relacionam-se com superfícies pediplanadas e relevos dissecados em colinas e interflúvios tabulares (Jica 2001), que caracterizam a morfografia predominante do pediplano sertanejo na área de estudo Figura 5.

A área de estudo é também caracterizada pelo predomínio de atividades agropecuárias (cultivo de graníferas, cerealíferas, pecuária bovina) e extrativas, com ocorrências pontuais de associações arbóreo-arbustivas (caatinga).

Ressalta-se a importância dessas características ambientais, tendo em vista que a apropriação econômica constitui componente de peso significativo para a análise da vulnerabilidade/fragilidade ambiental na área de estudo.

Além do crescimento urbano acelerado, e a atividade agropecuária, que dinamiza parte do setor industrial, no eixo de laticínios e derivados, chama atenção o surgimento de setores industriais vinculados à construção civil. Embora não se tenha registro da existência de exploração em grandes proporções, há que se considerar o potencial das atuações antropogênicas no substrato, e alterações na evolução do modelado, pouco expressivas regionalmente, porém, muito significativas em unidades ecodinâmicas de menor escala geomorfológica.

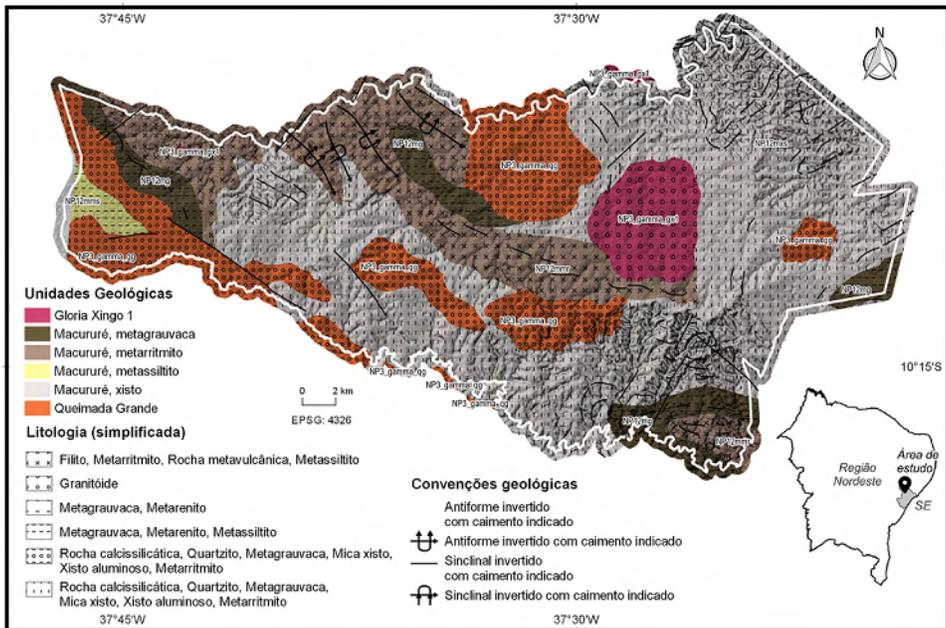


Figura 4. Geologia de Nossa Senhora da Glória/SE. (Fonte: CPRM 2014)

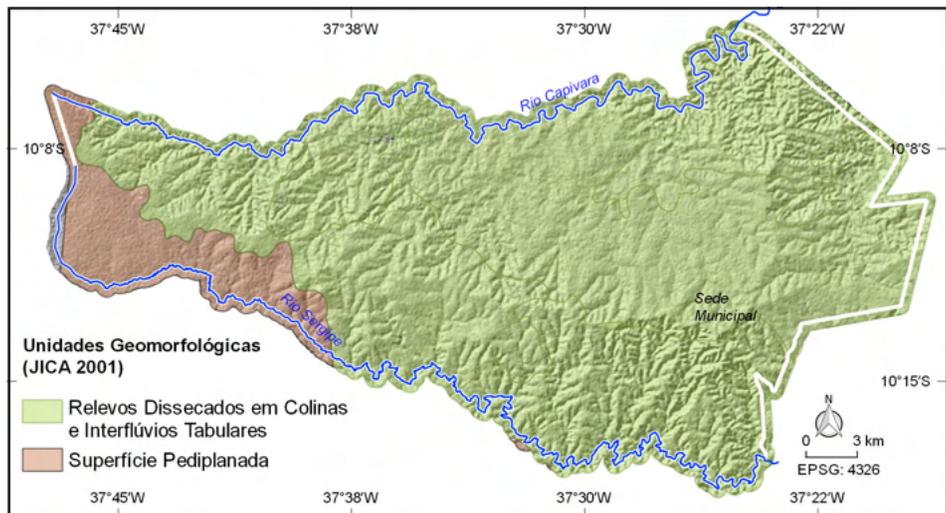


Figura 5. Geomorfologia de Nossa Senhora da Glória/SE

### 3 | MATERIAL E MÉTODOS

Metodologicamente, esta pesquisa estrutura-se como estudo de caso a partir da aplicação de métodos e técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, articulando aspectos metodológicos das propostas de Crepani et al. (2001) e Ross (1994) para o estudo da vulnerabilidade ambiental a processos erosivos na área proposta.

Embora ambos os modelos sejam bastante difundidos, orientando estudos de caso em diversos ramos das geociências, este estudo propõe uma derivação metodológica, a partir da qual se agregam aos modelos tradicionais, contribuições recentes na modelagem ambiental orientada aos estudos geomorfológicos, como a proposta de Sampaio & Augustin (2014), que fornece subsídios para análises e mapeamentos das geofomas (Zinck 2013) em escalas de referência e ordens taxionômicas maiores (Ross 1992, Zinck op. cit.).

Os procedimentos visando obter os resultados foram sistematizados em 4 níveis, e subetapas dentro de cada nível geral (Figura 6).



Figura 6. Fluxograma Geral da Pesquisa.

## 4 | RESULTADOS

Para a ponderação do tema em relação à matriz Vulnerabilidade/Fragilidade Ambiental (VFA), buscou-se correlacionar as classes mapeadas à proposta constante no Projeto RADAMBRASIL (1983), adotada por Crepani et al. (2001), buscando-se equivalência com a classificação proposta por Ross (1994). Desta forma as áreas com vegetação herbácea apresentam instabilidade emergente em grau médio, tendo em vista

que a cobertura herbácea na região apresenta linhas de tensões com a cobertura de pastagens devido ao grau de degradação da vegetação nativa (Santos & Andrade 1992). A ponderação resultante é mostrada na Tabela 1, e a respectiva matriz na Figura 7.

Analisando os resultados observa-se que nas áreas mais próximas à estabilidade os valores da matriz de VFA estão entre 1,2 e 2,0; enquanto que as áreas consideradas mais vulneráveis do ponto de vista da cobertura vegetal forma uma faixa, central, na direção NW-SE, com valores entre 2,7 e 3,0.

São áreas classificadas como solo exposto, que perfazem cerca de 20% da área mapeada. Outro aspecto a ser ressaltado é a proporção de área para a categoria vegetação herbácea, em torno de 56 % da área mapeada Tabela 2.

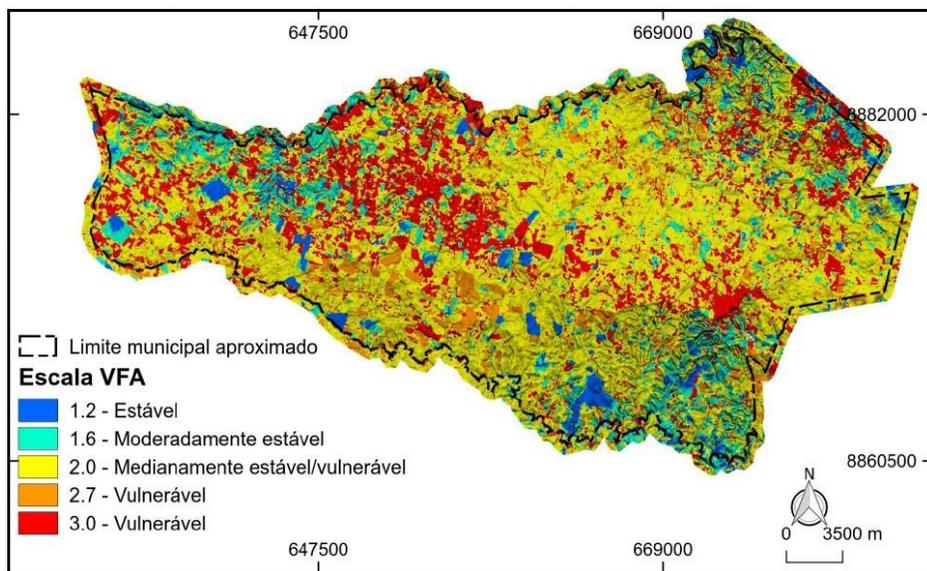


Figura 7. Matriz VFA para a variável Cobertura vegetal e utilização da terra

#### 4.1 Geologia (G)

A litologia exerce papel importante na matriz de Vulnerabilidade/Fragilidade Ambiental (VFA) à erosão, por incluir de modo mais destacado o grau de coesão das rochas e sua resistência aos processos erosivos, sobretudo relacionados à precipitação. Nesta pesquisa adotaram-se os dados do mapeamento geológico do estado de Sergipe, e as litologias relacionadas serviram de base para a ponderação na matriz VFA.

A partir da escala proposta por Crepani et al. (2001), foi realizado a ponderação do plano de informação sobre geologia. Nos blocos que apresentaram um conjunto de litologias agrupadas, sem a separação entre seus limites, em virtude da escala do mapeamento disponível, e considerando que a finalidade e aplicabilidade da carta de Vulnerabilidade/

Fragilidade Ambiental (VFA) é sempre a de subsidiar o planejamento e ordenamento territorial, optou-se pela indexação da classe de maior peso na escala, como medida de segurança.

De acordo com a matriz VFA para a variável geologia, o maior percentual da área de estudo está enquadrado em grau de vulnerabilidade 2,0 - medianamente estável/vulnerável ou de média instabilidade potencial (Figura 8). Quatro blocos destacam-se na categoria moderadamente vulnerável, sendo dois na porção SE e dois na porção NW da área de estudo, e correspondem aos metassedimentos, com destaque para metarenito, metasiltito e metagrauvaca (Figura 4). Constituem áreas de média instabilidade, podendo ser potencial ou emergente em função de seu enquadramento na categoria de cobertura vegetal e utilização da terra. As áreas mais estáveis ou de instabilidade potencial baixa perfazem cerca de 20%, e correspondem às áreas de ocorrência dos granitos, monzonitos e granodioritos.

## 4.2 Solos (S)

Na área de estudo existem três tipos de solos: Planossolos, Argissolos e Neossolos. Os argissolos e planossolos estão distribuídos nas regiões de maior declividade e rugosidade, enquanto que os Neossolos situam-se em áreas de maior declividade. A matriz resultante é mostrada na Figura 9.

A estimativa de área de cobertura indica que 51,5% da área de estudo está enquadrada na categoria 2 medianamente estável/vulnerável, e os 48,5% restantes correspondem, à classe mais vulnerável. Neste mapa também se verifica uma convergência entre as áreas de maior vulnerabilidade à erosão e as áreas onde o grau de dissecação apresenta-se de modo mais expressivo, permitindo uma leitura, ainda que superficial, dos seus graus de erodibilidade.

Por esta razão Ross (1994) propõe como progressão do modelo de fragilidade ambiental, a incorporação da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) para destacar a participação desta variável de forma mais dinâmica na modelagem, porque passa a considerar as variações temporais dos movimentos de massa.

## 4.3 Clima (C)

Segundo Crepani et al. (2001), a utilização de dados climáticos para modelagem da vulnerabilidade/fragilidade ambiental estabelece-se a partir da determinação da Intensidade Pluviométrica (IP), que resulta da relação entre a Precipitação Média Anual (PMA), em mm, e a Duração do Período Chuvoso (DPC), em meses.

Foram identificados dois valores referenciais de intensidade pluviométrica para a área de estudo. Entretanto, na escala de vulnerabilidade, ambos os valores estão inseridos na classe de vulnerabilidade moderadamente estável/fraca instabilidade potencial, com valor numérico de 1,4.

## 51 CONCLUSÕES

O município de Nossa Senhora da Glória apresenta característica de destaque. Sua posição relativa como divisor de bacias entre o Rio São Francisco e o rio Sergipe, coincide com uma zona de contato entre uma superfície pediplanada e outra erosiva em colinas e interflúvios tabulares, desenvolvida durante o Quaternário. Além das suítes intrusivas, que também atuam no estabelecimento dos meios intergrades.

EVF	VULNERABILIDADE	FRAGILIDADE	Vg - Crepani et al (1996, 2001)	Vg (Bastos Jr 2016)
3,0	VULNERÁVEL	Instabilidade Emergente (Muito Forte)	Gramíneo-lenhosa sem floresta de galeria	Solo exposto
2,9		Instabilidade Potencial (Muito Forte)	Gramíneo-lenhosa sem floresta de galeria	
2,8			Gramíneo-lenhosa com floresta de galeria	
2,7		Instabilidade Emergente (Forte)	Gramíneo-lenhosa com floresta de galeria	Pastagem, Cultivos
2,6	MODERADAMENTE VULNERÁVEL	Instabilidade Emergente (Médio)	Parque sem palmeiras ou sem floresta-de-galeria	
2,5			Parque sem palmeiras ou sem floresta-de-galeria	Herbácea
2,4		Instabilidade Potencial (Forte)	Parque com palmeiras ou com floresta-de-galeria	
2,3			Parque com palmeiras ou com floresta-de-galeria	
2,2	MEDIANAMENTE ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	Instabilidade Potencial (Médio)	Arbórea Aberta sem palmeiras	
2,1			Arbórea Aberta sem palmeiras	
2,0			Arbórea Aberta sem palmeiras	
1,9			Arbórea Aberta com palmeiras	
1,8			Arbórea Aberta com palmeiras	
1,7			MODERADAMENTE ESTÁVEL	Instabilidade Emergente (Fraco)
1,6	Arbórea Densa sem palmeiras	Arbustiva		
1,5	Instabilidade Potencial (Fraco)	Arbórea Densa com palmeiras		
1,4		Arbórea Densa com palmeiras		
1,3	ESTÁVEL	Instabilidade Emergente (Muito Fraco)	Não se aplica à área de estudo	
1,2			Não se aplica à área de estudo	Arbórea
1,1		Instabilidade Potencial (Muito Fraco)	Não se aplica à área de estudo	
1,0			Não se aplica à área de estudo	

Tabela 1. Matriz VFA para o tema Cobertura Vegetal e Utilização da Terra (Vg) - valores para ponderação

C_ID - Classe	Matriz VFA	Área (Km <sup>2</sup> )	%
11 - Vegetação arbórea	1,2	35,69	4,23%
12 - Vegetação arbustiva	1,6	111,07	13,15%
14 - Vegetação herbácea	2,5	473,25	56,05%
41 - Área agrícola (cultivos)	2,7	55,95	6,63%
31 - Solo exposto	3,0	168,39	19,94%
<b>TOTAL</b>		<b>844,36</b>	<b>100,00%</b>

Tabela 2. Distribuição da área de estudo segundo extensão superficial, classes de utilização da terra e graus de vulnerabilidade/fragilidade ambiental à erosão

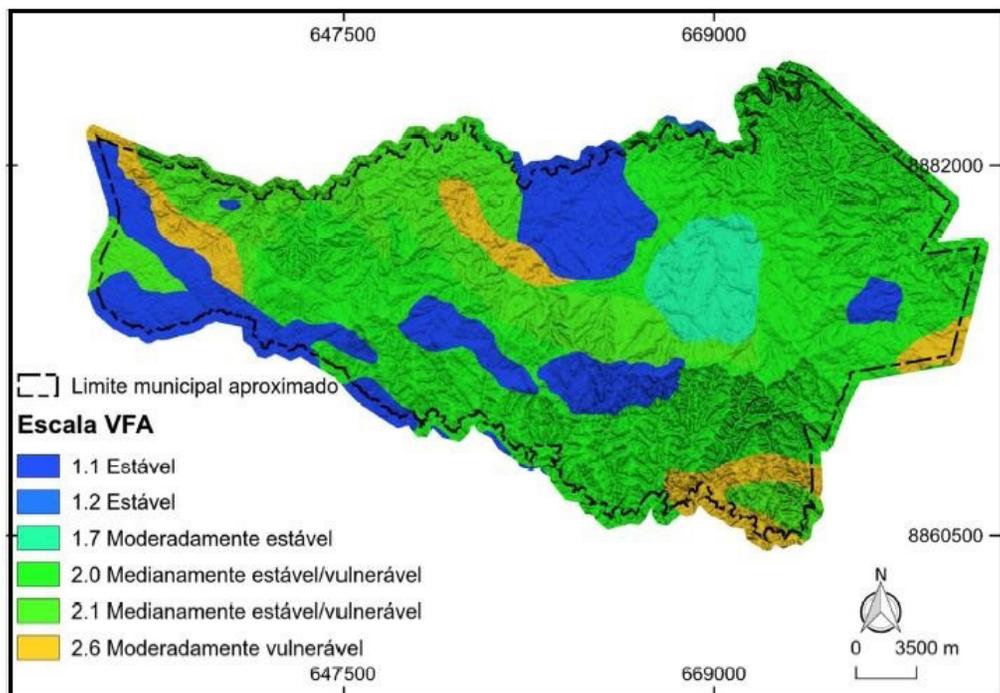


Figura 8. Matriz VFA para a variável Geologia

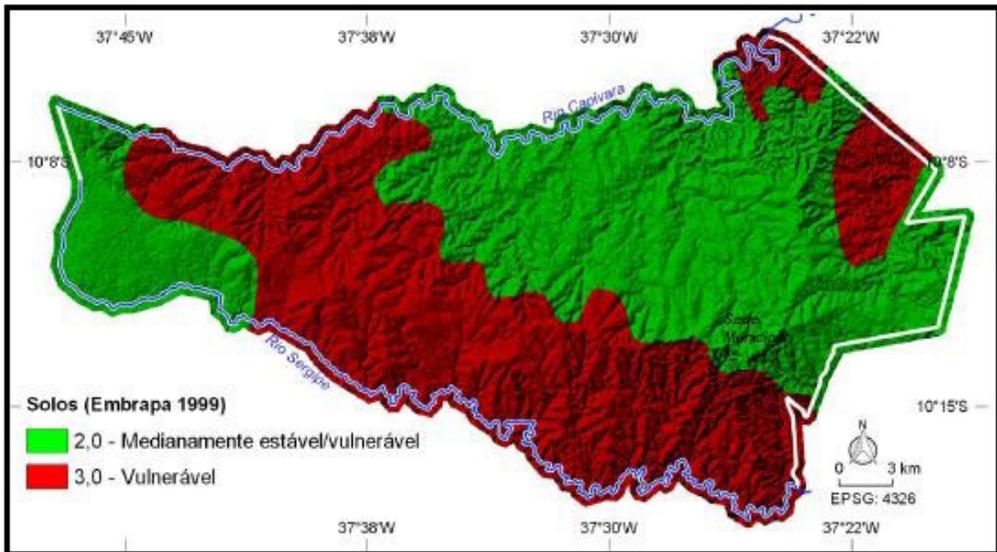


Figura 9 - Matriz VFA para a variável Solos

A ocorrência de cobertura vegetal arbórea nas unidades morfométricas que apresentam maior grau de dissecção, também constituem fator de tendência a equilíbrio. Considerando o alto grau de exploração das terras, é possível que as áreas de maior grau de dissecção ainda se mantenham preservadas devido ao baixo custo-benefício de seu aproveitamento. Entretanto o mesmo não ocorre com a pecuária.

Os modelos para o estudo da vulnerabilidade e fragilidade ambiental são eficazes para uma avaliação de entrada quando se precisa conhecer a dinâmica dos fenômenos atuantes que determinam evolução do modelado terrestre e das formas de apropriação. Entretanto trata-se de modelos espaciais estáticos, com componentes computacional e humana. Para que forneça bases seguras ao planejamento e ordenamento territorial, é necessário ampliar a capacidade dinâmica, incorporando dados tanto espacial como temporal; a exemplo dos meteorológicos oriundos de uma rede telemétrica mais densificada.

Os resultados da pesquisa indicam um cenário onde predominam os meios intergrade, porém com unidades ecodinâmicas que merecem atenção por conta do padrão de uso e apropriação das terras, que pode no futuro alterar esse estágio de equilíbrio dinâmico.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo apoio institucional nesta pesquisa, e aos revisores pela valiosa análise e aceitação deste artigo.

## REFERÊNCIAS

Ab'Saber A.N. 1969. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. *Geomorfologia*, n.18, 1969.

Crepani E, Medeiros J.S., Azevedo L.G., Duarte, V., Hernandez P., Florenzano T. 1996. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Dramis F., Guida D, Cestari Antonello. 2011. **Nature and Aims of Geomorphological Mapping**. In: *Developments in Earth Surface Processes*, Volume 15. Elsevier, 2011.

Florenzano T.G. (org). 2008. **Geomorfologia**. Conceitos e tecnologias atuais. Oficina de Textos, São Paulo. 320 p.

Jica. 2001. **Mapa Geomorfológico do Estado de Sergipe**. Escala 1:500.000. The Study on Water Resources Development in the State of Sergipe in the Federative Republic of Brazil – Main Report. Japan International Corporation Agency. Yachiyo Engineering CO, Ltd. (YEC). Japan.

RADAMBRASIL. 1983. **Folha SC 24/25. Aracaju/Recife**. Levantamento de Recursos Naturais. Vol. 30.

Ross J. L. S. 1992. **O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo**. In: *Revista do Departamento de Geografia – FFLCH-USP*. 06: 17-30, São Paulo.

Ross J. L. S. 1994. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**.

Sampaio T. V. M.; Augustin C. H. R. R. 2014. **Índice de Concentração da Rugosidade**: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a Cartografia Geomorfológica. In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*.15(1) 47-60.

Santos A.F., Andrade J.A. 1992. **Delimitação e Regionalização do Brasil Semi-Árido – Sergipe**. Aracaju, UFS. 232p.

Sotchava V.B. 1978. **Uma Teoria de Classificação de Geossistemas da Vida Terrestre** in: *Biogeografia* n°.14 - IGEOG-USP, São Paulo.

Spörl C. 2007. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

Tricart J. 1977. **Ecodinâmica**. FIBGE-Supren, Rio de Janeiro.91 p.

Zinck J.A. 2013. **The Geomorphic Landscape: Classification of the Geofoms**. In: Zinc, J.A. *Geopedology. Elements of geomorphology for soil and geohazard studies*. ITC Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, Netherland, p. 72-92.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**MILSON DOS SANTOS BARBOSA** - Possui graduação em Engenharia de Petróleo pela Universidade Tiradentes – UNIT (2014), com especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Pio Décimo (2016) e em Docência e Gestão na Educação a Distância pela Faculdade Futura (2021). Obteve seu Mestrado (2017) e o Doutorado (2021) em Engenharia de Processos pela UNIT, com período de Doutorado Sanduíche na Universidade de Aveiro (UA – Portugal) e período de Mobilidade Acadêmica na Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL – Minas Gerais). Tem experiência com pesquisas nas áreas de processamento primário de petróleo, higiene e segurança do trabalho, desenvolvimento e otimização de processos sustentáveis, bioprocessos, produção de biolubrificantes e outros bioprodutos a partir de óleos vegetais, além de simulações computacionais (molecular docking). Atualmente, o autor é docente de disciplinas híbridas da área de exatas na UNIT, além de atuar como professor tutor em módulos de cursos de pós-graduação lato sensu do Centro Universitário OPET (UniOPET).

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Algoritmos 83, 106, 154

Ambientes acadêmicos 74, 75

Aprendizagem 2, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 71, 72, 76, 77, 78, 82, 150, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 160

### C

Café 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Campo conceitual aditivo 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Ciência da computação 6, 7

Ciências exatas 22, 158

Comunidade 6, 11

Covid-19 1

### D

Desenvolvimento 6, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 37, 38, 39, 42, 43, 62, 64, 75, 76, 95, 104, 107, 119, 150, 151, 160, 168, 169, 182

Docente 17, 18, 19, 23, 31, 32, 34, 38, 39, 40, 44, 47, 49, 63, 156, 159, 182

### E

Ecologia 41, 42, 45, 47

Educação 1, 2, 3, 4, 5, 7, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 24, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 40, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 61, 63, 64, 71, 72, 76, 156, 157, 158, 159, 182

Educação científica 4, 19

Energia solar 94, 95, 96, 107

Ensino 1, 3, 5, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 61, 62, 63, 64, 75, 76, 81, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Estruturas aditivas 149, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 161

Experimentação no ensino 13, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 26, 31, 32, 33

Extensão 6, 7, 11, 12, 168, 172, 179

### F

Fluidodinâmica computacional 136

### M

Máquina 83, 85

Matemática 18, 19, 29, 30, 31, 32, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 71, 72, 77, 120, 121, 149, 151, 152, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Meio ambiente 6, 7, 11, 23, 29, 94, 95

Métodos geofísicos 120, 121

Modelagem 22, 30, 94, 96, 105, 107, 108, 119, 120, 121, 123, 127, 128, 129, 133, 160, 175, 177

Motor ramjet 135

## **N**

Non-linear damping 162, 163, 166

## **P**

Painéis fotovoltaicos 94, 106, 107

Poluição ambiental 75

Poluição sonora 74, 75, 76, 78, 81, 82

Professor 14, 18, 19, 38, 49, 50, 51, 53, 54, 62, 64, 65, 68, 76, 77, 79, 80, 81, 149, 151, 152, 155, 159, 160, 182

## **Q**

Química 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 135

## **R**

Recurso tecnológico 48, 51, 71, 72

Relato de experiência 6, 24, 32

## **S**

Simulação 24, 32, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 112, 118, 133, 135, 136, 146

Software 2, 6, 7, 8, 9, 11, 75, 89, 94, 95, 96, 99, 106, 107, 110, 139, 140, 141, 158

Structures vibrations 162

Sustentabilidade 104, 119

## **T**

Tecnologia 1, 2, 5, 17, 30, 31, 32, 33, 35, 49, 50, 75, 96, 104, 107, 158

# CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos  
e o ensino-aprendizagem



 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Ano 2022

# CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos  
e o ensino-aprendizagem



 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Ano 2022