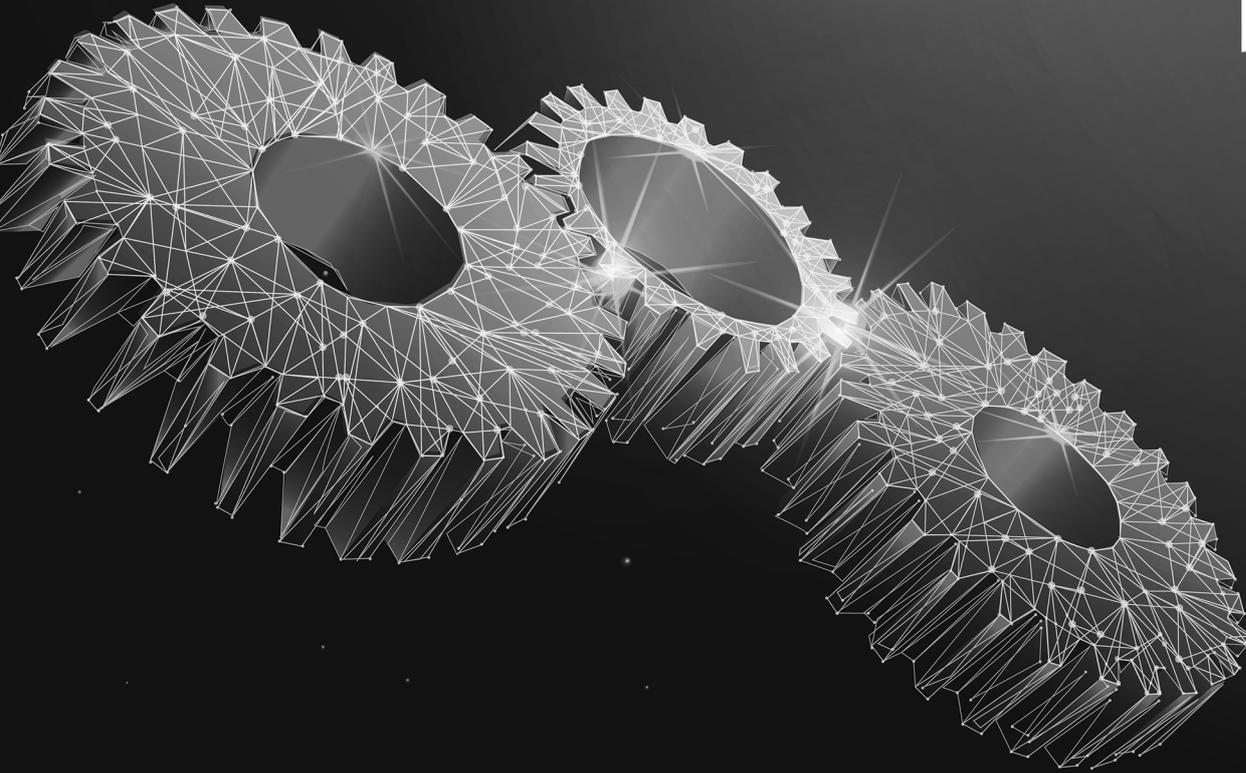


# Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra 2

Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio dos Santos  
(Organizador)



# Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra 2

Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio dos Santos  
(Organizador)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

#### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

#### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Eivaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza

Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

# Estudos teórico-metodológicos nas ciências exatas, tecnológicas e da terra

2

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário:** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremona  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio dos Santos

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

E82 Estudos teórico-metodológicos nas ciências exatas, tecnológicas e da terra 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Júlio César Ribeiro, Carlos Antônio dos Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-251-7  
DOI 10.22533/at.ed.517201008

1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. 3. Tecnologia.  
I. Ribeiro, Júlio César. II. Santos, Carlos Antônio dos.

CDD 507

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Estudos Teórico-metodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra”, em seu 2º volume, é composta por 19 capítulos que ressaltam a importância dos estudos teórico-metodológicos nos mais diversos campos desta grande área do conhecimento.

Os trabalhos foram dispostos em três eixos. Na primeira parte, são apresentados estudos envolvendo aplicações científicas como nanopartículas, algoritmos e fluidodinâmica computacional.

Na segunda parte, são abordados estudos voltados à análise de atributos químicos do solo, uso eficiente da água, acúmulo nutricional e crescimento de plantas, utilização de resíduos como antioxidantes para biodiesel, produção de biossurfactantes, dentre outros assuntos de extrema relevância para o conhecimento básico e aplicado nessa grande área.

Na terceira e última parte, são expostos trabalhos relacionados à tecnologia no ensino e na educação voltadas às áreas de Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra, como a utilização de ensino híbrido e assistivo em programação, além de um panorama da participação feminina no seguimento educacional técnico e superior.

Os organizadores e a Atena Editora agradecem aos autores que compartilharam seus conhecimentos e pesquisas para comporem a presente obra. Desejamos que este livro possa servir de instrumento para reflexões significativas que contribuam para o aprimoramento do conhecimento e desenvolvimento de novas pesquisas.

Boa leitura!

Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio Dos Santos

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | <b>1</b>  |
| APLICAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DE NANOPARTÍCULAS DE Ag   |           |
| Washington Benedicto Zava Durães Freire   |           |
| Alessandro Botelho Bovo   |           |
| Vagner Alexandre Rigo   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5172010081</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | <b>8</b>  |
| ESTUDO DO ACOPLAMENTO ELETRÔNICO DAS TRANSIÇÕES ÓPTICAS EM NANOPARTÍCULAS DE Bi/Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ATRAVÉS DE MEDIDAS DE ABSORÇÃO ÓPTICA E FOTOLUMINESCÊNCIA DE EXCITAÇÃO |           |
| Miguel Angel González Balanta   |           |
| Pablo Henrique Menezes  |           |
| Silvio José Prado   |           |
| Victor Ciro Solano Reynoso  |           |
| Raul Fernando Cuevas Rojas  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5172010082</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | <b>18</b> |
| ESTUDO DA FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL DE UM LAVADOR DE GÁS DO TIPO VENTURI EM 3D   |           |
| Gabriel Dias Ramos  |           |
| Débora Morais da Silva  |           |
| Reimar de Oliveira Lourenço   |           |
| Aderjane Ferreira Lacerda   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5172010083</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....   | <b>30</b> |
| VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM SEPARADOR GÁS-SÓLIDO, ATRAVÉS DA VARIAÇÃO DE SUA GEOMETRIA, COM A UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE CFD EM 3D   |           |
| Débora Morais da Silva  |           |
| Gabriel Dias Ramos  |           |
| Reimar de Oliveira Lourenço   |           |
| Aderjane Ferreira Lacerda   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5172010084</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....   | <b>39</b> |
| ACTOR-CRITIC REINFORCEMENT LEARNING TO TRACTION CONTROL OF AN ELECTRICAL VEHICLE  |           |
| Maikol Funk Drechsler   |           |
| Thiago Antonio Fiorentin  |           |
| Harald Göllinger  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5172010085</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....   | <b>52</b> |
| ANÁLISE DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM CONDIÇÕES DE CULTIVO DE MANDIOCA NO MUNICÍPIO DE MARACANÃ, PA  |           |
| Natália de Medeiros Lima  |           |
| Janile do Nascimento Costa  |           |
| Gabrielle Costa Monteiro  |           |
| Mateus Higo Daves Alves   |           |
| Antônio Reynaldo de Sousa Costa   |           |
| Francisco Martins de Sousa Junior   |           |
| Fernanda Medeiros de Lima   |           |

Lucas Eduardo de Sousa Oliveira  
Auriane Consolação da Silva Gonsalves  
Orivan Maria Marques Teixeira  
Pedro Moreira de Sousa Junior

**DOI 10.22533/at.ed.5172010086**

**CAPÍTULO 7 ..... 58**

USO EFICIENTE DA ÁGUA ALIVIA OS EFEITOS DA SECA EM MUDAS DE AÇAIZEIRO INOCULADAS COM RIZOBACTÉRIA

Gledson Luiz Salgado de Castro  
Marcela Cristiane Ferreira Rêgo  
Gleiciane Rodrigues dos Santos  
Telma Fátima Vieira Batista  
Gisele Barata da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.5172010087**

**CAPÍTULO 8 ..... 64**

*Burkholderia pyrrocinia* INDUZ ACÚMULO NUTRICIONAL E PROMOVE CRESCIMENTO DE MUDAS DE AÇAIZEIRO

Gledson Luiz Salgado de Castro  
Gleiciane Rodrigues dos Santos  
Marcela Cristiane Ferreira Rêgo  
Telma Fátima Vieira Batista  
Gisele Barata da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.5172010088**

**CAPÍTULO 9 ..... 70**

APLICAÇÃO DO RESÍDUO DO FRUTO DE TUCUMÃ (*ASTROCARYUM ACULEATUM*) COMO ANTIOXIDANTE PARA O BIODIESEL

Kércia Sabino de Macêdo  
Leylane da Silva Kozlowski  
Larissa Aparecida Corrêa Matos  
Nayara Lais Boschen  
Romildo Nicolau Alves  
Paulo Rogério Pinto Rodrigues  
Guilherme José Turcatel Alves

**DOI 10.22533/at.ed.5172010089**

**CAPÍTULO 10 ..... 80**

A LARANJA (*Citrus sinensis*) COMO FONTE ENZIMÁTICA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Matheus Gomes Linhares  
Lucas Gomes Linhares  
Jean Carlos Gama de Oliveira  
Luma Misma Alves Câmara  
Leonardo Alcântara Alves

**DOI 10.22533/at.ed.51720100810**

**CAPÍTULO 11 ..... 91**

DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM AMOSTRAS DO FERMENTADO DE JABUTICABA (*Myrciaria jaboticaba* Vell Berg) DO MUNICÍPIO DE VARRE-SAI-RJ

Phelipe Bezerra Nascimento  
Pablo da Silva Siqueira  
Matheus Valério de Freitas Souza  
Alex Sandro Rodrigues Moraes Pereira  
Wellington Gabriel de Alvarenga Freitas

Juliana Baptista Simões

**DOI 10.22533/at.ed.51720100811**

**CAPÍTULO 12 ..... 99**

REGRESSÃO QUANTÍLICA NA ESTIMAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA AGRICULTURA FAMILIAR EM MINAS GERAIS

Gabriela França Oliveira  
Raimundo Cardoso de Oliveira Neto  
Ana Carolina Campana Nascimento  
Moysés Nascimento  
Camila Ferreira Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.51720100812**

**CAPÍTULO 13 ..... 110**

TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA ATRAVÉS DA PLATAFORMA *EDPUZZLE* COMO RECURSO PEDAGÓGICO PARA AVALIAÇÃO

Cássia Vanesa de Sousa Silva  
Givaldo Oliveira dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.51720100813**

**CAPÍTULO 14 ..... 119**

A HISTÓRIA DA CONDESSA SURDA DE LOVELACE: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA DE ENSINO HÍBRIDO E ASSISTIVO DE PROGRAMAÇÃO

Márcia Gonçalves de Oliveira  
Ana Carla Kruger Leite  
Mônica Ferreira Silva Lopes  
Clara Marques Bodart  
Gabriel Silva Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.51720100814**

**CAPÍTULO 15 ..... 132**

A LEI DE ARREFECIMENTO DE NEWTON SOB O OLHAR DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Camyla Martins Trindade  
Aline Gabriela dos Santos  
Cristiano Braga de Oliveira  
Adriano Santos da Rocha

**DOI 10.22533/at.ed.51720100815**

**CAPÍTULO 16 ..... 142**

INSERÇÃO DE EXPERIMENTOS PARA RESOLUÇÃO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA NO ENSINO DE QUÍMICA

Valdiléia Teixeira Uchôa  
José Luiz Silva Sá  
Antônio Carlos Araújo Fontenele  
Ana Cristina Carvalho de Alcântara  
Maciel Lima Barbosa  
Herbert Gonzaga Sousa  
Kerlane Alves Fernandes  
Ana Karina Borges Costa  
Ana Gabriele da Costa Sales  
Patrícia e Silva Alves  
Antônio Rodrigues da Silva Neto  
Gabriel e Silva Sales

**DOI 10.22533/at.ed.51720100816**

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 17</b> .....   | <b>154</b> |
| LA INCIDENCIA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FÍSICA   |            |
| Jesus Ramon Briceno Barrios  |            |
| Jeisson Nava   |            |
| Hebert Lobo  |            |
| Juan Terán   |            |
| Richar Durán   |            |
| Manuel Villareal   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.51720100817</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 18</b> .....   | <b>189</b> |
| APRENDIZAGEM MATEMÁTICA BASEADA EM HISTÓRIA EM QUADRINHOS (HQs) PARA O ENSINO MÉDIO  |            |
| Cássia Vanesa de Sousa Silva   |            |
| Givaldo Oliveira dos Santos  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.51720100818</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 19</b> .....   | <b>201</b> |
| ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO FEMININA NOS CURSOS TÉCNICOS E DE GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA DA REDE FEDERAL E DO CEFET/RJ NOVA FRIBURGO |            |
| Gisele Moraes Marinho  |            |
| Simone Tardin Fagundes   |            |
| Carolina de Lima Aguilár   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.51720100819</b>  |            |
| <b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....  | <b>212</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....  | <b>213</b> |

## APLICAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DE NANOPARTÍCULAS DE Ag

*Data de aceite: 03/08/2020*

*Data de submissão: 08/05/2020*

### **Washington Benedicto Zava Durães Freire**

Centro Estadual de Educação Profissional  
Professora Maria do Rosário Castaldi  
Londrina - PR

<http://lattes.cnpq.br/4819581645797091>

### **Alessandro Botelho Bovo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR)  
campus Londrina  
Londrina - PR

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

### **Vagner Alexandre Rigo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR)

campus Cornélio Procópio

Cornélio Procópio - PR

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

**RESUMO:** Produtos e aplicações envolvendo a nanotecnologia e a nanociência estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano. Pesquisas envolvendo a busca por novos materiais mostram que o uso de nanomateriais representa uma abordagem interessante, seja na melhoria de propriedades já existentes, ou mesmo na

busca por características inteiramente novas. Nesse contexto, destacam-se descobertas relacionadas com nanopartículas de prata (AgNPs). Estudos recentes apontam para algumas potencialidades das AgNPs em aplicações biomédicas como agente antimicrobiano e de forma auxiliar no tratamento de alguns tipos de câncer, além de serem utilizadas em atividades de catálise. Algumas destas pesquisas ganharam ainda mais importância atualmente devido à ampla busca por soluções para conter a pandemia de COVID-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2. Assim, este trabalho apresenta as características das AgNPs e os principais avanços na sua utilização, especialmente em aplicações biomédicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanomateriais, nanopartículas, biomateriais, Ag.

### SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL APPLICATIONS OF AG NANOPARTICLES

**ABSTRACT:** Products and applications involving nanotechnology and nanoscience are increasingly present in our daily lives. The research involving the search for new materials has shown that the use of nanomaterials is an interesting approach, either in the improvement

of existing properties or in the search for entirely new ones. In this context, the findings related to silver nanoparticles (AgNPs) stand out. Recent studies recognize the potential use of AgNPs in biomedical applications as an antimicrobial agent and helping the treatment of some types of cancer, in addition to being used in catalysis activities. Some studies have gained even more prominence nowadays because of the extensive search for solutions to stop the COVID-19 pandemic, caused by the SARS-CoV-2 virus. Thus, this work presents the properties of AgNPs and the main advances in its use, especially in biomedical applications.

**KEYWORDS:** Nanomaterials, nanoparticles, biomaterials, Ag.

## 1 | INTRODUÇÃO

Em anos recentes nota-se uma escalada no interesse científico e tecnológico relacionado direta ou indiretamente com estruturas submicroscópicas, em especial as nanoestruturas. De forma geral, podem ser classificados como nanomateriais aqueles que apresentam pelo menos uma das dimensões entre aproximadamente 1 e 100 nanômetros (nm), onde 1 nm é igual a  $10^{-9}$  metros (RAI, 2009). Pesquisas com nanomateriais envolvem diversas áreas do conhecimento, tais como química, física, engenharias, biologia, medicina, entre outras. Em muitos casos as aplicações se encontram na fronteira entre uma ou mais áreas do conhecimento, gerando um campo multidisciplinar. Segmentos do conhecimento que não estão ligados diretamente com a escala nano também podem ser impactados pelos resultados advindos da nanociência e nanotecnologia. A capacidade de estudar, medir ou gerar resultados e produtos tecnológicos, que estão relacionados diretamente ou indiretamente com o nanometro, afetam cada vez mais a sociedade como um todo. Um exemplo dramático envolve o vírus SARS-CoV-2, causador da COVID-19, que já causou milhares de mortos em todo o mundo, com severas e dramáticas implicações econômicas, políticas, entre outras. Este vírus apresenta forma aproximadamente esférica, com uma dimensão entre 70 e 90 nm, e seu estudo em laboratório normalmente exige técnicas tradicionalmente empregadas na nanoescala (KIM, 2020).

As nanopartículas representam uma classe muito versátil de nanomateriais. Estas estruturas podem ser formadas dos mais diferentes elementos químicos e apresentam uma grande diversidade de estruturas cristalinas. Destaca-se que estas nanoestruturas podem apresentar propriedades que, na maioria dos casos, diferem daquelas do material no estado cristalino. Ainda, nanopartículas compostas de um mesmo material podem apresentar propriedades que variam de acordo com o tamanho e formato. Esta ampla diversidade de propriedades torna as nanopartículas uma classe de materiais de particular interesse na busca por produtos e materiais com características inovadoras. Entre outros, podemos citar aplicações em engenharia de superfícies, para melhoria das características hidrofóbicas de materiais orgânicos (OGIHARA, 2012), na catálise melhorada de hidrocarbonetos e combustíveis (RIGO, 2014, KHALIL, 2017, AFOLABI, 2019,

DALMEDICO, 2020) e em células de combustível (AN, 2015; RIGO, 2019), em farmácia, biologia e biomedicina, onde nanopartículas são estudadas para desenvolvimento de novos fármacos ou diagnóstico (HASHEMI, 2020; LIN, 2012; DALMEDICO, 2020; WANG, 2015), bem como na área sanitária, onde podem ser empregadas na purificação da água (ALAMELU, 2020) e na eliminação de bactérias, vírus e agentes nocivos (FURNO, 2004; GALDIERO, 2011), onde se destacam as nanopartículas de prata (AgNPs).

## **2 | APLICAÇÕES ANTIBACTERIANAS, ANTIVIRAIS, BIOMÉDICAS E CATALÍTICAS DAS AgNPs**

As propriedades antibacterianas da prata são conhecidas de longa data e este efeito também é verificado nas nanopartículas de Ag (SHARMA, 2009). A efetividade da prata na eliminação de vírus e bactérias já é empregada em diversos materiais e produtos em ambiente hospitalar, tais como instrumentos cirúrgicos, polímeros, ataduras, entre outros, bem como soluções contendo prata iônica (Ag<sup>+</sup>) podem ser empregadas como agentes desinfetantes e higienizadores de elevada eficácia. Estes produtos podem ser ferramentas eficazes na redução do risco de infecções hospitalares, entretanto, o uso de nanopartículas de Ag pode potencializar a eficiência destes instrumentos, podendo resultar em materiais e processos inteiramente inovadores (RAI, 2009).

Em um primeiro momento, a redução efetiva do tamanho das partículas em suspensão pode levar a uma maior área superficial de prata disponível. Por exemplo, a simples diminuição de uma partícula de 10 µm para 10 nm elevaria a área efetiva de superfície em cerca de 10<sup>9</sup>. Entretanto, já foi verificado que a eficácia das AgNPs vai além da simples economia de material, e permite o desenvolvimento de produtos e técnicas inteiramente inovadoras. Interessantemente, os efeitos antibacterianos das AgNPs são dependentes do tamanho e formato, com nanopartículas menores sendo mais efetivas na eliminação de bactérias que as maiores (RAI, 2009).

Em um estudo avaliando AgNPs entre 25 e 450 nm, verificou-se que aquelas com 25 nm são as mais eficazes (PANACEK, 2006). Também, por meio de pesquisas envolvendo bactérias *Escherichia coli* (*E. Coli*), Pal et al. (2007) avaliaram o efeito bactericida de nanopartículas de Ag em função do formato das nanoestruturas. Os autores reportaram que a eficácia biocida dos materiais não depende apenas da área exposta, mas também do formato das estruturas, onde o plano cristalino {111} foi aquele com maior eficácia. Neste sentido, é relevante destacar que, por meio das técnicas experimentais atualmente disponíveis, é possível obter nanopartículas de Ag com um elevado controle do formato (CHAKRABORY, 2019).

O emprego das AgNPs em ligas metálicas para recobrir instrumentos cirúrgicos também pode contribuir para redução de problemas relacionados com a infecção hospitalar de pacientes. Nesta linha, em um recente estudo experimental, Mejía et al. (2020) avaliaram

aços comumente empregados em instrumentos cirúrgicos, como o aço inoxidável AISI 420, com e sem cobertura com nanopartículas de Ag e Cu. Foi verificado que as amostras contendo cobertura com nanopartículas elevaram tanto a dureza mecânica quanto a resistência à eletrocorrosão dos modelos. Considerando o efeito protetivo à corrosão, associado às propriedades antibacterianas das AgNPs, os instrumentos contendo uma microcamada de nanopartículas de Ag se apresentam como uma alternativa interessante para elevar a segurança sanitária em intervenções médicas e odontológicas.

Embora as AgNPs já sejam empregadas em produtos e equipamentos, pode-se destacar que existe um grande potencial para expansão. Neste contexto, muitos países, estados e cidades recomendam ou até mesmo obrigam o uso de máscaras faciais como forma de reduzir a transmissibilidade do SARS-CoV-2. Nesta linha, a literatura especializada já mostrou que a impregnação de nanopartículas de Ag em tecidos pode reduzir drasticamente a atividade microbiana (FURNO, 2004). O potencial das AgNPs como agentes antivirais também já foi demonstrado (GALDIERO, 2011). Embora não exista literatura mais detalhada sobre a ação das AgNPs em relação ao SARS-CoV-2, já ficou demonstrada a ação eficaz contra uma grande variedade de vírus, dentre os quais o HIV-1, influenza, entre outros (GALDIERO, 2011), restando os estudos com SARS-CoV-2 como perspectiva.

As AgNPs também são consideradas no desenvolvimento de novos fármacos. Uma linha de pesquisa que merece destaque é o tratamento anticâncer, no qual as AgNPs podem ser administradas de maneira conjugada com outras moléculas e fármacos. Neste segmento, Hashemi et al. (2020) avaliaram a ação de AgNPs na eliminação de células de câncer gástrico *in vitro*, demonstrando efeitos positivos.

Nanopartículas de Ag também podem contribuir positivamente para administração de drogas anticâncer que já são empregadas atualmente, atuando de maneira sinérgica com os fármacos e reduzindo os efeitos colaterais adversos. Neste sentido, isoladamente, o Metotrexato (MTX) é uma droga anticâncer com consideráveis efeitos colaterais.

Recentemente foi verificado que a conjugação do MTX com pequenas AgNPs (AgNPs-MTX), de cerca de 13 nm em diâmetro, pode elevar o potencial terapêutico do composto em relação ao MTX administrado de forma isolada, permitindo uma redução da quantidade do fármaco empregada por dose e diminuindo assim os efeitos colaterais do produto (ROZALEN, 2020). O estudo demonstrou eficácia contra câncer de pulmão e cólon em ensaios *in vitro* sendo que os efeitos toxicológicos foram avaliados *in vivo*, empregando peixes zebra.

Vale ressaltar que as AgNPs encontram potencialidades não apenas no segmento biomédico e sanitário. Elas também têm sido muito estudadas considerando aplicações em catálise melhorada. Particularmente, as AgNPs mostraram características e performance interessantes, tais como eficiência melhorada em relação à superfícies estendidas (LEI, 2010) e características dependentes do tamanho (RODRIGUES, 2016). Nesta linha, um

outro estudo avaliou a atividade catalítica de prismas triangulares, quase esferas, cubos e fios, sendo que os prismas triangulares e quase esferas apresentaram resultados mais efetivos na fotocatalise de moléculas tais como o dimercaptoazobenzeno e aminotiofenol. Este resultado pode ser entendido pela maior quantidade de faces {111} nestas estruturas, em comparação com os fios e cubos (DA SILVA, 2015). Como visto, a eficácia das AgNPs é maior para determinados tamanhos e formatos, sendo que trabalhos experimentais indicam que a obtenção destas estruturas, de tamanho e formato determinado, é factível, existindo atualmente grande controle sobre o tamanho e formato das AgNPs (SUN, 2002).

As nanopartículas de Ag podem se apresentar nos mais diferentes formatos, sendo que também merecem destaque os resultados encontrados empregando nanopartículas ocas. Em um interessante trabalho experimental, Rodrigues et al. (2016) avaliaram a catálise de benzeno, tolueno e xileno por meio de AgNPs ocas, recobertas com uma fina camada de Pt (AgPt). O estudo mostrou que as partículas ocas de AgPt foram mais eficientes na catálise do benzeno, e que a área efetiva dos poros influencia os resultados.

As propriedades reativas das AgNPs podem ser empregadas em diversas aplicações. Por exemplo, um segmento que pode se beneficiar é aquele relacionado com o tratamento e despoluição de águas. Nesta linha de atividades, foi verificado que nanopartículas de prata podem ser empregadas na remoção de poluentes orgânicos da água (ALAMELU, 2020). O estudo avaliou nanopartículas de prata ligadas em fragmentos de grafeno através de terminações sulfônicas ( $-SO_3H$ ). Este composto foi mantido suspenso em meio aquoso, e após exposição das amostras à luz solar, verificou-se que aquelas contendo a dispersão de grafeno-Ag foram até 98% mais eficientes na remoção de poluentes orgânicos em pH entre 3 e 7, com redução da efetividade de acordo com o aumento na alcalinidade da solução. Assim, nota-se que nanopartículas de Ag são eficientes para promover a fotocatalise de moléculas orgânicas em meio aquoso, podendo ser efetivamente empregadas na degradação de poluentes.

### 3 | CONCLUSÃO

A nanociência e a nanotecnologia estão cada vez mais presentes em atividades cotidianas. Estas ferramentas apresentam perspectivas na busca por conhecimento e produtos inovadores. Neste contexto, este trabalho apresentou uma revisão sobre algumas aplicações e estudos envolvendo nanopartículas de prata (AgNPs). Estes nanomateriais já são utilizados em uma gama de atividades, sendo que pesquisas recentes também apontam para novos aproveitamentos em catálise, produtos bactericidas e antivirais, fármacos, biomedicina, entre outros. Estes nanocomponentes podem apresentar uma eficiência maior que o uso de superfícies estendidas, por exemplo.

Recentes avanços consideraram o uso das AgNPs em aplicações biomédicas,

seja como agente antimicrobiano, bem como auxiliando no tratamento de certos tipos de câncer. Estas informações mostram que as AgNPs já são empregadas em diversas aplicações. Ainda, estudos apontam para um potencial em aplicações envolvendo novos materiais destinados principalmente para áreas vinculadas às ciências da saúde.

## REFERÊNCIAS

- AFOLABI, R.; ESTHER, Y. **Nanotechnology and global energy demand: challenges and prospects for a paradigm shift in the oil and gas industry.** J. of Petroleum Exploration and Production Technology. v. 9, p. 1423-1441, 2019.
- ALAMELU, K.; JAFFAR ALI, B. M. **Ag nanoparticle-impregnated sulfonated graphene/TiO<sub>2</sub> composite for the photocatalytic removal of organic pollutants.** Applied Surface Science, v. 512, p. 145629, 2020.
- AN, L.; ZHAO, T. S.; LI, Y. S. **Carbon-neutral sustainable energy technology: Direct ethanol fuel cells.** Renewable and Sustainable Energy Rev, v. 50, p. 1462, 2015.
- CHAKRABORY, I.; PARAK, W. J. **Protein-induced shape control of noble metal nanoparticles.** Advanced Materials Interfaces, v. 6, p. 1801407, 2019.
- DA SILVA, A. G. M. et al. **The fault in their Shapes: investigating the surface-plasmon-resonance-mediated catalytic activities of silver quasi-spheres, cubes, triangular prisms, and wires,** Langmuir, v. 31, p. 10272-10278, 2015.
- DALMEDICO, J. F. et al. **Ferramentas computacionais aplicadas na construção de modelos atômicos de nanopartículas funcionalizadas.** In: Gonçalves, F. A. M. F. (org.). Estudos Teórico-Metodológicos nas Ciências Exatas. 1ed. Atena ed. Ponta Grossa, 2020.
- FURNO, F. et al. **Silver nanoparticles and polymeric medical devices: a new approach to prevention of infection?.** Journal of Antimicrobial Chemotherapy, v. 54, p. 1019-1024, 2004.
- GALDIERO, S. et al. **Silver Nanoparticles as Potential Antiviral Agents,** v. 16, p. 8894-8918, 2011.
- HASHEMI, S. F.; TASHARROFI, N. e SABER, M. M. **Green synthesis of silver nanoparticles using *Teucrium polium* leaf extract and assessment of their antitumor effects against MNK45 human gastric cancer cell line.** Journal of Molecular Structure, 1208, p. 127889, 2020.
- KHALIL, M.; JAN, B. M.; TONG, C. W.; BERAWI, M. A. **Advanced nanomaterials in oil and gas industry: Design, application and challenges,** Applied Energy, Elsevier, vol. 191(C), p. 287-310, 2017.
- KIM, J.-M. et al. **Identification of Coronavirus Isolated from a Patient in Korea with COVID-19,** Osong Public Health Res Perspective, v. 11, n. 1, p. 3-7, 2020.
- LEI, Y. et al. **Increased silver activity for direct propylene epoxidation via subnanometer size effects.** Science, v. 328, p. 224-228, 2010.
- LIN, Y.-S et al. **Critical considerations in the biomedical use of mesoporous silica nanoparticles.** J. Phys. Chem. Lett. v. 3, p. 364-374, 2012.
- MEJÍA, H. D.; AINDA, V.; ECHAVARRÍA, M.; CALDERÓN, J. A.; e BEJARANO, G. **Microstructural and electrochemical properties of TiAlN(Ag,Cu) nanocomposite coatings for medical applications deposited by dc magnetron sputtering.** Journal of Alloys and Compounds, v. 828, p. 154396, 2020.

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

PAL, S.; TAK, Y. K.; SONG, J. M. **Does the Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles Depend on the Shape of the Nanoparticle? A Study of the Gram-Negative Bacterium *Escherichia coli*.** *Applied and Environmental Microbiology*, v. 73, p. 1712-1720, 2007.

PANACEK, A. et al. **Silver Colloid Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Their Antibacterial Activity.** *Journal of Physical Chemistry B*, v. 110, n. 33, p. 16248-16253, 2006.

RAI, M.; YADAV, A.; GADE, A. **Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials.** *Biotechnology Advances*, v. 27, p. 76-83, 2009.

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

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

RODRIGUES, T. S. et al. **On the Catalytic Properties of AgPt Nanoshells as a Function of Size: Larger Outer Diameters Lead to Improved Performances.** *Langmuir*, v. 32, n. 36, p. 9371-9379, 2016.

ROZALEN, M.; SÁNCHEZ-POLO, M.; FERNANDEZ-PERALEZ, M.; WIDMANN, T.J. e RIVERA-UTRILLA, J. **Synthesis of controlled-size silver nanoparticles for the administration of methotrexate drug and its activity in colon and lung cancer cells.** *RSC Advances*, v. 10, p. 10646-10660, 2020.

SHARMA, V. K.; YNGARD, R. A.; e LIN, Y. **Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities.** *Advances in Colloid and Interface Science*, v. 145, p. 83-96, 2009.

SUN, Y. e XIA, Y. **Shape-Controlled Synthesis of Gold and Silver Nanoparticles.** *Science*, v. 298, p. 2176-2179, 2002.

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

## ESTUDO DO ACOPLAMENTO ELETRÔNICO DAS TRANSIÇÕES ÓPTICAS EM NANOPARTÍCULAS DE $\text{Bi/Bi}_2\text{O}_3$ ATRAVÉS DE MEDIDAS DE ABSORÇÃO ÓPTICA E FOTOLUMINESCÊNCIA DE EXCITAÇÃO

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 10/06/2020

### **Miguel Angel González Balanta**

Universidade Federal de Uberlândia - ICENP  
Ituiutaba - MG  
<http://lattes.cnpq.br/8441780324518328>

### **Pablo Henrique Menezes**

Universidade Federal de Uberlândia - ICENP  
Ituiutaba - MG  
<http://lattes.cnpq.br/4265919709226150>

### **Silvio José Prado**

Universidade Federal de Uberlândia - ICENP  
Ituiutaba - MG  
<http://lattes.cnpq.br/8959531982450123>

### **Victor Ciro Solano Reynoso**

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira - SP  
<http://lattes.cnpq.br/9800039813867116>

### **Raul Fernando Cuevas Rojas**

Universidade Federal de Uberlândia - ICENP  
Ituiutaba - MG  
<http://lattes.cnpq.br/5525892544166668>

**RESUMO:** Os materiais a base de bismuto têm sido amplamente estudados devido a suas atividades fotocatalíticas, quando

interage com luz visível, deste modo, o estudo detalhado da interação entre a radiação e nanopartículas de bismuto torna-se um ponto crucial para aplicações que requerem deste tipo de propriedades. Neste trabalho se descreve as propriedades luminescentes de nanopartículas de  $\text{Bi/Bi}_2\text{O}_3$  ( $\text{Bi/Bi}_2\text{O}_3$ :NPs) dispersas em solução coloidal. As  $\text{Bi/Bi}_2\text{O}_3$ :NPs foram sintetizadas utilizando uma solução aquosa contendo hidróxido de potássio (KOH) e nitrato de bismuto penta-hidratado ( $(\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ ). As transições ópticas das  $\text{Bi/Bi}_2\text{O}_3$ :NPs foram investigadas mediante medidas de absorção óptica (AO), fotoluminescência (PL) e fotoluminescência de excitação (PLE). As  $\text{Bi/Bi}_2\text{O}_3$ :NPs exibiram luminescência na região visível e vários centros de absorção na região ultravioleta. As medidas de AO e de PLE em diferentes comprimentos de onda revelaram várias bandas de absorção. Essas bandas foram associadas à formação de famílias de nanopartículas (NPs) com diferentes tamanhos. Os centros de emissão em  $\text{Bi/Bi}_2\text{O}_3$ :NPs são uma questão ainda controversa devido as várias mudanças no estado de valência dos íons bismuto. Neste trabalho expõe-se esquematicamente as transições ópticas nas  $\text{Bi/Bi}_2\text{O}_3$ :NPs sintetizadas e explora-se o acoplamento entre essas transições. Através

deste estudo desenvolvemos uma metodologia para analisar conjuntamente os resultados de duas técnicas de absorção bastante exploradas na pesquisa de nanoestruturas semicondutoras: PLE e AO combinadas com a PL.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanopartículas, bismuto, fotoluminescência (PL), absorção óptica (AO), fotoluminescência de excitação (PLE).

## STUDY OF THE ELECTRONIC COUPLING OF OPTICAL TRANSITIONS IN BI/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NANOPARTICLES THROUGH OPTICAL ABSORPTION AND PHOTOLUMINESCENCE EXCITATION MEASUREMENTS

**ABSTRACT:** Bismuth-based materials have long been studied because of their expected photocatalytic activities under visible light, therefore a detailed study of the interaction between radiation and Bismuth nanoparticles is a fundamental point for applications. This work report on the luminescence properties of the Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles (Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NPs) dispersed in aqueous colloidal solution. The Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NPs were synthesized under an aqueous condition, *using a mixture* containing potassium hydroxide (KOH) and bismuth nitrate pentahydrate((Bi(NO)<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O). Optical transition in Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NPs were investigated by optical absorption (OA), photoluminescence (PL) and photoluminescence excitation (PLE). The Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NPs exhibited visible luminescence and several absorption center. Photoluminescence excitation measurements reveals several broad and sharp structures. The identification of these bands through PLE and OA measurements exposes various emissions in the visible spectra which were associated to the formation of NPs family with different size. The emission centers in Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NPs are controversial issue due to various bismuth ions valence state changes. This work reveals an architecture of the optical transitions in the NPs synthesized and explore the coupling between those transition. Through this study, we developed a methodology to jointly analyze the results of two absorption techniques widely explored in the research of semiconductor nanocrystals: PLE and AO combined with PL.

**KEYWORDS:** Nanoparticles, bismuth, photoluminescence (PL), optical absorption (AO), excitation photoluminescence (PLE).

## 1 | INTRODUÇÃO

Materiais a base de bismuto tais como o tri-óxido de bismuto (Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NPs) é um importante semicondutor de óxido de metal que tem recebido considerável atenção devido à facilidade de síntese, baixa toxicidade, baixo custo e também porque exibe excelentes propriedades ópticas e elétricas, tais como, amplo band gap, alto índice de refração, alta permitividade dielétrica e boa fotocondutividade (DADASHIA et al., 2015; LEONTIE et al., 2001).

Devido às suas propriedades físicas e químicas únicas, as nanopartículas de óxido de bismuto têm sido amplamente utilizadas em aplicações, tais como, como células

solares fotoquímicas, varistores, sensores de gás, aditivos farmacêuticos e metalúrgicos, materiais supercondutores de alta temperatura, cerâmica funcional e catalisadores, etc (DADASHIA et al., 2015; LEONTIE et al., 2001; GONDA et al., 2012).

Por sua vez, o bismuto semimetal, que possui superfície de Fermi altamente anisotrópica, massa efetiva da banda de condução pequena e alta mobilidade eletrônica (BOROVIKOVA et al.; 2018, WANG et al., 2005) é de grande interesse porque quando o tamanho do cristal é reduzido para a nano escala, o bismuto semimetal é convertido em um semicondutor devido ao efeito de confinamento quântico, tornando as nanopartículas de bismuto especialmente úteis para aplicações optoeletrônicas e termoelétricas (BOROVIKOVA et al., 2018; WANG et al., 2005; ZULKIFLI et al., 2018).

Ao contrário dos nanomateriais semicondutores II-VI, tais como CdS, PbS e CdSe, CdTe, etc cujas propriedades luminescentes tem sido extensamente estudadas e produzido um grande número de investigações relacionadas (TRINDADE et al., 2001; YOFFE, 1993; EYCHMÜLLER, 2000; BEECROFT; OBER, 1997; DONG; ZHU, 1999; ROJAS et al., 2020). Há apenas, alguns poucos artigos que exploram as propriedades luminescentes em nanopartículas baseadas em óxidos metálicos, mais especificamente sobre nanopartículas de Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (SINGH; KARMAKAR, 2011).

Dessa forma, considerar estes materiais em aplicações na optoeletrônica e na fotônica tem as suas limitações devido ao conhecimento insuficiente das recombinações radiativas e não-radiativas relacionadas a estados de superfície das estruturas ou defeitos. Neste trabalho estudamos a luminescência e a origem dos centros de emissão de nanopartículas de Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> através de técnicas de absorção óptica (AO), de fotoluminescência (PL) e de fotoluminescência de excitação (PLE). A análise dos resultados envolvendo a integração de técnicas de AO, PL, PLE permite generalizar o estudo para avaliar o acoplamento entre estados em qualquer outro tipo de nanoestrutura semicondutora.

Desse modo, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia sistemática para que o uso destas técnicas em conjunto, aqui apresentadas para estudar o Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NPs, possam também ser usadas no estudo de outros tipos de materiais semicondutores.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de síntese iniciou-se com a preparação de 10 mL de uma solução de KOH (hidróxido de potássio) a 0,032M; para isto, 0,0179g de KOH foram dissolvidos em 10mL de água ultrapura sobre agitação magnética.

A seguir, dissolveu-se 0,0274g de (Bi(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)<sub>5</sub>H<sub>2</sub>O (nitrato de bismuto pentahidratado) em 24,5mL de água ultrapura sobre agitação magnética. Depois a mistura foi transferida a um reator de três bocas e submetida a um aquecimento até a

temperatura de 80°C (ante a impossibilidade de manter a temperatura constante nesse valor trabalhou-se na faixa de 79-83°C), durante todo o processo a solução foi borbulhada com gás de argônio. Após 15min mantendo a solução na faixa de temperatura indicada, adicionou-se 0,5mL da solução KOH previamente preparada, sem retirar o borbulhamento de gás. Alíquotas de 10mL foram retiradas após 2 e 15 minutos da injeção da solução de KOH. Uma foto do *Set-Up* da síntese é apresentada na Figura 1.



Figura 1. Montagem experimental (*Set-Up*) do sistema utilizado para desenvolver a síntese das nanopartículas de Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

A solução coloidal contendo as nanopartículas de Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> foi incolor e sem sinais de precipitação. Alíquotas de 4ml desta solução foram caracterizadas através de medidas de absorção óptica na faixa UV-Vis usando um espectrômetro de duplo feixe da Shimadzu. A seguir, medidas de PL e PLE foram feitas usando um espectrofluorímetro da Agilent Cary Eclipse. Para as medidas de fotoluminescência, as amostras foram excitadas com uma luz de comprimento de onda de 247nm. As medidas de PLE foram realizadas fixando a detecção da luz em cada um dos centros de emissão observados na luminescência. O comprimento de onda de excitação foi variado desde 200nm até um comprimento de onda próximo à detecção.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espectro de absorção obtido das amostras em solução coloidal é mostrado na Figura 2.

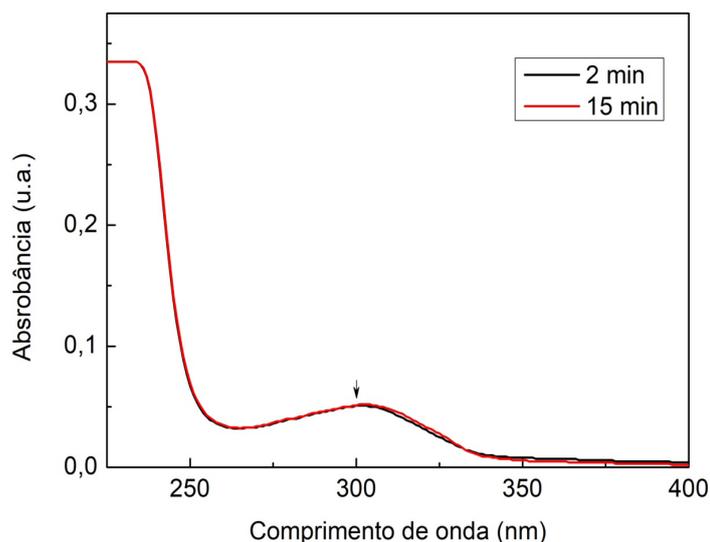


Figura 2. Espectro de absorção retirados das nanopartículas de Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em solução coloidal e submetidas a dois tempos refluxo diferentes.

O espectro de absorção das amostras “as prepared” apresentam uma banda larga na faixa 263-340 nm com pico em 302 nm. Esta banda foi atribuída à ressonância do plasmon de superfície (KABIR; MANDAL, 2013) e pode estar associada a formação de nanopartículas com diâmetro menor do que 10 nm (PAWAR et al., 2012). Neste caso, podemos estimar o tamanho das nanopartículas seguindo o modelo hiperbólico da massa efetiva (PAWAR et al., 2012):

$$R^2 = \frac{2 \pi^2 \hbar^2}{m^*} \frac{E_{bulk}}{(E_{nano}^2 - E_{bulk}^2)} \quad (1)$$

Onde  $\hbar$  é constante de Planck (em eV.s),  $m^*$  representa a massa efetiva do elétron ( $29,15 \times 10^{-31}$  Kg),  $E_{bulk}$  a energia do gap do semiconductor em bulk e  $E_{nano}$  corresponde à energia do band gap do nanomaterial.

Considerando que o trióxido de bismuto Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em forma de bulk é um semiconductor de gap direito de 2,85 eV, aplicando o modelo da massa efetiva hiperbólico estimamos o tamanho das nanopartículas em 3,9 nm.

A ressonância do plasmon de superfície é uma característica de nanopartículas metálicas em um meio dielétrico sendo atribuída à oscilação coletiva de elétrons em resposta à excitação óptica. A notória absorção em 302 nm provavelmente seja vestígio do pico plasmônico característica de nanopartículas de bismuto de maior tamanho. Portanto, o aparecimento do pico em 302 nm na Figura 2 indica que os íons Bi<sup>3+</sup> são completamente reduzidos dando lugar a formação de nanopartículas de bismuto.

A medida de absorção aparece como uma boa ferramenta para indicar a formação de nanopartículas, contudo, a análise das transcrições ópticas deve ser feita considerando

a transferência de carga entre os estados de absorção e emissão, desta forma, é conveniente utilizar técnicas que descrevam a dinâmica dos portadores na estrutura quando excitados com luz de diferentes comprimentos de onda. Para tanto, na Figura 3 é apresentado o espectro de fotoluminescência das amostras quando excitadas com uma luz de comprimento de onda de 247 nm.

Nas duas amostras o espectro apresenta três centros de emissão, uma estrutura bem definida em  $\sim 270\text{nm}$  (nomeada A) e outras duas mais alargadas em  $\sim 320\text{nm}$  (nomeada B) e em  $\sim 400\text{nm}$  (nomeada C), as bandas A e B podem estar relacionadas à emissão dos íons de bismuto com diferentes estados de oxidação tais como  $\text{Bi}^{5+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Bi}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^+$  e  $\text{Bi}^0$  que são coexistentes na estrutura e ainda são transições estudadas com origem controversa (MAJEROVÁ et al., 2018).

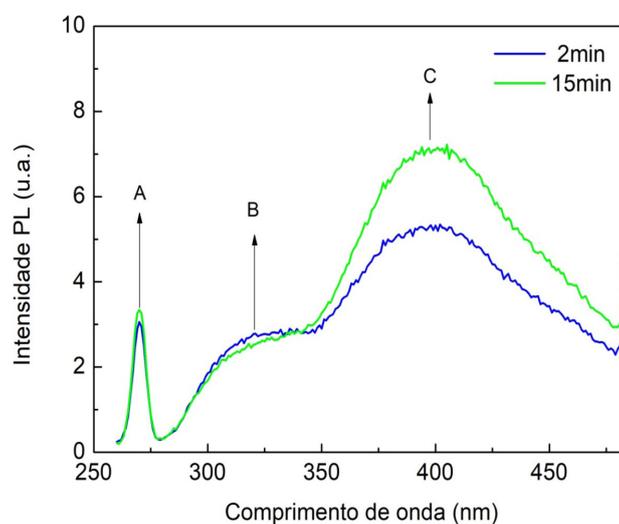


Figura 3. Espectro de fotoluminescência (PL) das nanopartículas de  $\text{Bi}/\text{Bi}_2\text{O}_3$  em solução coloidal submetidas a dois tempos de refluxo diferentes. As setas indicam as principais emissões das transições eletrônicas.

O formato fino da banda A apresenta características de emissão de íons, porém a banda B mais alargada pode representar a convolução da luminescência de vários íons de Bismuto. Verificou-se então que a banda A e a banda B estão relacionadas entre si pelo fato de manterem a mesma intensidade independentemente do tempo de refluxo. Por outro lado, a banda C muda a intensidade conforme aumenta o tempo de refluxo, esta emissão pode estar relacionada às transições da banda de condução para a banda de valência na estrutura semicondutora. Com o intuito de identificar a origem das bandas, foram realizadas medidas de PLE fixando a detecção da luz em cada um dos centros de emissão observados na luminescência e variando o comprimento de onda de excitação desde 200nm até um comprimento de onda próximo à detecção, desta maneira, obtém-se informação tanto sobre a absorção óptica quanto sobre a emissão, e o acoplamento entre os estados envolvidos nestes dois processos. Os espectros de PLE são apresentados na Figura 4.

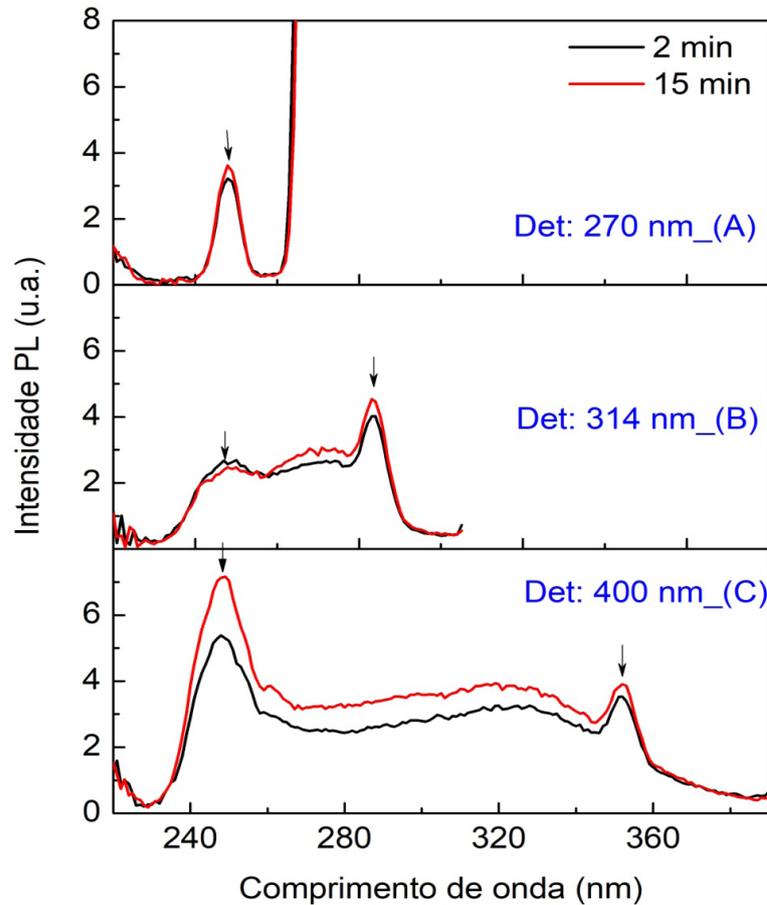


Figura 4. Espectro de fotoluminescência de excitação (PLE) das nanopartículas de Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. A detecção foi sintonizada nas três emissões principais (A, B e C) do espectro de PL da Fig. 3. As setas indicam a formação de nanopartículas de famílias diferentes.

Observam-se várias estruturas de absorção em diferentes posições da banda principal do espectro da Figura 2, pois a técnica de PLE é mais sensível as características de absorção quando avaliado simultaneamente a recombinação dos portadores. O fato de não ter sido observado estas bandas no espectro de absorção, e as bandas terem um formato de pico bem definido, sugere que as bandas observadas no espectro de PLE são provenientes de diferentes famílias de nanopartículas com tamanhos específicos. Reforçando a hipótese da formação de NPs com diferentes tamanhos, observa-se na Figura 5 uma energia do deslocamento Stoke ( $DE_{ss}$ ) relativamente grande ( $\sim 410\text{meV}$ ) em relação à largura a meia altura da banda de emissão do estado fundamental. Este valor fica ainda maior ( $\sim 1860\text{meV}$ ) quando se considera a diferença de energia entre a absorção e a banda C associada à transição banda de valência-banda de condução. Valores pequenos de  $DE_{ss}$  indicariam absorções banda-banda entre o estado fundamental na mesma nanopartícula e emissão nos estados de defeitos ou recombinação do próprio estado fundamental.

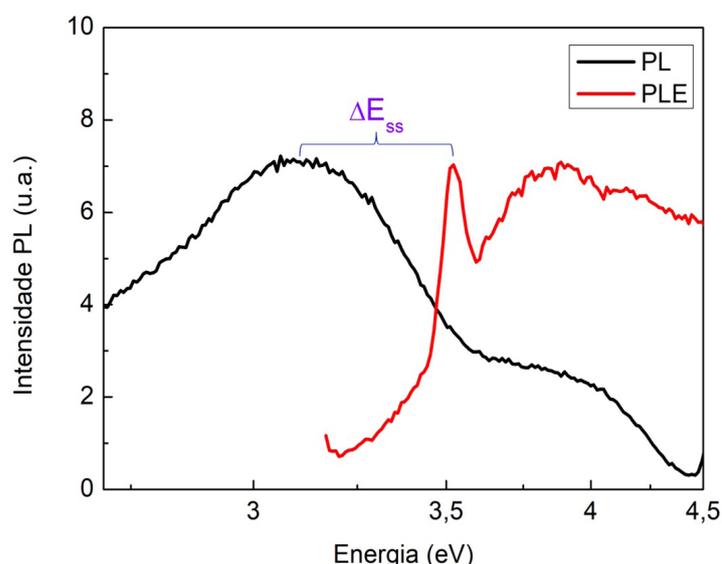


Figura 5. Determinação da energia de Stoke shift ( $\Delta E_{ss}$ ) a partir do espectro de PLE e a emissão fundamental no espectro de PL.

Para simplificar a análise de transferência de carga, na Figura 6 esquematizamos o processo de absorção e emissão.  $NP_1$ ,  $NP_2$ ,  $NP_3$  e  $NP_4$  correspondem a absorções de famílias de nanopartículas em  $\sim 246$  nm,  $\sim 284$  nm,  $\sim 302$  nm e  $\sim 352$  nm respectivamente, enquanto A, B e C representam as emissões observadas no espectro de luminescência da Figura 3.

As linhas tracejadas indicam o processo de absorção e emissão. Esta transferência é governada pela força do oscilador associada ao acoplamento entre os níveis de energia no semiconductor (DAVIES, 1998), portanto, apesar de  $NP_3$  não possuir transferência de carga para nenhum centro de emissão, um nível na mesma posição de energia aparece na emissão, isto faz com que  $NP_3$  por sua vez esteja acoplado com outra família de nanopartículas, neste caso,  $NP_1$  que transfere carga para todos os centros de recombinação.

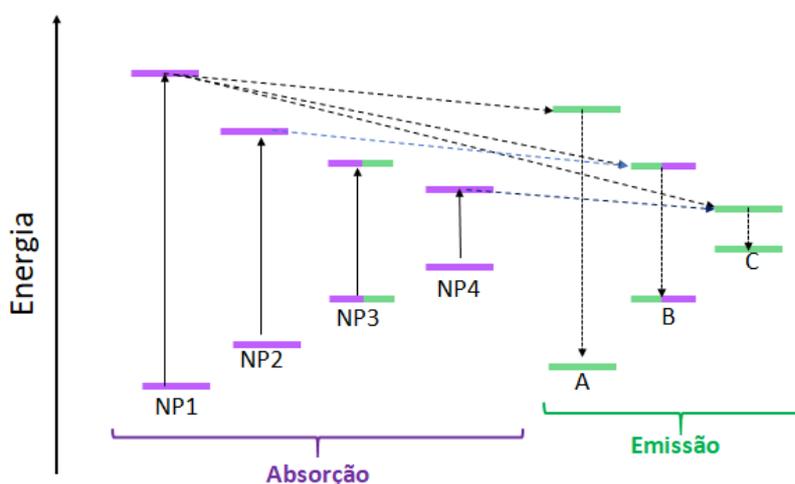


Figura 6. Representação esquemática da dinâmica das transições ópticas envolvidas nas nanopartículas nos processos de absorção e emissão.

## 4 | CONCLUSÕES

Nanopartículas de Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dispersas em solução coloidal foram sintetizadas. A emissão da luminescência indica recombinação dos portadores da banda de condução para a banda de valência e a emissão dos íons de bismuto com diferentes estados de valência presentes na estrutura.

A identificação dessas bandas feita através de medições de PLE expõe vários centros de absorção que foram associadas à formação de famílias de NPs com diferentes tamanhos. Finalmente, a partir da integração da análise das medidas de absorção óptica e fotoluminescência de excitação observa-se o acoplamento típico entre os estados de absorção e emissão e um acoplamento entre os próprios estados associados às NPs.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio das agências CNPq e CAPES, e o apoio financeiro da FAPEMIG através da concessão do projeto CEX-APQ-00753-18.

## REFERÊNCIAS

- BEECROFT, L. L.; OBER, C. K. **Nanocomposite materials for optical applications**. Chem. Mater., 9, p. 1302–1317, 1997.
- BOROVIKOVA, L. N.; POLYAKOVA, I. V.; KOROTKIKH, E. M.; LAVRENT'EV, V. K.; KIPPER, A. I.; PISAREV, O. A. **Synthesis and Stabilization of Bismuth Nanoparticles in Aqueous Solutions**. Russian Journal of Physical Chemistry A, v. 92, n.11, p. 2253–2256, 2018.
- DADASHIA, S.; DELAVARIA, H.; POURSALEHI, R. **Optical Properties and Colloidal Stability Mechanism of Bismuth Nanoparticles Prepared by Q-Switched Nd:Yag Laser Ablation in Liquid**. Procedia Materials Science, v. 11, p. 679-683, 2015.
- DALOCAN, V. **Some electrical properties of Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films**. Phys. Status Solidi, v. 45, n. 2, p. K155–K157, 1978.
- DAVIES, J. H. **The physics flow dimensional semiconductors**. Cambridge Universitypress, 1998.
- DIMITROV, V.; SAKKA, S. **Linear and nonlinear optical properties of simple oxide. II**. J. Appl. Phys., v. 79, n. 3, p. 1741–1745, 1996.
- DONG, W. T.; ZHU, C. S. **Preparation and characterization of DBS modified PbS nanoparticles doped in ORMOSIL**. J. Inorg. Mater., v. 14, n. 4, p. 548–552, 1999.
- EYCHMÜLLER, A. **Structure and photophysics of semiconductor nanocrystals**. J. Phys. Chem., B 104, p. 6514–6528, 2000.
- GONDAL, M. A.; SALEH, T. A.; DRMOSH, Q. **Optical Properties of Bismuth Oxide Nanoparticles Synthesized by Pulsed Laser Ablation in Liquids**. Science of Advanced Materials, v. 4, p. 1–4, 2012.
- KABIR, L.; MANDAL, S. K. **Structural and Optical Properties of Single Crystalline Bismuth Nanoparticles in Polymer**. International Journal of Modern Physics: Conference Series, v. 22, p. 654–659, 2013.

- KOMORITA, K.; SUZUKI, M. **Current controlled negative resistance and memory switching effect of metal–bismuth oxide– metal thin films.** Jpn. J. Appl. Phys., v. 14, n. 6, p. 913–914, 1975.
- LEONTIE, L.; CARAMAN, M.; DELIBAS, M.; RUSU, G. I. **Optical properties of bismuth trioxide thin films.** Materials Research Bulletin, v. 36, p. 1629–1637, 2001.
- MAJEROVÁ, M.; KLEMENT, R.; PRNOVÁ, A.; KRAXNER, J.; BRUNEEL, E.; GALUSEK, D. **Crystallization and visible–near-infrared luminescence of Bi-doped gehlenite glass.** R. Soc. open sci, 5181667, 2018.
- PAWAR, P. A.; NEMADE, K. R.; WAGHULEY, S. A. **Optical properties of single step synthesized nanostructured bismuth oxide using hyperbolic band model.** Sci. Revs. Chem. Commun, v. 2, n. 3, p. 419-422, 2012.
- ROJAS, R. F. C.; BALANTA, M. A. G.; PRADO, S. J.; MENEZES, P. H.; FILHO, L. A. P.; REYNOSO, V. C. S. **Optical and Electrochemical properties in CdSe/CdTe and CdSe/CdTe nanocrystals prepared by aqueous synthesis.** Evolução na ciência e engenharia de materiais, Atena Editora, p. 161-170, 2020.
- SINGH, S. P.; KARMAKAR, B. **Controlled oxidative synthesis of Bi nanoparticles and emission centers in bismuth glass nanocomposites for photonic application.** Optical Materials, 33, p. 1760–1765, 2011.
- TRINDADE, T.; O'BRIEN, P.; PICKETT, N. L. **Nanocrystalline semiconductors: synthesis, properties, and perspectives.** Chem. Mater., 13, p. 3843–3859, 2001.
- WANG, Y. W.; HONG, B. H.; KIM, K. S. **Size Control of Semimetal Bismuth Nanoparticles and the UV-Visible and IR Absorption Spectra.** J. Phys. Chem. B, 109, p. 7067-7072, 2005.
- YOFFE, A. D. **Low-dimensional systems: quantum size effects and electronic properties of semiconductor microcrystallites (zero-dimensional systems) and some quasi-two-dimensional systems.** Advances in Physics, 42:2, p. 173-262, 1993.
- YU, B.; ZHU, C.; GAN, F. **Optical nonlinearity of Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles studied by Z-scan technique.** J. Appl. Phys., 82(8), p. 4532–4537, 1997.
- ZULKIFLI, Z. A.; RAZAK, K. A.; RAHMAN, W. N. W. A. **The Effect of Reaction Temperature on the Particle Size of Bismuth Oxide Nanoparticles Synthesized via Hydrothermal Method.** AIP Conference Proceedings 1958, 020007, 2018.

## ESTUDO DA FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL DE UM LAVADOR DE GÁS DO TIPO VENTURI EM 3D

*Data de aceite: 03/08/2020*

*Data de submissão: 06/05/2020*

### **Gabriel Dias Ramos**

Universidade Federal de São João del Rei,  
Campus Alto Paraopeba  
Ouro Branco - MG  
<http://lattes.cnpq.br/8404154460541493>

### **Débora Morais da Silva**

Universidade Federal de São João del Rei,  
Campus Alto Paraopeba  
Ouro Branco - MG  
<http://lattes.cnpq.br/2990975788875745>

### **Reimar de Oliveira Lourenço**

Universidade Federal de São João del Rei,  
Campus Alto Paraopeba  
Ouro Branco - MG  
<http://lattes.cnpq.br/1378493726162797>

### **Aderjane Ferreira Lacerda**

Universidade Federal de São João del Rei,  
Campus Alto Paraopeba  
Ouro Branco - MG  
<http://lattes.cnpq.br/2119761650030809>

**RESUMO:** Medidores de vazão do tipo Tubo de Venturi são largamente utilizados em processos industriais devido à sua fácil instalação, baixo custo de aquisição e operação. Outra vantagem

deste dispositivo está na baixa perda de carga relacionada à sua utilização. Esse equipamento se baseia na variação de pressão de um fluido ao passar por um estreitamento. Foi analisado o comportamento do fluido ar dentro do tubo Venturi através da fluidodinâmica computacional, com a intenção de se avaliar qual a melhor dimensão e melhor velocidade de entrada para determinado projeto. Os comprimentos da garganta modelados foram de 132, 99, e 66 mm, os diâmetros de garganta utilizados foram de 23 e 33 mm, e as velocidades de entrada foram 4, 7 e 10 m/s. As simulações foram realizadas em 3D (tridimensional). As quais demonstraram que a simulação k- $\epsilon$  apresentou representou bem o fenômeno que ocorre dentro de um equipamento e os perfis de pressão e velocidade apresentaram um comportamento similar a literatura. A partir das simulações foi possível encontrar o Venturi ideal, que apresenta o melhor desempenho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Venturi, fluidodinâmica computacional, simulação.

COMPUTATIONAL FLUIDODYNAMICS

STUDY OF A 3D VENTURI TYPE WASHER

**ABSTRACT:** Venturi tube type flowmeters are widely used in industrial processes due to their

easy installation, low cost of acquisition and operation. Another advantage of this device is the low pressure drop related to its use. This equipment is based on the pressure variation of a fluid as it passes through a narrowing. The behavior of air fluid inside the Venturi tube was analyzed through computational fluid dynamics, with the intention of evaluating the best dimension and the best inlet velocity for a given project. The modeled throat lengths were 132, 99, and 66 mm, the throat diameters used were 23 and 33 mm, and the input velocities were 4, 7 and 10 m/s. The simulations were performed in 3D (three-dimensional). Which demonstrated that the k- $\epsilon$  simulation presented well represented the phenomenon that occurs inside a device and the pressure and velocity profiles presented a behavior similar to the literature. From the simulations it was possible to find the ideal Venturi, which presents the best performance.

**KEYWORDS:** Venturi, computational fluid dynamics, simulation.

## 1 | INTRODUÇÃO

Para a realização de diversos processos industriais se faz necessário o transporte de um fluido por tubulações e, para analisar o comportamento deste fluido por onde ele passa, utilizam-se conhecimentos de mecânica dos fluidos. Este estudo envolve diversas características do fluido de interesse e, portanto, é necessário desenvolver um sistema para descrever tais características de modo qualitativo e quantitativo. Uma maneira eficiente de se medir vazão em tubo consiste na instalação de algum tipo de restrição ao mesmo e, então, é possível aferir a diferença entre pressões na região de baixa velocidade e alta pressão e de alta velocidade e baixa pressão (MUNSON; YOUNG; OKIISHI, 2004).

À medida que um fluido escoar através desta superfície, que pode se tratar de uma tubulação, ele adquire uma velocidade e uma vazão em massa e, dessa forma, torna-se necessário o desenvolvimento de dispositivos para medição destas grandezas. Tais dispositivos foram desenvolvidos a partir da equação de Bernoulli. Tipicamente, utilizam-se dispositivos de pressão diferencial, que possuem fácil funcionamento e são construídos de maneira simples e com baixo custo, além de poderem ser utilizados com diferentes tipos de fluidos. Dentre estes dispositivos, comumente é utilizado o medidor Venturi (IBARS, 2004). O medidor Venturi é um dos aparatos mais utilizados para medição de vazão em tubos, possuindo a característica de ser autolimpante, impedindo a acumulação de partículas sólidas e podendo medir a vazão de fluidos com quantidade alta de sedimentos, sendo assim utilizado para o escoamento de diferentes tipos de fluidos em processos industriais (DIAS; SILVA; FILHO, 2009).

Atualmente a utilização dos tubos de Venturi vem aumentando cada vez mais, e uma das suas principais aplicações tornou-se o uso como lavadores de gases industriais, porém tais montagens necessitam de altos investimentos. Assim, o uso da fluidodinâmica computacional para modelagem e dimensionamento de sistemas lavadores de gases do

tipo Venturi tornou-se bastante viável, para que antes da aplicação industrial haja um estudo teórico e uma melhor visualização dos procedimentos. (SCHULMAN; SILVA, 2014).

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O medidor Venturi tem uma alta eficiência e possui uma construção relativamente simples, sendo constituído de uma peça fundida, composta por uma seção a montante do mesmo de diâmetro do tubo, uma seção cônica convergente, uma garganta cilíndrica e uma seção cônica que diverge a uma seção cilíndrica, posterior à garganta. Um anel piezométrico pode ser ligado entre a parte do tubo em que ocorre a entrada de fluido e a parte da restrição, a “garganta”, para medição da pressão dos fluidos e cálculo da queda de pressão.

Um esquema de um medidor de vazão do tipo Venturi pode ser visto nas Figuras 1 e 2. Neste esquema, a entrada do fluido está localizada a esquerda da imagem e a saída à direita.

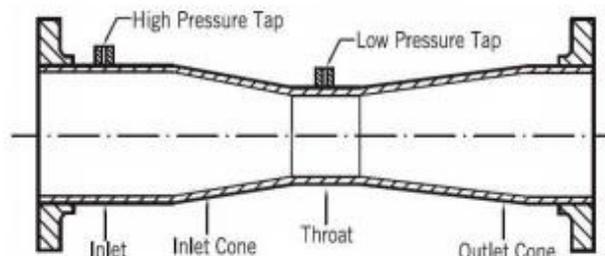


Figura 1. Desenho de um tubo de Venturi (DIRECT INDUSTRY - 2019).

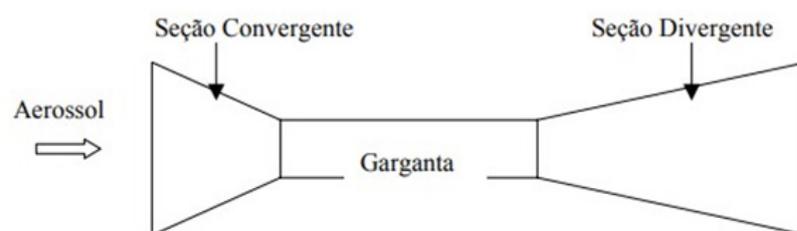


Figura 2. Representação esquemática do lavador Venturi (MELLI, 2006)

Os lavadores Venturi são equipamentos industriais utilizados primordialmente para a limpeza de gases (PERRY; CHILTON, 1980). O uso de um tubo Venturi é feito a mais de um século como equipamento para medida de vazão em tubulações, e seu uso com a finalidade de atomizar líquidos em sua garganta também já é conhecido a muito tempo. Um tubo Venturi foi utilizado pela primeira vez com a finalidade de lavar gases em 1946, através de experimentos conduzidos pelos pesquisadores Collins Jr., Seaborne E Anthony Jr. (GONÇALVES, 2001). Em 1947 foi construído o primeiro lavador Venturi em escala industrial (GONÇALVES, 2001).

Os lavadores Venturi possuem uma série de parâmetros que são com frequência alvos de investigações que têm o intuito de determinar como estes se relacionam com a eficiência do lavador. Entre estes parâmetros podemos citar a velocidade de entrada do gás, a velocidade do gás na garganta, a razão entre vazão de líquido e gás, o número de orifícios de entrada de água, a posição dos orifícios, o tamanho do lavador, a perda de carga, o tamanho e perfil da dispersão de gotas de líquido e a eficiência de remoção. Dentre todos, é dada notável importância aos três últimos e estes têm sido objetos constantes de estudos há décadas (SILVA; SCHULMAN, 2014).

Cada vez mais estudos são realizados com a ajuda de computadores para analisar e resolver problemas de escoamentos de fluidos, devido a capacidade de processamento, ao uso de recursos gráficos e interatividade com as imagens 3D que podem exercer um controle eficaz sobre a realização de um processo. Estes estudos também vêm sendo estimulados quando se tratam de medidores de Venturi para simulação de processos e adequação de variáveis antes da aplicação experimental. Assim, após a simulação, é possível a visualização experimental do estudo e sua posterior validação (DIAS; SILVA; FILHO, 2009).

### 3 | METODOLOGIA DE SIMULAÇÃO

Para este trabalho, foram utilizados os dados experimentais da dissertação de mestrado: “Estudo do Desempenho de Lavadores de Gases do Tipo Venturi com Seção Circular” de Lucas Meili. É importante ressaltar que o objetivo deste trabalho é modelar os tubos de Venturi antes de construí-los, sabendo, assim, qual a melhor dimensão para realizar a lavagem de gases e conseqüentemente poupar tempo para que haja um refinamento das malhas e para que haja a possibilidade de ser implantado em escala industrial. As condições de operação estão descritas na Tabela 1.

| Ciclone | Comprimento da Garganta (mm) | Diâmetro da Garganta (mm) |
|---------|------------------------------|---------------------------|
| 1       | 132                          | 23                        |
| 2       | 99                           | 23                        |
| 3       | 66                           | 23                        |
| 4       | 66                           | 33                        |
| 5       | 99                           | 33                        |
| 6       | 132                          | 33                        |

Tabela 1. Condições de operação do Venturi.

As variáveis de entrada listada acima serão utilizadas para o dimensionamento do Venturi o diâmetro e comprimento da garganta, e conseqüentemente, o comprimento total, serão variados para que sejam analisados os comportamentos dos perfis de velocidade,

pressão e o modelo mais adequado em cada caso. As velocidades de entrada do ar que foram utilizadas foram os valores de 4m/s, 7m/s e 10m/s.

A análise das variações será feita pelo programa utilizado no estudo da fluidodinâmica computacional, com a criação e aperfeiçoamento das malhas e, posteriormente, entrada dos dados de escoamento e dimensões do tubo Venturi. Após a modelagem dos seis tubos escolhidos para o projeto, ambos os resultados serão analisados e discutidos, de acordo com a influência da variação do diâmetro da garganta.

### 3.1 Parâmetros

Os parâmetros utilizados e suas configurações estão listados na Tabela 2.

| Parâmetros                                   | Configuração               |
|--|----------------------------|
| Gravidade                                    | 9,81 m.s <sup>-2</sup>     |
| Modelo de turbulência                        | k-ε                        |
| Velocidade                                   | 4,7 e 10 m.s <sup>-1</sup> |
| Método para acoplamento pressão - velocidade | SIMPLE                     |
| Modelo para discretização da pressão         | PRESTO                     |
| Momento                                      | Primeira ordem             |

Tabela 2. Parâmetros utilizadas para a simulação.

O fluido introduzido foi o ar. A gravidade foi atribuída no sentido negativo do eixo y devido a construção e ao fluxo do ciclone. O modelo k-ε padrão utilizado resulta de equações de transporte para a energia cinética de turbulência e a taxa de dissipação turbulenta, desenvolvido e numericamente estável considera a isotropia (CARVALHO, 2008). A magnitude de velocidade foi estabelecida normal ao corpo.

### 3.2 Geometria e malha dos ciclones

Ao iniciar a construção das geometrias dos tubos Venturi, não foi possível modelar com o comprimento informados no artigo base, uma vez que o ângulo da seção divergente era muito baixo, por isso foi necessário alongar os tubos para dar continuidade na simulação. Foram respeitados o comprimento da garganta, diâmetro da garganta, bem como os ângulos da seção convergente em 25° e na seção divergente em 2,2° como no artigo de base. Os tubos modelados podem ser conferidos nas Figuras 3 a 10.

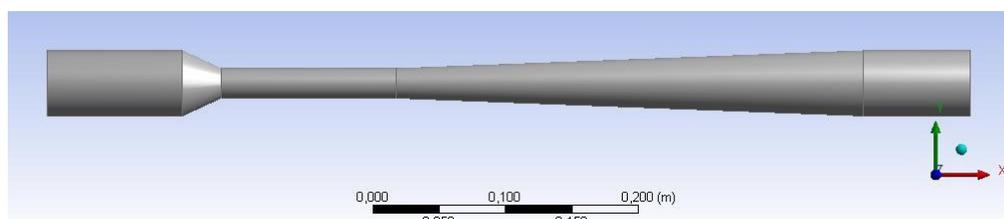


Figura 3. Venturi 1- Comprimento da garganta 132 mm e Diâmetro da garganta 23 mm.

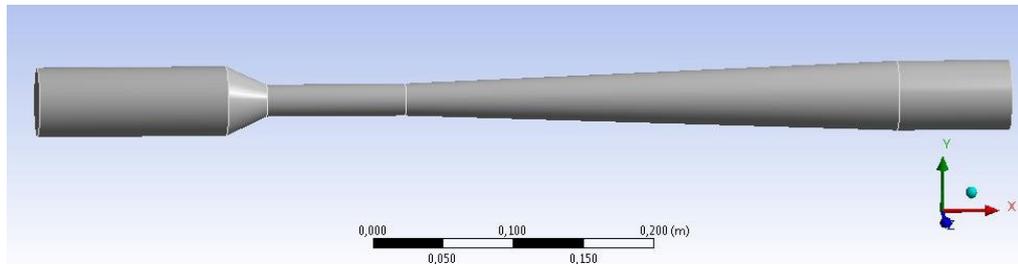


Figura 4. Venturi 2 - Comprimento da garganta 99 mm e Diâmetro da garganta 23 mm.

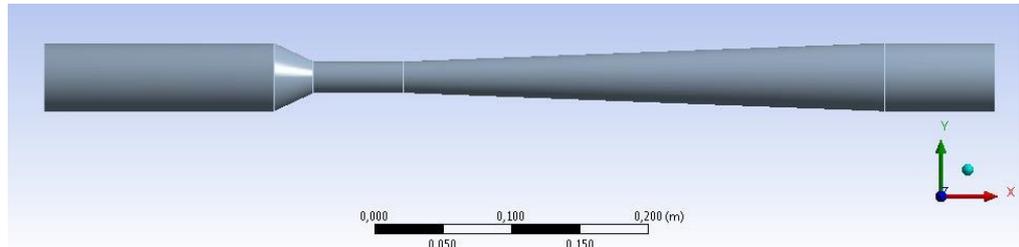


Figura 5. Venturi 3 - Comprimento da garganta 66 mm e Diâmetro da garganta 23 mm.

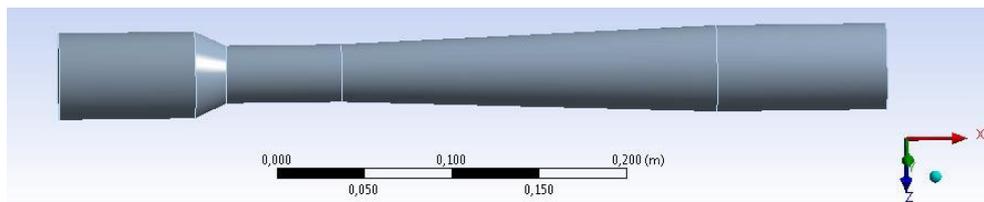


Figura 6. Venturi 4 - Comprimento da garganta 66 mm e Diâmetro da garganta 33 mm.

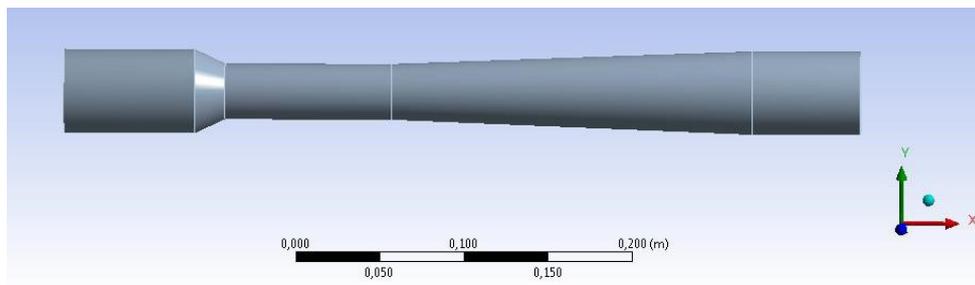
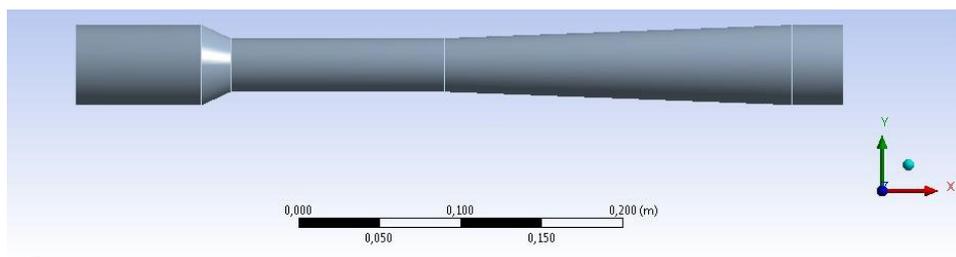


Figura 7. Venturi 5: Comprimento da garganta 99 mm e Diâmetro da garganta 33 mm.



Venturi 8. Comprimento da garganta 132 mm e Diâmetro da garganta 33 mm.

Através das dimensões pré-estabelecidas, traçou-se o Venturi com o auxílio do

software, que permitiu também a confecção das malhas para posterior simulação. Uma vez que os venturios possuem um eixo de simetria, construiu-se a malha de forma bidimensional orientada em um referencial no plano xy para apenas metade do equipamento de forma diminuir o número de células computacionais durante a simulação. A malha utilizada nos ciclones foi gerada automaticamente pelo programa (Figura 9).

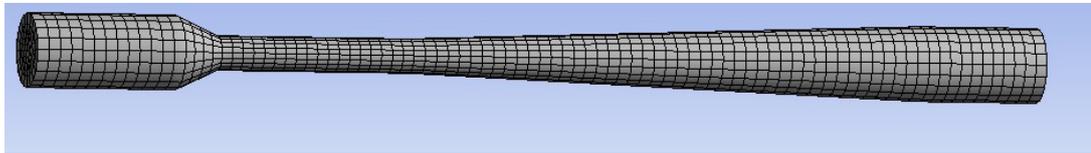


Figura 9. Malha gerada automaticamente do Venturi 1.

Após isso, foi um refinamento na garganta do Venturi, utilizando da ferramenta “esfera de influência”, onde usou-se o raio de 0,15 mm e utilizou para o “*element size*” o valor de 0,002, esse procedimento foi feito para todos os tubos, a malha refinada pode ser conferida na Figura 10.

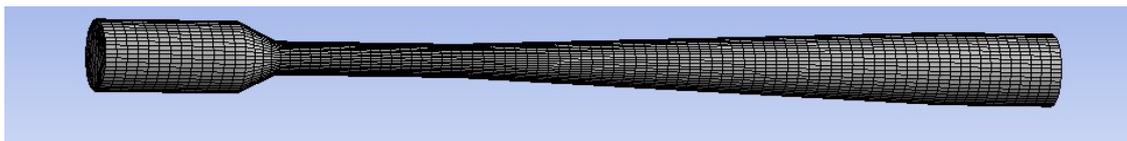


Figura 10. Malha refinada do Venturi 1.

Os tubos apresentaram um número de nós e células específicas que estão descritos na Tabela 3. Os tubos 4, 5 e 6 foram mais refinados devido a serem menores em circunferência, logo o raio de influência pegava mais parte do corpo do tubo.

| Venturi | Nº de nós | Nº de células |
|---------|-----------|---------------|
| 1       | 12328     | 10283         |
| 2       | 12462     | 10396         |
| 3       | 12508     | 10490         |
| 4       | 146072    | 140883        |
| 5       | 135568    | 135774        |
| 6       | 126684    | 121448        |

Tabela 3. Dados obtidos na malha dos tubos Venturi

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Perfis de Velocidade

Realizou-se então para os 6 tubos Venturi o estudo do comportamento, para as 3 velocidades propostas de 4, 7 e 10 m/s. Analisando inicialmente a velocidade, temos

(Figuras 11, 12 e 13):

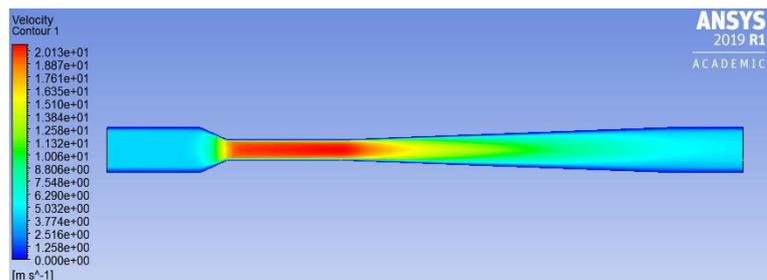


Figura 11. Perfil de velocidade obtido para velocidade de entrada igual 4m/s do tubo 1.

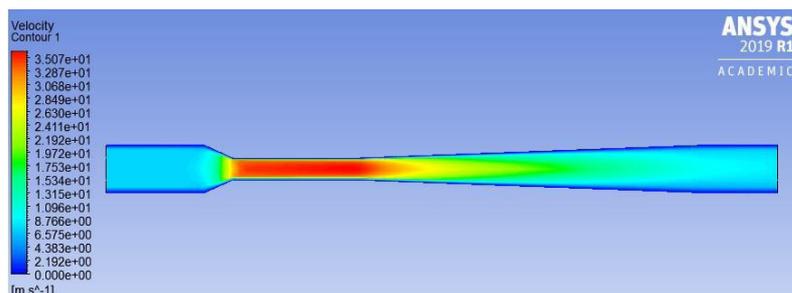


Figura 12. Perfil de velocidade obtido para velocidade de entrada igual 7m/s do tubo 1.

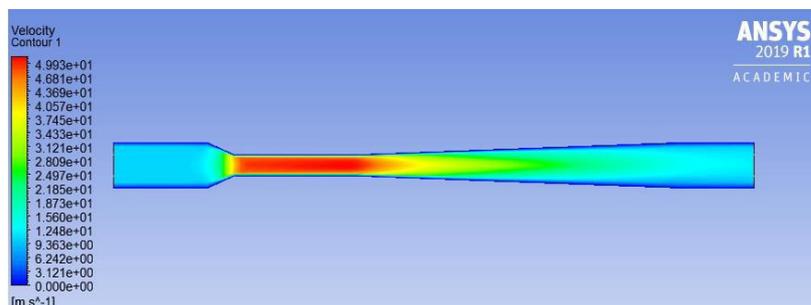


Figura 13. Perfil de velocidade obtido para velocidade de entrada igual 10m/s do tubo 1

Como pode ser observado nas imagens 11, 12 e 13 o perfil de velocidade foi melhor desenvolvido na velocidade de 10 m/s, pois o fluido possui um tempo menor de permanência na garganta do Venturi, fazendo com que esse perfil seja melhor definido. De acordo com Ribeiro (2005) o aumento da velocidade do ar provoca aumento na eficiência em lavadores Venturi. Este mesmo comportamento foi observado nos experimentos realizados. Cabe observar que as velocidades nas paredes do tubo são nulas. Como temos a melhor velocidade para o fluido, vamos analisar agora o comprimento da garganta, que podem ser observados nas Figuras 14, 15 e 16.

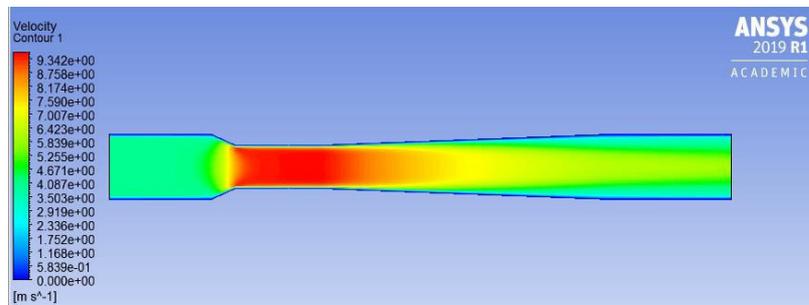


Figura 14. Perfil de velocidade obtido para velocidade de entrada igual 10m/s do tubo 4.

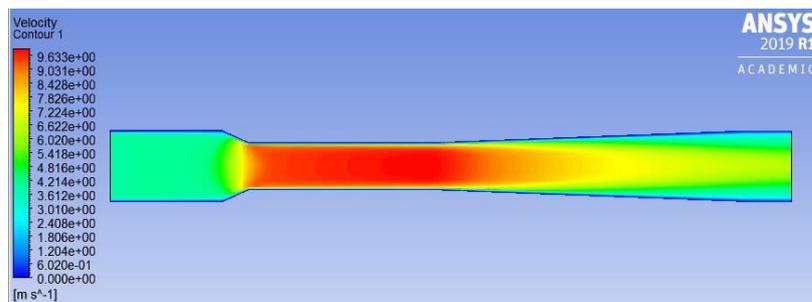


Figura 15. Perfil de velocidade obtido para velocidade de entrada igual 10m/s do tubo 5.

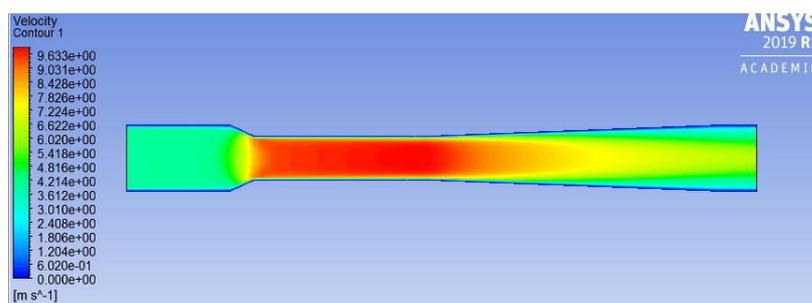


Figura 16. Perfil de velocidade obtido para velocidade de entrada igual 4m/s do tubo 6.

Como pode ser observado nas imagens 14, 15 e 16 o perfil de velocidade foi melhor desenvolvido no tubo com comprimento de garganta maior, pois o fluido possui um tempo maior de permanência na garganta do Venturi, fazendo com que esse perfil seja melhor definido, isso é devido a sua maior área de contato. Agora encontrada a melhor velocidade para o fluido e o melhor comprimento da garganta, resta analisar agora o diâmetro da garganta, que podem ser observados nas figuras 13 e 16, o perfil de velocidade foi melhor desenvolvido no tubo com maior diâmetro, pois o fluido possui um tempo menor de permanência na garganta do Venturi, fazendo com que esse perfil seja melhor definido, isso é devido ao menor estrangulamento.

#### 4.2 Perfil de Pressão

Realizou-se então para os 6 tubos Venturi o estudo do comportamento da pressão, para as 3 velocidades propostas de 4, 7 e 10 m/s. Analisando inicialmente a velocidade, temos (Figuras 17, 18 e 19):

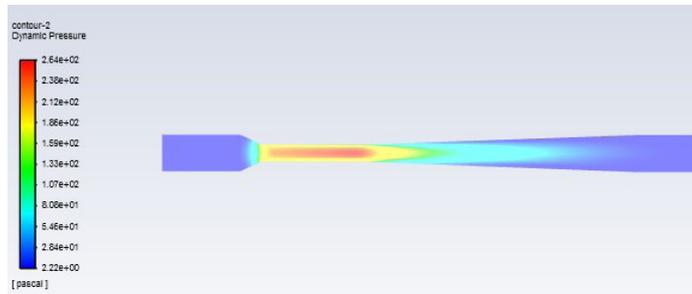


Figura 17. Perfil de pressão obtido para velocidade de entrada igual 4m/s do tubo 1.

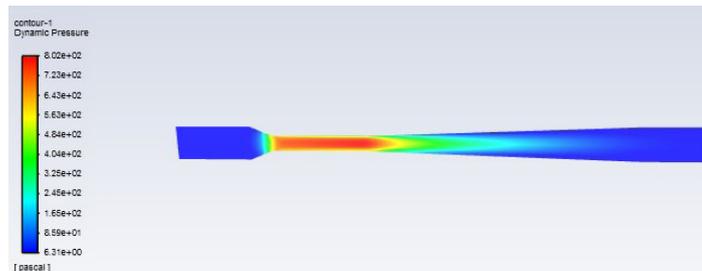


Figura 18. Perfil de pressão obtido para velocidade de entrada igual 7m/s do tubo 1.

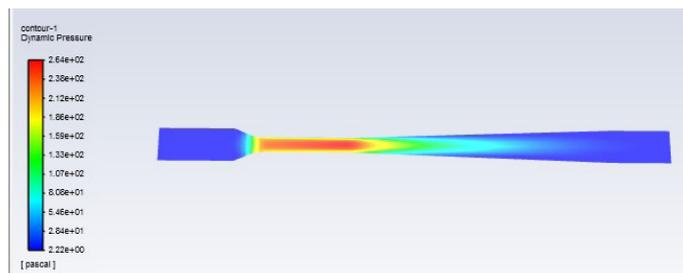


Figura 19. Perfil de pressão obtido para velocidade de entrada igual 10 m/s do tubo 1.

Como pode ser observado nas imagens 17,18 e 19 o perfil de pressão foi melhor desenvolvido na velocidade de 10m/s, a diferença pode ser notada na seção convergente logo antes da garganta, com maior velocidade, a pressão nessa seção é maior. Como temos a melhor velocidade para o fluido, vamos analisar agora o comprimento da garganta, que podem ser observados nas Figuras 20, 21 e 22.

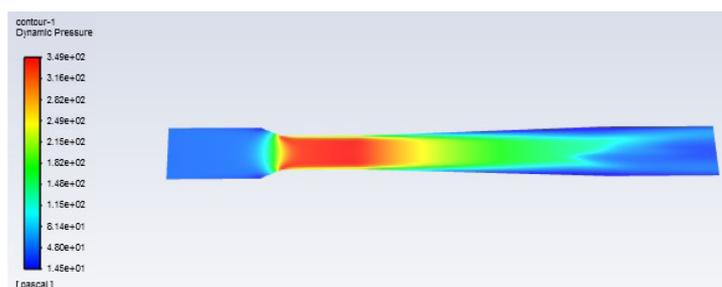


Figura 20. Perfil de pressão obtido para velocidade de entrada igual 10 m/s do tubo 4 .

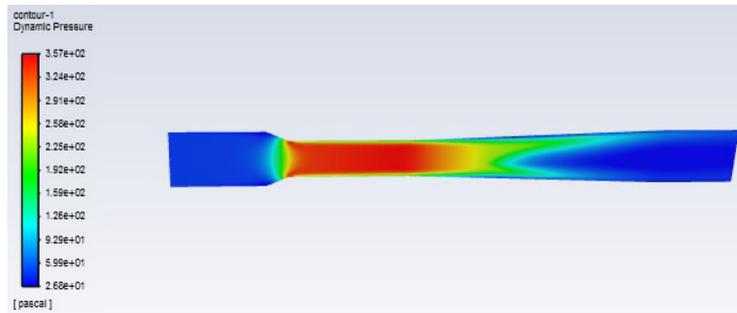


Figura 21. Perfil de pressão obtido para velocidade de entrada igual 10 m/s do tubo 5.

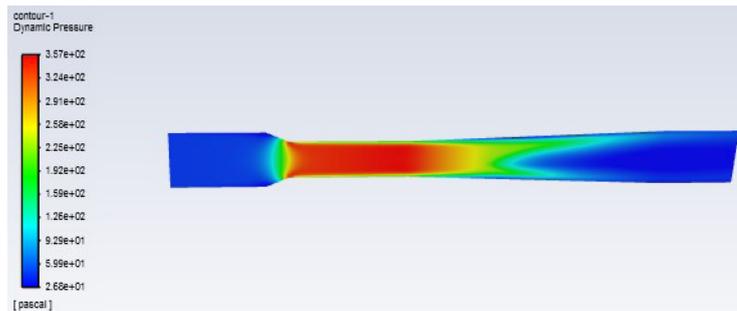


Figura 22. Perfil de pressão obtido para velocidade de entrada igual 10 m/s do tubo 6.

Ao analisar as imagens 20, 21 e 22 o perfil de pressão foi melhor desenvolvido no tubo com comprimento de garganta maior, pois o fluido possui um tempo maior de permanência na garganta do Venturi, fazendo com que esse perfil seja melhor definido, isso é devido a sua maior área de contato. Encontrada a melhor velocidade para o fluido e o melhor comprimento da garganta, resta analisar agora o diâmetro da garganta, que podem ser observados nas figuras 19 e 22, o perfil de pressão foi melhor desenvolvido no tubo com maior diâmetro, pois o fluido possui um tempo menor de permanência na garganta do Venturi, fazendo com que esse perfil seja melhor definido, isso é devido ao menor estrangulamento.

## 5 | CONCLUSÕES

O uso da ferramenta CFD mostrou-se eficiente na predição de escoamento dos tubos separadores gás-sólidos, constatou-se que para a simulação k-ε apresentou representou bem o fenômeno que ocorre dentro do Venturi comparando com a literatura. Isso foi devido ao bom refinamento da malha. Foi observado que os perfis de pressão e de velocidade obtidos na simulação foram semelhantes aos fenômenos encontrados na literatura, o que torna a simulação fluidodinâmica bastante confiável e bem próxima da realidade. Além disso, a modelagem serve como uma forma de avaliar a melhor geometria de um equipamento e suas dimensões ótimas de processo, poupando tempo e trabalho ao evitar a construção de diferentes equipamentos.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, A. T.; **Otimização De Ciclone Para A Pré-Separação De Areia Na Produção De Petróleo.** Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008, 77p.
- DIAS A.; SILVA F. G. B.; FILHO G. L. T. **Estudo da Distribuição da Velocidade em Tubo Venturi Utilizando Medidas Experimentais e Técnicas de CFD.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. 2009, 14, 81-92.
- Direct Industry. **Medidor de Fluxo de Pressão Diferencial.** Disponível em: <<http://www.directindustry.com/pt/prod/goldenmountain-enterprise/product-33181465703.html>>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.
- GONÇALVES, J. A.; ALONSO, D. F.; COSTA, M. A. M; AZZOPARDI, B. J.; COURY, J. R. **Evaluation of the Models Available for the Prediction of Pressure Drop in venturi Scrubbers,** Journal of Hazardous Materials, 2001.
- IBARS R. A. F. **Desenvolvimento e Avaliação de Tubos Venturi para Medição de Vazão.** Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2004.
- MEILI, L. **Estudo do Desempenho de Lavadores de Gases do Tipo Venturi com Seção Circular.** Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006, 85p.
- MUNSON B. R.; YOUNG D. F.; T. H. OKIISHI. **Fundamentos da Mecânica dos Fluidos.** Tradução Zerbini, E. J.; Blücher, E. São Paulo, 2004.
- PERRY, R; CHILTON, C. H., **Manual de Engenharia Química.** Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.
- RIBEIRO, A. P. R. A.; **Estudo da Eficiência de coleta em um lavador Venturi com injeção por multi-orifícios.** Tese de Doutorado, UFSCar, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química 2005.
- SCHULMAN, F. G.; SILVA, L. G.; **Modelagem multifásica de lavadores de gás do tipo Venturi através de fluidodinâmica computacional.** São Paulo, Brasil, 2014, 105p.

## VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM SEPARADOR GÁS-SÓLIDO, ATRAVÉS DA VARIAÇÃO DE SUA GEOMETRIA, COM A UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE CFD EM 3D

*Data de aceite: 03/08/2020*

*Data de submissão: 06/05/2020*

### **Débora Moraes da Silva**

Universidade Federal de São João del Rei,  
Campus Alto Paraopeba  
Ouro Branco - MG

<http://lattes.cnpq.br/2990975788875745>

### **Gabriel Dias Ramos**

Universidade Federal de São João del Rei,  
Campus Alto Paraopeba,  
Ouro Branco - MG

<http://lattes.cnpq.br/8404154460541493>

### **Reimar de Oliveira Lourenço**

Universidade Federal de São João del Rei,  
Campus Alto Paraopeba  
Ouro Branco - MG

<http://lattes.cnpq.br/1378493726162797>

### **Aderjane Ferreira Lacerda**

Universidade Federal de São João del Rei,  
Campus Alto Paraopeba  
Ouro Branco - MG

<http://lattes.cnpq.br/2119761650030809>

**RESUMO:** Os ciclones proporcionam a separação de sólidos em uma corrente gasosa. Através de ferramentas computacionais é possível simular e verificar o desempenho

destes equipamentos. A partir disto, teve-se por objetivo neste estudo determinar o comportamento fluidodinâmico e avaliar os impactos de variações em sua geometria. Com a realização de alterações no comprimento do cilindro de saída da família Lapple para um modelo de turbulência k- $\epsilon$ , foram adquiridos os perfis de pressão, velocidade e linhas de fluxo. Os resultados obtidos foram satisfatórios visto que são coerentes com a literatura e apontam maior eficiência energética e de separação no ciclone com aumento de 25% no comprimento do cilindro de saída.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ciclone, separação gás-sólido, fluidodinâmica computacional, simulação.

PERFORMANCE CHECK OF A GAS-SOLID SEPARATOR THROUGH VARIATION OF ITS GEOMETRY BY USING THE 3D CFD TOOL

**ABSTRACT:** Cyclones provide the separation of solids in a gas stream. Through computational tools it is possible to simulate and verify the performance of these equipments. From this, the objective of this study is to determine the fluid dynamics behavior and evaluate the impacts of variations in its geometry. By making changes in the length of the Lapple family output

cylinder to a k- $\epsilon$  turbulence model, the pressure, velocity and flow line profiles were acquired. The results obtained were satisfactory since they are consistent with the literature and point out greater energy and separation efficiency in the cyclone with 25% increase in the output cylinder length.

**KEYWORDS:** Cyclone, gas-solid separation, computational fluid dynamics, simulation.

## 1 | INTRODUÇÃO

A busca por desenvolvimento exige tomada de decisões, e para isto é necessária uma avaliação detalhada das alternativas disponíveis para minimizar os possíveis riscos. Desta forma, a simulação computacional vem conquistando espaço nas indústrias proporcionando ganho de eficiência nos processos e redução de custos. Outras vantagens da realização de simulações para avaliações de projetos são dimensionamento de capacidade, identificação de gargalos, avaliação de mudanças e otimização.

A modelagem de sistemas ou simulação de processos permite a caracterização de um sistema real. A partir de um modelo computacional são realizados experimentos que objetivam compreender o desempenho e traçar estratégias. Por meio dos estudos e avaliações obtém-se o comportamento geral do sistema real.

O presente estudo teve como objetivo verificar o desempenho de um ciclone através de variações em sua geometria. A variação foi realizada no comprimento do cilindro de saída do ciclone da família Lapple alcançando até 50% de aumento. Para compreensão do comportamento fluidodinâmico no ciclone será utilizada a ferramenta de simulação computacional Ansys – versão Student. Por meio do modelo de turbulência k- $\epsilon$  será obtido o perfil de pressão, velocidade e linha de fluxo.

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico será abordada a fundamentação teórica dos ciclones como funcionamento, classificação e fatores associados.

### 2.1 Ciclones

Os ciclones são equipamentos de separação de particulados em uma corrente gasosa pela ação da força centrífuga. A estrutura clássica desses dispositivos é composta por um cone-cilíndrico com peças fixas. A entrada da mistura é feita por um acesso tangencial à parede da parte cilíndrica e, então, duas saídas situadas no eixo central do equipamento permitem que a separação seja efetivada. A saída de fundo recolhe as partículas que foram removidas no processo. Já a saída de topo recolhe o fluido que ainda pode conter particulados finos e será destinado a um filtro (CREMASCO, 2012).

A classificação como separador do tipo centrífugo está relacionada com as

características de construção do equipamento, modo de entrada da corrente e fluidodinâmica interna. Quando inserida no dispositivo, a mistura adquire movimento em espiral da entrada na parte superior até a base do equipamento (underflow). Pela ação da força centrífuga, as partículas são aderidas as paredes internas em que irão escoar por meio da gravidade e atrito até o coletor inferior. O fluido restante, por meio de um movimento espiral ascendente - fluxo reverso - será coletado na saída de topo (overflow) (CREMASCO, 2012).

Os separadores ciclônicos possuem diversas aplicações, dentre elas estão remoção de partículas, reator químico, trocador de calor, secagem de materiais granulares e combustão de óleo. As vantagens de sua utilização são baixo custo de operação, fácil manutenção, possibilidade de altas temperatura e pressão (SILVA, 2006).

## 2.2 Famílias de ciclones

Os ciclones mais utilizados são o Lapple e Stairmand. E para cada um deles há condições de operação ideais. Foram desenvolvidas relações entre as dimensões de cada ciclone visando uma alta eficiência e baixas quedas de pressão (SILVA, 2006). Essas relações podem ser visualizadas na Tabela 1.

| Tipo de ciclone | De/Dc | a/Dc  | b/Dc  | S/Dc  | h/Dc  | (H-h)/Dc | B/Dc  |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
| Lapple          | 0,500 | 0,500 | 0,250 | 0,625 | 2,000 | 2,000    | 0,250 |
| Stairmand       | 0,500 | 0,500 | 0,200 | 0,500 | 1,500 | 2,500    | 0,375 |

Tabela 1. Dimensões relativas dos ciclones Lapple e Stairmand.

## 2.3 Fatores associados

Alguns fatores estão associados no funcionamento do ciclone. São eles a eficiência de coleta, a queda de pressão e perfil de velocidade. A eficiência é analisada pela fração de sólidos retidos após a ação do ciclone, ou seja, a razão da vazão mássica coletada no overflow pela vazão mássica de entrada - geralmente dada em porcentagem. As condições de operação, as propriedades do material e a geometria devem ser levados em conta uma vez que deseja-se máxima eficiência de separação (RAMIREZ, 2009).

A queda de pressão influencia no custo operacional e pode ser causada pela aceleração do fluxo na entrada do ciclone, atrito do fluido com a parede interna ou duto de saída, alteração da aceleração pela variação da geometria etc. Foram propostas diversas teorias e equações para controle dessa variável (RAMIREZ, 2009).

### 3 | METODOLOGIA DE SIMULAÇÃO

Para alcançar o objetivo deste estudo foram traçadas etapas de trabalho: construção de geometrias, geração de malhas, definição de parâmetros e análise de resultados. A seguir pode-se observar detalhes sobre o método utilizado.

#### 3.1 Geometria e malha dos ciclones

Neste estudo foram analisadas três geometrias de ciclones sendo um destes com dimensões originais da família Lapple. Os dois restantes apresentam um aumento de 25% e 50% no comprimento do cilindro de saída (S), mantendo as demais dimensões constantes. As medidas foram calculadas para todos os ciclones com base em um diâmetro do cilindro ( $D_c$ ) de 0,5 m. Para efeitos de nomenclatura para análise, a geometria com dimensões originais foi chamada de Ciclone 1, a geometria com alteração de 25% do S denominou-se de Ciclone 2 e a geometria com aumento de 50% do S Ciclone 3. Na Tabela 2 podem-se verificar as dimensões utilizadas.

| Geometria | $D_c$ | $D_e$ | a     | b     | S     | h     | (H-h) | B     |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ciclone 1 | 0,500 | 0,250 | 0,250 | 0,125 | 0,310 | 1,000 | 1,000 | 0,125 |
| Ciclone 2 | 0,500 | 0,250 | 0,250 | 0,125 | 0,450 | 1,000 | 1,000 | 0,125 |
| Ciclone 3 | 0,500 | 0,250 | 0,250 | 0,125 | 0,590 | 1,000 | 1,000 | 0,125 |

Tabela 2. Dimensões dos ciclones em metros.

Com as geometrias construídas, seguiu-se para o desenvolvimento de malhas. A malha gerada apresentou majoritariamente um comportamento tetraédrico que fornece menos precisão porém mais flexibilidade. O tamanho dos elementos foi ajustado para 0,015 m, de modo a proporcionar um maior refinamento e conseqüentemente melhores resultados. Nas Figuras 1, 2 e 3 estão apresentadas as malhas geradas.

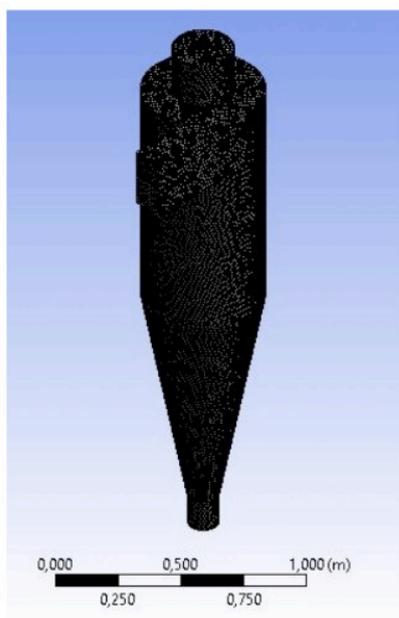


Figura 1. Malha Ciclone 1.

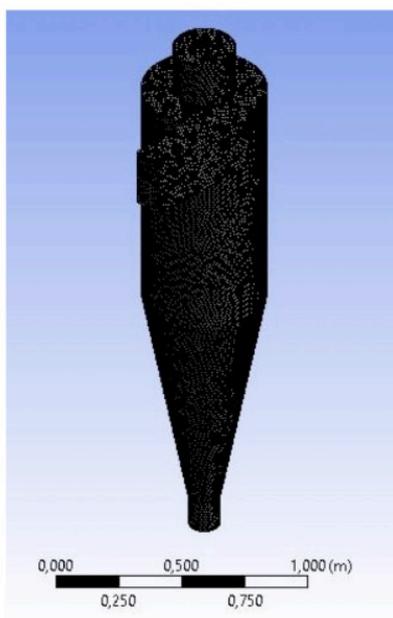


Figura 2. Malha Ciclone 2.

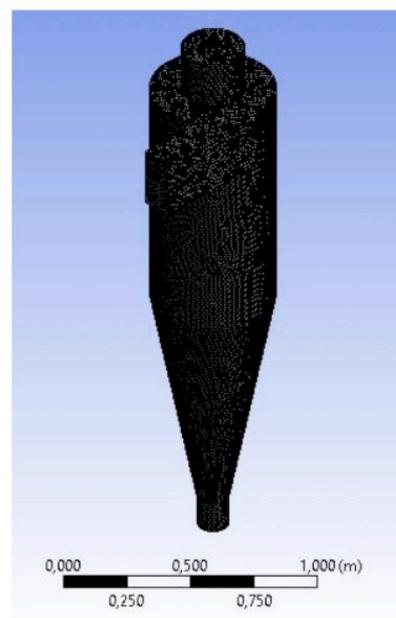


Figura 3. Malha Ciclone 3.

Na Tabela 3 está apresentada a quantidade de nós e elementos criados.

| Geometria | Nós    | Elementos |
|-----------|--------|-----------|
| Ciclone 1 | 73.893 | 376.660   |
| Ciclone 2 | 76.968 | 391.946   |
| Ciclone 3 | 80.105 | 407.164   |

Tabela 3. Estatísticas das malhas geradas.

### 3.2 Parâmetros

Para todas as geometrias foram estabelecidas as mesmas configurações possibilitando verificar se a variação da geometria proporcionou uma melhora ou não de desempenho. Os parâmetros utilizados e suas configurações estão listados na Tabela 4.

| Parâmetros                                   | Configuração           |
|--|------------------------|
| Gravidade                                    | 9,81 m.s <sup>-2</sup> |
| Modelo de turbulência                        | k-ε                    |
| Velocidade                                   | 15 m.s <sup>-1</sup>   |
| Método para acoplamento pressão - velocidade | SIMPLE                 |
| Modelo para discretização da pressão         | PRESTO                 |
| Momento                                      | Primeira ordem         |

Tabela 4. Parâmetros utilizadas para a simulação.

O fluido introduzido foi o ar. A gravidade foi atribuída no sentido negativo do eixo y devido a construção e ao fluxo do ciclone. O modelo k-ε padrão utilizado resulta de equações de transporte para a energia cinética de turbulência e a taxa de dissipação turbulenta, desenvolvido e numericamente estável considera a isotropia (CARVALHO, 2008). A magnitude de velocidade foi estabelecida normal ao corpo.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos para os perfis de pressão, velocidade e linhas de fluxo. Os resultados obtidos foram satisfatórios embora com um prosseguimento deste estudo pode-se alcançar uma compreensão mais aprofundada

### 4.1 Queda de pressão

Na Figura 4 está demonstrado o comportamento da pressão do Ciclone 1. A pressão máxima obtida foi de 337,1 Pa e a pressão mínima foi de -71,44 Pa. Já na Figura 5 está apresentada a pressão relativa ao Ciclone 2. O máximo obtido foi de 345,5 Pa e o mínimo

foi de -41,47 Pa. Na Figura 6 está apresentado o perfil de pressão do Ciclone 3. A pressão máxima foi de 363,4 Pa e a pressão mínima foi de -72,274 Pa.

Os três modelos apresentam o máximo próximo à parede enquanto que o mínimo está situado na parte central. Esse comportamento está de acordo com os estudos de Lacerda et al. (2013). O Ciclone 2 apresenta menor variação de pressão o que denota menor custo operacional.

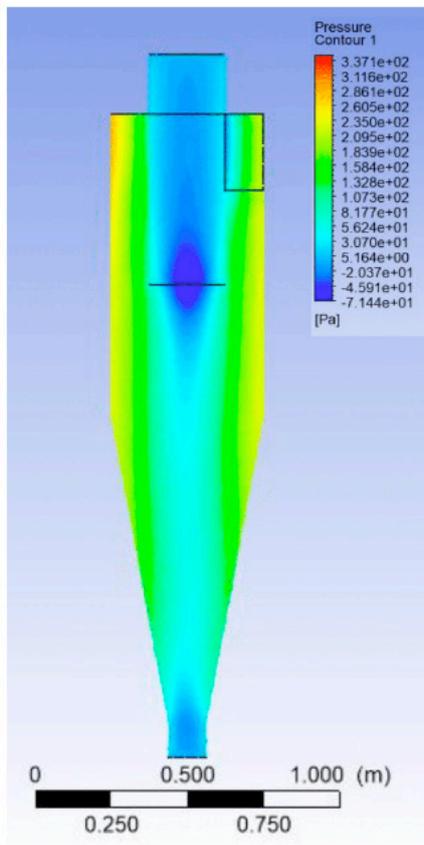


Figura 4. Perfil de pressão  
Ciclone 1.

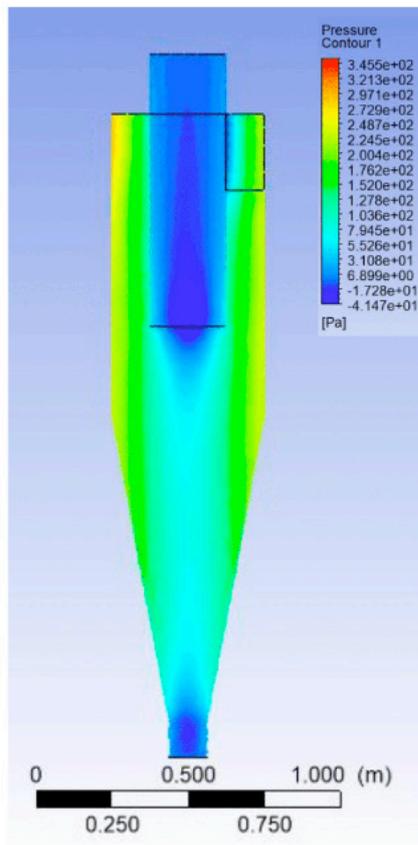


Figura 5. Perfil de pressão  
Ciclone 2.

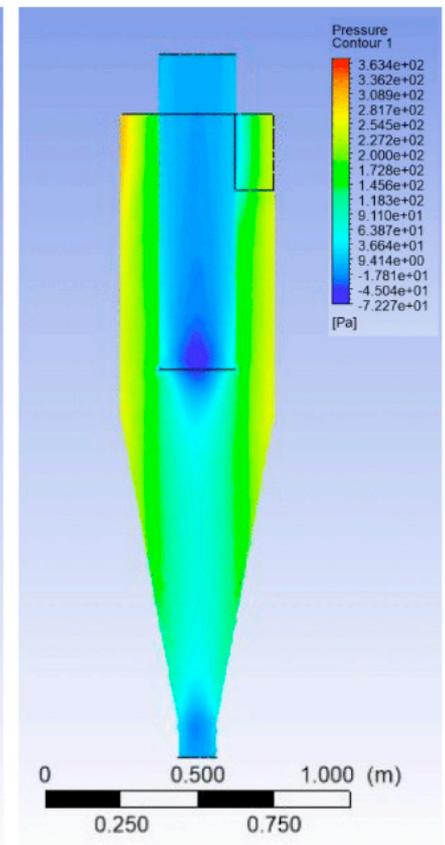


Figura 6. Perfil de pressão  
Ciclone 3.

## 4.2 Perfil de velocidade

A Figura 7 revela o perfil de velocidade do Ciclone 1 com uma velocidade máxima de 21,07 m.s<sup>-1</sup>. Na Figura 8 está apresentado a velocidade relativa ao Ciclone 2 com um máximo de 21,08 m.s<sup>-1</sup>. A Figura 9 retrata a velocidade do Ciclone 3, sendo a velocidade máxima 21,03 m.s<sup>-1</sup>.

As três geometrias apresentaram um perfil de velocidade muito semelhantes, com valores máximos bem próximos. Desta forma, o melhor desempenho deve ser escolhido a partir de outras análises como a pressão.

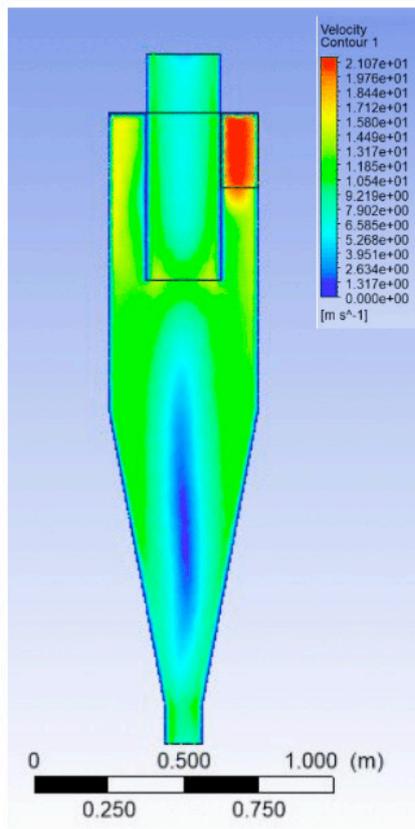


Figura 7. Perfil de velocidade Ciclone 1.

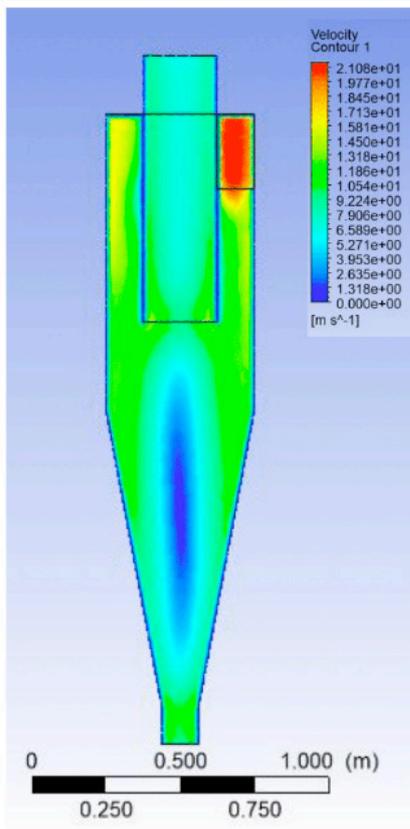


Figura 8. Perfil de velocidade Ciclone 2.

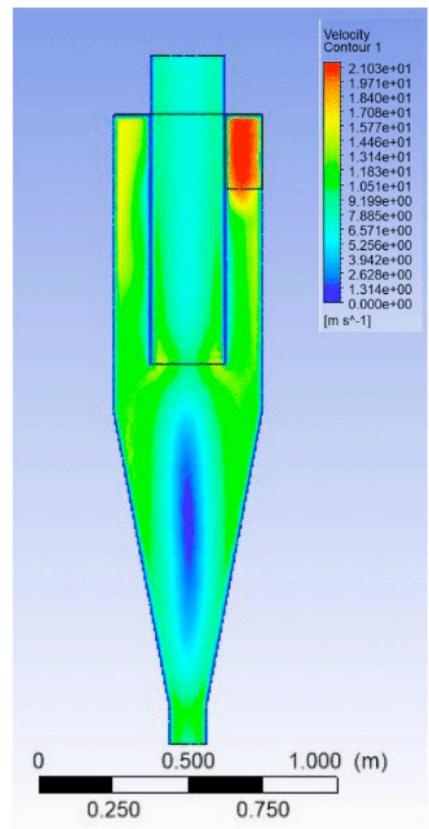


Figura 9. Perfil de velocidade Ciclone 3.

### 4.3 Linhas de fluxo

As linhas de fluxo geradas para o Ciclone 1 (Figura 10) mostram a existência do vortex descendente como também a formação interna do vortex ascendente, o que é desejável. Esse mesmo comportamento é observado para os Ciclones 2 e 3 (Figuras 11 e 12, respectivamente). Nota-se uma maior concentração das linhas de fluxo no Ciclone 2, indicando uma maior possibilidade de separação partícula-ar devido ao arraste da partícula.

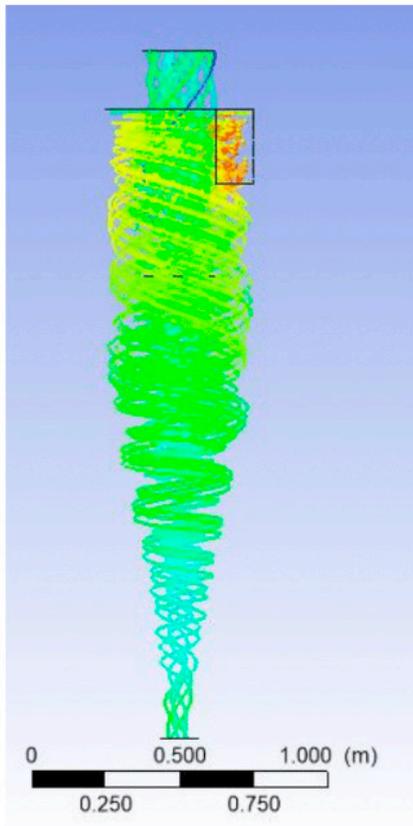


Figura 10. Linhas de fluxo  
Ciclone 1.

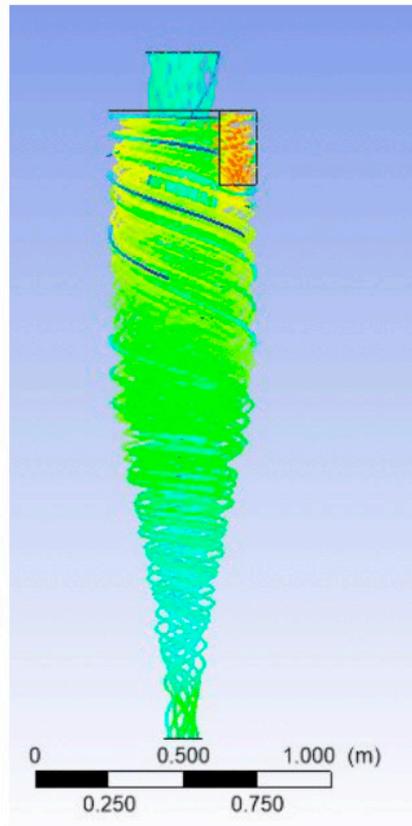


Figura 11. Linhas de fluxo  
Ciclone 2.

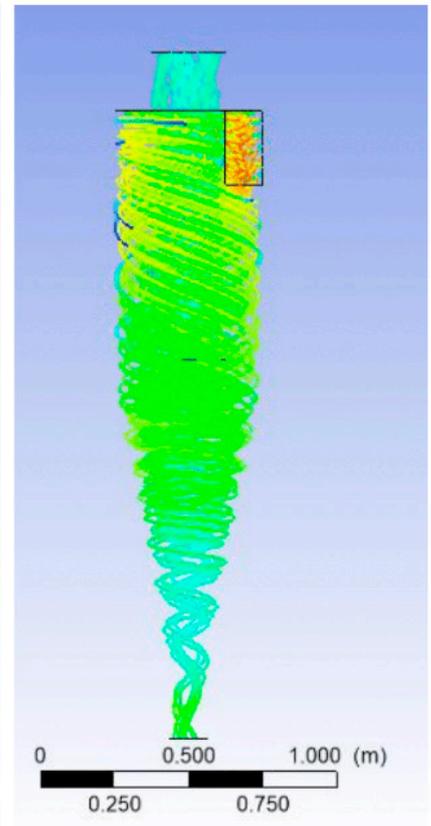


Figura 12. Linhas de fluxo  
Ciclone 3.

## 5 | CONCLUSÕES

A ferramenta de fluidodinâmica computacional apresentou eficiência para simulação do desempenho de ciclones. As representações obtidas pelos perfis de pressão, velocidade e fluxo foram coerentes com a literatura. A partir das análises realizadas, a geometria que apresentou melhor desempenho de custos e separação foi a do Ciclone 2.

Embora o modelo de turbulência  $k-\epsilon$  foi satisfatório, não se pode descartar a eficiência de outros modelos com base neste estudo. São necessários estudos mais detalhados para afirmação de qual modelo é mais representativo. Possíveis erros e falhas de simulação existentes podem estar associadas à construção da geometria e refinamento da malha, sendo válido um aprofundamento no programa.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, T. A. **Otimização de Ciclone para a Pré-Separação de Areia na Produção de Petróleo.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

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

LACERDA, A. F.; LOURENÇO, R. O.; CASTRO FILHO, P. R. C. **Estudo do comportamento fluidodinâmico de ciclones.** *Cad. de Pesquisas, UFMA, São Luís*, v. 20, n. especial, 2013.

RAMIREZ, M. V. **Simulação da perda de carga e da eficiência de coleta em ciclones através da fluidodinâmica computacional (CFD)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

SILVA, M. K. **Estudo de modelagem numérica tridimensional de ciclones do tipo Lapple para separação gás-sólido**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

## ACTOR-CRITIC REINFORCEMENT LEARNING TO TRACTION CONTROL OF AN ELECTRICAL VEHICLE

*Data de aceite: 03/08/2020*

*Data de submissão: 17/05/2020*

### **Maikol Funk Drechsler**

Technische Hochschule Ingolstadt, Centro de Testes CARISSMA  
Ingolstadt - Germany

<http://lattes.cnpq.br/5764665493572401>

### **Thiago Antonio Fiorentin**

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC,  
Centro Tecnológico de Joinville  
Joinville - SC

<http://lattes.cnpq.br/5342266208339719>

### **Harald Göllinger**

Technische Hochschule Ingolstadt, Department of Mechanical Engineering  
Ingolstadt - Germany

<https://orcid.org/0000-0003-1593-7800>

**ABSTRACT:** The increasing of controller application in the automotive area in the last years is outstanding. However, some challenges are still present as the non-linearities and difficult mathematical description of the system, as well as the necessity of data hardly measured. Based on it and on the recent advances of the machine learning algorithms, the present research proposes the evaluation of an actor-critic

reinforcement learning controller to the traction control of an electric vehicle. The controller is created with the training of two networks, which control and judge the actions of the controller based on the measure of the states. The training aims the slip avoiding, and the final network can be directly used as the controller of the system. A design of experiments (DOE) of the influence of the training parameters on the performance of the controller is realized. Aiming to facilitate the application of the controller in the real world the possibility of does not use the vehicle velocity as an input of the controller is also evaluated in two different grounds. The results indicate that the simplification of the value function with null discount factor increase the converges of the training. The controllers with and without the velocity of the vehicle as input are able to keep the slip ratio below the desired value in both grounds, despite the more smoothly behaviour of the controller that takes the velocity into account.

**KEYWORDS:** Artificial intelligence, active safety, machine learning, vehicle dynamics.

# APRENDIZADO DE ATOR E CRÍTICO POR REFORÇO PARA CONTROLE DE TRAÇÃO DE UM VEÍCULO ELÉTRICO

**RESUMO:** O aumento da aplicação de controladores na área automotiva é notável nos últimos anos. No entanto, alguns desafios ainda estão presentes como às não linearidades e a difícil descrição matemática do sistema, bem como a necessidade de dados dificilmente mensuráveis. Baseado nisto e nos recentes avanços dos algoritmos de aprendizagem da máquina, a presente investigação propõe a avaliação de um controlador de ator e crítico obtidos por aprendizagem de reforço para o controle da tração de um veículo elétrico. O controlador é criado pelo treinamento de duas redes neurais, as quais controlam e julgam as ações do controlador com base na medição dos estados. O treinamento visa evitar o deslizamento dos pneus do veículo, podendo a rede neural final ser diretamente utilizada como controlador do sistema. É realizada uma concepção de experimento (DOE) da influência dos parâmetros de treinamento sobre o desempenho do controlador. Com o objectivo de facilitar o uso do controlador em aplicações reais, a possibilidade de não utilizar a velocidade do veículo como variável de entrada do controlador é também avaliada em duas pistas diferentes. Os resultados indicam que a simplificação da função valor com factor de desconto nulo aumenta as convergências do treinamento. Os controladores com e sem a velocidade do veículo como variável de entrada são capazes de manter a taxa de escorregamento do pneu abaixo do valor desejado em ambos os treinamentos, apesar do comportamento mais suave do controlador que considera a velocidade do veículo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inteligência artificial, segurança ativa, aprendizado de máquina, dinâmica veicular.

## 1 | INTRODUCTION

The use of electronic systems in the control of motor vehicles is increasing faster since the beginning of the eighties. The electronic systems improve vehicle comfort and safety and reduce consumption due to better efficiency on drivetrains systems. On the other side, the electronic control systems permit to attend the actual safety and environmental legislation (RATHMANN, 2007).

Recently, the combination of electronic systems and reinforcement learning method presents itself as a good opportunity for improvement in vehicles task. The researches using these technics are implemented in autonomous drive (JARITZ, CHARETTE, et al., 2017), (EL SALLAB, ABDU, et al., 2016), (EL SALLAB, ABDU, et al., 2017), battery management (HSU, LIU, et al., 2010) and safety active systems (RADAC and PRECUP, 2017), (DE AMARAL, GÖLLINGER and FIORENTIN, 2018).

Reinforcement Learning (RL) is an approach inside the computer sciences area, where the intelligent programs, called agents, work in an environment, which are in constant cyclic interaction. This relationship between environment and agent permit the

system adaptation and learning through positive or negative feedbacks called rewards and punishments respectively (NANDY and BISWAS, 2018).

The RL combined with neural networks, named neural fitted Q interaction, showed excellent performance in game playing (MNIH, KAVUKCUOGLU, et al., 2013) and systems control (TAITLER and SHIMKIN, 2017). The recent researches using neural fitted Q interaction in the automotive area are focused on autonomous driver, usually using race game environments to evaluate the vehicle response to an RL control without risks (JARITZ, CHARETTE, et al., 2017), (EL SALLAB, ABDU, et al., 2016), (EL SALLAB, ABDU, et al., 2017). Researches were developed to evaluate the control of an ESC strategy with Neural fitted Q interaction with simulations in the CarMaker environment, but the results showed inadequate learning times to real applications (DE AMARAL, GÖLLINGER and FIORENTIN, 2018). On the other hand, the test of an ABS system in benches, showed adequate results with Neural fitted Q interaction control (RADAC and PRECUP, 2017).

Inside the vehicle safety area, the Traction Control exerts an important function of avoiding the wheel slipping during acceleration, improving driving and cornering. In 1998, the Traction Control of electrical vehicles had already researched due to the easy control of electric motors and the benefit of use low-drag tires to improve the battery autonomy (HORI, TOYODA and TSURUOKA, 1998).

Traction control systems development presents challenges due to the nonlinearities of tires and simplicity needed to the real-time application (BORRELLI, BEMPORAD, et al., 2006). Besides that, describing tire behaviour is a very complex task, usually applying empirical or semi-empirical equations as the so-called Magic Formula (PACEJKA, 2002). Thus, the use of model-free control techniques, which do not need the model of the system, can be a good opportunity to improve the controllers (RADAC and PRECUP, 2017).

The RL methods show a good possibility to fulfil these requirements, permitting the use of non-model techniques and applying adequate time response to control the system (RADAC and PRECUP, 2017). A successful implementation can provide safety improvement to the automotive sector, due to better control of tire slips and avoidance of vehicle uncontrolled. The consumption can be also reduced by the use of low-drag tires (HORI, TOYODA and TSURUOKA, 1998).

In this way, the present research aims to investigate the application of a traction control system to a rear-wheel driven electric vehicle, based on actor-critic RL. The evaluation takes into account the longitudinal behaviour of the vehicle and permits to understand the possible implementation of reinforcement learning methods in automotive controls.

The next section describes the architecture of the networks, the training process and the methodology applied in the design of the experiments. In section 3 are explained the results of the DOE and the comparison of the evaluated controller in different grounds. To end the section 4 brings the conclusions and the outlooks of the research.

## 2 | METHODOLOGY

The methodology consists of training and evaluation of a neural controller in two different grounds, snow and dry asphalt. Due to the difficulty of measuring the real vehicle velocity, the possibility of removing this parameter as an input of the controller is analyzed. The creation of the neural controller is given by the generation and treatment of data and finally the iterative training of the controller. The next section describes the training process.

### 2.1 Train process

The training of the controller is based on the algorithms proposed by Hafner and Riedmiller (Reinforcement learning in feedback control , 2011) and Lillicrap, et al. (Continuous Control with Deep Reinforcement Learning, 2016), the used iterative algorithm suffers some updates to permit the application in the traction control problem and the use of functions already available at MATLAB.

In Figure 1 is possible to evaluate a schematic cycle of the networks learning process. As presents in the scheme, the learning process occurs in two cycles inside each other. The path highlighted in red consist of the collection and treatment of the data and the evaluation of the obtained controller. When applying this process in a real environment it occurs outside the main algorithm, driving the vehicle and evaluating the obtained controller. The blue path represents the training part where the networks are updated and the best actions are estimated to each collected state.

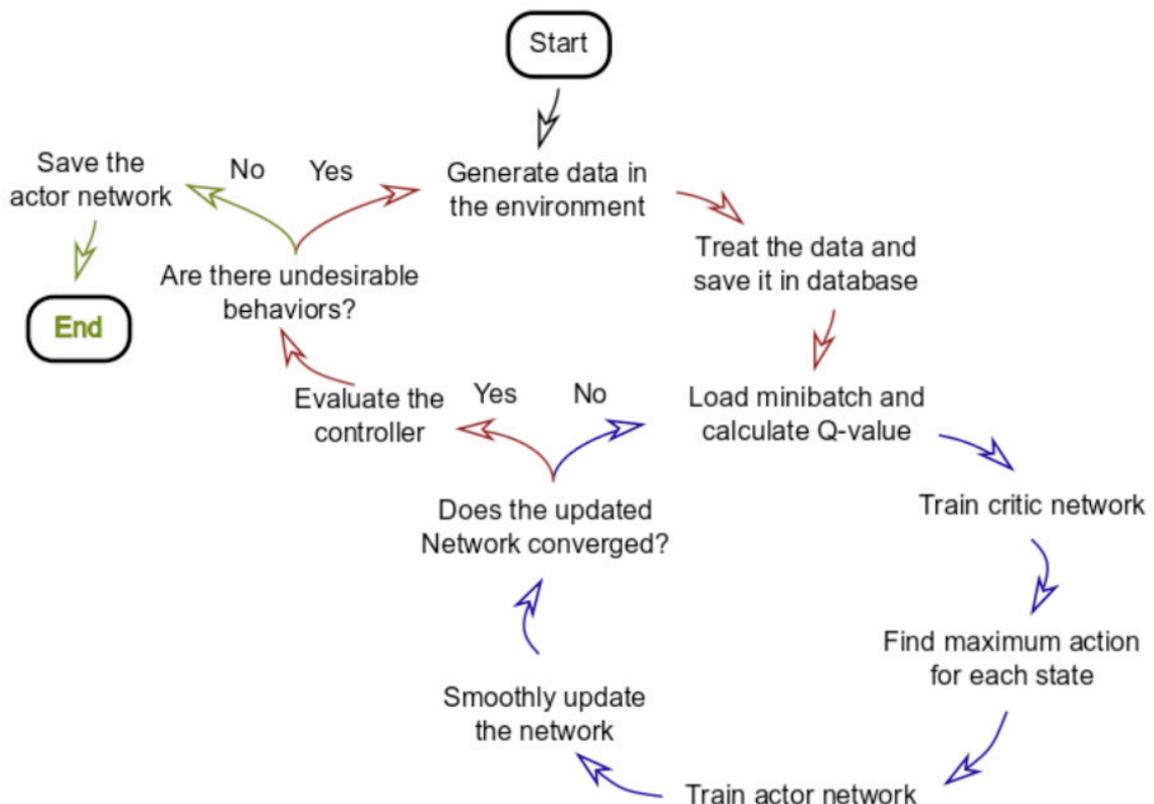


Figure 1. Training process.

The generation of data is done by simulation in a Simulink/MATLAB environment. The virtual environment considers the dynamic of the acceleration pedal, electrical motor, ground friction and the longitudinal behaviour of the vehicle. The experimental curve presented by Braess, et al. (Handbook of Automotive Engineering, 2005, p. 410) is implemented to describe the non-linear correlation between the slip ratio and the friction of the grounds. To vary the velocity and acceleration of the vehicle, the input acceleration pedal is given by a combination of sinus and steps oscillations as presented in Figure 2. During the generation of data to the training, a percentage of random values is included in the accelerator position to increase the variation of the states.

The data captured from the simulation corresponds to the data available on the sensors of the real vehicle. The measured states include the velocity of the vehicle, velocity of the wheel, accelerator pedal position, vehicle acceleration and motor current. The generated action is a virtual position of the accelerator which is sent to the power electronics to control the motor. The measured data is saved in a database with maximum size, when the maximum number of points is reached the database starts to be replaced.

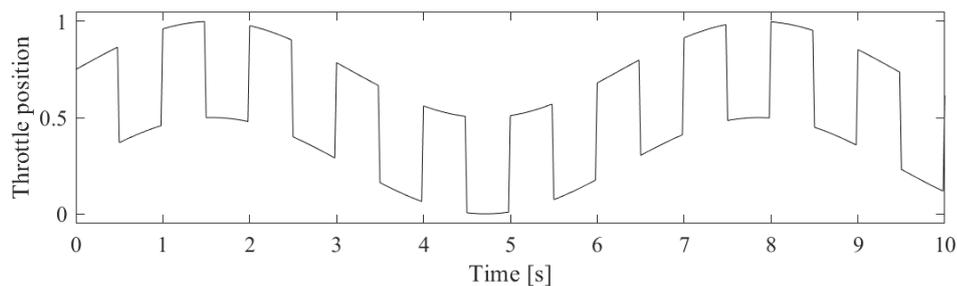


Figure 2. Input acceleration used during environment simulation.

As proposed by Ioffe and Szegedy (Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift, 2015) normalization of the data is implemented to reduce the difference between the physical units. This practice accelerates the network training since that large difference between the values of the states can generate instability on the learning process. After treated, a minibatch is created by the selection of a random percentage of the total database.

The actor-critic algorithm applies two networks, one responsible to “criticise” the results and another to correlate the inputs and the action. The second networks can be directly applied as a controller. Based on the research of de Amaral, et al. (Improvement of Vehicle Stability Using Reinforcement Learning, 2018), the critic is composed of a network with two hidden layers and twenty nodes in each layer, while the actor has the same number of hidden layers and just twelve hidden nodes in each layer.

The critic evaluates the behaviour of the system by the value function  $Q$ , calculated by the Bellman equation, presented in Eq. (1).

$$Q_{k+1}(s, a) = r(s, a) + \gamma Q_k(s', \mu_k(s')) \quad (1)$$

In the Bellman Equation  $s$  are the actual states,  $a$  the actual the action,  $r$  the reward,  $\gamma$  the discount factor,  $\mu$  the actor-network,  $k$  represents the update cycle of  $Q$  and the  $s'$  indicates the next state. The value function takes into account the reward obtained when chosen determinate action in specific states and also the future expected rewards (WIERING and VAN OTTERLO, 2012).

The discount factor is a constant between 0 and 1 and makes that the latest rewards obtained, have a more significant influence than rewards waited to the future. The greater the  $\gamma$  more important are the future values, in the case that the  $\gamma = 0$  the agent is called myopic and just consider the very recent reward (WIERING and VAN OTTERLO, 2012).

The reward is calculated based on the Eq. (2), where  $GP$  is the accelerator pedal position selected by the driver,  $slip$  is the slip ratio,  $v_x$  is the vehicle velocity and  $v_r$  is the wheel velocity.

$$r(s, a) = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 > GP > 1 \\ 0, & \text{if } GP + 0.05 < a \\ 0, & \text{if } |slip'| > 0.2 \\ 1 - |a - GP|, & \text{if } |slip'| \leq 0.2 \text{ or } (v_x' \leq 0.05 \text{ and } v_r' \leq 0.0625) \end{cases} \quad (2)$$

The reward function evaluates if the action is inside the range and is it is less than the acceleration desired by the driver, to avoid an over the acceleration of the vehicle. If these cases are controlled, the slip ratio of the next state is evaluated, when it is less than 0.2 the reward is calculated by the difference of the desired acceleration and the output of the controller, in all other cases the reward is null.

With the collected states, actions and calculated Q-values the critic network can be trained to permit the correlation between states, action (inputs) and the Q-value (output). The training of the critic network is made by the minimization of the normalized mean square error of the output. The chosen method for minimization of the error is a Levenberg-Marquardt optimization. This method is a trust region method which consists of a combination of simplified Newton and Gradient descent methods (MATHWORKS, 2019).

To find the correct correlation between states and actions each state of the minibatch need a correspondent best action to permit the actor training. In this process, each one of the states has the action varied inside the action range until finding the best Q-value and the correspondent best action. Applying the states of the minibatch and the correspondent best actions, the actor network is trained using the same process applied to the critic training.

As proposed by Lillicrap et al. (2016) a copy of the networks is used to improve the algorithm convergence. In this case, the weights and bias of the copy networks are

updated with a slow target networks change.

The blue cycle in Figure 1 is considered converged when the calculated and the updated actor networks achieve the mean square error of the output lower than the tolerance. To evaluate the convergence of the total training process, the simulated environment is run again on the trained floors without implementing the random values in the pedal position. When all the rewards are higher than 0.2 the training is considered converged and the actor network is saved as the controller.

## 2.2 Training variables influence

A factorial DOE is applied to evaluate the result of the controllers when different parameters are implemented at the training process. The applied DOE is two levels planning with k factors. The DOE is run in the Minitab 18, evaluating the effects in the mean reward. The mean reward was calculated on a 20 seconds manoeuvre which simulates the vehicle driver in both different floors using the trained throttle position as input.

| <b>Factor</b>                 | <b>Low level</b> | <b>High Level</b> |
|-------------------------------|------------------|-------------------|
| Target update                 | 0.2              | 1                 |
| Discount Factor               | 0                | 0.9               |
| Minibatch Size                | 0.25             | 1                 |
| Min number of training cycles | 1                | 5                 |
| Data randomization            | 0.1              | 0.5               |

Table 1. DOE Factors.

The factorial DOE applied uses 5 factors. No replication or centre point are applied and a resolution V was implemented to reduce the number of runs from 32 to 16. Table 1 presents the factor and levels utilized during the training.

In Table 1 the target update consists of the constant proposed by Lillicrap, et al (Continuous Control with Deep Reinforcement Learning, 2016) that defines how smoothly is the update of the copied matrix. The discount defines how much future behaviours influence the actual decision. The minibatch size corresponds to the percentage of all data which is selected to the training process. The minimum number of training cycles consist of the minimum number of times that the blue cycle in Figure 1 is calculated. The data randomization gives the percentage of random data insert in the input of the controller to generate data for the training process.

Due to the complete different behaviour and to easily comprehension, the controllers with and without the velocity as input are evaluated separately, permitting to obtain optimized controllers in both cases. Finally, the controllers with the best parameters are evaluated during the time on both surfaces. The comparison evaluates the output of the controller, the slip ratio and the velocity of the vehicle in the trained manoeuvre and floors.

### 3 | RESULTS

The results are divided into three sections which include the DOE results of the training with and without the without velocity and a final comparison of the best controllers.

#### 3.1 Doe of the controller with vehicle velocity as input

By the evaluation of the Pareto chart, just the minibatch size influenced the results on the average reward with 95% of confidence. Evaluating the main effect plots shown in Figure 3 is possible to confirm the small variation of the average reward and the greatest difference in the minibatch size where smaller batch sizes represent better results.

The small variation of the average reward is an awakened outcome, as long as the cyclic algorithm trains the network until the convergence of the controller, allowing high average rewards to all trained controllers.

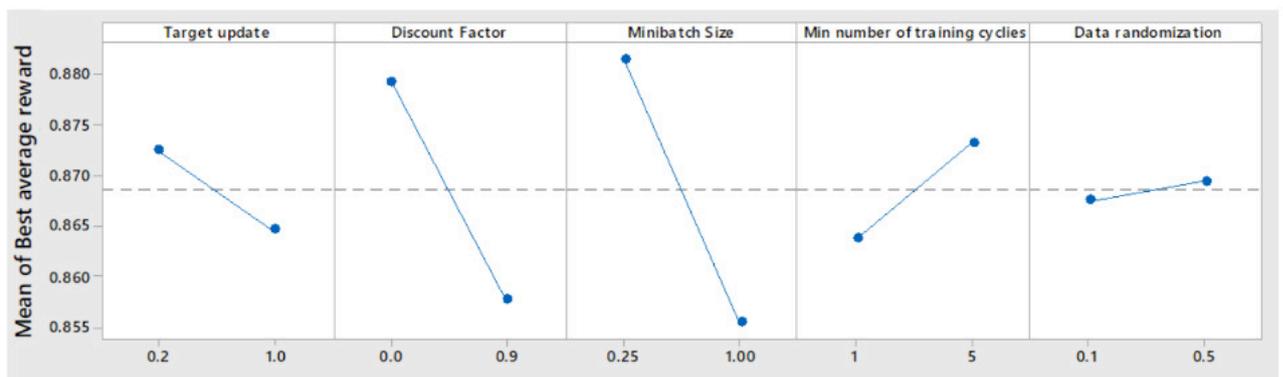


Figure 3. Main effects plot for best average reward - with vehicle velocity.

Despite the discount factor does not been considered as a factor that influences the results, in this test, the null discount factor receives a better average reward when compared with the controller trained with discount factors of 0.9. The target update, minimum number of training and data randomization do not show significative changes on the controller performance.

| Factor | Target update | Discount factor | Minibatch size | Minimum training cycles | Data randomization |
|--------|---------------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------------|
| Value  | 0.2           | 0.0             | 0.25           | 1.0                     | 0.1                |

Table 2. Training parameter of the controller with vehicle velocity.

Based on the significative results in Figure 3 and on the exact average reward available to the trained algorithms, the network that returns the best average reward is chosen. The network with vehicle velocity as input applied in the comparison section is

trained with the factors shown in Table 2.

Although the best minimum training cycles and the data randomization of the main effects plot in Figure 3 do not be the same as the chosen controller, these parameters do not present large influence in the results. In this way, the punctual result of each trained controller is considered to choose the best controller.

### 3.2 Doe without velocity of the vehicle as input

The experiment without the velocity of the vehicle returned that just the discount factor influences the results. Evaluating the main effects plot in Figure 4 is possible to comprehend that the discount factor of 0 return better controllers then the discount factor of 0.9 when using the rewards proposed in this research.

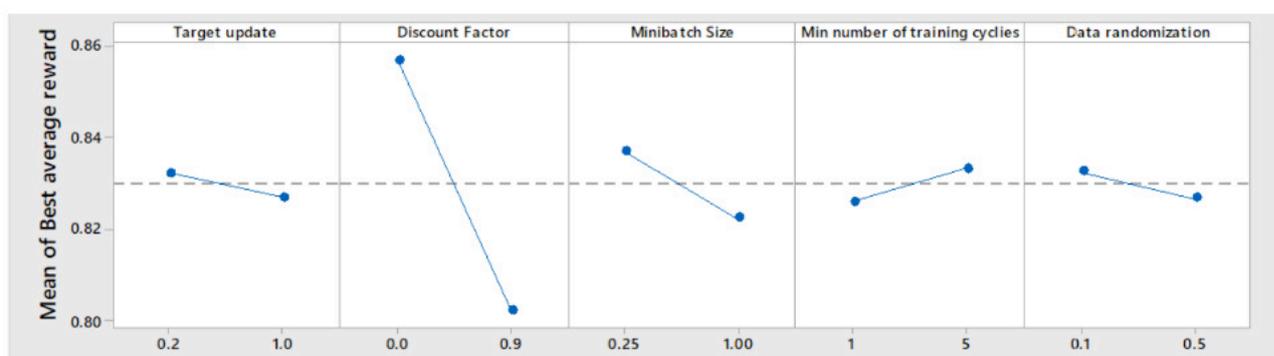


Figure 4. Main effects plot for best average reward - without vehicle velocity.

The best parameters are chosen using the same criteria as the DOE with the velocity as input. Table 3 indicates the chosen train parameters. Most of the parameters are the same between the algorithms, excluding the target updated which suffer changes.

| Factor | Target update | Discount factor | Minibatch size | Minimum training cycles | Data randomization |
|--------|---------------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------------|
| Value  | 1.0           | 0.0             | 0.25           | 1.0                     | 0.1                |

Table 3. Training parameter of the controller without vehicle velocity.

### 3.3 Comparison of the controllers

In Figure 5 is possible to compare the accelerator pedal position, velocity of the vehicle and slip ratio during the time. The evaluation is made on the trained grounds to the controllers with and without the velocity of the vehicle as an input. The results are also compared with vehicle behaviour without a controller.

In Figure 5, the throttle position of the controlled system presents that both actor-critic controllers are able to handle with different grounds. However, when the velocity is also applied in the input the variation of the pedal is smoother without high-frequency noises.

Despite the delay on the initial acceleration, the controller with the velocity as input presents a better performance with higher final velocity on the dry asphalt. On the snow, the use of the controllers reduce the acceleration but can improve significantly the handling due to the low slip ratio.

The controllers with and without the vehicle velocity show adequate control of the slip. In both floors the slip ratio does not exceed the desirable limit of 0.2, presenting that these controllers can be applied when the training data is available.

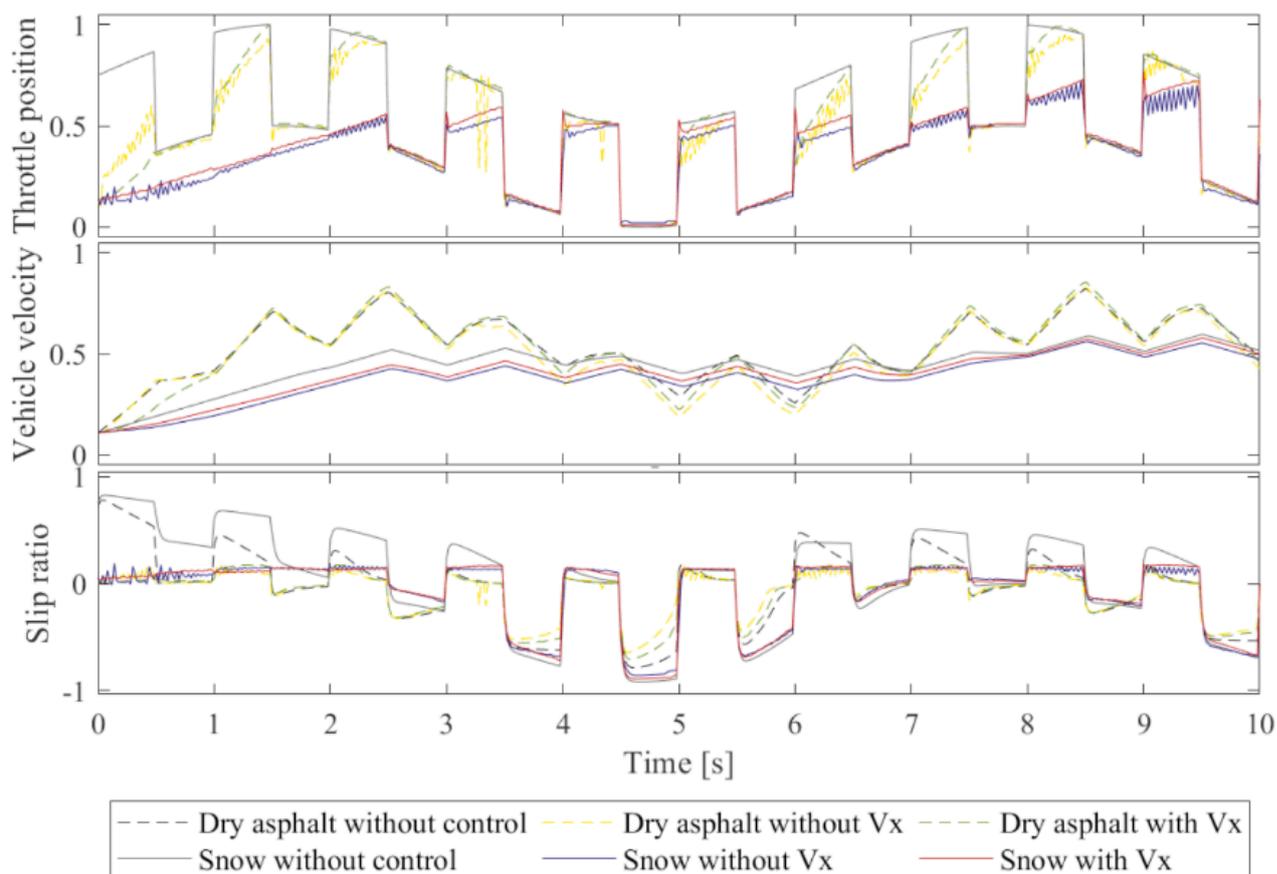


Figure 5. Dynamic behavior of the vehicle.

In Figure 6 are compared the average reward calculate to both controllers and to the system without a controller.

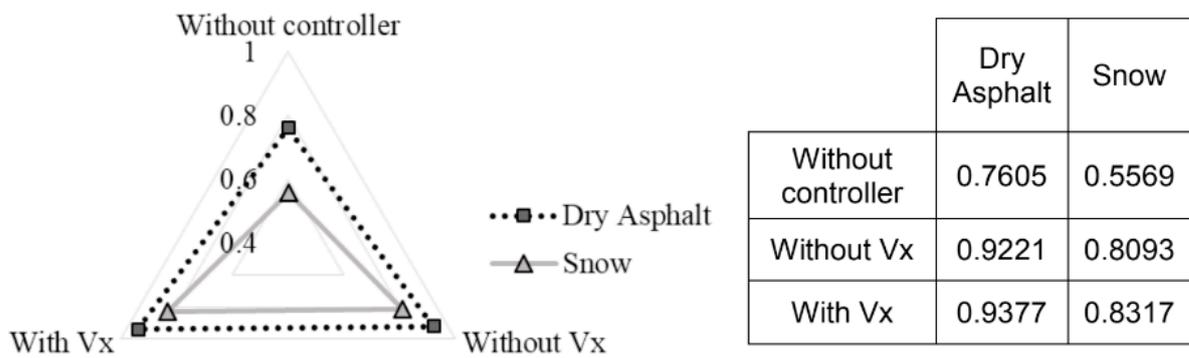


Figure 6. Average reward in different conditions.

As expected the manoeuvres on the snow present smaller values than the manoeuvres on the asphalt due to the small friction of the ground. It happens because the slipperier surface makes that the acceleration pedal increases smoothly decreasing the maximum reward. Comparing the results with and without the velocity of the vehicle and the system without a controller, both controllers are able to improve significantly the behaviour of the system. However, when the velocity of the vehicle is applied the results are slightly better.

#### 4 | CONCLUSIONS

The application of actor-critic reinforcement learning shows as an adequate controller to the non-linear traction of the vehicle when data is available to the training process. However, the necessity of iterative training difficult the application of the controller in real applications.

The application of value function with null discount factor, presents as the better way to the algorithm convergence, presenting better average reward than the discount factor of 0.9. It is a good opportunity of simplification in the algorithm training, as long as, the value function can be directly calculated by the reward, removing the iterative necessity. However, it is important to highlight that this behaviour occurs in specific systems where the reward increasing in a first state can not generate low rewards in the next states.

Despite the results slightly lower than the controller with the velocity of the vehicle, the controller that does not take the vehicle velocity into account is able to keep the slip ratio lower than the desired value. It can facilitate the application of the traction control in vehicles with all wheels traction, as long as the measurement of the velocity is difficult and its the calculation can generate errors.

To future research is indicated the simplification of the algorithm with the possibility of removal of the value function calculation. The influence of the training parameters and the evaluation of the controllers can also be applied in other vehicle systems as brake-by-wire or steering by wire.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank AWARE (Applied NetWork on Automotive Research and Education) program from Technische Hochschule Ingolstadt, DAAD (German Academic Exchange Service) FAPESC (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina) and the German state of Bavarian for the financial support during the development of this research.

## REFERENCES

- BORRELLI, F. et al. **An MPC/Hybrid System Approach to a Traction Control**. IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, v. 14, n. 3, p. 541-552, 2006.
- BRAESS, H.; SEIFFERT, U. **Handbook of Automotive Engineering**. Pennsylvania: SAE International, 2005. ISBN 9780768007831.
- DE AMARAL, J. ; GÖLLINGER, H.; FIORENTIN, A. **Improvement of Vehicle Stability Using Reinforcement Learning**. Ingolstadt: XV Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional. 2018.
- EL SALLAB, A. et al. **End-to-End Deep Reinforcement Learning for Lane Keeping Assist**. 30th Conference on Neural Information Processing Systems. Barcelona: [s.n.]. 2016.
- EL SALLAB, A. et al. **Deep Reinforcement Learning framework for Autonomous Driving**. Electronic Imaging, 29 January 2017. 70-76.
- HAFNER, R.; RIEDMILLER, M. **Reinforcement learning in feedback control**. Machine Learning, v. 84, p. 137-169, 2011.
- HORI, Y.; TOYODA, Y.; TSURUOKA, Y. **Traction Control of electrical Vehicle: basic Experimental Results Using the Test EV “UOT Electric March”**. IEEE Transactions on Industry Applications, v. 34, n. 5, p. 1131-1138, 1998.
- HSU, R. C. et al. **A Reinforcement Learning Based Power Assisted Method with Comfort of Riding for Light Electric Vehicle**. IEEE 71st Vehicular Technology Conference. Taipei: [s.n.]. 2010.
- IOFFE, S.; SZEGEDY, C. **Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift**. arXiv, 2015.
- JARITZ, M. et al. **End-to-End Race Driving with Deep Reinforcement Learning**. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). Honolulu: [s.n.]. 2017.
- LILLICRAP, T. P. et al. **Continuous Control with Deep Reinforcement Learning**. International Conference on Learning Representations. San Juan: [s.n.]. 2016.
- MATHWORKS. **trainlm, 2019**. Available at:<de.mathworks.com/help/ deeplearning/ref/trainlm.html>. Accessed: 28 mai 2019.
- MNIH, V. et al. **Playing Atari with Deep Reinforcement Learning**. arXiv, 2013.
- NANDY, A.; BISWAS, M. **Reinforcement Learning**. New York. 2018.
- PACEJKA, H. B. **Tyre and Vehicle Dynamics**. Oxford: Elviesier, 2002.

RADAC, M.-B.; PRECUP, R.-E. **Data-driven model-free slip control of anti-lock braking systems using reinforcement Q-learning.** Neurocomputing, 6 September 2017. 317-329.

RATHMANN, S. A. F. R. **Latest Trends in Automotive Electronic Systems - Highway.** Agricultural Engineering International, v. IX, p. 7-12, 2007.

TAITLER, ; SHIMKIN,. **Learning Control for Air Hockey Striking using Deep.** ARXIV, 2017.

WIERING, M.; VAN OTTERLO, M. **Reinforcement Learning State-of-the-Art.** Berlin: Springer, 2012.

## ANÁLISE DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM CONDIÇÕES DE CULTIVO DE MANDIOCA NO MUNICÍPIO DE MARACANÃ, PA

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 05/05/2020

**Natália de Medeiros Lima**

Universidade Federal Rural da Amazônia

**Janile do Nascimento Costa**

Universidade Federal Rural da Amazônia

**Gabrielle Costa Monteiro**

Universidade Federal Rural da Amazônia

**Mateus Higo Daves Alves**

Universidade Federal Rural da Amazônia

**Antônio Reynaldo de Sousa Costa**

Universidade Federal Rural da Amazônia

**Francisco Martins de Sousa Junior**

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará-  
UNIFESSPA

**Fernanda Medeiros de Lima**

Universidade Federal Rural da Amazônia

**Lucas Eduardo de Sousa Oliveira**

Universidade Federal Rural da Amazônia

**Auriane Consolação da Silva Gonsalves**

Pesquisadora da Embrapa-Amazônia Oriental

**Orivan Maria Marques Teixeira**

Pesquisador da Embrapa-Amazônia Oriental

**Pedro Moreira de Sousa Junior**

Universidade Federal Rural da Amazônia

**RESUMO:** O cultivo da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem uma ampla representação na economia do estado do Pará, pois, tornou-se uma das principais atividades da cultura familiar rural paraense. E para realizar essa pesquisa foram coletadas amostras em 4 áreas de plantio com diferentes tempos de cultivo, e para evidenciar os resultados das análises de fertilidade nas 4 áreas, a fim de identificar padrões de comportamento, foram discutidas algumas medidas descritivas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Manihot esculenta* Crantz. Nutrientes. Fertilidade.

ANALYSIS OF CHEMICAL ATTRIBUTES IN  
CASSAVA CULTIVATION CONDITIONS IN  
THE MUNICIPALITY OF MARACANÃ, PA

**ABSTRACT:** The cultivation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) has a wide representation in the economy of the state of Pará, as it has become one of the main activities of the paraense rural family culture. In order to carry out this research, samples were collected in 4 planting areas with different cultivation times, and to show the results of fertility analyzes in the 4 areas, in order to identify behavioral patterns, some descriptive

measures were discussed.

**KEYWORDS:** Manihot esculenta Crantz. Nutrients. Fertility.

## INTRODUÇÃO

Os processos pedogenéticos de criação dos solos na região Amazônica, favorecem a formação e a prevalência dos solos ácidos, que apresentam baixa capacidade de dispor nutrientes essenciais para as plantas.

O cultivo da mandioca (*Manihot esculenta Crantz.*) Tem uma ampla representação na economia do estado do Pará, pois, tornou-se uma das principais atividades da cultura familiar rural paraense. Sendo, uma das culturas predominante em todo nordeste paraense (IBGE, 2010). As grandes demandas da utilização do solo com práticas tradicionais de cultivo temporário, como o da mandioca, modificam a estrutura do solo, a atividade biológica, e por consequência, seus atributos químicos (COSTA; ALVES; SOUSA; 2015).

O presente estudo, tem como finalidade analisar os atributos químicos em solo de áreas sobre o cultivo de mandioca em 4 fazendas, localizadas na cidade de Maracanã, região Nordeste paraense.

## MÉTODOLOGIA

### Caracterização da área

O Município de Maracanã localiza-se na Mesorregião Nordeste Paraense e na Microrregião do Salgado, fica distante a cerca de 170 quilômetros da capital paraense, possui uma área territorial de 781 km<sup>2</sup>, com uma população em torno de 29.417 habitantes (IBGE, 2010).

Na respectiva região há predomínio de Latossolos Amarelo de textura Média e concrecionários Lateríticos, que localizam-se em áreas de terra firme, solos hidromórficos indiscriminados e Neossolos Flúvicos presentes às margens dos rios, solos e mangues, em áreas semilitorâneas e litorâneas (FERREIRA, 2003). O clima da região caracteriza-se por temperatura elevada típica de clima equatorial amazônico com média anual de 27° C, máximas de 31°C e mínimas de 25°C de acordo com a classificação de Köppen o município apresenta clima do tipo Am (FERREIRA, et al. 2013).

A economia se destaca pela produção de pescado e agricultura destacando-se a produção de arroz, mandioca o milho e o feijão.

### Amostragem e coleta

Foram coletadas 20 amostras simples de solo para compor uma amostra composta, realizadas no mês de junho de 2018. Para uma amostragem com 80 amostras simples

foram geradas 4 amostras compostas abrangendo uma área total com 4 hectares aproximadamente. Nas áreas pesquisadas, o cultivo de mandioca segue o sistema de plantio direto, onde a primeira e segunda fazenda o tempo de cultivo após a derruba e queima é de um ano, e na terceira e quarta com cultivo de aproximadamente três anos. Vale ressaltar, que as coletas foram em perfil de 0-0,20 m, percorrendo em ziguezague contemplando a área de estudo seguindo a metodologia proposta pelo manual de coleta de solos da Embrapa (2017).

Na coleta utilizaram-se baldes, sacos zipes e trado holandês. Posteriormente as amostras foram encaminhadas ao laboratório da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema, onde utilizou-se os ensaios analíticos para determinação de pH por método instrumental (pHmetro) utilizando a relação solo/água de 1:2,5. O alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) foi extraído com solução de KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$ , e sua determinação utilizando por volumetria de neutralização. Os cátions trocáveis de cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ) foram extraídos com solução de KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$  e os teores de potássio ( $K^+$ ) e fósforo (P) disponível, foram determinados utilizando o método Mehlich-1 (EMBRAPA, 2011). O tratamento estatístico descritivo, foi realizado com o auxílio

$$SB = K^+ + Na^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2} \quad \text{Equação 1}$$

$$CTC = K^+ + Na^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2} + Al^{+3} \quad \text{Equação 2}$$

do software R. Para o cálculo de Soma de bases (SB) (equação 1) e CTC efetiva (t) (equação 2), foram utilizados teoremas citados por Prezotii e Martins (2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estatística Descritiva

Para evidenciar os resultados das análises de fertilidade nas 4 áreas, a fim de identificar padrões de comportamento, foram discutidas algumas medidas descritivas.

Os resultados descritos na tabela 1 mostram os agrupamentos das fazendas em relação a alguns parâmetros como: As fazendas 2 e 3 semelhantes em pH, P, e Al. Fazendas 3 e 4 semelhantes ao P, K, e Al. As fazendas 1e 4 semelhantes ao Ca+Mg e H+Al. As fazendas 1 e 2 estão semelhantes em pH e Ca+Mg. Os parâmetros que apresentam maior diferente entre as fazendas foram: PH baixo na fazenda 4, fósforo alto na fazenda 1 e alumínio baixo.

Na tabela 2, está descrito que o pH total entre as áreas variou de 4,6 a 5,30 com média de 5,1. De acordo com Prezotti e Martins (2013), um pH inferior a 5,5 está com elevado teor de  $Al^{3+}$ , e nessa condição ele torna-se prejudicial ao solo. Tal condição é confirmada quando se identifica o valor médio do mesmo na área estuda ( $Al^{3+}=0,50 \text{ cmol} / \text{dm}^3$ ). Segundo estudo de Freitas et. al. (2015), o pH pode de maneira direta ou

indireta influenciar no crescimento das plantas e na disponibilidade de nutrientes no solo. O valor elevado de alumínio trocável no solo é tóxico para a planta, podendo diminuir o crescimento e influenciar na disponibilidade de outros tipos de nutrientes.

Dentre as áreas pesquisadas, essa situação é mais evidente na fazenda 4 (  $\text{pH}=4,6$  e  $\text{Al}^{3+}=0,6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), evidenciando que, após 3 anos de uso da terra o solo torna-se desgastado. Sobre o H+Al teve variação no solo entre 2,48 a 3,14  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  com uma média de 2,80  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ , esse valor de 3,14  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  se encontra referente a fazenda 2, com plantio direto com cerca de um ano de cultivo após a derruba e queima da área. Segundo estudo de Prezotti e Martins (2013), um H+Al superior a 2,5  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  é considerado uma quantidade média. Isso indica que o solo está com íons de alumínio mais disponíveis, causando prejuízo no solo enquanto a disponibilidade de íons trocáveis para a planta. As demais fazendas encontram-se em situação pior do que a mencionada anteriormente, quando avaliado o nível de acidez do solo.

O  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  teve variação de 0,90 a 1,20  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  entre as fazendas com uma média de 1,1  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ , sendo que o maior valor está presente nas fazendas 1 e 2, cada uma apresentando 1,20, e o menor valor está presente na fazenda 3 com 0,90  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , BRASIL e CRAVO (2007), mencionam que valores de Ca+Mg igual ou inferior a 2  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  é considerado um valor baixo para o solo, Prezotti e Martins (2013), cita que esses baixos teores de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  podem estar relacionados ao baixo pH e, isso fica bem visível no caso da fazenda 3 (  $\text{pH}= 5,2$  e  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = 0,9$ ). Esses valores baixos de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , indicam uma baixa na aptidão solo, que por sua vez, pode estar justificando a grande disponibilidade de íons  $\text{Al}^{3+}$  no solo (MELO et al., 2011).

O valor de P teve variação de 55 a 2,0  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , com uma média de 15,5  $\text{mg}/\text{dm}^3$ . Segundo Brasil e Cravo (2007), para o elemento fósforo, teores superiores a 20  $\text{mg}/\text{dm}^3$  são considerados como índices com uma boa quantidade no solo de cultivo e, no mesmo raciocínio, os autores consideram índices ruins os valores próximos ou inferiores a 8  $\text{mg}/\text{dm}^3$ . Esse alto valor de fósforo no solo da área na fazenda 1, deve estar relacionado com a derruba e queima da floresta realizada na área, pois essa técnica aumenta rapidamente, por um curto período de tempo, os teores desse íon no solo. Já os valores baixos de P encontrados nas áreas das fazendas 3 e 4, também devem ser produtos desse manejo rudimentar, porém, agora acontece o período de baixa nos teores, em decorrência do tempo de cultivo contínuo dos solos que ficaram expostos há ações naturais de degradação e empobrecimento de elementos importantes nessa área.

O valor de K no solo teve uma variação de 15,0 a 24,0  $\text{mg}/\text{dm}^3$  com uma média de 18.25  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , com maior valor na fazenda 2, seguida pela fazenda 1, e os menores valores se encontram nas fazendas 3 e 4, segundo estudo de Cravo e Brasil (2007), um valor de K que se encontre igual ou abaixo de 40  $\text{mg}/\text{dm}^3$  se encontra com valores baixos no solo, ou seja as fazendas se encontram com deficiência de K. Solos de regiões tropicais como do Brasil, os níveis do íon K normalmente são bastante baixos, fazendo-

se necessário a complementação desse nutriente às culturas (BERNARDI, RASSINI e FERREIRA, 2012).

A SB é um forte indicador da fertilidade do solo, e a Capacidade de Troca de Cátions (CTC), determina a quantidade de cátions  $H^+$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Na^+$  que o solo é capaz de reter (RONQUIM, 2010). Esses dois parâmetros ajudam a comprovar, nessas áreas, as condições que indicam empobrecimento das variáveis importantes dos referidos solos.

| Parâmetros                   | Fazendas |       |       |       |
|------------------------------|----------|-------|-------|-------|
|                              | Faz. 1   | Faz.2 | Faz.3 | Faz.4 |
| pH                           | 5.3      | 5.3   | 5.2   | 4.6   |
| P (mg.dm <sup>3</sup> )      | 55       | 3     | 2     | 2     |
| K (mg.dm <sup>3</sup> )      | 19       | 24    | 15    | 15    |
| Ca+Mg (cml/dm <sup>3</sup> ) | 1.2      | 1.2   | 0.9   | 1.1   |
| Al (cml/dm <sup>3</sup> )    | 0.3      | 0.5   | 0.6   | 0.6   |
| H+Al (cml/dm <sup>3</sup> )  | 2.64     | 3.14  | 2.97  | 2.48  |

Tabela 1 – Parâmetros analíticos por fazenda.

Tabela 2– Valores gerais médios dos parâmetros químicos dos solos das áreas estudadas.

| Parâmetros                | Valor  |        | DP     | Méd.   | Prezotti & Martins (2013) |         |         | Brasil & Cravo (2007) |         |       |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|---------------------------|---------|---------|-----------------------|---------|-------|
|                           | Mín.   | Máx.   |        |        | Baixo                     | Médio   | Alto    | Baixo                 | Médio   | Alto  |
| Ph                        | 4,600  | 5,300  | 0,337  | 5,1000 | <5                        | 5,0-5,9 | 6,0-6,9 | –                     | –       | –     |
| P mg.dm <sup>3</sup>      | 2,000  | 55,000 | 26,337 | 15,500 | < 40                      | 40 - 60 | > 60    | < 8                   | 9 – 15  | 16-20 |
| K mg.dm <sup>3</sup>      | 15,000 | 24,000 | 4,272  | 18,250 | < 60                      | 60-150  | >150    | ≤ 40                  | 41-60   | 61-90 |
| Ca+Mg cml/dm <sup>3</sup> | 0,900  | 1,200  | 0,141  | 1,100  | –                         | –       | –       | <2,0                  | 2,1-6,0 | >6,0  |
| Al cml/dm <sup>3</sup>    | 0,300  | 0,600  | 0,141  | 0,500  | >1                        | 0,3-1,0 | >1,0    | <0,3                  | 0,3-1,0 | >1,0  |
| H+Al cml/dm <sup>3</sup>  | 2,480  | 3,140  | 0,301  | 2,807  | 2,5-5,0                   | 2,5-5,0 | >5,0    | –                     | –       | –     |

Fonte: Resultados da Pesquisa.; Fonte<sup>1</sup>: Prezotti e Martins 2013.; fonte<sup>2</sup>: Brasil e Cravo 2007.

## CONCLUSÃO

O manejo do solo tem grande importância no que diz respeito à manutenção das condições de fertilidade do mesmo por um longo período. Com isso, a tradição que se especializou e desenvolveu o cultivo da mandioca na área de estudo, tem contribuído para baixas condições de fertilidades do solo ao longo dos anos, podendo comprometer os níveis de produção e acarreta prejuízos ambientais.

## REFERÊNCIAS

BERNARDI, A. C. C.; RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. P. Teores de potássio no solo, estado nutricional e produção de matéria seca de alfafa em função de doses e frequência da adubação potássica após dois anos de cultivo. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. São Carlos, SP, v. 33, n. 1, p. 1-25, 2012.

COSTA, G.D.O.; ALVES, M. G.; SOUSA, A.G. Atributos químicos dos solos sobre diferentes usos e manejos em uma sub-bacia do Estado de São Paulo. **Scientia Agraria Paranaensis-SAP**. Marechal Gândido Rondon, v. 14, n. 2, p.119-126, abr./jun.2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 2011. 230p. FREITAS, F.C; PRESOTTO, R. A; GENÚNCIO, G. C; SOBRINHO, N. M. B. A; ZONTA, E. pH, sódio, potássio, cálcio, magnésio e alumínio em solos contaminados com fluido de perfuração de poços de petróleo após ensaios de lixiviação. **Ciência Rural**, v. 45, n.8, p. 1418-1423, 2015.

FERREIRA, J. C. V. O Pará e seus municípios. Belém, 2003. p.514-516.

Ferreira, B. C. et al. **Estudo técnico para criação de unidades de conservação na categoria RDS “campo das Mangabas” no Município de Maracanã/PA**. – Belém: Secretaria de Estado de Meio Ambiente, 2013.118 p.

IBGE. **Cidades**. 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2VyOpsq>>. Acesso em 15 mai. 2019.

IBGE. Censo 2010. Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/servidor\\_arquivos\\_est/](http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/)>. Acesso em: 23 ago. 2010.

MELO, L.C.A. et al. Nutrição e produção de matéria seca de milho submetido a calagem e adubação sulfatada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.2, p.193-199, 2011.

PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A. G. **Gui de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: Incaper, 2013.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais**. Campinas: EMBRAPA monitoramento por satélite, 2010. p.30.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: **R foundation for statistical computing**. 2011. <http://www.R-Project.org>. 25 Jan. 2011.

## USO EFICIENTE DA ÁGUA ALIVIA OS EFEITOS DA SECA EM MUDAS DE AÇAIZEIRO INOCULADAS COM RIZOBACTÉRIA

Data de aceite: 03/08/2020

### **Gledson Luiz Salgado de Castro**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Belém - PA

### **Marcela Cristiane Ferreira Rêgo**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Belém - PA

### **Gleiciane Rodrigues dos Santos**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Belém - PA

### **Telma Fátima Vieira Batista**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Belém - PA

### **Gisele Barata da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Belém - PA

**RESUMO:** A alta sensibilidade ao déficit hídrico diminui drasticamente a produção de mudas de açaizeiro em viveiros. O objetivo do estudo foi avaliar as trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e eficiência do uso da água em mudas de açaizeiro inoculadas com a rizobactéria BRM-32113 (*Burkholderia pyrrocinia*). As mudas sem inoculação (controle) e inoculadas com BRM-32113 foram submetidas as capacidades de campo (CC)

de 100% e 50%. Em 100% da capacidade de campo, os parâmetros de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* aumentaram, em média, 55% e 48% nas mudas inoculadas com BRM-32113 em relação as mudas controle. Em 50% da capacidade de campo das mudas inoculadas com BRM-32113 aumentaram em 75% os parâmetros de trocas gasosas e em 78% os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* em relação as mudas controle. O uso eficiente da água (*A/E*) diminuiu em 12% em 100% da capacidade de campo e aumentou em 53% na condição de 50% da capacidade de campo nas mudas inoculadas em relação as mudas controle. A manutenção do desempenho fotossintético associado a maior eficiência do uso da água indicam uma maior tolerância ao déficit hídrico das mudas de açaizeiro inoculadas com a rizobactéria BRM-32113. Essas vantagens podem contribuir para diminuir a taxa de mortalidade das mudas em viveiros e aumentar a disponibilidade de mudas para implantação de plantios comerciais.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Euterpe oleracea*, bioestimulante, fotossíntese, estresse hídrico.

## WATER USE EFFICIENT RELIEVES THE DROUGHT EFFECTS IN AÇAÍ PALM SEEDLINGS INOCULATED WITH RHIZOBACTERIA

**ABSTRACT:** The high sensitivity to water deficit drastically decreases the açai palm seedlings production in nurseries. The aim of the study was to evaluate gas exchange, chlorophyll a fluorescence and water use efficiency in açai palm seedlings inoculated with the rhizobacteria BRM-32113 (*Burkholderia pyrrocinia*). Seedlings without inoculation (control) and inoculated with BRM-32113 were submitted to field capacities (CC) of 100% and 50%. At 100% of field capacity, the parameters of gas exchange and fluorescence of chlorophyll a increased, on average, 55% and 48% in seedlings inoculated with BRM-32113 in relation to control seedlings. In 50% of the field capacity of seedlings inoculated with BRM-32113, gas exchange parameters increased by 75% and chlorophyll a fluorescence parameters by 78% compared to control seedlings. The efficient use of water (A / E) decreased in 12% in 100% of the field capacity and increased in 53% in the condition of 50% of the field capacity in the inoculated seedlings in relation to the control seedlings. The maintenance of photosynthetic performance associated with greater efficiency in the use of water indicate a greater tolerance to the water deficit of açai palm seedlings inoculated with the rhizobacteria BRM-32113. These advantages can contribute to decrease the mortality rate of seedlings in nurseries and increase the availability of seedlings for the commercial plantations implantation.

**KEYWORDS:** *Euterpe oleracea*, biostimulant, photosynthesis, water stress.

### 1 | INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira nativa da região amazônica e de grande interesse econômico no mercado nacional e internacional (OLIVEIRA et al., 2016). O Brasil é o maior produtor mundial, sendo o estado do Pará o maior produtor nacional do fruto de açai (OLIVEIRA; NETO, 2004). O alto consumo dos frutos estimulou a expansão dos plantios comerciais em grandes áreas. Porém, a irrigação inadequada em viveiros e a alta sensibilidade do açazeiro ao déficit hídrico provocam reduções drásticas na produção de mudas (SILVESTRE et al., 2016).

Uma alternativa para induzir maior tolerância ao estresse hídrico pode ser o uso das rizobactérias promotoras do crescimento de plantas, pois estimulam o crescimento das raízes para melhorar a eficiência de absorção de água e nutrientes, como observado em plantas de arroz (YUWONO; HANDAYANI; SOEDARSONO, 2005) inoculadas com rizobactérias. Alterações coordenadas na transpiração, melhor regulação estomática e manutenção do desempenho fotossintético são resultados da maior eficiência do uso da água induzido pelas rizobactérias sob condições de seca (BRESSON et al., 2013).

A inoculação das rizobactérias pode ser uma alternativa para aumentar a eficiência do uso da água e aliviar os efeitos do déficit hídrico em mudas de açazeiro.

Deste modo, o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência do uso da água e

os efeitos do déficit hídrico nas trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* de plantas de açaizeiro inoculadas com a rizobactéria BRM-32113.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Crescimento das plantas

Sementes de açaizeiro (cultivar BRS-Pará) foram semeadas em bandejas de plástico contendo 2,5 L de substrato composto de fibra de coco triturada (Golden mix). Aos 32 dias após a germinação, as plântulas foram transplantadas para sacos de plástico contendo substrato composto de 60% de Latossolo e 40% de cama de aviário curtida. O cultivo foi realizado no viveiro da Universidade Federal Rural da Amazônia em Belém - PA. O pH do substrato e as concentrações de nutrientes foram ajustadas conforme recomendado para açaizeiros (SILVA CRAVO; VIÉGAS; BRASIL, 2007). As plantas foram irrigadas diariamente por gotejamento para repor a água evapotranspirada e manter a umidade do solo próximo da capacidade de campo (KLAR et al., 1966).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos foram plantas de açaizeiro inoculadas com BRM-32113 e um controle (sem BRM-32113) submetidas as capacidades de campo (CC) de 100 e 50%.

### 2.2 Inoculação da BRM-32113 e imposição do déficit hídrico

O isolado BRM-32113 testado (*Burkholderia pyrrocinia*) foi armazenada e preservada na coleção de microrganismos do Laboratório de Proteção de Plantas da Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém - PA. A suspensão da BRM-32113 foi preparada com água destilada e esterilizada, e a concentração foi ajustada em espectrofotômetro para  $A_{540} = 0,5$  ( $10^8$  UFC). As plântulas foram imersas em 500 mL da suspensão da BRM-32113 durante 20 min. As plântulas controle foram imersas em água destilada e esterilizada. Em seguida, foi realizada uma irrigação por semana durante um mês com 50 mL/plântula da suspensão da BRM-32113. A imposição do déficit hídrico foi realizada aos três meses após a inoculação da BRM-32113. As plantas foram irrigadas diariamente para manter o solo próximo de 100% da capacidade de campo (CC), o qual foi obtida através da pesagem dos sacos + solo + muda, conforme descrito por (KLAR et al., 1966). Em seguida, a irrigação foi suspensa e o conjunto sacos + solo + muda foram pesados diariamente até atingir a capacidade de campo (CC) de 50%, onde foram realizadas as avaliações.

### 2.3 Trocas gasosas, fluorescência da clorofila e potencial hídrico

As trocas gasosas foram medidas aos três meses após a inoculação da BRM-32113. A assimilação líquida de  $CO_2$  (*A*), condutância estomática ao vapor de água (*g<sub>s</sub>*),

concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), taxa de transpiração ( $E$ ) e eficiência do uso da água ( $A/E$ ) foram medidos com o LI-6400XT, LI-COR, Lincoln, NE. A fluorescência da clorofila  $a$  foi determinada simultaneamente com as trocas gasosas utilizando-se uma câmara de fluorescência IG 6400-40; LI-COR Inc. Foram estimados a atividade potencial do PSII ( $F_v/F_o$ ), eficiência fotoquímica efetiva ( $F_v/F_m$ ), coeficientes de dissipação fotoquímica ( $qP$ ) e não-fotoquímica ( $qN$ ) e a taxa de transferência de elétrons (ETR) de acordo com Maxwell e Johnson (2000). Simultaneamente, o potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) foi mensurado com uma bomba de pressão do tipo Scholander (m 670, Pms Instrument Co., Albany, EUA) conforme descrito por (PINHEIRO et al., 2008).

## 2.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK),  $P \leq 0,05$ .

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inoculação da BRM-32113 (*Burkholderia pyrrocinia*) aumentou o uso eficiente da água sob condição de seca e, conseqüentemente, manteve o desempenho fotossintético através dos aumentos dos parâmetros de trocas gasosas e fluorescência da clorofila  $a$ . Em 100% CC, os valores médios de  $A$ ,  $g_s$  e  $E$  foram maiores em 33, 68 e 64%, respectivamente, nas mudas inoculadas com BRM-32113 em relação ao controle. O uso eficiente da água ( $A/E$ ) foi menor em 12% em relação ao controle. Em 50% CC, as mudas inoculadas com BRM-32113 foram maiores em 25, 126, 134, 55, 56 e 53% para  $\Psi_w$ ,  $A$ ,  $g_s$ ,  $E$ ,  $C_i$  e  $A/E$ , respectivamente, em relação ao controle (Tabela 1).

| Variáveis  | 100% CC  |           | CV (%)* | 50% CC   |           | CV (%)* |
|--|----------|-----------|---------|----------|-----------|---------|
|  | Controle | BRM-32113 |         | Controle | BRM-32113 |         |
| <b>Potencial hídrico</b>                                   |          |           |         |          |           |         |
| $ \Psi_w $   | 0,36 a   | 0,32 a    | 6,78    | 1,64 a   | 1,23 b    | 5,71    |
| <b>Trocas gasosas</b>                                      |          |           |         |          |           |         |
| $A$ ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) | 7,08 b   | 9,42 a    | 12,31   | 3,45 b   | 7,79 a    | 12,64   |
| $g_s$ ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )   | 0,056 b  | 0,094 a   | 11,81   | 0,029 b  | 0,068 a   | 16,56   |
| $E$ ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )    | 1,01 b   | 1,66 a    | 12,01   | 1,21 b   | 1,88 a    | 11,30   |
| $C_i$ ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ ) | 237,48 a | 200,09 a  | 10,05   | 161,03 b | 251,12 a  | 14,55   |
| <b>Uso eficiente da água</b>                               |          |           |         |          |           |         |
| $A/E$  | 6,69 a   | 5,68 b    | 7,01    | 2,72 b   | 4,15 a    | 10,79   |
| <b>Fluorescência da clorofila <math>a</math></b>           |          |           |         |          |           |         |
| $F_v/F_o$  | 6,56 b   | 14,82 a   | 17,88   | 4,32 b   | 11,84 a   | 23,98   |
| $F_v/F_m$  | 0,77 b   | 0,84 a    | 1,76    | 0,73 b   | 0,83 a    | 2,14    |

|     |        |        |       |        |        |       |
|-----|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| ETR | 57,5 b | 73,3 a | 7,06  | 35,6 b | 62,4 a | 12,56 |
| qP  | 0,18 b | 0,23 a | 8,21  | 0,14 b | 0,21 a | 8,37  |
| qN  | 0,82 a | 0,77 b | 13,26 | 0,85 a | 0,78 b | 15,85 |

Tabela 1. Potencial hídrico ( $\Psi_w$ ), taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), condutância estomática ao vapor d'água ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), eficiência do uso da água ( $A/E$ ), eficiência fotoquímica efetiva ( $F_v/F_m$ ), atividade potencial do PSII ( $F_v/F_o$ ), taxa de transferência de elétrons (ETR) e coeficiente de extinção fotoquímica ( $qP$ ) e não fotoquímica ( $qN$ ) em plantas de açaizeiro inoculadas com BRM-32113 e submetidas à 100 e 50% da capacidade de campo (CC). Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente dentro de cada CC (100 e 50%) pelo teste de SNK a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação (CV).

Em 100% CC, as mudas inoculadas com BRM-32113 aumentaram  $F_v/F_o$ ,  $F_v'/F_m'$ , ETR e  $qP$  em 126, 9, 27 e 28%, respectivamente, e diminuíram  $qN$  em 6%, em relação ao controle. Em 50% CC, as mudas inoculadas com BRM-32113 aumentaram em 174, 14, 75 e 50% os parâmetros  $F_v/F_o$ ,  $F_v'/F_m'$ , ETR e  $qP$ , respectivamente, e diminuíram  $qN$  em 9%, em relação ao controle (Tabela 1).

No presente estudo, as maiores taxas de  $A$  e  $E$  foram favorecidos pela maior  $g_s$  em 100% CC. O  $C_i$  não foi alterado, porém, as maiores taxas de  $A$  sugerem uma melhor eficiência na assimilação do  $\text{CO}_2$ , como observado em plantas de arroz inoculadas com rizobactérias (NASCENTE et al., 2016). As maiores  $g_s$  e  $E$  influenciaram em menor uso eficiente da água ( $A/E$ ), evidenciando que em condições de abundância hídrica pode haver aumento de consumo de água para melhorar os processos fisiológicos.

Em 50% CC, as maiores  $g_s$  nas mudas inoculação com BRM-32113 contribuíram para aumentar o acúmulo de  $\text{CO}_2$  mesofílico ( $C_i$ ) e manter as maiores taxas de  $A$ . Em plantas de arroz inoculadas com rizobactérias, o incremento em  $A$  foi relacionado com a maior atividade de carboxilação do  $\text{CO}_2$  (DONI et al., 2014). A taxa  $E$  aumentou nas mudas inoculadas com BRM-32113 em 50% CC, porém, o nível de abertura estomática ( $g_s$ ) foi eficiente para intercambiar a água perdida por mais  $\text{CO}_2$  fixado, que influenciou em maior  $A/E$ . Para Rolli et al. (2015), aumentos de  $A$  e  $E$  regulados pelas rizobactérias influenciam no aumento do  $A/E$  e contribuem para melhorar tolerância das plantas ao déficit hídrico.

Os maiores  $F_v/F_o$ ,  $F_v'/F_m'$ , ETR e  $qP$  em mudas inoculas com BRM-32113 do presente estudo podem indicar maior captura de luz e, conseqüentemente, maior eficiência nas reações fotoquímica da fotossíntese em 100%CC (SAMANIEGO-GÁMEZ et al., 2016). Enquanto em 50% CC os maiores valores desses parâmetros podem ter ocorrido através da maior eficiência do uso da água que influencia na melhor proteção e atenuação dos danos aos fotossistemas em plantas inoculadas com rizobactérias (ZHOU et al., 2016).

#### 4 | CONCLUSÃO

Mudas de açaizeiro sob déficit hídrico e inoculadas com BRM-32113 (*Burkholderia pyrrocinia*) aumentam a eficiência do uso da água para manter o desempenho fotossintético

e aliviar os efeitos negativos do déficit hídrico.

## REFERÊNCIAS

- BRESSON, J. et al. **The PGPR strain *Phyllobacterium brassicacearum* STM196 induces a reproductive delay and physiological changes that result in improved drought tolerance in *Arabidopsis*.** *New Phytologist*, v. 200, n. 2, p. 558–569, 2013.
- DONI, F. et al. **Physiological and growth response of rice plants (*Oryza sativa* L.) to *Trichoderma* spp. inoculants.** *AMB Express*, v. 4, n. 1, p. 45, 2014.
- KLAR, A. E. et al. **Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens.** *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, v. 23, p. 15–30, 1966.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. **Chlorophyll fluorescence--a practical guide.** *Journal of experimental botany*, v. 51, n. 345, p. 659–668, 2000.
- NASCENTE, A. S. et al. **Biomass, gas exchange, and nutrient contents in upland rice plants affected by application forms of microorganism growth promoters.** *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 3, p. 2956–2965, 14 jan. 2016.
- OLIVEIRA, L. C. et al. **Karyotype and genome size in *Euterpe* Mart. (Arecaceae) species.** *Comparative Cytogenetics*, v. 10, n. 1, p. 17–25, 2016.
- OLIVEIRA, M. D. S. P.; NETO, J. T. D. F. **Cultivar BRS-Pará: Açaizeiro para Produção de Frutos em Terra Firme.** *Embrapa, Comunicado Técnico*, v. 114, n. 1, p. 1–3, 2004.
- PINHEIRO, H. A. et al. **Leaf gas exchange, chloroplastic pigments and dry matter accumulation in castor bean (*Ricinus communis* L) seedlings subjected to salt stress conditions.** *Industrial Crops and Products*, v. 27, n. 3, p. 385–392, 2008.
- ROLLI, E. et al. **Improved plant resistance to drought is promoted by the root-associated microbiome as a water stress-dependent trait.** *Environmental Microbiology*, v. 17, n. 2, p. 316–331, 2015.
- SAMANIEGO-GÁMEZ, B. Y. et al. ***Bacillus* spp. inoculation improves photosystem II efficiency and enhances photosynthesis in pepper plants.** *Chilean journal of agricultural research*, v. 76, n. 4, p. 409–416, 2016.
- SILVA CRAVO, M.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará.** [s.l.] EMBRAPA Amazonia Oriental, Belém, PA (Brasil), 2007.
- SILVESTRE, W. V. D. et al. **Respostas morfológicas e fisiológicas de mudas de açaizeiros submetidas à diferentes regimes hídricos.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* p. 364–371, 2016.
- YUWONO, T.; HANDAYANI, D.; SOEDARSONO, J. **The role of osmotolerant rhizobacteria in rice growth under different drought conditions.** *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 56, n. 7, p. 715–721, 2005.
- ZHOU, C. et al. **Rhizobacterial strain *Bacillus megaterium* BOFC15 induces cellular polyamine changes that improve plant growth and drought resistance.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 17, n. 6, 2016.

## *Burkholderia pyrrocinia* INDUZ ACÚMULO NUTRICIONAL E PROMOVE CRESCIMENTO DE MUDAS DE AÇAIZEIRO

Data de aceite: 03/08/2020

**Gledson Luiz Salgado de Castro**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Belém - PA

**Gleiciane Rodrigues dos Santos**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Belém - PA

**Marcela Cristiane Ferreira Rêgo**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Belém - PA

**Telma Fátima Vieira Batista**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Belém - PA

**Gisele Barata da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Belém - PA

**RESUMO:** A expansão dos plantios comerciais de açaizeiro é limitada pelo crescimento lento e baixo vigor das mudas em viveiros. O objetivo do estudo foi avaliar as alterações no teor foliar de nutrientes e acúmulo de biomassa em mudas açaizeiro inoculadas com a rizobactéria BRM-32113 (*Burkholderia pyrrocinia*). Os tratamentos consistiam de mudas de açaizeiro inoculadas e não inoculadas com a rizobactéria BRM-32113. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas

pelo teste Student-Newman-Keuls. As mudas inoculadas promoveram o crescimento e aumentaram os teores foliar de nutrientes em relação as mudas não inoculadas. Os acúmulos de biomassa foram de 67% para massa seca de raízes e em 109% para massa seca da parte aérea nas mudas inoculadas em relação as mudas não inoculadas. Os teores nutricionais foram maiores em 18% para N, 73% para P, 14% para K, 4% para Ca e 6% para Mg nas mudas inoculadas em relação as mudas não inoculadas. Os resultados evidenciam que a promoção de crescimento está associada ao acúmulo nutricional em folhas das mudas de açaizeiro inoculadas com BRM-32113. O uso dessa tecnologia microbiana pode contribuir para reduzir o tempo de viveiro, minimizar a quantidade de adubos químicos e aumentar a disponibilidade de mudas para a expansão dos plantios comerciais de açaizeiros.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Eutерpe oleracea*, rizobactérias, macronutrientes, biomassa.

## *Burkholderia pyrrocinia* INDUCES NUTRITIONAL ACCUMULATION AND PROMOTES GROWTH OF AÇAÍ PALM SEEDLINGS

**ABSTRACT:** The açai palm commercial plantations expansion is limited by the slow growth and low vigor of seedlings in nurseries. The objective of the study was to evaluate the changes in leaf nutrient content and biomass accumulation in açai palm seedlings inoculated with the rhizobacterium BRM-32113 (*Burkholderia pyrrocinia*). The treatments consisted of açai palm seedlings inoculated and not inoculated with the rhizobacterium BRM-32113. The data were submitted to variance analysis and the means were compared using the Student-Newman-Keuls test. Inoculated seedlings promoted growth and increased leaf nutrient content compared to non-inoculated seedlings. The biomass accumulations were 67% for dry root mass and 109% for dry mass of the aerial part in the inoculated seedlings in relation to the non-inoculated seedlings. Nutritional contents were 18% higher for N, 73% for P, 14% for K, 4% for Ca and 6% for Mg in the inoculated seedlings compared to non-inoculated seedlings. The results show that growth promotion is associated with nutritional accumulation in leaves of açai palm seedlings inoculated with BRM-32113. The microbial technology use can contribute to reduce nursery time, minimize the amount of chemical fertilizers and increase the availability of seedlings for the açai palm commercial plantations expansion.

**KEYWORDS:** *Euterpe oleracea*, rhizobacteria, macronutrients, biomass.

### 1 | INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira nativa da região amazônica e distribuída ao longo das margens do rio Amazonas no norte do Brasil (YAMAGUCHI et al., 2015). A maior demanda nacional e internacional pela fruta na última década estimulou a mudança do sistema de produção extrativista para plantios comerciais em grandes áreas (OLIVEIRA; NETO, 2004). Entretanto, o crescimento inicial e o menor vigor limitam a produção de mudas nos viveiros (COSTA; OLIVEIRA; OHAZE, 2004).

Vários estudos relatam a utilização das rizobactérias para promover o crescimento de mudas de palmeiras. As rizobactérias são encontradas em vida livre do solo e podem promover benefícios à planta através da colonização do sistema radicular. Os benefícios são resultantes do maior sistema radicular induzidos que aumentam a área de contato com o solo e melhoram a eficiência de absorção de água e nutrientes. Outros benefícios incluem maior reciclagem, solubilização e disponibilidade de nutrientes minerais no solo (CHAUDHARY; SINDHU, 2016).

Mudas de açazeiro inoculadas com rizobactérias podem acelerar o crescimento através da maior absorção e acúmulo de nutrientes foliar. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi avaliar a promoção de crescimento e as alterações nos teores de nutrientes foliar em mudas de açazeiro inoculadas com a rizobactéria BRM-32113.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Crescimento das plantas

Sementes de açaizeiro (cultivar BRS-Pará) foram semeadas em bandejas de plástico contendo 2,5 L de substrato composto de fibra de coco triturada (Golden mix). Aos 32 dias após a germinação, as plântulas foram transplantadas para sacos de plástico contendo substrato composto de 60% de Latossolo e 40% de cama de aviário curtida. O cultivo foi realizado no viveiro da Universidade Federal Rural da Amazônia em Belém - PA. O pH do substrato e as concentrações de macro e micronutrientes foram ajustadas conforme recomendado para açaizeiros (SILVA CRAVO; VIÉGAS; BRASIL, 2007). As plantas foram irrigadas diariamente por gotejamento autocompensante para repor a água perdida pela evapotranspiração e manter a umidade do solo próximo da capacidade de campo (KLAR et al., 1966).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (inoculado e não inoculado com rizobactéria) e dez repetições.

### 2.2 Inoculação da rizobactéria

A rizobactéria testada (*Burkholderia pyrrocinia*) foi armazenada e preservada na coleção de microrganismos do Laboratório de Proteção de Plantas da Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém - PA. O cultivo da rizobactéria foi em meio sólido 523 (KADO; HESKETT, 1970) durante 48 h, a 28 °C. As suspensões bacterianas foram preparadas com água destilada e esterilizada, e a concentração foi ajustada em espectrofotômetro para  $A_{540} = 0,5$  ( $10^8$  UFC). As plântulas foram imersas em 500 mL da suspensão bacteriana durante 20 min. As plântulas controle foram imersas em água destilada e esterilizada. Em seguida, foi realizada uma irrigação por semana durante um mês com 50 mL/plântula da suspensão bacteriana, e com 50 mL/plântula de água destilada e esterilizada para as plantas controle.

### 2.3 Teor de nutrientes em folhas

Após cinco meses da inoculação da rizobactéria as amostras de folhas, pecíolos e caule foram secas em estufas de circulação forçada de ar (72h a 65°C), moídas (< 5 mm) em moinho tipo Wiley, pesadas e levadas ao laboratório de análises de solos da Embrapa Amazônia Oriental, Belém - PA, para a determinação dos teores de nutrientes, conforme descrito por (SILVA CRAVO; VIÉGAS; BRASIL, 2007).

### 2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK),  $P < 0,05$ , usando o software R

(TEAM, 2017).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rizobactéria BRM-32113 (*Burkholderia pyrrocinia*) promoveu o crescimento e aumentou os teores foliar de nutrientes das mudas de açaizeiro.

Em comparação ao controle, as mudas inoculadas com a BRM-32113 tiveram aumento em 18% para nitrogênio (N), em 73% para fósforo (P) e, em 14% para potássio (K). Os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não foram influenciados pela inoculação da BRM-32113. O acúmulo de biomassa foi de 67% para a massa seca de raízes, 110% para a massa seca da parte aérea e 95% para a massa seca total nas mudas inoculadas em comparação ao controle (Tabela 1).

| Variáveis                    | Tratamentos |           | CV (%) |
|------------------------------|-------------|-----------|--------|
|                              | Controle    | BRM-32113 |        |
| <b>Nutrientes (g/planta)</b> |             |           |        |
| N                            | 13,31 b     | 15,74 a   | 4,90   |
| P                            | 2,13 b      | 3,69 a    | 12,64  |
| K                            | 52,95 b     | 60,47 a   | 4,57   |
| Ca                           | 6,71 a      | 6,95 a    | 7,10   |
| Mg                           | 2,22 a      | 2,35 a    | 8,52   |
| <b>Biomassa (g)</b>          |             |           |        |
| Massa seca de raiz           | 0,72 b      | 1,20 a    | 13,69  |
| Massa seca parte aérea       | 1,42 b      | 2,98 a    | 8,98   |
| Massa seca total             | 2,14 b      | 4,18 a    | 10,11  |

Tabela 1. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e biomassa seca de mudas de açaizeiro sem inoculação (Controle) e com inoculação da rizobactéria BRM-32113 (*Burkholderia pyrrocinia*).

Os valores são as médias de 10 repetições. Letras minúsculas iguais na linha indicam diferenças não significativas pelo teste de SNK ( $p < 0,05$ ).

As raízes atraem as rizobactérias pela liberação de exsudados e essa interação constitui em um mecanismo que favorece a nutrição e crescimento da bactéria (VAN LOON, 2007) as well as suppress diseases. Plant growth promotion is taken to result from improved nutrient acquisition or hormonal stimulation. Disease suppression can occur through microbial antagonism or induction of resistance in the plant. Several rhizobacterial strains have been shown to act as plant growth-promoting bacteria through both stimulation of growth and induced systemic resistance (ISR). No presente estudo, o desenvolvimento do sistema radicular induzido pela BRM-32113 foi diretamente associado com o crescimento na parte aérea das mudas de açaizeiro, o qual pode ser atribuído a maior absorção de água e translocação de nutrientes resultantes da maior área de contato das raízes com o solo e maior volume de pelos radiculares (AMIR et al., 2005).

No presente estudo o maior crescimento e acúmulo de biomassa induzido pela BRM-32113 foi associado ao melhor estado nutricional das mudas de açaizeiro, demonstrado pelo acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas. Resultados semelhantes foram observados em planta de arroz inoculadas com rizobactérias, onde o maior acúmulo de N, P e K, que influenciou positivamente no desempenho fotossintético e contribuiu para o maior crescimento e acúmulo de biomassa (NASCENTE et al., 2016).

Um dos mecanismos de ação das rizobactérias para promover o crescimento é a solubilização de fosfato ligado ao ferro e alumínio através da produção da enzima fosfatase ácida e/ou ácidos orgânicos que diminuem o pH do solo, como observado em palma de óleo inoculadas com rizobactérias (AMIR et al., 2005). O nitrogênio e os outros nutrientes podem ser disponibilizado através da mineralização da matéria orgânica e/ou minerais do solo pela rizobactéria. Em plantas de arroz inoculadas com rizobactérias a maior eficiência na absorção de potássio contribuiu para o maior crescimento das raízes e parte aérea (DUARAH et al., 2011).

#### 4 | CONCLUSÃO

A promoção de crescimento está associada ao acúmulo nutricional em folhas das mudas de açaizeiro inoculadas com BRM-32113. O uso dessa tecnologia microbiana pode contribuir para reduzir o tempo de viveiro, minimizar a quantidade de adubos químicos e aumentar a disponibilidade de mudas para a expansão dos plantios comerciais de açaizeiros.

#### REFERÊNCIAS

AMIR, H. G. et al. **Enhancement in Nutrient Accumulation and Growth of Oil Palm Seedlings Caused by PGPR Under Field Nursery Conditions.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 36, n. 15–16, p. 2059–2066, 18 set. 2005.

CHAUDHARY, S. R.; SINDHU, S. S. **Growth stimulation of clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba*) by coinoculation with rhizosphere bacteria and Rhizobium.** Legume Research - An International Journal, v. 39, n. OF, p. 1003–1012, 2016.

COSTA, M. R.; OLIVEIRA, M. D. S. P. DE; OHAZE, M. M. M. **Divergência Genética No Açaizeiro Com Base Em Marcadores Rápido.** Rev. Ciênc. Agrár., v. 41, p. 89–95, 2004.

DUARAH, I. et al. **Phosphate solubilizers enhance NPK fertilizer use efficiency in rice and legume cultivation.** 3 Biotech, v. 1, n. 4, p. 227–238, 21 dez. 2011.

KADO, C. I.; HESKETT, M. G. **Selective Media for Isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, and *Xanthomonas*.** Phytopathology, v. 60, n. 6, p. 969, 1970.

KLAR, A. E. et al. **Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens.** Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 23, p. 15–30, 1966.

NASCENTE, A. S. et al. **Biomass, gas exchange, and nutrient contents in upland rice plants affected by application forms of microorganism growth promoters.** Environmental Science and Pollution Research, v. 24, n. 3, p. 2956–2965, 14 jan. 2016.

OLIVEIRA, M. D. S. P.; NETO, J. T. D. F. **Cultivar BRS-Pará: Açaizeiro para Produção de Frutos em Terra Firme.** Embrapa, Comunicado Técnico, v. 114, n. 1, p. 1–3, 2004.

SILVA CRAVO, M.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará.** [s.l.] EMBRAPA Amazonia Oriental, Bélem, PA (Brasil), 2007.

**TEAM, R. C. R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>, 2017.

VAN LOON, L. C. **Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria.** European Journal of Plant Pathology, v. 119, n. 3, p. 243–254, 5 nov. 2007.

YAMAGUCHI, K. K. D. L. et al. **Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review.** Food Chemistry, v. 179, p. 137–151, jul. 2015.

## APLICAÇÃO DO RESÍDUO DO FRUTO DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) COMO ANTIOXIDANTE PARA O BIODIESEL

Data de aceite: 03/08/2020

**Kércia Sabino de Macêdo**

Instituto Federal de Roraima – Campus Novo  
Paraíso  
Caracará/RR

**Leylane da Silva Kozlowski**

Instituto Federal de Roraima – Campus Novo  
Paraíso  
Caracará/RR

**Larissa Aparecida Corrêa Matos**

Universidade Estadual do Centro-Oeste –  
Campus Cedeteg  
Guarapuava/PR

**Nayara Lais Boschen**

Universidade Estadual do Centro-Oeste –  
Campus Cedeteg  
Guarapuava/PR

**Romildo Nicolau Alves**

Instituto Federal de Roraima – Campus Novo  
Paraíso  
Caracará/RR

**Paulo Rogério Pinto Rodrigues**

Universidade Estadual do Centro-Oeste –  
Campus Cedeteg  
Guarapuava/PR

**Guilherme José Turcatel Alves**

Instituto Federal de Roraima – Campus Novo  
Paraíso  
Caracará/RR

**RESUMO:** Devido à oxidação do biodiesel durante períodos prolongados de transporte ou armazenagem, a adição de antioxidantes se torna necessária. Recentemente, as pesquisas científicas direcionaram a busca de compostos antioxidantes naturais para substituição dos sintéticos. Na região Amazônica é possível encontrar grande diversidade de vegetais que possuem esses compostos, tais como os frutos de palmeiras. O objetivo desse trabalho é avaliar a ação antioxidante do extrato da casca do fruto de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), no biodiesel. Foram realizadas análises de índice de acidez (IA), índice de peróxidos, estabilidade oxidativa, teor de água, ponto de fulgor, massa específica, condutividade elétrica e aspecto. Os resultados de IA mostraram que o biodiesel com o extrato natural manteve o valor abaixo do estabelecido pela norma por 11 dias, indicando uma atividade antioxidante. A estabilidade oxidativa apresentou um aumento de 82% em comparação com amostras de biodiesel puro. Todos os resultados dos parâmetros combinados indicam que o extrato do fruto de tucumã apresenta possível atividade antioxidante e que pode ser aplicado como aditivo em biocombustíveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Palmeira, Amazônia, biocombustível, extrato natural.

**ABSTRACT:** Due to the oxidation of biodiesel during prolonged periods of transport or storage, the addition of antioxidants becomes necessary. Recently, scientific research has directed the search for natural antioxidant compounds to replace synthetic ones. In the Amazon region it is possible to find a great diversity of vegetables that have these compounds, such as palm fruits. The objective of this work is to evaluate the antioxidant activity of the tucumã fruit (*Astrocaryum aculeatum*) peel extract in biodiesel. Analyzes of acidity index (AI), peroxide index, oxidative stability, water content, flash point, specific mass, electrical conductivity and appearance were performed. The results of AI showed that biodiesel with the natural extract kept the value below that established by the standard for 11 days, indicating an antioxidant activity. Oxidative stability increased by 82% compared to samples of pure biodiesel. All results of the combined parameters indicate that the tucumã fruit extract has possible antioxidant activity and that it can be applied as an additive in biofuels.

**KEYWORDS:** Palm, Amazon, biofuel, natural extract.

## 1 | INTRODUÇÃO

O biodiesel pode ser definido como combustível renovável e biodegradável. Pode ser obtido de diversas fontes desde que seja oleosa (OLIVEIRA et al, 2008). Para a obtenção do biodiesel, a reação de transesterificação é a mais utilizada, pois as características físicas dos ésteres se aproximam do diesel (GERIS et al, 2007; ANP 2020).

O Brasil tem um grande potencial para produção de biomassa que pode ser direcionado para fins energéticos, pois o clima propicia a plantação de sementes oleaginosas (BRASILINO, 2010). Para garantir a qualidade do biodiesel segue-se o padrão estabelecido pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP (2014), que objetiva fixar teores limites dos contaminantes para que não prejudiquem eficiência da queima, desempenho, integridade dos motores e a segurança no transporte e manuseio.

O processo de oxidação do biocombustível é intensificado por uma série de fatores como o contato do com o ar ambiente, altas temperaturas ou exposição à luz, reduzindo sua qualidade em longos períodos de armazenamento ou transporte (OLIVEIRA; SIGRIST, 2008).

Com o objetivo de retardar ou inibir indesejáveis reações de degradação, vários tipos de aditivos podem ser adicionados aos óleos. No biodiesel, os compostos antioxidantes podem retardar diversos tipos de reações, como de polimerização e formação de ácidos graxos, mas não podem impedi-las por completo (LOMANOCO et al., 2011).

As adições de antioxidantes no biodiesel se mostraram promissoras pois facilitam o transporte e estocagem, aumentando a vida útil. A estabilidade oxidativa é um dos

parâmetros que se monitora para se verificar o quanto de tempo o biodiesel se mantém com a qualidade determinada pela legislação vigente (LÔBO, FERREIRA e CRUZ, 2009). Esse parâmetro pode ser melhorado quando adicionado os antioxidantes que podem ser sintéticos ou naturais. Este último tem sido objeto de vários estudos da comunidade científica (OLIVEIRA et al, 2014; DEVI, DAS e DEKA, 2018; BOSCHEN et al. 2019; VALENGA et al, 2019).

Na região amazônica brasileira existe muitos frutos e sementes ricos em óleos com alta capacidade para produção de biodiesel como o dendê, açaí, babaçu e tucumã, além de outras espécies ainda não estudadas (CASTRO, 2006; ARAÚJO, et al., 2010). É importante ressaltar que essas espécies, além do óleo para a produção do biocombustível, também possuem nas suas partes (casca, polpa e semente) muitas substâncias antioxidantes (ácido ascórbico, taninos, alcaloides e flavonoides) e, por isso, são muito utilizadas em diferentes áreas da pesquisa aplicada e inovação tecnológica. (CLEMENT, et al. 2005; SANDRI, et al., 2016).

O tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) é uma palmeira que produz frutos que servem para obtenção de grande quantidade de óleo, utilizado por nativos da região para diversos fins os frutos são produzidos o ano todo, com picos entre junho e janeiro. (MIRANDA, 2001). A principal importância econômica do tucumã baseia-se principalmente na exploração da polpa, utilizado para fins alimentícios. É uma das espécies de oleaginosas que satisfazem os critérios fundamentais para a produção do biodiesel. Observa-se também que o fruto de tucumã possui quantidades consideráveis de antioxidantes e podem ser adicionados a diferentes produtos, tais como o biodiesel, para agir com essa funcionalidade (SOUSA; PINHO; COSTA, 2013; GENTIL; FERREIRA, 2005).

A principal finalidade desse trabalho foi utilizar o extrato dos frutos de tucumã como aditivo para o biodiesel, com o intuito de aumentar a vida útil, diminuir a oxidação do biocombustível e manter a qualidade para utilização comercial.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a obtenção do biodiesel foi utilizado o procedimento de esterificação do óleo de soja comercial por catálise básica seguido da lavagem em três etapas sequenciais com água ultrapura, HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> e NaCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>.

A obtenção extrato da casca do fruto de tucumã, foi realizado com frutos coletados na região sul do município de Caracaraí-RR (1°28'21,7" N e 60°23'41,6" O). O local possui produção nativa da palmeira e, por isso, os frutos são comercializados no município e para outros estados e o consumo do fruto como alimento é somente da polpa. Por isso, salienta-se que a quantidade de frutos utilizada nesse trabalho e a parte utilizada para o estudo (cascas) não interferiram no extrativismo local. O fruto foi descascado manualmente e

após serem lavadas, as cascas foram fracionadas em pequenos quadrados de área média de 0,25 cm<sup>2</sup> cm e inseridas no recipiente para extração. Em seguida, o extrato foi obtido por processo via Soxhlet, sob refluxo de hexano por 8 horas. Após, para evaporação do solvente, o extrato permaneceu por 24 horas em estufa a 35°C, restando somente a parte oleosa.

Foram preparadas 4 amostras: biodiesel puro (B0) e com 1000 (B1), 3000 (B3) e 5000 (B5) ppm de extrato. Outra amostra adicional (BS) com 3000 ppm de antioxidante TBHQ (tertbutil-hidroquinona) foi preparada para posterior comparação.

As análises índice de acidez (IA) e índice de peróxidos (IP) foram seguidas conforme descrito pelos procedimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008). Nesses testes, as amostras foram mantidas em estufa a 80°C e, diariamente, uma alíquota era retirada para as análises.

Os testes de estabilidade oxidativa foram realizados segundo a Resolução n° 45 da ANP (2014), que utiliza o equipamento Rancimat®. As análises de teor de água, ponto de fulgor, massa específica, condutividade elétrica e aspecto também foram realizados de acordo com a mesma norma. Todas os procedimentos foram executados nos laboratórios da Ambiotec e Combustíveis da Unicentro (PR).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A palmeira, os frutos e o material utilizado para a extração do aditivo mostrados na Figura 1.



Figura 1 – (A) Palmeira de tucumã, (B) amostras de frutos utilizados e (C) cascas do fruto.

Observa-se na Figura 1(A) a estrutura característica da palmeira e um espaçamento entre elas, visto que a densidade pode chegar a 50 indivíduos/hectare e, cada palmeira, pode produzir cerca de 50 kg de frutos/ano (MIRANDA, 2001). A Figura 1(B) mostra o fruto amadurecido e as cascas retiradas (Figura 1C) que apresentam a coloração amarelada, com poucas partes ainda verdes.

A Figura 2 mostra o extrato das cascas do fruto de tucumã obtido por processo via Soxhlet antes e após a mistura no biodiesel.

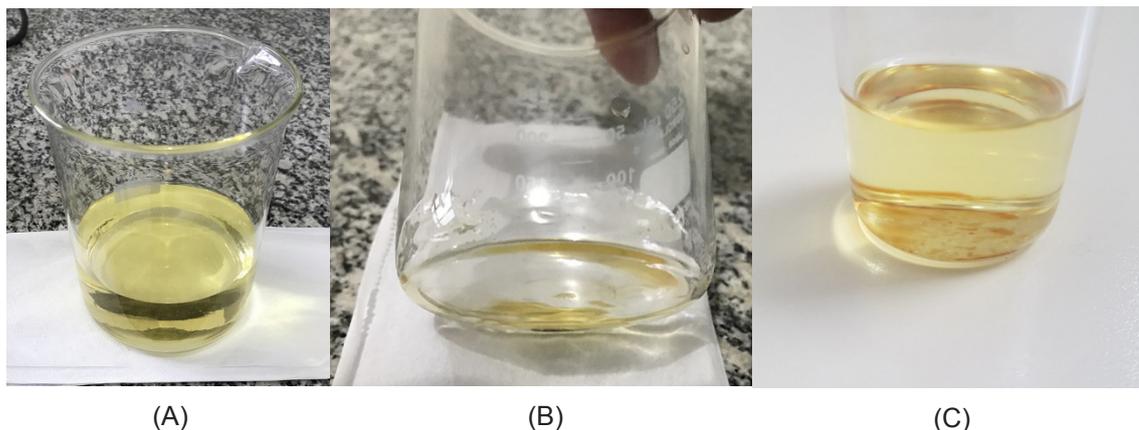


Figura 2 – (A) Extrato do fruto de tucumã com solvente; (B) extrato após retirada do solvente e (C) extrato misturado com biodiesel.

Após a retirada do equipamento de Soxhlet, Figura 2(A), nota-se no extrato uma coloração característica da casca do tucumã, assim como na Figura 2(B), em que foi obtido um produto oleoso. Logo em seguida, foi adicionado ao biodiesel, como mostrado na Figura 2(C), em que se observa um precipitado no fundo do recipiente. Isso ocorreu devido ao método utilizado para produção do extrato, que carregou impurezas e outros compostos não solúveis no biodiesel. Por isso, o biocombustível foi novamente filtrado após a mistura com o extrato.

Os resultados das análises de IA para as amostras de biodiesel com e sem o extrato são apresentados no gráfico da Figura 3.

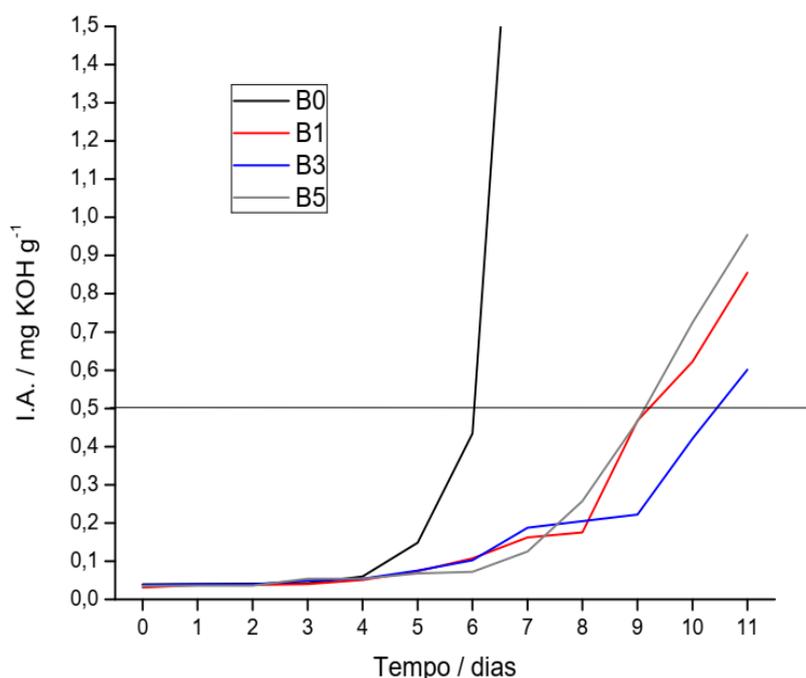


Figura 3 – Índice de acidez calculado para as amostras de biodiesel com e sem o extrato de tucumã.

Observa-se na Figura 3 que há um aumento gradativo do IA para todas as amostras, mas somente a B0, a partir do sexto dia, ultrapassa o limite estabelecido pela norma - 0,50 mg KOH/g (ANP, 2016). Todas as outras amostras mantêm o nível de acidez relativamente baixo mostrando evidências da atividade antioxidante presente no extrato obtido. Mas, a amostra contendo 3000 ppm de extrato do fruto de tucumã, se destaca por ter ultrapassado o limite somente no 11º dia de análise. Para comparação, os índices de acidez foram obtidos para a amostra BS, conforme a Tabela 1.

| Índice de acidez (mg KOH/g) / Amostras |                     |                     |
|--|---------------------|---------------------|
| Dias                                   | B3                  | BS                  |
| Inicial                                | 0,038 ± 0,05        | 0,027 ± 0,05        |
| 1                                      | 0,039 ± 0,05        | 0,028 ± 0,05        |
| 2                                      | 0,039 ± 0,05        | 0,055 ± 0,05        |
| 3                                      | 0,049 ± 0,05        | 0,075 ± 0,08        |
| 4                                      | 0,054 ± 0,05        | 0,109 ± 0,15        |
| 5                                      | 0,075 ± 0,07        | 0,111 ± 0,20        |
| 6                                      | 0,102 ± 0,18        | 0,139 ± 0,26        |
| 7                                      | 0,188 ± 0,22        | 0,166 ± 0,26        |
| 8                                      | 0,205 ± 0,35        | 0,196 ± 0,28        |
| 9                                      | 0,222 ± 0,32        | 0,331 ± 0,35        |
| 10                                     | 0,421 ± 0,45        | 0,388 ± 0,51        |
| 11                                     | <b>0,601 ± 0,45</b> | <b>0,722 ± 0,53</b> |

Tabela 1 – Índices de acidez para as amostras aditivadas com extrato do fruto de tucumã ou antioxidante sintético.

A partir dos resultados da Tabela 1, observa-se que ambas amostras têm comportamento semelhante. No caso da amostra BS isso já é esperado, pois esse aditivo é atualmente utilizado em biocombustíveis comerciais, e seu funcionamento e eficiência já foi comprovado (DOMINGOS et al, 2007). Mas, esse parâmetro serve de referência para indicar uma possível atividade antioxidante do extrato do fruto de tucumã produzido, já que o índice de acidez ultrapassou o limite estabelecido com igual intervalo de tempo.

Os resultados de IP calculados para as amostras de biodiesel preparadas são mostrados na tabela 2.

| Amostras | Índice de peróxidos (meq O <sub>2</sub> /Kg) / dias |     |     |     |      |       |       |       |
|----------|---|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------|
|          | 1   | 2   | 3   | 4   | 5    | 6     | 7     | 8     |
| B1       | 0,9   | 1,8 | 5,0 | 6,1 | 37,7 | 163,7 | 259,0 | 349,3 |
| B3       | 0,4   | 1,8 | 2,3 | 2,6 | 29,0 | 174,8 | 286,8 | 351,3 |
| B5       | 1,9   | 4,1 | 4,5 | 6,1 | 34,8 | 235,6 | 472,1 | 461,1 |

Tabela 2 – Índice de peróxidos calculados para as amostras de biodiesel.

Nota-se na tabela 2 que o IP tem um aumento significativo após 144 horas de análise para todas as amostras, sendo um pouco mais expressivo para o B5. O aumento significativo do IP, que é considerado quando está acima de 100 meq O<sub>2</sub>/Kg (ANP, 2014), indicou que ocorreu a formação de diferentes compostos e o biodiesel já não possui qualidade para ser utilizado comercialmente. Um estudo realizado por Borsato et al. (2012) indicou que o antioxidante sintético TBHQ, teve um aumento expressivo no quinto dia de análise, utilizando as mesmas condições. Pelos resultados apresentados na Figura 3 e Tabela 2, pode-se sugerir, novamente, que há uma atividade antioxidante presente no extrato obtido.

Os resultados do tempo de indução para todas as amostras de biodiesel preparadas, são mostradas na Tabela 3, juntamente com as medidas de massa específica.

| Amostra | Tempo de indução / horas | Massa específica a 20°C / g mL <sup>-1</sup> |
|---------|--------------------------|--|
| B0      | 4,38 ± 0,10              | 8,833 ± 0,005                                |
| B1      | 7,52 ± 0,15              | 8,863 ± 0,005                                |
| B3      | 8,01 ± 0,12              | 8,832 ± 0,005                                |
| B5      | 7,88 ± 0,10              | 8,855 ± 0,005                                |

Tabela 3 – Estabilidade oxidativa e massa específica das amostras preparadas com e sem extrato do fruto de tucumã.

Os resultados da Tabela 3 mostram que os tempos de indução das amostras contendo o extrato do fruto de tucumã tiveram tempos maiores que o biodiesel puro, com o maior tempo apresentado pela amostra B3. Essas análises complementam os resultados obtidos pelos IA das amostras com extrato do fruto de tucumã, que mostrou ser eficiente para esse tipo de aplicação (ALVES, 2018). Quanto aos resultados de massa específica, nota-se que não houve variação significativa entre as amostras preparadas e todas estão dentro dos valores estipulados pela norma (8,50 a 9,00 g mL<sup>-1</sup>) (ANP, 2014). Isso indica que a adição dos extratos não interferiu nesses testes, mantendo a qualidade do biocombustível produzido.

A Tabela 4 apresenta os parâmetros de ponto de fulgor, condutividade elétrica, teor de água e aspecto para todas as amostras de biodiesel preparadas.

| Amostra | Ponto de fulgor mínimo / °C | Condutividade elétrica / pS m <sup>-1</sup> | Teor de água / mg Kg <sup>-1</sup> | Aspecto / Visual* |
|---------|-----------------------------|---|------------------------------------|-------------------|
| B0      | 68 ± 2                      | 131 ± 10                                    | 153,1 ± 2,0                        | LII               |
| B1      | > 70                        | 142 ± 10                                    | 422,8 ± 2,0                        | LII               |
| B2      | > 70                        | 129 ± 10                                    | 480,9 ± 2,0                        | LII               |
| B3      | > 70                        | 138 ± 10                                    | 543,5 ± 2,0                        | LII               |

Tabela 4 – Parâmetros de qualidade analisados para o biodiesel preparado com e sem extrato do fruto de tucumã.

\*LII – Límpido e Isento de Impurezas

Nos resultados apresentados na Tabela 4, observa-se que todas as amostras estão em conformidade com a legislação vigente quanto a condutividade elétrica e aspecto (ANP, 2014). Para as amostras de biodiesel contendo o extrato, os resultados de teor de água estão todos acima do recomendado pela norma, ou seja, acima do limite de 200,0 mg Kg<sup>-1</sup>. Isso indica que o processo de obtenção do extrato reteve umidade considerável. Entretanto, o biodiesel pode ser tratado com sílica, sulfato de magnésio ou de sódio e ter a redução de água ao limite permitido (SOUZA et al, 2013). Outros fatores também devem ser considerados, tais como a temperatura, tempo de refluxo e solvente utilizado. Existe então, a possibilidade deste processo não ser recomendado para que o parâmetro teor de água esteja em conformidade, pois é evidente que as cascas e polpas dos frutos contém umidade. Essa quantidade elevada de água também interfere no ponto de fulgor elevando-o, assim como obtido para todas as amostras, pois se a umidade for baixa a queima será facilitada. Já os resultados de condutividade elétrica, se mostraram muito próximos e baixos, indicando que existem poucas espécies que possuem cargas (sais e ácidos).

#### 4 | CONCLUSÕES

O biodiesel produzido e aditivado com extrato do fruto de tucumã, a partir das análises de índice de acidez e índice de peróxidos indicam a possível atividade antioxidante, que são equivalentes à amostra aditivada com TBQH.

O tempo de indução superou as 8 horas, que representa um aumento de 82% de resistência à oxidação, quando comparado com a amostra sem aditivo, resultado que cumpre a exigência da atual normativa europeia, mas não atinge a norma brasileira da Agência Nacional do Petróleo – ANP (2019).

As análises de teor de água, ponto de fulgor, massa específica, condutividade elétrica e aspecto, mostraram que o biodiesel com o extrato do fruto de tucumã manteve sua qualidade exigida pelas normas da Agência Nacional do Petróleo - ANP.

#### REFERÊNCIAS

ALVES, G. J. T. **Aditivo natural antioxidante a partir do extrato do fruto de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) para uso em biodiesel**. BR 2020180098760, 15 mai. 2018. 12p.

ANP. Resolução nº 728, de 1º de agosto de 2019. **Altera a Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014, que estabelece as especificações de qualidade de biodiesel, para determinar a obrigatoriedade da aditivação do biodiesel com antioxidante e estabelecer novo limite de especificação da característica estabilidade à oxidação**. Diário Oficial da União. 2019.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Biodiesel**. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>>. Acesso em: 24/04/2020.

ANP. Resolução nº 45, de 25 de agosto de 2014. **Regulamento técnico para a especificação e controle de qualidade do biodiesel a ser comercializado pelos diversos agentes econômicos autorizados em todo o território nacional.** Diário Oficial União. 2014.

ANP. Resolução nº 30, de 23 de junho de 2016. **Estabelece a especificação de óleo diesel BX a B30, em caráter autorizativo, nos termos dos incisos I, II e III do art. 1º da Resolução CNPE nº 03, de 21/09/15.** Diário Oficial da União. 2016.

ARAÚJO, F. D. S.; MOURA, C. V. R.; CHAVES, M. H. Biodiesel metílico de *Dipteryx lacunifera*: preparação, caracterização e efeito de antioxidantes na estabilidade à oxidação. **Química Nova**, v. 33, n. 8, p. 1671-1676, 2010.

BORSATO, D.; MAIA, E. C. R.; DALL'ANTONIA, L. H.; SILVA, H. C.; PEREIRA, J. L. Cinética da oxidação de biodiesel de óleo de soja em mistura com TBHQ: determinação do tempo de estocagem. **Química Nova**, v. 35, n. 4, p. 733-737, 2012.

BOSCHEN, N.; VALENGA, M. G. P.; MAIA, G. A. R. GALLINA, A. L.; RODRIGUES, P. R. P. Synergistic study of the antioxidant potential of barley waste for biodiesel. **Industrial Crops and Products**, v. 140, p. 111624, 2019.

BRASILINO, M. G. A. **Avaliação da estabilidade oxidativa do biodiesel de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e suas misturas ao diesel.** 2010. Tese (Programa de Pós-Graduação em Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

CASTRO, J. C.; SILVA, L. P.; BARRETO, A. C. Produção sustentável de biodiesel a partir de oleaginosas amazônicas em comunidades isoladas. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1, 2006, Brasília/DF. **Anais do Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**, v. 1, p. 285-289, 2006.

CLEMENT, C. R.; LLERAS, P. E.; VAN-LEEUVEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociências**, Montevideu, v. 9, n. 1-2, p. 67-71, 2005.

DEVI, A.; DAS, V. K.; DEKA, D. Evaluation of the effectiveness of potato peel extract as a natural antioxidant on biodiesel oxidation stability. **Industrial Crops & Products**. n. 123, p. 454-460, 2018.

DOMINGOS, A. K.; SAAD, E. B.; VECHIATTO, W. W. D.; WILHELM, H. M.; RAMOS, L. P. The influence of BHA, BHT and TBHQ on the oxidation stability of soybean oil ethyl esters (biodiesel). **Journal of Brazilian Chemical Society**, v. 10, n. 2, p. 416-423, 2007.

GENTIL, D. F. O.; FERREIRA, S. A. N. Morfologia da plântula em desenvolvimento de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae). **Acta Amazonica**. v. 35, n. 3, p. 337-342, 2005.

GERIS, R.; SANTOS, N. A. C. dos., AMARAL, B. A.; MAIA, I. de S.; CASTRO, V. D.; CARVALHO, J. R. M. Biodiesel de Soja – Reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1369–1373, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008

LOMANOCO, D.; MAIA, F. J. N.; CLEMENTE, C. S.; MOTA, J. P. F.; COSTA Jr, A. E.; MAZZETTO, S. E. Thermal studies of new biodiesel antioxidants synthesized from a natural occurring phenolic lipid. **Fuel**, v. 97, p. 552–559, 2011.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química nova**, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009.

OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P. dos. Biodiesel: Possibilidades e Desafio. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 3-8, 2008.

OLIVEIRA, M. I. B.; SIGRIST, M. R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 2, p.195-207, 2008.

OLIVEIRA, R. S.; SILVA, E. A.; RODRIGUES, P. R. P.; SOUZA, S. N. M. Avaliação da ação antioxidante de produtos naturais no biodiesel B100 (Glycine max). **Engevista**, v. 16, n. 3, p. 410-419, 2014.

MIRANDA, I.P.A.; RABELO, A.; BUENO, C.R.; BARBOSA, E.M.; RIBEIRO, M.N.S. **Frutos de palmeiras da Amazônia**. Manaus: MCT/INPA, 2001. 120p.

SANDRI, D. O.; XISTEO, A. L. R. P.; RODRIGUES, E. C.; MORAIS, E. C.; BARROS, W. M. Antioxidant activity and physicochemical characteristics of buriti pulp (*Mauritia flexuosa*) collected in the city of Diamantino – MT. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 3, 2016.

SOUSA, S. R. G.; PINHO, R. C. S.; COSTA, N. S. A produção de biodiesel a partir da amêndoa do tucumã do Amazonas. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1, 2013, Salvador/ BA. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 1, 2013.

SOUZA, F. H. N.; MAIA, F. J. N.; MASSETTO, S. E.; NASCIMENTO, T. L.; DE ANDRADE, N. C.; DE OLIVEIRA, A. L. N. F.; RIOS, M. A. S. Oxidative stability of soybean biodiesel in mixture with antioxidants by thermogravimetry and rancimat method. **Chemical and Biochemical Engineering Quarterly**, v. 27, n. 3, p. 327–334, 2013.

VALENGA, M. G. P.; BOSCHEN, N. L.; RODRIGUES, P. R. P.; MAIA, G. A. R. Agro-industrial waste and *Moringa oleifera* leaves as antioxidants for biodiesel. **Industrial Crops & Products**. n. 128, p. 331-337, 2019.

## A LARANJA (*Citrus sinensis*) COMO FONTE ENZIMÁTICA PARA A PRODUÇÃO DE BIOSSURFACTANTE

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 25/05/2020

### **Matheus Gomes Linhares**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN  
Apodi - RN

<http://lattes.cnpq.br/8043485568766635>

### **Lucas Gomes Linhares**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN  
Apodi - RN

<http://lattes.cnpq.br/1124023146584841>

### **Jean Carlos Gama de Oliveira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN  
Apodi - RN

<http://lattes.cnpq.br/2659841504735548>

### **Luma Misma Alves Câmara**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN  
Apodi - RN

<http://lattes.cnpq.br/2913946174763930>

### **Leonardo Alcântara Alves**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFRN – RN

<http://lattes.cnpq.br/8433158222878164>

se mostrando como uma área extremamente promissora a nível mundial, o que pode ser explicado pelo fato desses catalisadores biológicos, em sua grande maioria enzimáticos, serem encontrados em praticamente todos os seres vivos. Os impactos ambientais principalmente de produtos industrializados têm levado a ciência a pesquisar por formas que possam sanar estes problemas, assim, abrindo portas para a utilização de enzimas biocatalisadoras. Utilizando da biocatálise de enzimas de um material vegetal considerado rejeito alimentar (cascas e sementes de laranja) este trabalho buscou a produção de biossurfactantes, que além de executar as mesmas funções dos surfactantes industriais tem uma vantagem de grande peso que é a biodegradabilidade. Após as análises realizadas foi constatado que o resultado mais promissor de atividade enzimática do material utilizado foi obtido em um período reacional de 24 h com o rendimento  $1,9 \times 10^{-3} \mu\text{mol/mL}\cdot\text{min}$  para cascas da laranja, seguido das sementes, com rendimento de  $2,4 \times 10^{-3} \mu\text{mol/mL}\cdot\text{min}$ , no período reacional de 72 h. No que diz respeito à produção do biossurfactante, foi constatado que o melhor resultado foi no período de 144 h com um valor de conversão de 23,4% para cascas, seguido pela sementes em um período

**RESUMO:** As pesquisas sobre biocatálise vem

reacional de 48 h, com conversão de 4,6%. Assim, é possível observar a capacidade enzimática do material estudado frente à produção de biosurfactantes, sendo necessárias ainda a realização de processos de otimização para as reações em estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biocatálise, rejeitos da laranja, biosurfactantes.

## ORANGE (*Citrus sinensis*) AS ENZYMATIC SOURCE FOR THE BIOSURFACTANT PRODUCTION

**ABSTRACT:** Biocatalysis' research has proven itself as a promising area worldwide, which can be explained by the fact that these biological catalysts, mostly enzymatic, are found in practically all living beings. The environmental impacts, mainly of industrialized products, have led science to search for ways that can solve these problems, thus opening doors for the use of biocatalyst enzymes. Using the biocatalysis of enzymes from a plant material considered to be food waste (orange peels and seeds) this work sought the production of biosurfactants, which in addition to performing the same functions as industrial surfactants has a great weight advantage, it is biodegradability. After the analyzes carried out it was found that the most promising result of enzymatic activity of the material used was obtained in a reaction period of 24 h with  $1.9 \times 10^{-3}$   $\mu\text{mol/mL}\cdot\text{min}$  yield for orange peels, followed by the seeds, with  $2.4 \times 10^{-3}$   $\mu\text{mol/mL}\cdot\text{min}$  yield, in the 72 h reaction period. In respect of the biosurfactant production, it was found that the best result was obtained in a period of 144 h with a conversion value of 23.4% for peels, followed by seeds in a reaction period of 48 h, with conversion of 4.6%. Thus, it is possible to observe the enzymatic capacity of the material studied in relation to the biosurfactant production, and it is still necessary to carry out optimization processes for the reactions under study.

**KEYWORDS:** Biocatalysis. Orange waste. Biosurfactant.

### 1 | INTRODUÇÃO

É cada vez mais visível no estado em que a sociedade se encontra – crescendo sua população e expandindo seus espaços – o aumento da necessidade em se buscar novas fontes de energia e recursos que muitas vezes interferem no curso nato do meio ambiente. Com este foco, o campo da ciência investe rotineiramente em novas tecnologias e pesquisas para tentar barrar (ou pelo menos minimizar) os impactos ambientais causados por essa desenfreada realidade de consumo humano.

Assim, a tentativa de encontrar meios e processos capazes de atuar de forma menos danosa e/ou reutilizar materiais que, aparentemente, não apresentavam mais utilidade, parece ser importante e necessário para manutenção da vida. Nesta linha de discussão, a biocatálise surge como proposta válida para diminuir tais impactos.

## 1.1 Catalisadores

Na área da química, principalmente no que diz respeito aos processos que envolvem a produção industrial, a velocidade em que esses ocorrem, mais especificamente as reações químicas, é alvo de constantes estudos na academia. Assim, trabalhos que envolvem a utilização de catalisadores ganha um valor altamente relevante, não só acadêmico, mas também econômico.

Os processos catalíticos caracterizam-se pela aplicação de catalisadores nas reações químicas. A definição de catalisador deve-se a Ostwald (1853-1932) que aponta que um catalisador pode ser definido como uma espécie química que aumenta a velocidade de uma reação química sem interferir no balanço energético entre os reagentes e os produtos (PEREIRA, 2015), ou seja, os catalisadores podem acelerar as reações sem que interfiram na formação dos produtos.

Assim, essa função dos catalisadores, é muito bem vista no ramo industrial, onde aceleraria a taxa de produção e diminuiria o tempo gasto. Mas um problema contido nos catalisadores industriais é que muitas vezes são potencialmente causadores de impactos ambientais.

## 1.2 Biocatalisadores e enzimas

A procura por catalisadores naturais, de baixo custo e que não degradem o meio ambiente, ou sejam capazes de diminuir a degradação oriunda dos processos encontrados atualmente, fez surgir nos últimos anos as pesquisas e a utilização de biocatalisadores. Esses materiais, por sua vez, podem ser extraídos de fontes naturais, seja animal, vegetal ou microbiana. Assim, o uso de enzimas (biocatalisadores mais comuns encontrados) vem progredindo devido a sua eficaz atividade catalítica e origem nos materiais biodegradáveis. Um ponto forte que torna as enzimas materiais relevantes para a utilização na biocatálise se dá pela sua alta regioespecificidade e enantiosseletividade - as enzimas catalisam um único tipo de substrato ou uma determinada classe de moléculas semelhantes.

Um dos grupos de enzimas muito utilizado em reações de biocatálise é a lipase. A versatilidade desta enzima tem sido explorada para substituir processos existentes, ou para produzir determinados compostos inviáveis de serem obtidos por vias químicas convencionais (DE ALMEIDA, 2011). A biocatálise promove transformações químicas utilizando enzimas, isoladas ou pertencentes a microrganismos vivos, surgindo assim como uma tecnologia competitiva e que não agride o meio ambiente para fabricação de substâncias bioativas com elevado grau de pureza enantiomérica (VIEIRA, 2006).

Segundo trabalho de Oliveira (2010), o uso destas enzimas como biocatalisadores em processos diversos apresenta como características principais: sua capacidade de catalisar as reações à temperatura e pressão ambiente numa gama de pH neutro; especificidade, estereoespecificidade e regioespecificidade do substrato. Em adição, a

grande diversidade de possíveis materiais que são fonte enzimática torna o uso desses biocatalisadores como meios promissores na academia e/ou até mesmo em processos industriais que necessitam de catálise.

### 1.3 Biossurfactantes

A alta demanda de combustíveis e produtos à base de petróleo vem ocasionando uma grande degradação no meio ambiente. Pelo fato de ocorrer muitas vezes por vias marítimas, o processo de extração e transporte do produto, pode provocar altos danos ambientais quando entra em contato com o oceano. Um meio de diminuir esses impactos seria através da biorremediação, que consiste na utilização de microrganismos que “atacam” o petróleo despejado com o auxílio de biossurfactantes, produzidos por eles próprios (ROCHA et. al., 2006).

Os surfactantes biológicos (biossurfactantes) também possuem aplicações em diversas áreas, como na proteção ambiental, cuidados à saúde e indústrias de processamento de alimentos (KIM et al., 2000). Os biossurfactantes são compostos orgânicos que possuem em sua composição uma região hidrofílica e uma outra hidrofóbica, sendo assim capazes de interagir tanto com substâncias polares quanto com substâncias apolares. Ainda possuem uma fundamental vantagem sobre os surfactantes industriais, que é a sua biodegradabilidade, o que acaba diminuindo, assim, seu impacto no meio ambiente.

Portanto, este trabalho tem como intuito a pesquisa de enzimas vegetais (casca e sementes de laranja) para a produção de biossurfactantes visando sanar possíveis impactos ambientais do acúmulo desses rejeitos da indústria alimentícia.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Muitos dos catalisadores encontrados atualmente em processos industriais possuem uma baixa especificidade, geralmente fornecem produtos de composição química mista ou produtos contaminados e requerem uma etapa posterior de purificação (DE CASTRO et al., 2004; HASAN; SHAH; HAMEED, 2006) e, tendo em vista, as discussões que a catálise é considerada o pilar fundamental da Química Verde e Sustentável (SHELDON, 2000; CENTI; PERATHONER, 2003), cabe buscar processos catalíticos que atendem cada vez mais tais diretrizes.

Mundialmente são produzidos, processados e consumidos bilhões de toneladas de vegetais e, como consequência, também são gerados bilhões de toneladas de resíduos. Atualmente, esse problema tem se tornado atrativo, já que os resíduos vegetais também podem ser utilizados como matérias primas para inúmeras finalidades, como na área de bioprospecção de moléculas ativas, entre as quais se destacam as enzimas como as

lipases (WOICIECHOWSKI et al., 2013).

Vieira (2006) aponta que o surgimento da biocatálise ocorreu logo no início da civilização humana, quando povos primitivos usavam processos fermentativos para transformação de materiais, como produção de bebidas alcoólicas, de pães e de derivados do leite. Dessa forma, é claro observar que esses processos já são comuns, devendo a academia evidenciá-los como promissores também em larga escala.

As enzimas são um tipo de proteínas presentes, e essenciais, a todos os seres vivos, encontrando-se nos animais, plantas e microrganismos (fungos e bactérias). Atuam como catalisadores biológicos (biocatalisadores) sem sofrer qualquer alteração. Não são consumidas na reação podendo, portanto, continuar a desempenhar funções catalíticas enquanto os reagentes adequados, normalmente chamados de substratos, estão disponíveis (MELO, 2012).

A sua atividade catalítica depende da integridade da sua conformação protéica nativa (estrutura tridimensional). A desnaturação ou dissociação de uma enzima em subunidades pode eliminar a atividade catalítica relacionada a tal enzima (VOET; VOET; PRATT, 2000). Além disso, questões como temperatura, pH, entre outros também interferem na capacidade catalítica enzimática.

Uma proposta de evitar efeitos relativos à desnaturação enzimática se dá na sua imobilização. O uso de enzimas imobilizadas permite uma fácil remoção e recuperação da enzima após a reação, facilitando sua reutilização e pode melhorar sua solubilidade (ELLAIH et al., 2004). A imobilização aumenta a estabilidade térmica da enzima e parece melhorar sua atividade de síntese em meio com solvente orgânico (SILVA; CONTESINI; CARVALHO, 2008).

Como discutido anteriormente, uma possível forma de utilização da capacidade enzimática na indústria seria através de estudos dessas como catalisadoras na produção de biossurfactantes.

Os surfactantes são compostos anfipáticos, reduzem a tensão superficial e interfacial através do acúmulo na interface de fluidos imiscíveis, aumentando a solubilidade e mobilidade dos compostos hidrofóbicos ou orgânicos (SINGH; VAN HAMME; WARD, 2007). Devido à presença de surfactantes, a tensão superficial é reduzida requerendo menor energia para trazer uma molécula até a superfície (MULLIGAN, 2005).

Os microrganismos, como bactérias, fungos e leveduras, podem sintetizar subprodutos metabólicos com capacidade surfactante, especialmente quando lhes são fornecidos substratos imiscíveis com a água (CONTIERO, 2008). Os biossurfactantes reduzem as tensões, superficial e interfacial, conduzindo a uma maior disponibilidade do fluido poluente (por exemplo, o petróleo) para os microrganismos. Em ambientes contaminados com hidrocarbonetos estão naturalmente presentes microrganismos produtores de biossurfactantes, servindo os óleos contaminantes como substrato (PRIYA; USHARANI, 2009).

Dentre as principais vantagens dos biossurfactantes, em relação aos surfactantes sintéticos, destacam-se a baixa toxicidade e a alta biodegradabilidade (ARAUJO; FREIRE, 2013).

### 3 | METODOLOGIA

O material vegetal utilizado (casca e sementes de laranja) foi coletado na região de Apodi-RN. Ambos foram triturados para análise prévia da atividade lipásica do material, avaliado por meio de uma reação que promove a hidrólise do azeite de oliva.

#### 3.1 Hidrólise do azeite de oliva

As condições a seguir foram estabelecidas com base no trabalho de Sagiroglu e Arabaci (2005). A extração foi realizada utilizando 10g de cada material triturado em 50 mL de solução tampão de fosfato de potássio (Mono e dibásico) 50 mM, pH 7, contendo 0,5 mM de Cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) em erlenmeyers de 125 mL. Essa mistura permaneceu sob agitação constante durante 24 horas à 25°C e após esse período o extrato bruto foi filtrado.

A hidrólise do azeite de oliva foi realizada de acordo com a metodologia de Soares et al. (1999), com modificações. O método consiste na mistura de 21 mL de solução enzimática (extrato obtido na etapa anterior), 7,3 mL de azeite de oliva, 0,5g de Triton X-100 [ $\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$  ( $n=9-10$ )], 7,3 mL de água e 11,7 mL de tampão fosfato de sódio 100 mM, pH 7 em erlenmeyers de 125 mL.

A reação de hidrólise ocorreu por 72h a 25°C sob agitação constante em mesa agitadora. Durante esse período, a cada 24 h foram retiradas alíquotas de 15 mL de cada reação, adicionado 10 mL de etanol/água 95/5 (v/v) (1:1, base volumétrica). Usando alíquotas de 5 mL dessa nova solução, os ácidos graxos liberados foram titulados com solução de Hidróxido de potássio (KOH) 0,025 mol.L<sup>-1</sup>, utilizando fenolftaleína como indicador (em triplicata). Uma reação-branco também foi titulada como referência. O cálculo de atividade enzimática foi realizado de acordo com a Equação (1). Uma unidade de atividade (U) é definida como a quantidade de enzima que libera 1 μmol de ácido graxo por minuto nas condições acima descritas.

$$\text{Atividade } (\mu\text{mol/mL}\cdot\text{min}) = \frac{(\text{VA} - \text{VB}) \times \text{M} \times 1000}{t \times E} \quad (1)$$

onde:

E - Quantidade de extrato enzimático utilizada no ensaio (em mL para a enzima solúvel)

M - Molaridade da solução de KOH

t - Tempo de reação (em minutos)

VA - Volume de KOH gasto na titulação da amostra (mL)

VB - Volume do KOH gasto na titulação do branco (mL).

### 3.2 Reação de produção de biossurfactante

A metodologia utilizada é descrita por Machado et al. (2006). O processo de produção dos biossurfactantes foi realizado em uma mistura de solventes orgânicos contendo terc-butanol (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O)/Dimetilsulfóxido [(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO] na proporção de 10% de DMSO. 5g do material vegetal foram colocados em um erlenmeyer de 125 mL contendo 50 mL da mistura de solventes. Os substratos foram então adicionados em quantidades equimolares utilizando 0,01 mol de substratos ácido e carboidratos: Ácido octanóico (C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>O<sub>2</sub>) e glicose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) (1:1). A reação foi mantida sob agitação em mesa agitadora durante 144h a 25°C, sendo analisada a cada 24h para observação do melhor tempo reacional.

A análise dos resultados foi realizada por meio do índice de acidez, onde uma alíquota de 1 mL da amostra foi retirada e colocada juntamente com uma mistura de 3 mL de etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) e 6 mL de acetato de etila (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>). Além disso, foram feitas duas reações branco, uma delas sem vegetal e outra sem o substrato. A titulação foi realizada com solução de Hidróxido de sódio (NaOH) 0,025 mol.L<sup>-1</sup>, em triplicata, e os cálculos feitos a partir da Equação 2, apresentada seguir.

$$R\% = 1 - \frac{(\text{Média das amostras} - \text{Branco com vegetal})}{(\text{Amostra de referência})} \times 100\% \quad (2)$$

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Atividade enzimática

Após a aplicação dos procedimentos experimentais descritos na seção anterior, foi possível verificar a atividade enzimática referente tanto às cascas quanto às sementes da laranja. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

| TEMPO (h) | ATIVIDADE (μmol/mL.min)<br>CASCA | ATIVIDADE (μmol/mL.min)<br>SEMENTES |
|-----------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 24        | 1,9x10 <sup>-3</sup>             | 1,5x10 <sup>-3</sup>                |
| 48        | 1,0x10 <sup>-3</sup>             | 1,6x10 <sup>-3</sup>                |
| 72        | 1,4x10 <sup>-3</sup>             | 2,4x10 <sup>-3</sup>                |

Tabela 1. Atividade lipásica de cascas e sementes da laranja em função do tempo reacional. Fonte: Próprio autor, 2020.

De acordo com os dados observados na Tabela 1, é possível inferir que o melhor valor de atividade para as cascas da laranja foi obtido no tempo reacional de 24 h, com  $1,9 \times 10^{-3} \mu\text{mol/mL}\cdot\text{min}$ . Já para as sementes, foram observadas atividades semelhantes, porém, o melhor tempo reacional foi o de 72h, com atividade igual a  $2,4 \times 10^{-3} \mu\text{mol/mL}\cdot\text{min}$ .

Uma possível justificativa ao que foi observado nos resultados obtidos das cascas se dá no trabalho de Dalla-Vechhia; Nascimento; Soldi (2004) ao apontar que o deslocamento do equilíbrio na reação, no sentido direto (hidrólise) ou inverso (síntese), pode ser afetado por fatores diversos, entre eles: o tempo de reação, a quantidade de água, a quantidade de reagentes e produtos presentes na mistura reacional, entre outros. Com a alteração da atividade catalítica das enzimas, os valores de conversão da reação sofrem variações com o decorrer do tempo.

Analisando a atividade biocatalítica da batata (*Solanum tuberosum*), Oliveira Neto (2015) constatou resultado de valor igual a  $2,8 \times 10^{-3} \mu\text{mol/min}$ , no tempo reacional de 24 h. Isso mostra que os resultados obtidos neste trabalho estão em consonância com a literatura, apresentando valores próximos, de forma geral.

#### 4.2 Reação de produção do biossurfactante

Decorridas 144 h de reação, os resultados foram calculados substituindo as variáveis da equação 2, pelos dados fornecidos pela titulação com NaOH.

Na Figura 1 é possível observar como os valores de conversão variam com o tempo.

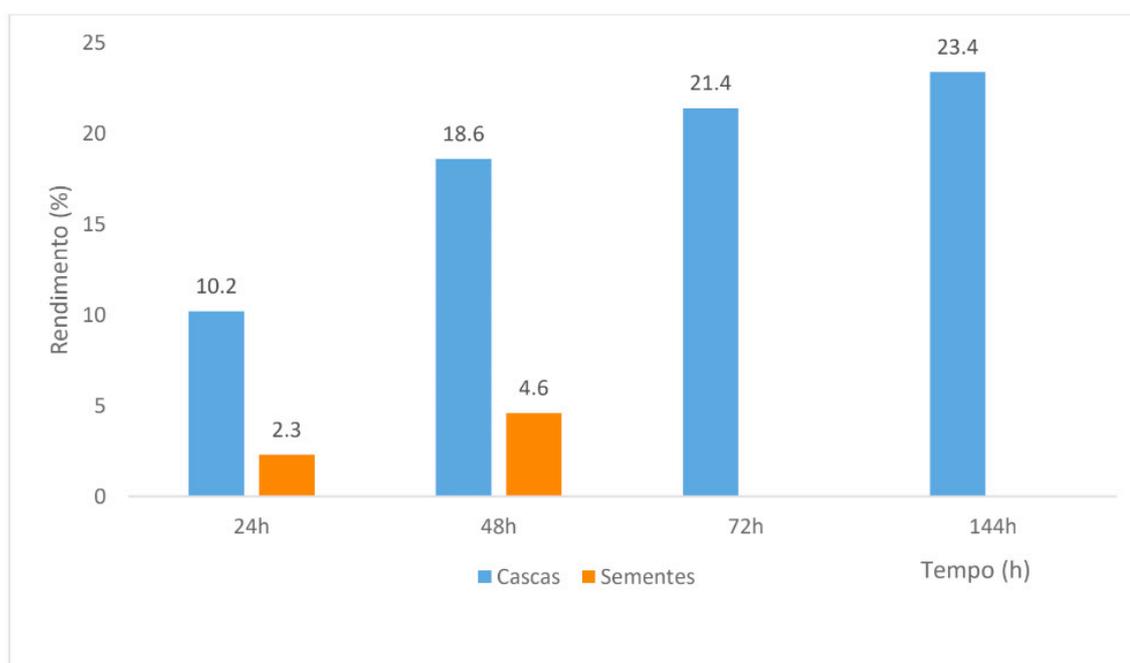


Figura 1. Relação da capacidade biocatalítica de cascas e sementes da laranja frente a diferentes tempos de reação. Fonte: Próprio autor, 2020.

Com os dados expressos na Figura 1 é possível perceber que o valor de conversão

da reação de produção de biossurfactante envolvendo a casca de laranja (*Citrus sinensis*) aumentou em todos os tempos de reação aplicados, obtendo-se o melhor resultado no tempo reacional de 144 h, com um valor de conversão de 23,4%.

Já com relação às sementes, o mesmo comportamento foi constatado até o tempo reacional de 48 h, onde foi obtido o rendimento de reação de 4,6%. Após 48 h, entretanto, as titulações mostraram que o rendimento não só parou de crescer, como também se mostrou indetectável.

Ao realizar reações para produção de biossurfactantes mediante os mesmos métodos, Linhares et al. (2017) obteve rendimento igual a 14% nos tempos reacionais de 48 h e 144 h utilizando semente de romã (*Punica granatum*). Esse resultado corrobora que o material utilizado neste trabalho se mostra promissor para a reação em questão.

É importante afirmar que esses rendimentos de conversão podem ser melhorados, por vezes variando desde solvente/substrato até a quantidade de material vegetal utilizado. Em reações realizadas com 15g de material, Melo (2016) observaram conversão igual a 42,4% para cascas de tangerina (*Citrus reticulata*) no tempo de 144h.

Assim, comparando os dados obtidos na pesquisa das cascas e sementes da laranja (*Citrus cinensis*) com trabalhos semelhantes disponíveis, é possível perceber que esta pesquisa gerou novos dados bastante expressivos para enriquecimento da literatura, podendo novos resultados serem otimizados no futuro.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente trabalho apresentaram-se como promissores do uso dos rejeitos da laranja (casca e semente) como possíveis fontes de biocatalisadores. De maneira geral, e em comparação com os dados literários encontrados, observou-se um relativo valor de conversão, podendo ainda assim ser otimizados através da análise de outros aspectos da reação, como solvente, quantidade de biocatalisador, entre outros.

Cabe ainda destacar que trabalhos como o aqui apresentados se caracterizam como de suma importância tanto para a sociedade quanto para a ciência. Sendo uma pesquisa de cunho também social onde pode servir de inspiração ou conscientização ambiental, abrangendo uma área da ciência como uma pesquisa inovadora com resultados positivos e que podem servir para novas pesquisas futuras.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, L. V., FREIRE, D. M. G. **Biossurfactantes: Propriedades anticorrosivas, antibiofilmes e antimicrobianas**. Química Nova, v.36, p. 84-858, 2013.

CENTI, G.; PERATHONER, S. **Catalysis and sustainable (green) chemistry**, Catal. Today, v. 77, p. 287-297, 2003.

CONTIERO, J. **Produção e Aplicações de Biossurfactantes**. Rio Claro, Laboratório Microbiologia Industrial - Instituto Biociências Campus de Rio Claro UNESP, 2008.

DALLA-VECCHIA, R.; NASCIMENTO, M. da G.; SOLDI, V. **Aplicações sintéticas de lipases imobilizadas em polímeros**. Química Nova, v. 27, n. 4, p. 623-630, 2004.

DE ALMEIDA, V. C. **Acetilação enzimática de naringina com o ácido 12-hidróxi-9-z-octadecenóico, catalisada por lipase B de *Candida antarctica***. Universidade estadual de feira de Santana - Programa de Pós-graduação em Biotecnologia). Feira de Santana BA. 2011.

DE CASTRO, H. F.; et al. **Modificação de óleos e gorduras por biotransformação**. Química Nova, v. 27, p. 146, 2004.

ELLIAH, P.; et al. **Production of lipase by immobilized cells of *Aspergillus niger***. Process Biochemistry, v. 39, p. 525–528, 2004.

HASAN, F.; SHAH, A. A.; HAMEED, A. **Industrial applications of microbial lipases**. Enzyme and Microbial Technology, v. 39, p. 235–251, 2006.

KIM, S. H.; et al. **Purification and characterization of biosurfactants from *Nocardia sp.*** Biotechnology Applied Biochemistry, v. 31, p. 249-253, 2000.

LINHARES, M. G.; et al. **A utilização de sementes de romã na produção de biossurfactantes**. V Semana de Química – IFRN Campus Nova cruz, 2017.

MACHADO, L. L. et al. **Bioreduction of aldehydes and ketones using *Manihot* species**. Phytochemistry, v. 67, p. 1637-1643, 2006.

MELO, A. R. **Avaliação da capacidade biocatalítica das cascas de frutas na reação de produção de biossurfactantes**. 2016. 36 f, Monografia. Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Apodi-RN, 2016.

MELO, S. P. de O. **Aplicação de biocatalisadores imobilizados na produção de biodiesel**. 2012. 95p., Dissertação de Mestrado - Departamento Química, Universidade de Aveiro, 2012.

MULLIGAN, C. N. **Environmental applications for biosurfactants**. Environmental Pollution, v. 133, ed. 2, p. 183-198, 2005.

OLIVEIRA, B. da S. **Eficiência de uma lipase na transesterificação de óleo alimentar usado**. Dissertação (mestrado em engenharia do ambiente), Universidade de Aveiro, 2010.

OLIVEIRA NETO, F. B. **Utilização de espécies vegetais do Nordeste como fonte enzimática na produção de biossurfactantes**. Monografia. Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia do Rio grande do Norte. Apodi, RN. 2015.

PEREIRA, L. dos S. **Considerações sobre o Energeticismo e a Catálise na obra de Wilhelm Ostwald**. 67 f. il. 2015. Dissertação (Mestrado). Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal de Feira de Santana, Salvador, 2015.

PRIYA, T.; USHARANI, G. **Comparative study for biosurfactant production by *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa***. Botany Research International. v. 2, n. 4, p. 284 – 287, 2009.

ROCHA, M. V. P.; et al. **Natural cashew apple juice as fermentation medium for biosurfactant production by *Acinetobacter calcoaceticus***. World Journal Microbiology Biotechnology, v. 22, p. 1295-1299, 2006.

SAGIROGLU, A.; ARABACI, N. **Sunflower seed lipase: Extraction, purification, and characterization.** Preparative Biochemistry & Biotechnology, v.35, p. 37-51, 2005.

SHELDON, R. A. **Atom utilization, E factors and the catalytic solution,** C. R. Acad. Sci. Paris, Série IIc, Chimie: Chemistry, v. 3, p. 541-551, 2000.

SILVA, V. C. F.; CONTESINI, F. J.; CARVALHO, P. O. **Characterization and catalytic activity of free and immobilized lipase from *Aspergillus niger*: a comparative study.** Journal of the Brazilian Chemical Society. v. 19, n. 8, p.1468-1474, 2008.

SINGH, A.; VAN HAMME, J. D.; WARD, O. P. **Surfactants in microbiology and biotechnology: Part 2.** Application aspects. Biotechnology Advances, v. 25, p. 99–121, 2007.

SOARES, C. M. F. et al. **Characterization and utilization of *Candida rugosa* lipase immobilized on controlled pore silica.** Applied biochemistry and biotechnology, v. 77-79, p. 745-757, 1999.

VIEIRA, M. R. **Estudo da Biorredução de Compostos Carbonílicos por Linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* sp.** Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Regional de Blumenau, Santa Catarina, 2006.

VOET, D., VOET, J. G., PRATT, C. W. **Fundamentos de Bioquímica.** Ed. Artmed, Porto Alegre, 2000.

WOICIECHOWSKI A. L.; et al. **Emprego de resíduos agroindustriais em bioprocessos alimentares. Biotecnologia de alimentos, coleção Ciência, tecnologia, engenharia de alimentos e nutrição.** Editora Atheneu, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, v.12, 2013. p.143-172.

## DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM AMOSTRAS DO FERMENTADO DE JABUTICABA (*Myrciaria jaboticaba* Vell Berg) DO MUNICÍPIO DE VARRE-SAI-RJ

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 17/06/2020

**Juliana Baptista Simões**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense Campus Itaperuna

Itaperuna - RJ

<http://lattes.cnpq.br/6856049915466856>

**Phelipe Bezerra Nascimento**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense Campus Itaperuna

Itaperuna - RJ

<http://lattes.cnpq.br/0443610282829766>

**Pablo da Silva Siqueira**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense Campus Itaperuna

Itaperuna - RJ

<http://lattes.cnpq.br/2395887472316711>

**Matheus Valério de Freitas Souza**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense Campus Itaperuna

Itaperuna - RJ

<http://lattes.cnpq.br/5052509828446796>

**Alex Sandro Rodrigues Moraes Pereira**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense Campus Itaperuna

Itaperuna - RJ

<http://lattes.cnpq.br/4835727893432980>

**Wellington Gabriel de Alvarenga Freitas**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense Campus Itaperuna

Itaperuna - RJ

<http://lattes.cnpq.br/1295108751374500>

**RESUMO:** O vinho é obtido através da fermentação alcoólica do mosto da uva sã, fresca e madura, e que tem como resultado uma bebida com teor alcoólico de 8,6% a 14% de quantidade. O fermentado é classificado como seco, semi-seco ou meio-seco e suave, pela razão de açúcar residual no mesmo. A bibliografia considera como vinho apenas os fermentados preparados a partir da uva. A bebida produzida a partir da fermentação da jaboticaba recebe popularmente o nome de vinho de jaboticaba (*M. jaboticaba*), porém de acordo com a legislação e a comunidade científica o termo mais adequado seria fermentado de jaboticaba. O objetivo desta pesquisa foi determinar os parâmetros físico-químicos do fermentado de jaboticaba de duas adegas do município de Varre-Sai-RJ. A metodologia constou das análises físico-químicas: densidade relativa; teor alcoólico; acidez total; total volátil e fixa e pH. Foram apresentados os resultados em comparação com a legislação brasileira e com

Ramirez (2009) e assim foi observado que o pH do fermentado da jabuticaba é maior que do vinho, a densidade relativa foi similar e o teor alcóolico variou de 11,7% a 20,5% dependendo do tipo de fermentado (doce, suave ou seco). Os resultados obtidos no presente trabalho poderão contribuir para uma caracterização geral do fermentado de jabuticaba, constituindo o primeiro controle da qualidade físico-químico realizado em amostras do fermentado das adegas investigadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vinho, fermentado, acidez, densidade, qualidade.

## DETERMINATION OF PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS IN SAMPLES OF THE JABUTICABA FERMENTATE (*Myrciaria jaboticaba* Vell Berg) FROM VARRE-SAI-RJ

**ABSTRACT:** The wine is obtained through the alcoholic fermentation of healthy, fresh and ripe grape must, which results in a drink with an alcohol content of 8.6% to 14% in quantity. The fermented is classified as dry, semi-dry or semi-dry and smooth, due to the residual sugar in it. The bibliography considers as wine only those fermented prepared from the grape. The drink produced from the fermentation of jabuticaba is popularly called jabuticaba wine (*M. jaboticaba*), but according to legislation and the scientific community the most appropriate term would be fermented jabuticaba. The objective of this research was to determine the physical-chemical parameters of the jaboticaba fermented from two wineries in the municipality of Varre-Sai-RJ. The methodology consists of physical-chemical analyzes: relative density; alcohol content; total acidity; total volatile and fixed and pH. The results were presented in comparison with the Brazilian legislation and with Ramirez (2009) and thus it was observed that the pH of the fermented jabuticaba is higher than that of the wine, the relative density was similar and the alcohol content varied from 11.7% to 20,5% depending on the type of fermented (sweet, smooth or dry). The results obtained in this work may contribute to a general characterization of the fermented jabuticaba, constituting the first physical-chemical quality control carried out on samples of the fermented from the investigated wineries.

**KEYWORDS:** Wine, fermented, acidity, density, quality.

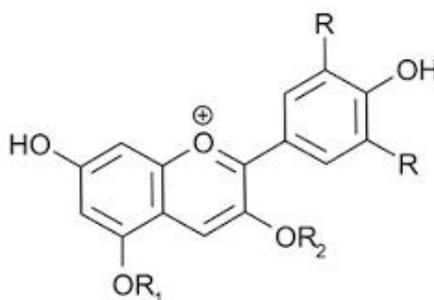
## 1 | INTRODUÇÃO

O município de Varre-Sai está localizado no extremo norte do Noroeste Fluminense, possui uma população estimada (2017) de 10.597 habitantes. O nome do município vem da história de D. Inácia, proprietária de um curral que emprestava aos tropeiros, estes ao saírem deixavam o local sujo, e ela irritada dizia: “varre e sai”. A cidade, inicialmente, foi colonizada por imigrantes italianos e portugueses. Dentre os imigrantes, os italianos trouxeram a cultura da fabricação artesanal do vinho. À época houve o empecilho da uva, a qual não era abundante na região, e dificultava a fabricação do vinho. Posteriormente, a uva foi substituída pela jabuticaba, que é nativa na região e se assemelha a uva. A partir daí, a jabuticaba passa por um processo de tratamento semelhante a uva para originar o

“vinho” de jabuticaba (PREFEITURA MUNICIPAL DE VARRE-SAI-RJ).

Atualmente existem na cidade duas adegas pioneiras na produção do vinho de jabuticaba, a adega Dario Bendia e adega Rodolphi, seus vinhos de jabuticaba foram escolhidos para análise por representarem uma antiga tradição artesanal com relevância socioeconômica para a região.

A jabuticaba possui um alto teor de compostos fenólicos e compostos de ação antioxidantes que combatem os radicais livres nas células do corpo. Trata-se de uma planta resistente às pragas e que pode frutificar mais de uma vez ao ano, no período da primavera e verão, se cultivada em solo com suprimento regular de água. As cascas apresentam coloração arroxeada por serem ricas em antocianinas, compostos que se associados a um açúcar passam a ser denominados antocianidinas (Figura 1).



R = H ou OH R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub> = H ou açúcares

Figura 1. Estrutura genérica de uma antocianina, se R<sub>1</sub> e/ou R<sub>2</sub> = açúcares, a estrutura se torna uma antocianidinas.

As antocianinas são pigmentos fenólicos solúveis em água, pertencentes à classe dos flavonóides (ROBARDS, et al. 1999), responsáveis pelas várias nuances entre laranja, vermelho e azul, exibidas pelas frutas, hortaliças, flores, folhas e raízes. As antocianidinas têm propriedades antioxidantes portanto, podem combater os radicais livres no organismo humano, responsáveis pelo processo de envelhecimento e danos ao aparelho circulatório e também por muitas condições clínicas de saúde como o câncer (BORGES et. al., 2011).

O vinho é uma bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto da uva sã, fresca e madura, e que resulta em uma bebida com graduação alcoólica de 8,6% a 14% em volume. O vinho pode ser classificado como seco, semi-seco ou meio-seco e suave, o que determina essa classificação é a quantidade de açúcar residual no vinho, ou seja, pela quantidade de açúcar que resta após a fermentação do mosto da uva. A literatura considera como vinho apenas aqueles que são preparados a partir da uva e produzido por uma vinícola (SIMÕES et. al., 2013).

Diante dos fatos expostos, a relevância da pesquisa se dá mediante a proposta de realizar as análises físico-químicas: (1) densidade relativa; (2) teor alcóolico; (3) acidez total; (4) acidez volátil e fixa e (5) pH, deixando uma contribuição para um primeiro controle

da qualidade para as adegas pesquisadas, para os fermentados do tipo suave, seco e doce de duas adegas do município de Varre-Sai-RJ.

## 2 | METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida no laboratório de química do Instituto Federal Fluminense *Campus Itaperuna-RJ* através de análises físico-químicas em amostras do fermentado de jabuticaba doce, suave e seco, totalizando seis amostras, que foram denominadas, conforme apresentado na Tabela 1.

| Adega   | Tipo de Fermentado | Código |
|---------|--------------------|--------|
| Adega 1 | Suave              | DBsu   |
| Adega 1 | Seco               | DBse   |
| Adega 1 | Doce               | DNd    |
| Adega 2 | Suave              | Rsu    |
| Adega 2 | Seco               | Rse    |
| Adega 2 | Doce               | Rd     |

Tabela 1. Código das amostras analisadas nesse trabalho.

Os fermentados foram adquiridos diretamente de duas adegas do município de Varre-Sai-RJ e acondicionados em ambiente protegido da luz e calor em suas próprias garrafas até a realização das análises. As análises foram compostas por: (1) determinação da densidade relativa; (2) teor alcoólico; (3) acidez total, volátil e fixa; e (4) determinação de pH.

Para determinação da densidade relativa foram utilizados o densímetro, um termômetro, uma proveta graduada de 250 mL. As amostras do vinho de jabuticaba foram homogeneizadas e ajustou-se a temperatura da amostra com a temperatura de aferição do densímetro em 20°C.

Colocou-se o vinho numa proveta limpa e seca de 500 mL, mantendo-a um pouco inclinada para reduzir a formação de espuma. Introduzisse o densímetro na proveta e então verificou-se novamente a temperatura e com o densímetro em repouso, realizou se a leitura.

Para determinação do teor alcoólico utilizou-se o método da destilação simples. Adicionou-se 100 mL do vinho no balão volumétrico. Logo depois transferir para o conjunto de destilação. O termômetro foi colocado na parte superior do aparelho para a verificação da temperatura. O álcool evaporado e condensado foi quantificado para obtenção do teor alcoólico (BARBOSA, 2017).

A acidez total corresponde à soma dos ácidos tituláveis quando se neutraliza o vinho até pH 7,0 com solução alcalina. Em uma erlenmeyer de 250 mL, foi adicionado 5 mL de

cada amostra de vinho e 100 mL de água destilada e algumas gotas de azul de bromotimol. A solução foi então titulada com hidróxido de sódio  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ , padronizada com biftalato de sódio ( $0,1 \text{ mol/L}$ ) até o aparecimento da coloração azul, os volumes gastos em (mL) foram anotados (RIZZON, 2010).

A análise de acidez volátil visa determinar a acidez de ácidos voláteis, com baixo ponto de ebulição. O método baseia-se na destilação por arraste a vapor e posterior titulação do destilado. No sistema de arraste a vapor, foi coletado aproximadamente 100 mL do destilado no erlenmeyer, contendo 20 mL de água destilada. A titulação foi realizada com a solução padronizada de NaOH até o pHmetro indicar o valor de 8,2 (RIZZON, 2010).

A determinação da acidez fixa baseia-se na diferença da acidez total e da acidez volátil. A acidez é expressa em mEq/L (miliequivalente por litro) (RIZZON, 2010).

O pH representa a concentração de íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$  livres dissolvidos no meio. O valor é expresso pelo logaritmo da concentração de íons hidrogênio, que, no caso dos vinhos brasileiros “de uva”, é variável de 3,0 até 3,8, dependendo do tipo de vinho (branco ou tinto), da cultivar e da safra.

O método de aferição do pH empregado baseia-se na diferença de potencial entre dois eletrodos mergulhados na amostra em análise. Um eletrodo de referência com um potencial constante e outro de medida, com um potencial determinado pelo pH do meio (RIZZON, 2010). Foi utilizado um medidor de pH da marca Ávila Científica e modelo AC-100P de leitura digital com precisão de 0,01 unidades. Também utilizou-se solução tampão de pH 3,0, solução tampão de pH 4,0 para calibração.

Após a calibração lavou-se o eletrodo com água destilada e o mesmo foi introduzido na amostra até a altura aproximada de 1 cm acima do diafragma. Aguardou-se a estabilização do aparelho e foi anotado a leitura que indicou o pH da amostra do fermentado. O resultado da leitura do pH foi feita diretamente, com duas casas decimais.

### **3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A legislação brasileira sobre bebidas é dividida em dois segmentos: as normas referentes ao vinho e derivado da uva e do vinho e as normas relativas as demais bebidas. Os vinhos e derivados da uva e do vinho são regidos pela lei nº 7.678, de 08 de novembro de 1988 regulamentada pelo Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014.

As bebidas em geral são regidas pela lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, regulamentadas pelo Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Ainda há, instrução normativa sobre as bebidas fermentadas que são regidas pela instrução normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012. Entretanto, nenhuma das duas legislações abrangem corretamente o fermentado de jabuticaba, a não ser a instrução normativa que determina parâmetros físico-químicos para o fermentado. Sendo o fermentado de origem vegetal a estrutura legal para garantir a qualidade dos produtos de origem vegetal, seus subprodutos

e resíduos de valor econômico constitui-se da lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000, Lei da Classificação Vegetal, bem como de seu decreto regulamentador (Decreto nº 6.268/2007) e Instruções Normativas ou Portarias.

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) possui padrões oficiais de classificação para mais de 60 (sessenta) produtos vegetais, entre fibras, grãos, óleos, farinhas, hortícolas, entre outros. No Padrão Oficial de Classificação estão definidos as especificações e critérios de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem para esses produtos.

### 3.1 Densidade relativa

O valor da leitura de densidade relativa foi efetuada diretamente no densímetro, na parte superior do menisco. Os dados obtidos através da determinação da densidade relativa estão apresentados na Tabela 2

| <b>Adega 1</b> | <b>Adega 2</b> |
|----------------|----------------|
| DBsu: 1,025    | Rsu: 1,005     |
| DBse: 1,000    | Rse: 0,990     |
| DBd: 1,025     | Rd: 1,025      |

Tabela 2. Densidade relativa em g/L das amostras.

As amostras apresentaram resultados que variaram de 1,000 g/L a 1.025 g/L para a adega 1 e de 0,990 g/L a 1,025 g/L para adega 2. Os valores de densidade para o vinho podem variar de 0,900 g/L a 1,100 g/L. Aaquieri et al. (2009) encontraram o valor de 0,950 g/L para o destilado da jabuticaba.

### 3.2 Teor alcólico

Os resultados obtidos para o teor alcólico estão expressos na Tabela 3.

| <b>Adega 1</b>                    | <b>Adega 2</b>                   |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| DBsu 11,93 g de álcool em 100mL   | Rsu 11,7058 g de álcool em 100mL |
| DBse 12,2806 g de álcool em 100mL | Rse 20,2131 g de álcool em 100mL |
| DBd 20,5493 g de álcool em 100mL  | Rd 20,5493 g de álcool em 100mL  |

Tabela 3. Teor alcólico das amostras g de álcool pelo método da destilação simples.

Esse processo se aplica em bebidas fermentadas, onde é destilado o álcool e quantificado o teor alcólico da amostra. Os resultados obtidos de teor alcólico estão de acordo com a (PORTARIA Nº 64, 2008) que variam de 14 a 20 % de álcool.

### 3.3 Acidez total

A acidez total corresponde à soma dos ácidos tituláveis quando se neutraliza o vinho até pH 7,0 com solução alcalina. Os resultados de Acidez total são apresentados na Tabela 4.

Os resultados de acidez total estão de acordo com a (PORTARIA No 64, 2008) que vai de 50 a 130 miliequivalente por litro.

| Adega 1     | Adega 2              |
|-------------|----------------------|
| DBsu: 97,76 | Rsu: não determinado |
| DBse:125,96 | Rse: não determinado |
| DBd: 97,76  | Rd: não determinado  |

Tabela 4. Acidez total das amostras.

### 3.4 Determinação pH

Os resultados de pH são apresentados na Tabela 5.

| Adega 1         | Adega 2        |
|-----------------|----------------|
| DBsu: pH = 3,24 | Rsu: pH = 3,38 |
| DBse: pH = 3,20 | Rse: pH = 3,03 |
| DBd: pH = 3,18  | Rd: pH = 3,30  |

Tabela 5. pH das amostras.

De acordo com Ramirez (2009) os resultados de pH se mostram acima do valor de referência que é de 2,83, indicando uma menor acidez do fermentado de jabuticaba comparado ao vinho. Observa-se também que para as duas adegas o fermentado com menor pH, ou seja, o mais ácido é o seco.

O pH é uma das características mais importantes do vinho, pois além de interferir na cor, exerce um efeito pronunciado sobre o gosto. Vinhos com pH elevado são mais suscetíveis às alterações oxidativas e biológicas, uma vez que o teor de dióxido de enxofre ativo é proporcionalmente menor (AERNY, 1985).

## 4 | CONCLUSÃO

Os valores de densidade relativa do fermentado de jabuticaba se mostraram similares ao do vinho de uva. O teor alcóolico variou de 11,7% a 20,5% dependendo do tipo de fermentado, sendo que o doce apresentou o maior valor de teor alcóolico. Para o pH observou-se que o valor do fermentado da jabuticaba é superior ao do vinho. Os resultados obtidos no presente trabalho poderão contribuir para uma caracterização geral

do fermentado de jabuticaba, constituindo o primeiro controle da qualidade físico-químico realizado em amostras do fermentado das adegas investigadas.

## REFERÊNCIAS

AERNY, J. **Définition de la qualité de la vendange**. Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture, v.17, p.219-223, 1985.

BARBOSA, P. S.; ANDRADE, E. S.; JESUS J. H.; BRONDANI, F. M. M.; VIEIRA RAFAEL. **Análise e quantificação do teor alcoólico do fermentado artesanal de jabuticaba**. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 16-32, jul. 2017.

BORGES, E.; MONTE, L.G.C.; ROCHA R.S.; JÚNIOR O.M.; MODESTO T.F. **Vinho de jabuticaba**. Revista Científica do Unisalesiano. Lins - SP. Edição especial, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VARRE-SAI-RJ. **História do município**. Varre-Sai-RJ, Governo Municipal, 16 de junho de 2017.

ASQUIERI, R.; SILVA, E. G. M.; CÂNDIDO, A.; ANTÔNIO, M. **Aguardente de jabuticaba obtida da casca e borra da fabricação de fermentado de jabuticaba**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 29, 2009.

RIZZON, L. A. **Metodologia para análise de vinho**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 120 p.

ROBARDS, K.; PRENZLER, P. D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. **Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits**. Food Chemistry, v. 66, n.4, p. 401-436, 1999.

SANTOS, T. L.; ANJOS, V. E.; INABA, J.; VIANA, A. G. **Validação de métodos de titulação para roteiros de aula prática na disciplina de bioquímica**. 13º CONEX – [Apresentação Oral Resumo Expandido]. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa-PR, 2015.

SIMÕES, R.; FILHO, L. E. P. B.; SANTOS, C. A.; SANTOS, J. C. S.; SOUZA, E. Q.; LAGARES, L. M. **Nem tudo que fermenta vira vinho**. IBRAVIN, [2013].

## REGRESSÃO QUANTÍLICA NA ESTIMAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA AGRICULTURA FAMILIAR EM MINAS GERAIS

*Data de aceite: 03/08/2020*

*Data de submissão: 01/06/2020*

### **Gabriela França Oliveira**

Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Viçosa - MG

<http://lattes.cnpq.br/9895689990102944>

### **Raimundo Cardoso de Oliveira Neto**

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
Recife - PE

<http://lattes.cnpq.br/4307953658134253>

### **Ana Carolina Campana Nascimento**

Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Viçosa - MG

<http://lattes.cnpq.br/2348397234521519>

### **Moysés Nascimento**

Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Viçosa - G

<http://lattes.cnpq.br/6544887498494945>

### **Camila Ferreira Azevedo**

Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Viçosa - MG

<http://lattes.cnpq.br/8861113007032888>

faz com que surja a necessidade de buscar uma produção eficiente para o setor. E, neste sentido, estudos visando avaliar a eficiência na produção têm sido realizados. Estes estudos, normalmente, baseiam-se em técnicas como Análise Envoltória de Dados (DEA) e Fronteira Estocástica (SFA). No entanto, o uso destas técnicas baseia-se na suposição de homogeneidade entre as unidades avaliadas, o que, devido a heterogeneidade presente nesta modalidade, pode não ser a estratégia mais adequada. Visando contornar esta limitação, este trabalho propõe, por meio do ajuste de regressões quantílicas, estimar a eficiência técnica da agricultura familiar em Minas Gerais, a nível municipal, utilizando dados do Censo Agropecuário de 2006. Considerou-se como insumos a área utilizada para agricultura familiar no município (ha), a quantidade de máquinas e mão-de-obra (unidades) e os gastos com demais despesas (mil reais); e, como produto, o valor total da produção (mil reais). De forma geral, verificou-se que a área utilizada influenciou negativamente a produção em municípios de menor produção (quantis 0,15 ao 0,55); a quantidade de maquinário apresentou efeito positivo sobre o total produzido apenas para municípios nos extremos da distribuição da produção; os gastos com demais despesas

**RESUMO:** A agricultura familiar constitui a base da economia de muitos municípios do país e em especial, de Minas Gerais. A importância destes produtores para a economia

influenciaram positivamente todos os municípios, entretanto, a influência foi maior em municípios do segundo quartil e ainda; a mão-de-obra influenciou igualmente a produção de todos os municípios. Além disso, verificou-se que a média de eficiência da agricultura familiar em MG foi de 41,7%, e, portanto, mudanças na alocação dos fatores de produção, sem a necessidade de aumentar a quantidade de insumos utilizados, podem ser feitas de modo a tornar estes produtores mais eficientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Heterogeneidade, produção eficiente, quantis condicionais.

## QUANTILE REGRESSION TO ESTIMATE THE TECHNICAL EFFICIENCY OF FAMILY FARMING IN MINAS GERAIS

**ABSTRACT:** Family farming constitutes the basis of the economy in many municipalities in the country, particularly in Minas Gerais State (MG). Due the farmers importance to the economy makes it necessary to seek efficient production for the sector. In this sense, studies aiming to evaluate the efficiency in the production have been carried out. In general, these studies are based on techniques, such as, Data Envelopment Analysis (DEA) and Stochastic Frontier (SFA). However, the use of these techniques are based on the assumption of homogeneity between the units evaluated, which, due to the heterogeneity present in this modality, may not be the most appropriate strategy. In order to circumvent this limitation, this work proposes, by adjusting quantile regressions, to estimate the technical efficiency of family farming in Minas Gerais State, at the municipal level, using data from the 2006 Agricultural Census. As inputs, the area used for family farming in the municipality was considered (ha), the number of machines and labor (units) and expenses with other expenses (thousand reais); and, as a product, the total value of production (thousand reais). In general, it was found that the area used had a negative influence on production in municipalities with less production (0.15 to 0.55 quantiles); the amount of machinery had a positive effect on the total produced only for municipalities at the ends of the production distribution; spending on other expenses positively influenced all municipalities, however, the influence was greater in municipalities in the second quartile and still; labor also influenced the production of all municipalities. In addition, it was found that the average efficiency of family farming in MG was 41.7%, and therefore changes in the allocation of production factors, without the need to increase the amount of inputs used, can be made to make these farmers more efficient.

**KEYWORDS:** Heterogeneity, efficient production, conditional quantiles.

## 1 | INTRODUÇÃO

A agricultura familiar é uma modalidade de produção rural predominante em quase todo o mundo (FAO, 2014). Segundo informações do Censo Agropecuário 2006, 84,4% dos estabelecimentos agropecuários do Brasil pertencem a grupos familiares, o que absorve

40% da população economicamente ativa (BRASIL, 2016). Além disso, esta atividade constitui a base econômica de 90% dos municípios brasileiros, sendo responsável por 35% do Produto Interno Bruto do país (BRASIL, 2016). Esta modalidade de agricultura é de tal importância que existem políticas públicas voltadas especialmente para ela, das quais pode-se destacar o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar-PRONAF (ANTUNES et., 2013).

No estado de Minas Gerais o quadro é bastante semelhante, ainda segundo dados do Censo agropecuário de 2006, 79% dos estabelecimentos rurais do estado pertencem a grupos familiares. Os dados revelam também que a agricultura familiar é mais forte nas regiões norte e sul de Minas Gerais, sendo a região central aquela com menos estabelecimentos familiares e menor produtividade (MINAS GERAIS, 2016).

No Brasil, a Lei nº 11.326/2006, que estabelece diretrizes para a formulação da Política Nacional de Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais, define agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que satisfaça simultaneamente à quatro requisitos, a saber: não detenha, a qualquer título, área maior do que quatro módulos fiscais (módulo fiscal é uma unidade de medida definida pela INCRA a qual dependendo do município pode variar de 5 a 110 hectares); utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo; e dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família (BRASIL, 2006).

Deste modo, os agricultores familiares que antes produziam para, basicamente, satisfazer suas necessidades alimentares, hoje, buscam produzir com eficiência a fim de obter maior lucro. Para tanto, os mesmos buscam o uso eficiente dos recursos de produção e a otimização do esforço empregado. Desta forma, a eficiência torna-se um determinante de importância em sua proposta produtiva (FRANK; UMOH, 2016).

Com relação a eficiência, este é um conceito relativo, que compara o que foi efetivamente produzido com o que poderia ser produzido, dada a tecnologia disponível (FERREIRA; GOMES, 2009). A eficiência técnica é a capacidade de uma empresa produzir um determinado nível de produção com quantidade mínima de insumos sob uma determinada tecnologia (OLAYDE; HEADY, 1982). A partir do cálculo desta medida, pode-se conhecer de que forma a produção agrícola pode ser expandida e/ou sustentada pelos agricultores através do uso eficiente dos recursos. Por estas razões, a estimação da eficiência técnica apresenta-se como um importante tema de investigação.

Diversos estudos relacionados à eficiência técnica da agricultura e pecuária brasileira podem ser encontrados na literatura. No entanto, a pesquisa bibliográfica revela poucos estudos envolvendo a análise da eficiência técnica dos agricultores rurais familiares. Dentre os estudos com esta finalidade, pode-se citar os de Sperat, Brugiafreddo e Raña (2017), que analisaram a eficiência técnica de produtores familiares de leite de

cabra da província de Santiago del Estero (Argentina); Etim, Effiong e Okon (2011) que estudaram a eficiência técnica de produtores familiares de Uyo, Nigéria e, Oliveira Neto (2018) analisou a eficiência da agricultura familiar das microrregiões brasileiras.

Em geral, estes estudos baseiam-se em métodos clássicos, como Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*) e Análise de Fronteira Estocástica (*Stochastic Frontier Analysis – SFA*) usando, a forma funcional de Cobb-Douglas para a fronteira de produção.

No entanto, como destaca Guanzioli, Buainain e Di Sabbato (2012), esta modalidade de agricultura é bastante heterogênea, o que abre possibilidade para questionamentos sobre a plausibilidade de uma única fronteira de produção média para estimar a eficiência destes agricultores.

Desta forma, este estudo tem por objetivo utilizar regressão quantílica para ajustar a fronteira de produção da agricultura familiar dos municípios mineiros para estimar o nível de eficiência técnica dos municípios nessa modalidade de agricultura e, além disso, identificar os fatores que influenciam ou explicam estes níveis de eficiência.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

As informações utilizadas neste trabalho foram obtidas junto ao SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática) coletadas no Censo Agropecuário de 2006. O conjunto consiste das informações de produção (mil R\$), área utilizada (ha), mão de obra (nº de pessoas), maquinário (nº de máquinas) e demais despesas (mil R\$) relacionadas com a produção de estabelecimentos pertencentes à grupos familiares dos 844 municípios mineiros avaliados.

Para o ajuste da fronteira de produção foi considerado a forma Cobb-Douglas, a qual é definida como,

$$y_i = \alpha x_{i1}^{\beta_1} x_{i2}^{\beta_2} \dots x_{ip}^{\beta_p} \epsilon_i \quad (1)$$

que, em sua forma linearizada, é dada por:

$$\ln(y_i) = \ln(\alpha) + \beta_1 \ln(x_{i1}) + \beta_2 \ln(x_{i2}) + \dots + \beta_p \ln(x_{ip}) + \ln(\epsilon_i) \quad (2)$$

na qual,  $y_i$  é a produção do município  $i$ ,  $x_j$  a quantidade utilizada do  $j$ -ésimo insumo no município  $i$  e os  $\beta_j$  são os parâmetros a seres estimados e  $\ln(\epsilon_i)$  são os desvios da fronteira.

Considerando que a tecnologia de produção da agricultura familiar não seja a mesma em todos os municípios de Minas Gerais, a fronteira de produção (2) será ajustada considerando a metodologia de regressão quantílica. A regressão quantílica foi introduzida em por Koenker e Basset (1978) como alternativa à estimação de modelos de regressão

via Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), que possibilitou a estimação de qualquer quantil da variável dependente condicionada às variáveis explicativas, visto que modelos de regressão ajustados via MQO aproximam a média da variável dependente condicionada às variáveis explicativas. Desta forma, possibilitando o estudo de toda a distribuição da variável dependente.

Dado uma matrix  $X$  de valores observados das variáveis independentes e  $y$  um vetor com valores observados da variável dependente, a equação para o quantil condicionado a  $X$  é dada por:

$$Q_{\tau}(y|X) = X\beta^{(\tau)}, \quad \tau \in [0,1] \quad (3)$$

O estimador para  $\beta^{(\tau)}$  é obtido a partir da solução da seguinte função objetivo:

$$\min \sum_{i=1}^n \rho_{\tau}(y_i - x_i\beta^{(\tau)}) = [\tau - I(y_i - x_i\beta^{(\tau)} < 0)](y_i - x_i\beta^{(\tau)}). \quad (4)$$

Uma das grandes vantagens da regressão quantílica é a possibilidade de ajustar diferentes equações para diferentes quantis e há o interesse em verificar se as equações ajustadas são estatisticamente diferentes, caso não sejam, seria possível realizar o ajuste via MQO. Desse modo, para verificar a igualdade dos coeficientes, pode-se usar o teste de Wald cujas hipóteses a serem testadas são:

$$H_0: \beta_j^{(\tau)} = \beta_j \text{ versus } H_1: \beta_j^{(\tau)} \neq \beta_j \text{ para } j = 1, 2, \dots, p.$$

Sob hipótese nula, a estatística do teste Wald tem distribuição Qui-quadrado com  $j$  graus de liberdade (KOENKER; BASSETT, 1982).

Conforme Brito (2016), usando a regressão quantílica, a eficiência técnica é obtida como a razão entre o produto efetivo ( $y$ ) e o que poderia ter sido produzido caso a função de produção fosse idêntica àquelas dos maiores quantis, 0,95 ou 0,975, por exemplo. Dessa forma, a eficiência técnica dos municípios mineiros será calculada por:

$$\hat{e}t_i = \frac{y_i}{\hat{y}_i} \quad (5)$$

em que  $y_i$  é a produção efetiva do município  $i$  e  $\hat{y}_i$  é a produção estimada para município  $i$  pela equação condicional ao quantil 0,95.

As análises foram realizadas utilizando o pacote `quantreg` (KOENKER, 2017) do software R (R Core Team 2017).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentadas algumas medidas descritivas a respeito da produção da agricultura familiar nos 844 municípios de Minas Gerais estudados.

Observa-se uma grande heterogeneidade na agricultura familiar dos municípios

mineiros em relação às variáveis analisadas. Por exemplo, os gastos com demais despesas são, em média, de 3,270 milhões de reais enquanto o desvio padrão é quatro vezes maior que este valor, como evidenciado pelo coeficiente de variação. Essa discrepância também está presente nos demais insumos considerados e na produção. Isto evidencia que uma única equação não é suficiente para descrever a produção de todos os municípios.

|                             | <b>Média</b> | <b>Desvio Padrão</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>CV (%)</b> |
|-----------------------------|--------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|
| Produção (mil R\$)          | 6.906,76     | 9.615,38             | 31,39         | 83.407,75     | 139,22%       |
| área (ha)                   | 10.404,81    | 11.241,10            | 4,60          | 113.077,32    | 108,04%       |
| Mão de obra (nº pessoas)    | 1.387,31     | 1.547,59             | 7,00          | 10.535,00     | 111,55%       |
| Maquinário (nº de máquinas) | 211,23       | 254,63               | 1,00          | 2.436,00      | 120,55%       |
| Demais despesas (mil R\$)   | 3.270,00     | 13.648,49            | 7,17          | 357.451,74    | 417,38%       |

Tabela 1. Estatísticas descritivas dos dados. *Nota: CV=coeficiente de variação.*

Foram ajustados três modelos de fronteira de produção quantílica: para níveis de produção baixo mediano e alto cujos valores estimados e os respectivos erros padrão para os coeficientes dos insumos estudados são apresentados na Tabela 2. O teste de Wald foi aplicado para verificar a igualdade dos coeficientes nas três equações, cujas significâncias são evidenciadas na Tabela 2.

|                     | $\tau = 0,10$ |       | $\tau = 0,50$ |       | $\tau = 0,90$ |       |
|---------------------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|                     | Coeficiente   | EP    | Coeficiente   | EP    | Coeficiente   | EP    |
| ln(área)            | -0,016*       | 0,047 | -0,085*       | 0,040 | 0,037*        | 0,062 |
| ln(mão-de-obra)     | 0,249         | 0,036 | 0,205         | 0,036 | 0,172         | 0,064 |
| ln(maquinário)      | 0,086*        | 0,030 | 0,023*        | 0,026 | 0,091*        | 0,059 |
| ln(demais despesas) | 0,805***      | 0,063 | 0,871***      | 0,042 | 0,615***      | 0,104 |

Tabela 2. Coeficientes das equações regressões quantílicas para  $\tau=0,10;0,50$  e  $0,90$ .

Nota: EP=Erro Padrão; \*Teste de Wald significativo a  $\alpha=5\%$ ; \*\*\* Teste de Wald significativo a  $\alpha=0,1\%$

A área utilizada na agricultura familiar tem efeitos diferentes pelo teste de Wald. Para municípios com produção baixa, e mediana, seu efeito é negativo indicando que quanto mais área destinada à agricultura familiar existir naqueles municípios menor tende a ser a sua produção nesta modalidade. Por outro lado, nos municípios com alta produção, a

área teve efeito positivo, indicando que se mais área for utilizada por estabelecimentos pertencentes a grupos familiares, maior tende a ser a produção do município na modalidade de agricultura familiar.

Observa-se que apenas a mão-de-obra apresenta efeito positivo, indicando que quanto mais pessoas envolvidas na agricultura familiar, mais o município produz nesta modalidade de agricultura. E, pelo teste de Wald, tal efeito tem, estatisticamente, a mesma magnitude nas três equações (Tabela 2). Isto é, o efeito da mão-de-obra é o mesmo nos municípios com produção baixa, mediana e alta.

A quantidade de maquinário utilizado na agricultura familiar apresenta efeitos significativamente diferentes dependendo da quantidade produzida pelos municípios. Nos três quantis avaliados, o maquinário teve efeito positivo, mas seu efeito é maior nos municípios com baixa e alta produção (Tabela 2). Isto é, se a mesma quantidade de máquinas for adicionada aos municípios, aqueles de baixa e alta produção obterão aumentos maiores que aqueles obtidos por municípios com produção mediana

As despesas com demais insumos também apresentam efeitos diferentes dependendo da quantidade produzida pelo município. Assim como a quantidade de maquinário, os efeitos das despesas com demais insumos é positiva nos três quantis avaliados, porém, seu efeito é um pouco maior nos municípios com produção mediana (Tabela 2).

A Figura 1 complementa e estende as observações feitas na Tabela 2 para demais quantis. Foram ajustados 19 modelos, compreendendo-se os quantis 0,05; 0,1; 0,15... 0,95 da produção. Para complementar a análise, são apresentados os intervalos de confiança obtidos via método de *bootstrap*.

É possível observar que os níveis de confiança para a área utilizada para na produção localizam-se abaixo de zero do quantil 0,1 ao 0,55 e não significativa nos demais quantis (Figura 1). Ou seja, a área atua de forma negativa para os municípios com menores níveis de produção, por outro lado, em municípios com maiores níveis de produção seu efeito não altera significativamente a quantidade produzida.

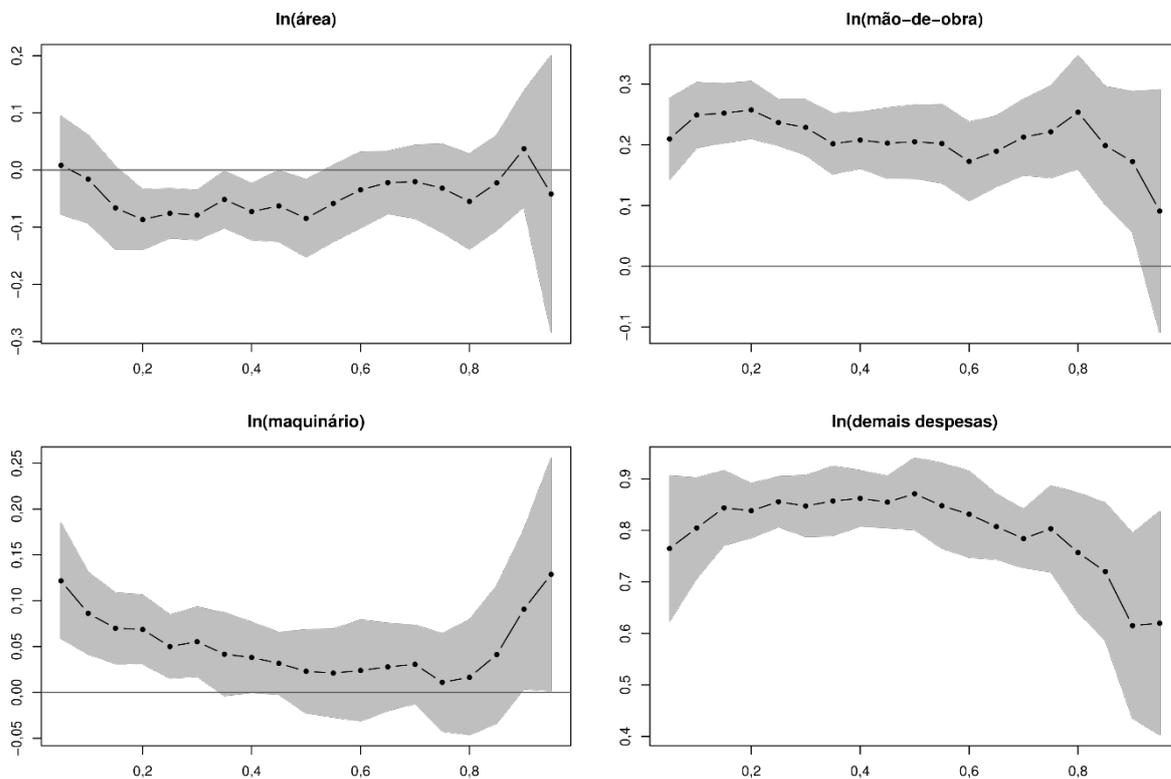


Figura 1. Influência variáveis estudadas ao longo dos quantis de produção.

Com relação à mão de obra, este insumo não afetou os níveis de produção de maneira diferente para a grande maioria dos quantis, sendo, apenas, não significativo para a produção no quantil 0,95 (Figura 1).

O maquinário e os gastos com demais despesas influenciam de maneira diferente os variados níveis de produção. O maquinário, por exemplo, teve influência não significativa do quantil 0,45 ao 0,85. Nos demais quantis, a quantidade de máquinas utilizadas influenciou positivamente a produção da agricultura familiar dos municípios. Os gastos com demais despesas influenciam a produção positivamente em todos os quantis, no entanto, o impacto é maior naqueles municípios menos produtivos (quantis 0,15 a 0,5) (Figura 1).

Considerou-se a eficiência técnica dos municípios, baseada na fronteira de produção do quantil 0,95. A eficiência média dos municípios na agricultura familiar em MG foi estimada em 0,417, ou 41,7%, com desvio-padrão de 0,221 e coeficiente de variação de aproximadamente 53%. Isso significa que a produção da agricultura familiar em Minas Gerais pode ser aumentada em aproximadamente 58,3% sem necessariamente aumentar as quantidades de insumos utilizadas, ou equivalentemente, diminuir a quantidade de insumos utilizada em 58,3% sem diminuir as quantidades produzidas. Além disso, observou-se que a mediana das eficiências é de 0,36, ou seja, 50% dos municípios tem eficiência técnica menor ou igual a 36% mostrando que a eficiência tem uma assimetria à direita, como pode ser observado na Figura 2.

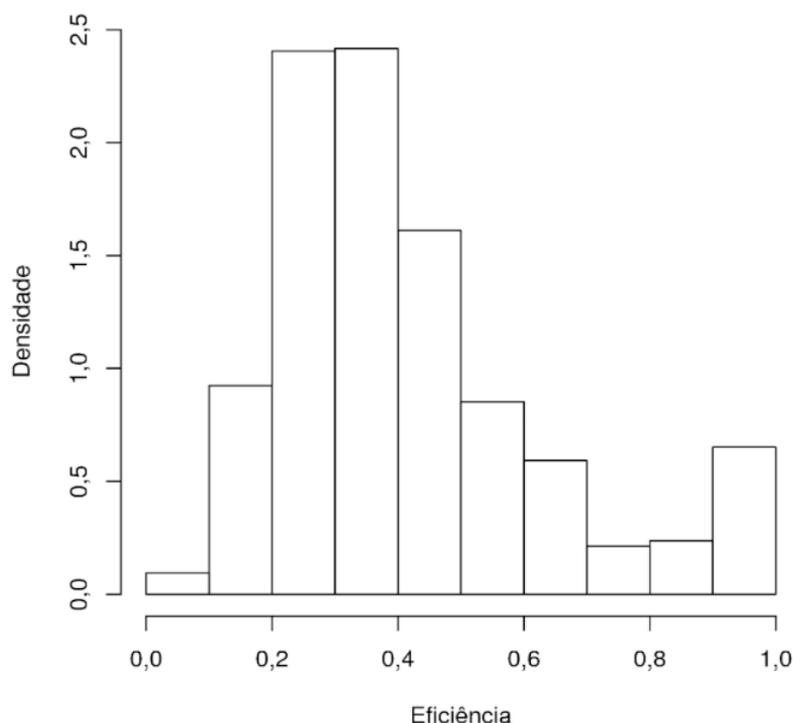


Figura 2. Histograma da eficiência técnica dos municípios de Minas Gerais.

Dentre os 844 municípios avaliados, 45 foram considerados totalmente eficientes, isto é, tiveram eficiência técnica igual a 1, ao passo que 8 municípios tiveram eficiência abaixo de 10%. Avaliando-se os 45 municípios eficientes e os 45 menos eficientes, percebe-se que 15,56% dos municípios eficientes são da mesorregião do Vale do Jequitinhonha, outros 15,56% são da mesorregião Norte de Minas, onde a agricultura familiar é forte (MINAS GERAIS, 2016), e mais 15,56% pertencem à mesorregião da Zona da Mata. Por outro lado, 33,33% dos municípios menos eficientes pertencem à mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, onde a agricultura familiar não é muito forte (MINAS GERAIS, 2016).

A Figura 3 apresenta a distribuição geográfica da eficiência estimada para os municípios, de modo que a intensidade da coloração laranja indica o nível de eficiência do município. É possível observar uma concentração de municípios com eficiência técnica abaixo de 0,6 na região central do estado, compreendendo as mesorregiões Central Mineira e Metropolitana de Belo Horizonte, que sabidamente possuem menor produção e menor número de agricultores (MINAS GERAIS, 2016).

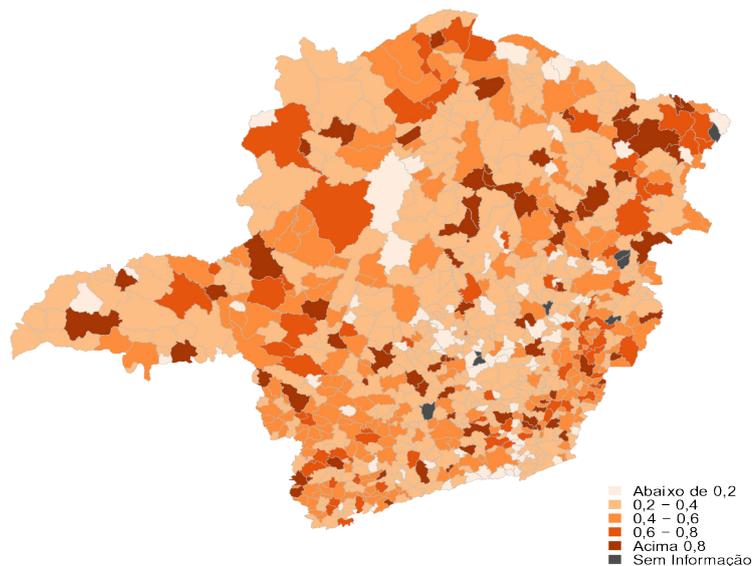


Figura 3. Distribuição geográfica da eficiência técnica da agricultura familiar em MG.

#### 4 | CONCLUSÃO

Em relação aos estabelecimentos pertencentes a grupos familiares no estado de Minas Gerais, observa-se que há de fato uma grande heterogeneidade a nível municipal e dessa forma a tecnologia de produção da agricultura familiar difere de um município para outro. Verificou-se que a eficiência técnica dos municípios tem uma assimetria à direita, portanto com poucos municípios tendo eficiência acima da média do estado. Verificou-se também que as variáveis área utilizada, maquinário e gastos com demais despesas influenciam a produção, a nível municipal, de maneira diferente, no entanto a mão-de-obra, predominantemente familiar, influencia a produção de forma semelhante independente de quanto o município produz.

#### REFERÊNCIAS

ANTUNES, RODRIGO LOPES et al. **Programa nacional de crédito da agricultura familiar e impactos nas economias locais no estado do Paraná**. Economia & Região, v. 1, n. 1, p. 69-90, 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **O que é Agricultura Familiar**. 2016. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/o-que-e-agricultura-familiar>> Acesso em: 25 de abril 2017.

BRASIL. Lei n. 11.326, de 24 de julho de 2006. **Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm)> Acesso em: 25 de abril 2017.

ETIM, N. A.; EFFIONG, E. O.; OKON, D. P. **Measuring Technical Efficiency of Family Farms in the Rainforest Zone**. Journal of Agriculture and Social Sciences, v. 7, n. 3, 2011.

FAO. **O que é Agricultura Familiar? Ano Internacional da Agricultura Familiar 2014**. Disponível em: <<http://www.fao.org/family-farming-2014/home/what-is-family-farming/pt/>> Acesso em: 25 de abril 2017.

FERREIRA, C. M. de C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa: Editora UFV, 2009.

FRANK, N. N.; UMOH, G. S. **Technical Efficiency in Artisanal Fishing in Akwa Ibom State**, Nigeria. Food Science and Quality Management, v. 51, 2016.

GUANZIROLI, C. E.; BUAINAIN, A. M. e DI SABBATO, A. **Dez anos de evolução da agricultura familiar no Brasil:(1996 e 2006)**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 50, n. 2, p. 351-370, 2012.

KOENKER, R. **quantreg: Quantile Regression. R package version 5.33**. 2017. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=quantreg>

KOENKER, R.; BASSETT, G. **Regression quantiles**. Econometrica: journal of the Econometric Society, v. 46, n. 1, p. 33-50, 1978.

KOENKER, R.; BASSETT, G. **Robust tests for heteroscedasticity based on regression quantiles**. Econometrica, v. 50, n. 1, p. 43-61, 1982.

MINAS GERAIS (estado). **Secretaria de Estado de Governo de Minas Gerais, 2016. Disponível em: <<http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-do-estado-prioriza-agricultura-familiar-em-2015>> Acesso em: 25 de Abril de 2017.**

OLAYIDE, S. O.; HEADY, E. O. **Introduction to agricultural production economics**. Ibadan University Press, University of Ibadan, 1982.

OLIVEIRA NETO, R.C. **Regressão quantílica sob enfoque bayesiano como alternativa no ajuste da eficiência técnica: uma aplicação para a agricultura familiar brasileira**. 2018. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Departamento de Estatística, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

R Core Team (2017). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

SPERAT, R. R., BRUGIAFREDDO, M. P., & RAÑA, E. **Eficiencia técnica en la agricultura familiar: Análisis envolvente de datos (DEA) versus aproximación de fronteras estocásticas (SFA)**. Nova Scientia, v. 9, n. 18, 2017.

## TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA ATRAVÉS DA PLATAFORMA EDPUZZLE COMO RECURSO PEDAGÓGICO PARA AVALIAÇÃO

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 05/06/2020

**Cássia Vanesa de Sousa Silva**

Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Maceió - AL

<http://lattes.cnpq.br/26387337127882>

**Givaldo Oliveira dos Santos**

Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Maceió - AL

<http://lattes.cnpq.br/2811899043438299>

**RESUMO:** Este trabalho objetiva apresentar resultados e reflexões de uma experiência pedagógica, tomando como pressuposto o processo de avaliação por meio de uma plataforma *on-line* fazendo uso das tecnologias no âmbito educacional. Para o desenvolvimento desse estudo os pesquisadores apresentaram aos alunos a plataforma de acesso inicial, no qual eles se cadastraram e tiveram acesso *online* aos conteúdos através da plataforma *Edpuzzle*. O estudo em análise teve como objetivo geral investigar o processo de aprendizagem a partir da utilização de uma plataforma *on-line*. Através da plataforma vídeo aulas foram personalizadas para melhor

compreensão dos conteúdos das aulas de matemática e por meio de um questionário via grupo de *WhatsApp* procurou-se como hipótese saber qual a expectativa dos alunos ao fazerem uso da plataforma ao mesmo tempo que esse processo fazia parte de uma avaliação contínua de sua aprendizagem. A pesquisa contou com a colaboração de duas turmas da 1ª série do ensino médio totalizando 104 alunos, de uma escola particular do município de Maceió - AL. Para subsidiar o entendimento do conteúdo, buscamos nos basear em pesquisadores na área do estudo apresentado, tais como: Bacich e Neto (2016), Costa e Pinto (2017), Moran, Masetto e Behrens (2013), Oliveira (2019), Blended (2015) Cortella (2014). Para tanto, pude-se perceber que 67% dos alunos que realizaram as atividades como auxílio da plataforma concordam que essa metodologia o ajudou a compreender melhor o assunto, no entanto 8% deles discordaram totalmente enquanto 25% afirmaram ser indiferente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vídeo-aula, aprendizagem, avaliação, tecnologia.

## TECHNOLOGY IN EDUCATION: A METHODOLOGICAL PROPOSAL THROUGH THE *EDPUZZLE* PLATFORM AS A PEDAGOGICAL RESOURCE FOR EVALUATION

**ABSTRACT:** This work aims to present results and reflections of a pedagogical experience, assuming the evaluation process through an online platform making use of technologies in the educational environment. For the development of this study, the researchers presented the students with the initial access platform, in which they registered and had online access to the contents through the Edpuzzle platform. The study under analysis has as general objective to investigate the learning process from the use of an online platform. Through the video platform lessons were customized to better understand the contents of mathematics classes and through a questionnaire via *WhatsApp* group sought as a hypothesis to know what the expectation of students when making use of the platform at the same time that this process was part of a continuous evaluation of their learning. The research counts on the collaboration of two classes of the 1st grade of high school totaling 104 students, from a private school in the municipality of Maceió-AL. To support the understanding of the content, we sought to rely on researchers in the area of the study presented, such as: Bacich and Neto (2016), Costa and Pinto (2017), Moran, Masetto and Behrens (2013), Oliveira (2019), Blended (2015) Cortella (2014). Therefore, we could see in this study that 67% of the students who performed the activities as a help from the platform agree that this methodology helped them to better understand the subject, however 8% of them totally disagreed and 25% said they were indifferent.

**KEYWORDS:** Video lesson, learning, evaluation, technology.

### 1 | INTRODUÇÃO

A evolução das tecnologias da informação vem promovendo diversas mudanças em nossa sociedade em geral e principalmente na área escolar, segundo Blended (2015, pág. 07) “isso significa que as pessoas trazem experiências diferentes, ou conhecimento prévio, para cada experiência de aprendizagem afetando o modo de como aprenderão um conceito”. Entre elas está a disponibilização de uma quantidade cada vez mais crescente de informações, resultado principalmente do aumento da capacidade de processamento e armazenamento onde a tecnologia tem um papel fundamental nesse processo no sentido de promover ações que contribuam, auxiliem e interajam afim de se ter um bom relacionamento entre o saber formal através dos livros e o saber digital através das tecnologias.

Com base nesse pressuposto os pesquisadores buscaram como objetivo geral investigar o processo de ensino e de aprendizagem a partir da utilização de uma plataforma *on-line*. Nessa perspectiva procurou-se apontar como a utilização do uso da plataforma pôde auxiliar os alunos durante o seu aprendizado agregando valores as aulas de matemática. Para alcançar o objetivo propostos e interagindo o processo avaliativo com

um apoio tecnológico, atualmente tem-se buscando inovar unindo o ensino on-line com experiências de escolas físicas tradicionais Blended (2015, p. 33), “na verdade se utiliza o ensino on-line como uma inovação sustentada para ajudar a sala de aula tradicional a desempenhar sua antiga função ainda melhor” Blended (2015, p. 73) “a esse processo chamamos de Ensino Híbrido o qual surge de discursões acerca do presencial e do virtual” que se associam diante da conjectura de “novos tempos e espaço e proporcionam a aprendizagem em diferentes espaços e tempo” Cleide Jane e Fernando Pimentel (2017, p.52).

## 2 | CAMINHOS DA PESQUISA

Tomando como base as mudanças ocorridas na educação atualmente, e com o advento das tecnologias em sala de aula, ao professor cabe a necessidade de assumir uma postura diferente, visto que o alunado vem se modernizando a cada dia, e nessa vertente os educadores não podem ficar de fora. Bacich, Neto e Trivisani (2015, p. 47) afirmam que “a integração das tecnologias digitais na educação precisa ser feita de modo criativo e crítico, buscando desenvolver a autonomia e a reflexão dos seus envolvidos, para que eles não sejam apenas receptores de informações”.

Ainda segundo Bacich, Neto e Trivisani (2015, p. 57)

As modificações possibilitadas pelas tecnologias digitais requerem novas metodologias de ensino, as quais necessitam de novos suportes pedagógicos, transformando o papel do professor e dos estudantes e ressignificando o conceito de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, o ensino *on-line* permite tal personalização, uma vez que pode ajudar a preencher lacunas no processo de aprendizagem.

Libâneo (2010) aponta que já faz algum tempo que o professor e o livro didático deixaram de ser as únicas fontes do conhecimento. Assim, cria-se uma expectativa de que as tecnologias da informação e comunicação passem, cada vez mais, a fazer parte do cotidiano escolar.

Contudo, Kenski (2007, p. 46) acrescenta que:

Não há dúvida de que as novas tecnologias de comunicação e informação trouxeram mudanças consideráveis e positivas para a educação. Vídeos, programas educativos na televisão e no computador, *sites* educacionais, softwares diferenciados transformam a realidade da aula tradicional, dinamizam o espaço de ensino aprendizagem, onde, anteriormente, predominava a lousa, o giz, o livro e a voz do professor.

Se há algo que nós, humanos, temos dificuldade é de assimilar processos de mudanças. Mudar é complicadíssimo! São atitudes de mudanças que responde à possibilidade do novo.

Cortella (2014, p.51) afirma

“... para que haja consolidação desse novo no âmbito escolar não basta apenas o uso de plataformas digitais no cotidiano da Escola como única forma de melhoria de trabalho. Um trabalho será bem feito se souber fazê-lo. Pode ser bem feito sem computadores. E pode ser mais bem feito ainda com os computadores.”

Diante das mudanças nesse âmbito escolar faz-se necessário, agregar novos elementos à forma de ensinar, na visão de Cortella (2014, p.53) “os processos educativos escolares não devem se adaptar às inovações, mas integrar novas formas ao seu cotidiano” pensando nessa vertente começamos a fazer uso de uma plataforma *on-line* chamada *Edpuzzle*, a qual transforma qualquer vídeo em uma aula, podendo ser personalizado para fins tanto de aprendizagem quanto avaliativos.

A avaliação segundo o uso de tecnologias, segundo Brender (1998), é uma atividade prévia para a tomada de decisão acerca de sua aplicação. É um instrumento que busca preencher o acompanhamento entre o potencial tecnológico e as necessidades sociais. Contudo Cortella (2014) afirma que os processos educativos escolares não devem se adaptar às inovações, mais integrar novas formas ao seu cotidiano.

E a avaliação não pode ficar de fora desse contexto e nem tão pouco restrita apenas, para a tecnologia, mas precisa se estender à interação entre as tecnologias e aos usuários (LAGUARDIA; PORTELA; VASCONCELOS, 2007). Para tanto, é importante que as atividades avaliativas possam ser realizadas por meio de diversos recursos pedagógicos, sejam elas síncronas ou assíncronas.

Com o objetivo de investigar o processo de aprendizagem a partir da utilização de uma plataforma *on-line* de confrontar as teorias expostas e a hipótese elaborada sobre a expectativa dos alunos diante o desenvolvimento de uma atividade numa plataforma *on-line* ao mesmo tempo que esse processo fazia parte de uma avaliação contínua de sua aprendizagem.

A pesquisa que realizamos teve como sujeitos convidados alunos de duas turmas da 1ª série do ensino médio de uma escola da rede particular de ensino do município de Maceió - AL totalizando 104 alunos. Para atender às necessidades características dos sujeitos dessa pesquisa a mesma se dá de maneira qualitativa. Segundo Knechtel (2014), são: a preocupação primária com os processos, não se preocupando diretamente com o resultado e o produto; o interesse pelo significado, como as pessoas relatam suas vivências e experiências, sua visão de mundo; a busca por informações diretamente no campo de pesquisa; a ênfase na descrição e explicação de fenômenos; a utilização de processos indutivos, a fim de construir conceitos, hipóteses e teorias.

Nessa pesquisa, procurou-se não identificar diretamente os participantes, caso necessário nós os identificamos por A1 (aluno 1), A2 (aluno 2), A3 (aluno 3) mantendo assim a integridade dos mesmos.

A pesquisa foi realizada no início do ano letivo e 2019 no período de sete meses que se estendeu de março a setembro do referido ano, sendo abordados os seguintes conteúdos matemáticos: 1- Conjunto numérico, 2- Intervalo numérico, 3- Função do 1º grau, 4- Função do 2º grau, 5- Função exponencial, e 6- Função Logarítmica.

O gerenciamento das atividades se deu numa plataforma *on-line* chamada *Edpuzzle* essa plataforma nos permite de personalizar vídeo aulas a favor de professores e

alunos, através da mesma é possível também adaptar qualquer vídeo em uma aula, independentemente da disciplina, oportunizando um trabalho interdisciplinar, também permite a inserção de um *quiz* (questionário *on-line*) no momento em que o vídeo é visualizado além de o professor poder fazer a qualquer momento observações que achar pertinente no decorrer do vídeo, dando maior ênfase ao assunto, nesse contexto o professor busca a ampliação do conteúdo aprimorando seu método avaliativo.

As atividades se deram da seguinte maneira: Em um 1º momento nas aulas de matemática foi comunicado aos alunos que ao término de cada assunto trabalhado em sala de aula, vídeo-aulas seriam disponibilizadas na plataforma na qual continham questões a serem resolvidas. O acesso a plataforma primeiramente se deu através de um cadastro feito pelo professor, na aba professor, onde era preciso criar uma turma na qual seriam disponibilizados os vídeos, gerando assim um código de acesso para que o mesmo fosse repassado para o aluno.

Em um 2º momento fora da sala de aula, em seu computador, tablet ou celulares o aluno de posse desse código, fazia seu cadastro na aba aluno, acrescentava o código que já lhe fora entregue pelo professor e assim ele teria acesso a atividade. Após todos os alunos terem sido cadastros na plataforma. Chegamos então ao 3º momento onde o professor deve selecionar os vídeos a serem disponibilizados. Com a preocupação em disponibilizar um vídeo curto e não tornar a participação do aluno cansativa, esperava-se que os alunos se sintam estimulados em assisti-lo afim de enriquecer seu conhecimento através de novos métodos de aprendizagem.

Os alunos eram comunicados sempre ao término do assunto de matemática o dia e a hora que se iniciavam e se encerravam as atividades na plataforma. Em um 4º momento, em um ambiente fora da escola as atividades eram realizadas por eles na própria plataforma. Após encerrado o prazo da atividade, chegamos a um 5º momento, onde o professor pode verificar o desempenho de todos os alunos, e de como se deu essa atividade.

Nesse momento faz-se uso de vários recursos que a própria plataforma disponibiliza, como análise individual das atividades realizadas pelos alunos, o tempo que eles levaram para executá-las, se fizeram ou não a atividade, otimizando melhor o tempo do professor e tendo um *feedback* de como o aluno se comportou no decorrer da atividade.

Por fim, houve o momento final da atividade, o 6º momento da pesquisa, onde depois de postadas algumas atividades na plataforma direcionou-se a aplicação do questionário investigativo *on-line*, que foi realizado através de um grupo de *whatsApp* através do qual se avaliou a utilização dos métodos e recursos de aprendizagem descritos acima os quais vamos discutir a seguir.

### 3 | CONTRIBUIÇÕES DO APLICATIVO

Como já mencionado anteriormente, a plataforma *Edpuzzle* traz a opção de agregar perguntas no decorrer do vídeo o interrompendo assim que o professor achar pertinente, não dá opção para o aluno ir imediatamente para as perguntas, se faz necessário que de fato o aluno assista todo o vídeo, levando-o a fazer uma revisão da aula ou até mesmo ter acesso a aula, caso ela tenha faltado a mesma.

A partir das análises observadas e a partir dos dados coletados durante o desenvolvimento do estudo, que foi subsidiado pela plataforma *Edpuzzle*, os alunos responderam um questionário *on-line* para expor suas experiências durante o desenvolvimento dessa pesquisa, a seguir apresentaremos a pergunta 1 do nosso questionamento e logo após uma Figura expondo os resultados dessa pergunta.

**Pergunta 1** - O vídeo proposto pôde lhe ajudar a compreender melhor o assunto?

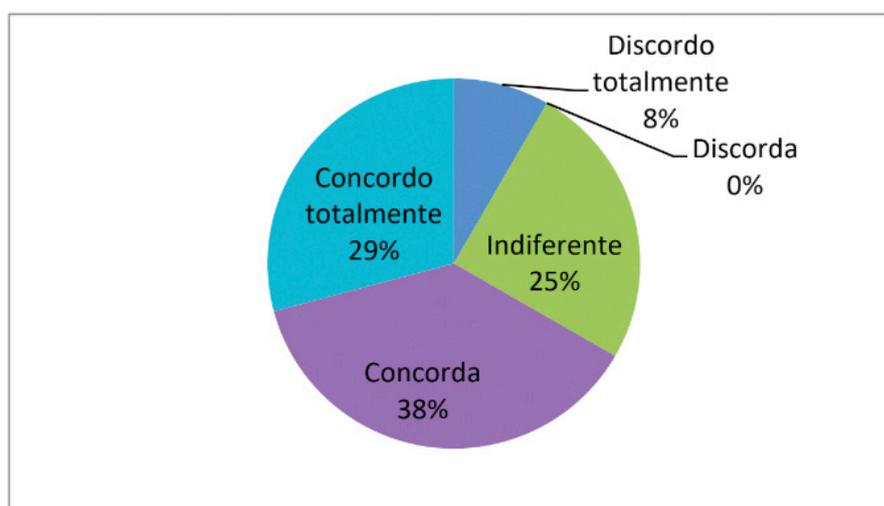


Figura1. Compreendendo melhor o assunto com o vídeo.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Diante dos dados coletados podemos observar que 38% dos respondentes apresentaram resultado satisfatório no quesito de utilização dos vídeos como recurso que os auxiliavam durante os estudos individuais, em contra partida 25% dos respondentes apresentam indiferente para utilização desses recursos. Nesse sentido, o vídeo pôde auxiliar os alunos como afirma Moran (2013) que com o apoio de tecnologias móveis, poderemos tornar o processo de ensino-aprendizagem muito mais flexível, integrado, empreendedor e inovador.

Nesse sentido observa-se que o total de interações analisadas na pergunta 2 a seguir, indica o comportamento dos alunos diante das atividades, observa-se também que ela pode ou não ser interessante dependendo do comportamento do professor na hora de solicitá-la, dados observados na Figura 2.

**Pergunta 2** - As vídeo aulas foram expostas sempre após a professoro(a) já ter dado o assunto em sala de aula. Caso os vídeos fossem postados sem a aula ter sido dada você ainda assim o assistiria?

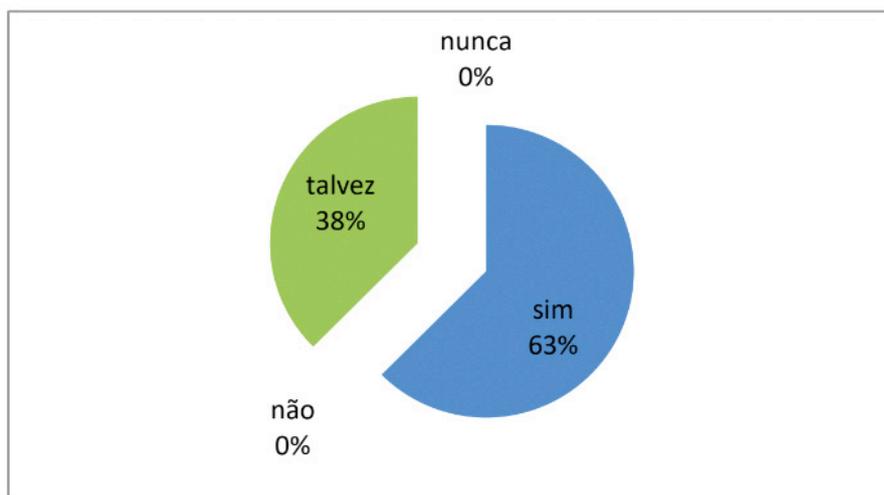


Figura 2. Comportamento dos alunos.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

É possível também observar no o gráfico do quadro 2, que os 62% alunos consideram importante que as aulas sejam ministradas pelo professor(a) antes da exposição dos vídeos. Assim como afirma Cortella (2014, p. 30): Porque acesso a informação é diferente de conhecimento[...]. O professor têm de ser promotor do encantamento com o conhecimento[...] Cortella (2014, p. 65).

Fato a ser também observado nesse estudo é a posição do aluno diante de serem avaliados também através da plataforma, o processo avaliativo por meio de um recurso tecnológico provocou dúvida nos alunos, a pergunta 3 que mostraremos a seguir configura essa situação. Na Figura 3 está apresentada a relação entre essa aceitação ou não por parte dos alunos.

**Pergunta 3** - Você poderia considerar essas atividades na plataforma como meio de avaliação?

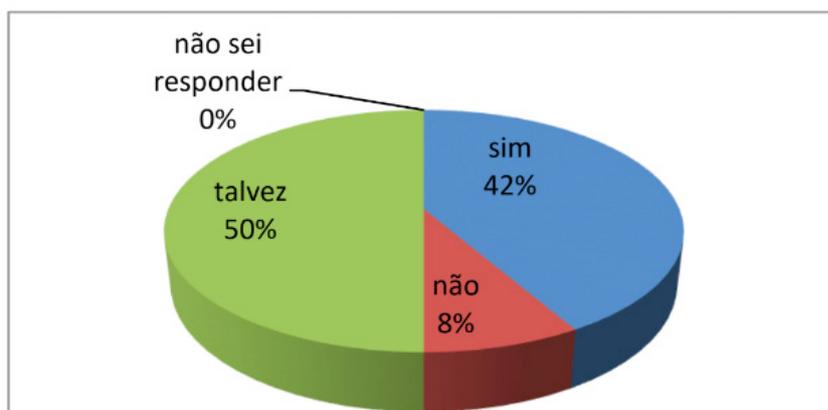


Figura 3. Atividades na plataforma como meio avaliativo.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Acredito que por consequência do nosso método tradicional de avaliação ou por não saber de como esses processos avaliativos aconteceriam, 50% dos alunos não se sentem preparados para tal processo e 42% consideram positivo esse processo avaliativo.

Vale ressaltar, que enfrentamos dificuldades até chegarmos ao uso da plataforma, Isso se comprova no desenvolvimento da pergunta 4 respondidas pelos alunos. A Figura 4 revela quais foram as reais dificuldades enfrentadas por eles.

**Pergunta 4** – Das opções abaixo, você diria que a principal dificuldade encontrada na plataforma foi:

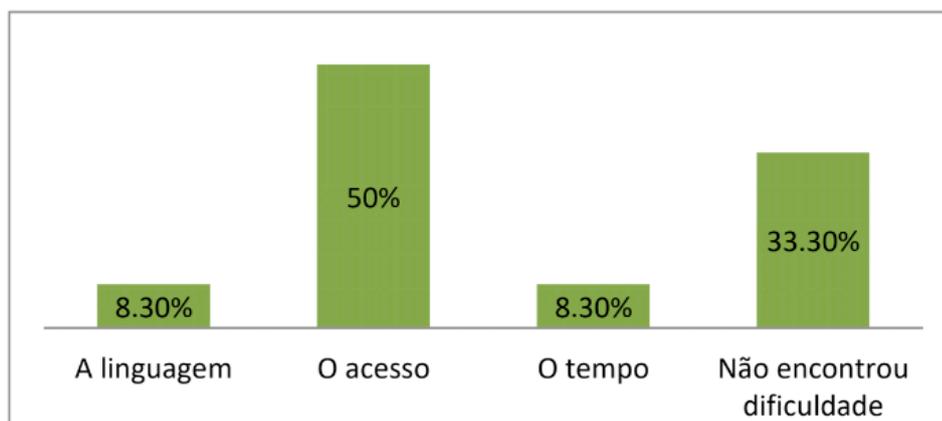


Figura 4. Dificuldades encontradas na plataforma.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Conforme apresentado na Figura 4, evidencia-se que 50% dos alunos participantes desse estudos relatam que encontraram dificuldades no acesso, em contra partida 33,30% relataram não ter encontrado dificuldades. Mesmo diante de tais dificuldades, Cortella (2014, p. 56) afirma que: Além incorporar, a Escola precisa olhar o mundo digital não apenas como uma base ferramental. A tecnologia não é só uma ferramenta, ela cria um novo paradigma de compreensão da vida, uma nova forma de estabelecer relações, de debates, de construção.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A plataforma foi uma nova maneira encontrada para tornar as aulas de matemática mais dinâmica e atraente e, dessa forma, conquistar o interesse do aluno. No início tivemos sim dificuldades para o uso da plataforma, tanto professor como aluno estavam testando um modelo novo de aprender e de avaliar. Concluo contudo que essa nova abordagem em sala de aula e até mesmo fora dela levou o aluno a estudar mais, mesmo sem perceber, à medida que muitas vezes ele voltava a vídeo aula para melhor compreensão do assunto.

No cômputo geral nós os pesquisadores alcançamos nosso objetivo que comprova que o uso dessa metodologia contribuiu para uma melhor aprendizagem das aulas de

matemática computando 67% dos participantes. E percebemos que de acordo com a hipótese levantada que 50% dos alunos não se sentem preparados para serem avaliados através dessa metodologia.

Contudo, pudemos perceber que podemos sim trazer para as nossas aulas todas as tecnologias possíveis, desde que o professor se sinta capaz de mudar e encarar essa nova metodologia de agregar as aulas tradicionais o uso das tecnologias afim de aproximar professor e aluno para uma nova forma de aprender.

## REFERÊNCIAS

- BACICH, L. NETO, A. T. (Orgs). **Ensino Híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- BRENDER, J. **Trends in assessment of IT-based solutions in healthcare and recommendation for the future**. International Journal of Medical Informatics, v. 52, p. 217-27, 1998.
- COSTA, J. S. A.; PIMENTEL, F. S. C. **Educação e tecnologias digitais da informação e comunicação: inovação e experimentos**. Maceió: Edufal, 2017.
- CORTELLA, M. S. **Educação, escola e docência: novos tempos, novas atitudes**. São Paulo: Cortez, 2014.
- HORN, M. B. **Usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas; São Paulo: Papyrus 2007.
- KNECHTEL, M. R. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba: Intersaberes, 2014.
- LAGUARDIA, J.; PORTELA, M. C.; VASCONCELOS, M. M. **Avaliação em ambientes virtuais de aprendizagem**. Educação e pesquisa. São Paulo, v.33, n.3, p. 513-530, set./dez. 2007.
- LIBÂNIO, J. C. **Adeus professor, adeus professora? Novas exigências educacionais e profissão docente**. São Paulo: Cortez, 2010.
- MORAN, J. M.; MASETO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 21ª ed. Ver. E atual. Campinas, SP: Papyrus, 2013.

## A HISTÓRIA DA CONDESSA SURDA DE LOVELACE: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA DE ENSINO HÍBRIDO E ASSISTIVO DE PROGRAMAÇÃO

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 06/05/2020

### **Márcia Gonçalves de Oliveira**

Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes - Cefor)  
Vitória - ES

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2109227810924409>

### **Ana Carla Kruger Leite**

Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes - Cefor)  
Vitória - ES

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1698179979340212>

### **Mônica Ferreira Silva Lopes**

Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes - Cefor)  
Vitória - ES

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1273671188166478>

### **Clara Marques Bodart**

Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes - Cefor)  
Vitória - ES

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3067862619166791>

### **Gabriel Silva Nascimento**

Instituto Federal de São Paulo (IFSP)  
Registro - SP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4507944299087617>

**RESUMO:** A História da Condessa Surda de Lovelace trata de um relato de experiência da aprendizagem de programação de uma estudante surda através de oficinas presenciais

antes e durante a execução de um curso de programação Python a distância para meninas. O relato realizado por uma professora, uma tutora e uma intérprete de Libras apresenta a experiência da estudante surda em uma abordagem híbrida de ensino de programação e as análises SWOT de assistência à estudante surda em sua trajetória de aprendizagem de programação. Os resultados apontam para progressos, mas a Condessa Surda de Lovelace apresenta uma carta aberta para as Meninas Digitais relatando sua experiência de dificuldades e progressos e apresentando um apelo às Meninas Digitais para compreenderem as necessidades da comunidade surda e desenvolverem mais ações de inclusão de meninas surdas na computação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino híbrido, programação, surdos.

THE HISTORY OF THE DEAF COUNTESS  
OF LOVELACE: A REPORT OF HYBRID AND  
ASSISTIVE TEACHING EXPERIENCE OF  
PROGRAMMING

**ABSTRACT:** The history of Lovelace Deaf Countess narrates the learning experience of a deaf student through face-to-face workshops before and during the execution of a Python

distance-learning program designed for girls. The hereby report developed by a teacher, a tutor and a Libras interpreter shows the development of the deaf student through a hybrid teaching approach for Programming and SWOT analyzes of assistance for the deaf student along her program trajectory. The results show advancement, nevertheless, the Deaf Countess of Lovelace wrote down an open letter to the Digital Girls Community reporting her experience, difficulties and development in Programming what illustrates how the Digital Girls can collaborate to the inclusion of more deaf girls in computing careers.

**KEYWORDS:** Hybrid teaching, programming, deaf.

## 1 | INTRODUÇÃO

A programação de computadores é um conhecimento considerado de difícil aprendizagem por muitos estudantes e professores de informática porque para ser aprendido coloca em operação diversas habilidades cognitivas como a compreensão, reflexão, sequenciação lógica, organização estrutural, abstração, análise e depuração. Por isso, as dificuldades de aprendizagem de programação bem como as tecnologias e metodologias desenvolvidas como apoio ao ensino de programação têm sido temáticas recorrentes na literatura acadêmica de Informática na Educação (SOUZA et al., 2016). Além disso, a literatura têm chamado à atenção para as ações de inclusão no ensino de programação, entre as quais destacamos neste trabalho a inclusão de mulheres e de surdos.

No caso das mulheres, além das comuns dificuldades de aprendizagem de programação, existem as dificuldades de aceitação e de permanência em uma área de conhecimento que, por ter sido predominantemente masculina ao longo dos anos, ainda existem muitos preconceitos e resistências.

No caso de estudantes surdos, de acordo com Oliveira et al. (2018a), o desafio é ainda maior, pois a aprendizagem é dificultada pelas limitações no domínio da segunda língua que impacta diretamente nas habilidades de interpretação textual, na compreensão do problema, na sequenciação lógica de algoritmos, na escrita e na depuração de programas, que são habilidades fundamentais no processo de programação.

Contemplando essas dificuldades de aprendizagem de programação quando se tratam de mulheres e surdos, este artigo apresenta uma solução de ensino híbrido de programação desenvolvida a partir da experiência de aprendizagem de uma estudante surda no curso a distância *Moodle de Lovelace* de programação Python. Essa solução é composta por oficinas presenciais de nivelamento em programação, um curso a distância de programação Python essencial, ativa e prática (OLIVEIRA et al., 2018b) e aulas presenciais de reforço em programação com tutoria individual e interpretação em Libras.

Ao acompanhar de perto as dificuldades que a estudante surda enfrentou ao longo do curso de programação, entendemos que a principal contribuição deste trabalho para a

aprendizagem de programação por estudantes surdos é oferecer uma solução de ensino híbrido e assistivo que possibilita um maior tempo e melhor assistência a estudantes surdos ao longo de um curso de programação. Mas, além de propor essa solução, a professora e sua equipe apresentam uma carta aberta da Condessa Surda de Lovelace para as Meninas Digitais e fazem um apelo à comunidade das Meninas Digitais para que busquem compreender as necessidades da comunidade surda e desenvolvam mais ações para a inclusão de meninas surdas nas carreiras de computação.

Para apresentar o relato de experiência de ensino híbrido e assistivo de programação, este trabalho está organizado conforme a ordem a seguir. Na Seção 2, destacamos algumas ações desenvolvidas para o ensino de programação direcionado para surdos. Na Seção 3, relatamos uma experiência de ensino de programação para uma estudante surda, a quem chamamos de Condessa Surda de Lovelace. Na Seção 4, realizamos a análise SWOT da experiência de curso híbrido com a estudante surda. Na Seção 5, manifestamos uma carta aberta da Condessa Surda para as Meninas Digitais relatando-lhes a sua experiência e fazendo um apelo para inclusão de mais meninas surdas na computação. Na Seção 6, concluímos com as considerações finais.

## 2 | O ENSINO DE PROGRAMAÇÃO PARA SURDOS

Na área de ensino de informática, em especial de programação, ainda há uma carência de ações que promovam a inclusão de surdos (OLIVEIRA et al., 2018a). Na Tabela 1, apresentamos algumas dessas ações e, a partir delas, apontamos como principais ações a serem realizadas na área de programação para promover a inclusão de surdos: compreender as limitações dos surdos para vencer os desafios de comunicação impostos pela linguagem falada, escrita e programada; capacitar professores e intérpretes para o trabalho colaborativo; desenvolver materiais adaptáveis e mais visuais; e desenvolver tecnologias assistivas que potencializem e facilitem a aprendizagem de programação dos estudantes surdos.

| Referências               | Ações   |
|---------------------------|---|
| (SANTOS et al., 2011)     | Desenvolvimento de um Dicionário Bilíngue em português e Libras.  |
| (BOSCARIOLI et al., 2015) | Treinamento de intérpretes para lidar com situações que ultrapassam a interpretação de sinais já existentes, atuando na criação de sinais específicos que enriquecem o portfólio de sinais.   |
| (SOUZA et al., 2013)      | Concepção, construção, avaliação e validação de uma linguagem de programação para o estudo de lógica de programação por deficientes auditivos, apoiado por uma IDE projetada para dar suporte às atividades, por intermédio de um intérprete virtual. |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| (SANTOS et al., 2014)    | Desenvolvimento de um ambiente de edição de textos com foco no auxílio a estudantes com deficiência auditiva. Estudam-se também formas de integrar a ferramenta com redes sociais como o Twitter.   |
| (GONÇALVES et al., 2015) | Produção de videoaulas de Programação em Java acessíveis no contexto de um projeto de capacitação profissional para pessoas surdas em três etapas: elaborar conteúdo didático para gravação, produzir videoaula e gerar versão de produção. |
| (ABUZINADAH, 2017)       | Avaliação da capacidade dos estudantes surdos para estudar e compreender um assunto altamente técnico como a programação de computadores e a ação de desafiar a percepção generalizada de que o surdo não pode aprender assuntos complexos. |
| (OLIVEIRA et al., 2018a) | Neste trabalho vídeos assistivos de aulas de programação presenciais são produzidos para curso de programação a distância.  |

Tabela 1. Ações para inclusão de surdos na programação

Faz-se necessário, portanto, ao considerar essas ações, pensar em metodologias de ensino que perpassem a questão visual dos surdos estimulando o pensamento lógico através de Libras e respeitando suas estruturas de organização semântica e sintática em softwares de programação. A partir daí, apresentam-se novos caminhos para promover o ensino da programação de um modo mais intuitivo que independa do esforço contínuo dos surdos em traduzir primeiro as proposições para então aplicá-las na resolução dos problemas (OLIVEIRA et al., 2018a).

No trabalho mais recente sobre ensino de programação para surdos apresentado na Tabela 1 (OLIVEIRA et al., 2018a), são informadas ações e tecnologias assistivas para o ensino de programação com a inclusão de estudantes surdos. A partir desse estudo, os principais desafios da inclusão de surdos na programação foram evidenciados, ações e tecnologias foram recomendadas e propôs-se um curso de programação estendido da modalidade presencial para a modalidade a distância através de vídeos assistivos.

Neste trabalho, considerando as dificuldades vivenciadas por uma estudante surda ao passar para o curso a distância de programação *Moodle de Lovelace*, propomos uma evolução desse curso para a modalidade híbrida que reúne oficinas de nivelamento de programação, o curso a distância e aulas de reforço com interpretação em Libras. Apresentamos, a seguir, uma experiência de aplicação dessa modalidade com a participação da estudante surda.

### 3 | UM RELATO DE ENSINO HÍBRIDO E ASSISTIVO DE PROGRAMAÇÃO

O relato de ensino híbrido e assistivo apresentado nesta seção narra a trajetória de aprendizagem de uma estudante surda em um curso de programação Python a distância com oficinas presenciais de nivelamento e de atendimento a estudantes com dificuldades.

Essa estudante surda, a quem chamamos neste artigo de *Condessa Surda de*

*Lovelace*, obteve o título simbólico de *Condessa de Lovelace* como emblema pelos seus progressos nas atividades do curso *Moodle de Lovelace*, conforme Figura 1.



Figura 1. Título simbólico de Condessa de Lovelace do grupo *Corte de Lovelace*

As primeiras aulas dela começaram no início do ano de 2018 junto com a primeira oferta do Moodle de Lovelace. Nessa oportunidade foram ministradas seis oficinas presenciais de nivelamento para duas estudantes surdas, sendo uma delas a própria Condessa Surda de Lovelace.

A professora de programação e as tutoras do curso a distância de programação Moodle de Lovelace, por não terem sequer o conhecimento básico da linguagem de sinais Libras, sentiram-se muito desafiadas a iniciar um curso de programação com a inclusão de surdos. Estas, embora tivessem o apoio de um intérprete de Libras que tinha conhecimentos básicos de programação, desconhecendo como os surdos aprendem, questionavam-se apreensivas como ensinariam programação para surdos.

A professora e as tutoras enfim decidiram abraçar o desafio de ensinar programação começando com duas estudantes surdas. Uma delas, porém, desistiu do curso após as duas primeiras aulas por conflitos de horários. Assim, apenas a Condessa Surda de Lovelace manteve a participação nas oficinas de nivelamento em programação.

As oficinas de nivelamento consistiram em aproximar a condessa surda da programação Python a partir do desenvolvimento do Pensamento Computacional e das habilidades envolvidas na prática da programação para diagnosticar possíveis lacunas na sua compreensão para resolver problemas do mundo real por programação. Dessa forma, trabalhamos nessas oficinas a compreensão de problemas por identificação de entrada processamento e saída, o desenvolvimento de sequências lógicas, uma introdução a variáveis, a lógica matemática, a construção de expressões lógicas, as estruturas condicionais e estruturas de repetição (OLIVEIRA et al., 2018a). Em seguida, iniciamos o desenvolvimento de algoritmos e da tradução destes em Linguagem Python.

Já na primeira aula das oficinas, reconhecemos os desafios de ensinar programação para as duas estudantes surdas. Em um considerável tempo da aula, as surdas tentavam



atividades e interagir nos fóruns. Dessa forma, a professora iniciou o curso mesmo sem as adaptações dos materiais para Libras.

No entanto, logo na primeira semana do curso, a condessa surda teve muitas dificuldades com o material porque a língua portuguesa é uma segunda língua para ela, mas não é a mais cômoda para ela aprender os conteúdos, em especial os de programação que são mais complexos e envolvem uma linguagem de programação. Dessa forma, lidar com duas linguagens diferentes da sua linguagem própria, que é a Linguagem de Libras, foi extremamente difícil para a Condessa Surda de Lovelace.

Mas a condessa não desistiu de aprender programação e insistiu nos estudos solicitando às professoras da instituição aulas presenciais de assistência. Prontamente, a instituição disponibilizou uma intérprete de Libras, que logo se tornou também uma Menina Digital do grupo Corte de Lovelace.

A partir da solicitação da condessa surda, ficou decidido que ela continuaria as aulas presenciais, mas agora com a assistência de uma tutora e de uma intérprete de Libras ajudando-a nos conteúdos e atividades do curso a distância de Python. Já a professora do curso gravou uma aula de programação em Libras com a participação presencial da condessa surda. Além disso, a professora produziu em vídeo, junto com a intérprete de Libras, mais duas aulas de programação com exercícios resolvidos de programação envolvendo expressões lógicas, estruturas de controle condicional e estruturas de controle de repetição. Esses vídeos foram disponibilizados no curso a distância como materiais assistivos de programação, mas precisam melhorar um pouco na qualidade audiovisual.

Com o atendimento presencial da tutora do curso de programação a distância e com o apoio da intérprete em Libras, a Condessa Surda de Lovelace vai superando os desafios de aprender programação, dedicando-se com muito entusiasmo a resolver os exercícios de Python, apresentando suas dúvidas e até solicitando mais exercícios para desenvolvimento da sua prática da programação.

Em aula presencial mais recente, a Condessa Surda de Lovelace apresentou e explicou à professora a análise de sua própria trajetória de aprendizagem de programação (Seção 4) no modelo de análise SWOT e entregou a *Carta Aberta* que escreveu para as Meninas Digitais, que é apresentada na Seção 5. Nessa carta, a condessa expõe sua experiência de dificuldades e progressos e faz um apelo à comunidade das Meninas Digitais para que mais ações de inclusão de meninas surdas sejam desenvolvidas.

#### **4 | UM RELATO DE ENSINO HÍBRIDO E ASSISTIVO DE PROGRAMAÇÃO**

Após a realização das oficinas presenciais e durante as últimas semanas do curso de programação Python a distância, a professora, a tutora, a intérprete de Libras e a Condessa Surda de Lovelace realizaram uma avaliação diagnóstica da experiência delas

no Modelo de Ensino Híbrido do curso de Programação Python do Moodle de Lovelace apresentado neste artigo através de matrizes de análise SWOT (FERNANDES et al., 2015).

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam as análises SWOT da equipe de acompanhamento da estudante surda no curso de programação.

| Análise SWOT – Professora de Programação   |   | Análise SWOT – Tutora de Programação  |   |
|--|---|---|---|
| Pontos Fortes  | Pontos Fracos   | Pontos Fortes   | Pontos Fracos   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Muita força de vontade da aluna surda em aprender programação mesmo com tantas dificuldades</li> <li>Facilidade no desenvolvimento de metodologias para facilitar a aprendizagem de programação</li> <li>Disponibilização de intérpretes pela instituição que oferta o curso a distância</li> <li>Estrutura de EaD da instituição</li> <li>Oficinas de nivelamento</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Não saber Libras</li> <li>Saber pouco sobre a comunidade surda</li> <li>Dificuldades para produzir material assistivo de melhor qualidade</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dedicação da estudante surda</li> <li>Dedicação da professora em preparar um conteúdo adaptado para as aulas de atendimento presenciais por mim</li> <li>Conteúdo das aulas sendo construído a partir das necessidades específicas da estudante surda.</li> <li>Adaptação do conteúdo já existente no curso para uma melhor aprendizagem.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Disponibilidade de equipamentos para a ministração das aulas.</li> <li>Disponibilidade de intérpretes para fazer o revezamento na tradução das aulas.</li> <li>Disponibilidade de horário do interprete</li> </ul> |
| Oportunidades  | Ameaças   | Oportunidades   | Ameaças   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Sensibilizar as Meninas Digitais para desenvolvimento de soluções para inclusão de meninas surdas na computação</li> <li>Ampliar a oferta de vagas para surdos em uma modalidade híbrida de ensino de programação.</li> <li>Criar adaptações para surdos no curso a distância de programação</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Evasão, se não houver acompanhamento presencial.</li> <li>Tutoria voluntária, que pode ser perdida ao longo do curso</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aprendizado diário com a estudante surda, pois ela é dedicada e se esforça o máximo que pode dentro de sua limitação para aprender e da forma dela tenta me passar suas dúvidas para que eu possa ajudá-la nas resoluções dos exercícios.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Minha falta de conhecimento em Libras.</li> <li>Falta de políticas de acessibilidade mais contundentes.</li> </ul>   |

Tabela 2. Análises SWOT - Professora e Tutora de Programação.

A partir das análises SWOT, houve inicialmente uma conversa com a estudante surda para que ela explicasse suas análises e apontasse soluções. Dessa forma, com as análises SWOT da professora, da tutora e da intérprete, e considerando o esforço da condessa surda para aprender programação, decidiu-se por um replanejamento do curso com adaptações dos materiais, pelo menos os enunciados, e com soluções de exercícios resolvidos em Libras. Além disso, as oficinas presenciais de nivelamento e atendimento serão agregadas ao curso a distância Moodle de Lovelace, migrando, assim, para o modelo híbrido de ensino de programação.

| Pontos Fortes  | Pontos Fracos   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Auxílio da professora e da tutora em esclarecer as noções básicas de programação.</li> <li>Compreensão clara do conteúdo por parte da aluna surda.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de conhecimento na área de programação.</li> <li>Falta de conhecimento de terminologia (signos em Libras) de sinais da área de programação.</li> </ul> |
| Oportunidades  | Ameaças   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Descoberta dos principais conceitos e nomenclaturas em Libras para a área de programação estudada no curso.</li> </ul>  | Não há  |

Tabela 3. Análise SWOT - Intérprete de LIBRAS.

| Pontos Fortes   | Pontos Fracos   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• As professoras e intérprete de Libras foram ótimas no apoio</li> <li>• Treino em casa foi importante</li> <li>• Contato presencial e visual deu para familiarizar-se e conseguir desenvolver no curso.</li> <li>• Ótima troca de interação</li> <li>• Aulas de reforço presenciais</li> <li>• Paciência das professoras</li> <li>• Exercícios resolvidos similares apresentados pela professora</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Textos em Português podem atrapalhar a compreensão e por vezes torna impossível que responder de modo autônomo, no caso dependeria de uma tradução.</li> <li>• o ensino a distância é positivo, no entanto ainda não está totalmente familiarizada com os processos de interação no ambiente virtual.</li> <li>• Dificuldades no acesso ao computador fora da aula</li> <li>• À distância, o tempo é pouco para resolver as atividades</li> <li>• Limitação em tirar dúvidas pelo <i>Whatsapp</i></li> </ul> |
| Oportunidades   | Ameaças   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprender de forma melhor a programação</li> <li>• Apoio do material didático</li> <li>• Oficinas presenciais do curso a distância ajudam a aprofundar os conteúdos</li> <li>• Acesso à biblioteca virtual e física como aluna do curso</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Língua portuguesa</li> <li>• Linguagem de programação em inglês</li> <li>• Prazo das atividades. O aluno surdo precisa de mais tempo.</li> <li>• Apenas EaD dificulta para o surdo.</li> </ul>   |

Tabela 4. Análise SWOT - Estudante Surda.

## 5 | CARTA ABERTA PARA AS MENINAS DIGITAIS

Com o objetivo de informar a comunidade das Meninas Digitais da Sociedade Brasileira de Computação sobre as dificuldades de aprendizagem de programação por estudantes surdos, a Condessa Surda de Lovelace, chamada Ana Carla, escreveu uma carta aberta para as Meninas Digitais relatando a sua experiência de aprendizagem de programação, apontando os desafios que os surdos enfrentam na compreensão da programação, primeiro porque já têm dificuldades de interpretação na Língua Portuguesa e segundo porque aprendem uma Linguagem de Programação em Língua Inglesa.

De acordo com a Condessa Ana Carla, é muito complicado para o surdo compreender um problema a ser resolvido em Língua Portuguesa e gerar a solução desse problema em uma linguagem de programação que, em geral, é em Língua Inglesa, mesmo tendo já passado por oficinas de nivelamento de programação utilizando o Português. As barreiras enfrentadas pela Linguagem demandam, portanto, um tempo maior de aprendizagem para estudantes surdos do que para ouvintes. Chamando a atenção das Meninas Digitais para essa questão, a Condessa Surda apresenta a seguinte carta aberta (com explicações de um intérprete de Libras e professor de Linguística):

## Carta Aberta para as Meninas Digitas - Minha Experiência de Aprendizagem de Programação

***Começa que eu aprendi desenvolver sobre programação Python. A importante acessibilidade que os surdos começam abertura de programação Python. A área é nova relação de conteúdo porque nova é abertura para surdos.***

**Interpretação:** Nessa parte, ela sinaliza como o curso é positivo por abrir uma nova possibilidade de formação para surdos, englobando conteúdos que eles antes não tinham acesso. Segundo ela, o Python é desconhecido para a comunidade surda por não ser divulgado.

***Mostra que os exercícios vários são treinar estudar em casa para curiosidade internet, presencial com professoras tem apoio e intérprete de Libras.***

**Interpretação:** Ela continua falando sobre o curso apontando as duas formas de aprendizagem sendo no ambiente virtual (quando ela usa internet) e do presencial com as professoras e intérpretes presentes e os exercícios de treino.

***Agora é treinar, o que é como, treinar é prática igual imaginação e pensamento; imaginação é um sentido cérebro dá muito trabalho para muito tentar e corrigir sozinha, depois de mostrar para professoras vão explicar a consertar interação, e pensamento é um sentido que surda é visual programação Python, surda vai pensar em responder e pesquisar anteriores, comparação formulários, pensar é pesquisar visual formulários.***

**Interpretação:** Ela tenta explicar a compreensão que tem sobre aprendizagem e prática, ressaltando a questão visual e as etapas envolvidas como aprender, resolver exercícios, ter a correção e *feedback* das professoras e diz que isso é exaustivo e difícil envolvendo pesquisa, fórmulas (ela escreve “formulários”), exercícios, etc. A dificuldade aqui não parece ser somente na língua, mas também no processo em si de aprender “sozinha” e construir conhecimento sobre programação. Ela precisa de mais tempo para “meditar” para depois fazer a produção do que entendeu. Segundo ela, houve muita dificuldade para entender o que foi pedido, mas com as oficinas presenciais e com os exemplos começou a entender melhor.

***Estudar em casa para curiosidade internet como ver sistema diferente, por exemplo, modelo diferente, comparação e também site de Python.***

**Interpretação:** Ela retoma a comparação entre o ambiente virtual e presencial em como a proposta do curso tem se diferenciado em relação ao que ela está acostumada. Mas segundo ela ajudou a diminuir as dificuldades comparando os exemplos mostrados pela professora com os exemplos da internet.

***Sozinha conseguiu entender? Não porque depende leitura portuguesa entender interpretação errado. Mas preferir presencial acostumar. Presencial aula com duas professoras tem apoio no método diferente; Primeira professora: Exercícios***

***presenciais na hora de interação, explicação a cada prática clareza e com intérprete de Libras. Depois de aluna sozinha fazer a tentar resultado a concertar, pergunta dúvida.***

**Interpretação:** Ela diz que sozinha não seria possível compreender. Que a Língua Portuguesa é ainda uma barreira que dificulta e insiste que presencialmente a experiência é melhor, pois as professoras explicam o passo a passo, tem os intérpretes presentes e as dúvidas podem ser tiradas em tempo real. A crítica aqui parece muito mais em relação a modalidade do que das especificidades do curso, lembrando que essa opinião não é somente dela. Uma boa parte das pessoas prefere o ensino presencial e acham que aprendem mais assim. Daí o desafio da EaD conseguir criar um caminho em que as pessoas se sintam tão confortáveis quanto presencialmente.

***Segunda professora: Um exercício presencial na hora de interação, explicação a cada prática clareza, mais tem que as formas de mostrar os exemplos outros, também dá aula de treinar sozinha, pergunta dúvida.***

**Interpretação:** Ela reforça o conforto no ensino presencial, com todo apoio que tem da tutora (a segunda professora) e volta a sinalizar que aprende mais e que isso não se limita ao ambiente presencial, que leva coisas para praticar em casa.

**Intérprete de Libras:** Não tem como defeito de Libras. É tem muito bom apoio. Influência de Libras dá claro muito.

**Interpretação:** Ela avalia bem a interpretação e fluência na Libras da intérprete. Isso é ótimo porque ela não é do tipo de surda que se cala. Logo, se ela está elogiando, é porque a interpretação está de fato boa. Segundo a condessa Surda, a sinalização em Libras tem sido muito clara.

***Distância é pouco, porque surda precisa aprender mais acostumar o conteúdos. Mas presencial é ótima, mas é um problema de intérprete de Libras tem algum ocupado as dias. Vai pedir a precisa duas pessoas de intérprete de Libras, porque troca de tempo fácil de disponível. (Condessa A.C.)***

**Interpretação:** Ela aponta o problema de não ter intérpretes todos os dias, a necessidade de revezamento e realmente afirma que apenas o curso a distância não parece suficiente, que o apoio presencial é ainda essencial e mais produtivo.

O intérprete de Libras da Carta Aberta finaliza destacando que os textos dessa carta não se tratam de erros comuns na escrita da língua portuguesa e sim marcas de uma falante de português como segunda língua. Além disso, o conceito de *Pidgin* ou língua de contacto é comum nos textos de surdos.

Após ler a carta da Condessa surda de Lovelace e compreendê-la a partir das explicações de um intérprete, a professora ficou impressionada e comovida com o depoimento da condessa. Para a professora de programação, que não sabe Libras, os fatos da estudante ser bilíngue e da EaD ampliar as possibilidades de aprendizagem dos surdos através das tecnologias faziam-na acreditar que a EaD era suficiente para

favorecer a aprendizagem de estudantes surdos. Mas para a Condessa Surda, só a EaD não era suficiente e era necessário ter o atendimento presencial também. Além disso, surpreendeu a professora como as dificuldades de aprendizagem de programação, tão comuns para outros estudantes, eram sobremaneira ampliadas para os surdos por causa das dificuldades com a Língua Portuguesa que se estendiam na língua inglesa e na Linguagem de Programação.

Considerando essas dificuldades, a professora decidiu migrar o curso a distância de programação Moodle de Lovelace para a modalidade híbrida.

Após receber as explicações da carta escrita pela própria Condessa Surda de Lovelace, a professora perguntou a ela, via intérprete, o que gostaria de pedir às Meninas Digitais para que mais meninas surdas pudessem ter a oportunidade de também aprender programação. A condessa sinalizou à professora que as pessoas da computação devem buscar compreender a comunidade surda e, como os surdos gastam mais tempo para compreender e acostumar com a programação, é importante que haja mais exercícios para acostumar com a Linguagem Python.

A condessa surda faz, portanto, um apelo, que é reforçado pela equipe da Corte de Lovelace, solicitando que, assim como ela se dispôs a compreender a Língua Portuguesa para aprender programação, as meninas e as professoras se disponham a aprender a linguagem de sinais dos surdos para que todos falem e compreendam Python.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um relato de experiência de ensino híbrido e assistivo de programação para uma estudante surda através de oficinas presenciais de nivelamento, de um curso de programação Python a distância e de aulas presenciais de reforço.

Antes dessa experiência, o curso Moodle de Lovelace era ofertado somente a distância e a equipe acreditava que surdos bilíngues, apoiados por tecnologias, aprenderiam normalmente programação em um curso a distância. No entanto, o relato da Condessa Surda de Lovelace evidenciou que o curso deveria oferecer também um acompanhamento presencial para surdos e que estes precisam de tempo maior para responder às atividades propostas porque enfrentam as barreiras de compreensão da Língua Portuguesa.

Os desafios vivenciados pela estudante surda em lidar com três linguagens (Libras, Português e Python) contribuíram para que o Moodle de Lovelace passasse por adaptações e se aplicassem novas metodologias de ensino para inclusão de surdos. Dessa forma, as primeiras decisões tomadas foram oferecer um ensino híbrido de programação, promover adaptações para Libras nos materiais e promover ações de mobilização como, por exemplo, a Carta Aberta da Condessa Surda de Lovelace para as Meninas Digitais.

Concluindo, em seu depoimento apresentado à professora do curso, a Condessa

Surda de Lovelace expressou em Libras que o Python está “escondido” para os surdos e os surdos estão “escondidos” para o Python, uma vez que há poucas ações para inclusão de surdos na programação. Atentando para essa afirmação e presenciando o esforço dessa estudante surda para aprender programação e enfrentar as próprias limitações, os autores desse artigo consideraram muito digno levar o apelo da comunidade surda para a comunidade das Meninas Digitais com a finalidade de incentivar mais ações de inclusão e ajudar mais meninas surdas a aprenderem programação.

## REFERÊNCIAS

- ABUZINADAH, N. E.; MALIBARI, A. A.; KRAUSE, P. **Towards Empowering Hearing Impaired Students' Skills in Computing and Technology**. *Computer*, v. 8, n. 1, 2017.
- BOSCARIOLI, C. et al. **Aluno surdo na ciência da computação: Discutindo os desafios da inclusão**. In: XXIII Anais do Workshop de Informática na Escola (WEI)-CSBC. 2015.
- FERNANDES, I. G. M. et al. **Planejamento estratégico: análise SWOT**. *Revista Conexão Eletrônica das Faculdades Integradas de Três Lagoas, Mato Grosso do Sul*, v. 8, n. 01, 2015.
- GONÇALVES, E. et al. **Produção de videoaulas de programação em Java acessíveis no contexto de um projeto de capacitação profissional para pessoas surdas**. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2015. p. 877.
- OLIVEIRA, Márcia et al. **Recomendações de Ações e Tecnologias para a Acessibilidade de Surdos em Curso de Programação a Distância**. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2018. p. 459.
- OLIVEIRA, M. G. et al. **O Moodle de Lovelace: Um Curso a Distância de Python Essencial, Ativo e Prático para Formação de Programadoras**. In: Anais do XII Women in Information Technology. SBC, 2018.
- SANTOS, R. E. S. et al. **Informática na educação especial: uma discussão no contexto da educação de surdos**. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2014. p. 622.
- SANTOS, R. E. S. et al. **Proglib: Uma linguagem de programação baseada na escrita de libras**. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. 2011. p. 1533-1542.
- SOUZA, D. M.; DA SILVA, BATISTA, M. H.; BARBOSA, E. F. **Problemas e dificuldades no ensino de programação: Um mapeamento sistemático**. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 24, n. 1, p. 39, 2016.
- SOUZA SANTOS, R. E. et al. **Trabalhando lógica de programação com portadores de deficiência auditiva: a experiência com a linguagem PROGLIB e a IDE Hands**. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, v. 6, n. 1, p. 32-44, 2013.

## A LEI DE ARREFECIMENTO DE NEWTON SOB O OLHAR DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

*Data de aceite: 03/08/2020*

**Camyla Martins Trindade**

Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Maceió - AL

<http://lattes.cnpq.br/8752637440881184>

**Aline Gabriela dos Santos**

Instituto Federal do Pará - IFPA

Bragança - PA

<http://lattes.cnpq.br/8517440734154487>

**Cristiano Braga de Oliveira**

Universidade Federal do Pará - UFPA

Belém - PA

<http://lattes.cnpq.br/2012907724305086>

**Adriano Santos da Rocha**

Instituto Federal do Pará - IFPA

Castanhal - PA

<http://lattes.cnpq.br/5535745529748373>

**RESUMO:** A ciência está cada vez mais evoluindo e junto com ela cresce a necessidade de adequar esse conhecimento para que possam ser estudados em sala de aula. A escola tem o papel de transmitir esse conhecimento para os alunos, tal conhecimento é oriundo do conhecimento científico que precisa ser transformado para se tornar um conhecimento a ser aprendido. Essa transformação do saber é baseada na transposição didática, uma

importante ferramenta encontrada na didática da ciência. Através dela uma variedade de temas pode passar por uma codificação que torna o assunto mais acessível para os alunos. Dessa forma este trabalho busca mostrar através da transposição didática a possibilidade de inserção da Lei de Arrefecimento de Newton nas aulas de Física do segundo ano do Ensino Médio mesmo diante dos arranjos matemáticos sofisticados utilizados para a compreensão desta Lei. Sendo assim, será feita alusão à transposição didática buscando a necessidade de entender e expor o conteúdo além de mostrar sua simplicidade para abordar o tema nas aulas de Física do Ensino Médio procurando transpor o conhecimento científico para um nível de saber a ser ensinado nas salas de aula, fazendo com que o conhecimento sofra transformações desde sua origem científica até chegar ao âmbito escolar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transposição didática, Lei de arrefecimento de Newton, ensino médio, sala de aula.

### NEWTON'S LAW OF COOLING UNDER THE VIEW OF DIDACTIC TRANSPOSITION

**ABSTRACT:** Science is increasingly evolving and along with it the need to adapt this

knowledge so that it can be studied in the classroom. The school has the role of transmitting this knowledge to the students. The knowledge comes from scientific knowledge that needs to be transformed to become a knowledge to be learned. This knowledge transformation is based on didactic transposition, an important tool found in science teaching. Through it a variety of topics can go through a coding that makes the subject more accessible to students. In this way, this work seeks to show, through didactic transposition, the possibility of inserting Newton's Law of Cooling in Physics classes in the second year of high school, even in the face of the sophisticated mathematical arrangements used to understand this Law. Therefore, an allusion to didactic transposition will be made, seeking the need to understand and expose the content, in addition to showing its simplicity to approach the theme in high school physics classes, searching to transpose scientific knowledge to a level of knowledge to be taught in classrooms. class, causing knowledge to change from its scientific origin to school.

**KEYWORDS:** Didactic transposition, Newton's Law of cooling, high school, classroom.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com a evolução da ciência os conhecimentos científicos aumentam a cada dia, sendo assim, é necessário fazer com que os alunos tenham o conhecimento dessas novas descobertas, porém muitas vezes esses saberes são trabalhados de maneira que não é acessível para os educandos. Deste modo, para que um tema da ciência chegue às salas de aula deve ser feito uma codificação desse tema. Essa codificação deve ser feita para que o conhecimento possa chegar nas salas de aula e para que sejam aprendidos pelos alunos. Tal decodificação pode ser realizada através de uma ferramenta encontrada na didática da ciência, denominada transposição didática. Segundo Valigura et al. (2002) os conhecimentos científicos na medida em que são elaborados, passam por processos de codificação, sendo que os processos didáticos devem considerar os códigos científicos.

Neste trabalho será discutido a abordagem da Lei de Arrefecimento de Newton. Para isso, será feita referência à transposição didática de conteúdo. Nesse sentido, há necessidade de entender e expor o conteúdo além de mostrar sua simplicidade para abordar o tema nas aulas de Física do Ensino Médio. Desse modo, é necessário transpor o conhecimento científico para um nível de saber a ser ensinado nas salas de aula, fazendo com que o conhecimento sofra transformações desde sua origem científica até adentrar a sala de aula, processo chamado de Transposição Didática.

## 2 | A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

De acordo com Silva e Chagas (2017), a teoria da transposição didática foi formulada em 1975 pelo sociólogo Michel Verret. Entretanto, apenas em 1982 a ideia foi aplicada a uma unidade didática mais específica. O matemático Yves Chevallard em colaboração

com Marie-Albert Joshua tornaram a transposição didática uma teoria através da aplicação à didática matemática enquanto estudavam a matemática do conceito de distância e analisaram as transformações sofridas por esse conceito desde a sua origem, no “saber sábio”, até seu uso nas aulas de geometria na sétima série. De acordo com Marandino (2011), os autores analisaram as modificações de seu estatuto teórico pelos círculos de pensamento intermediários entre a pesquisa e o ensino. Entretanto o poder dessa teoria não se restringe apenas a matemática. Desta forma, a transposição didática também tem sido considerada por pesquisadores de várias áreas da ciência como uma ferramenta na elaboração de propostas para aprimoramento do ensino.

A Transposição Didática pressupõe a existência de um processo no qual um conteúdo do saber tendo sido designado como saber sábio, sofre um conjunto de transformações adaptativas que o levam a tomar lugar entre os objetos de ensino. Em outras palavras, há uma transposição do saber apresentado nas palavras originais de seu autor (saber sábio) para um saber entendido como conteúdo escolar, usado em livros didáticos, por exemplo (saber ensinado). O trabalho em tornar um objeto do saber sábio em objeto do saber ensinado é denominado Transposição Didática. Para Pietrocola (2001), a Transposição Didática analisa as transformações ocorridas no saber de referência (Saber Sábido) até se tornar um saber da sala de aula (Saber Ensinado). A Transposição Didática é um processo, no qual, determinado conteúdo sofre algumas transformações adaptativas que vão torna-lo apto para ocupar um lugar entre os objetos de ensino.

Essa transposição do conhecimento científico para um conteúdo didático é um dos desafios encontrados pelos professores. A transformação de teorias complexas em assuntos compreensíveis para os alunos deve ocorrer de modo que as teorias não percam suas características e peculiaridades. Isso implica dizer que a transposição didática pode ser entendida como um conjunto de ações que transformam o saber tido como referência, denominado de saber sábio, em um saber da sala de aula, o saber ensinado.

No ambiente escolar, o ensino do saber sábio se apresenta no formato do que se denomina de conteúdo ou conhecimento científico escolar. Este conteúdo escolar não é o saber sábio original, ele não é ensinado no formato original publicado pelo cientista, como também não é uma mera simplificação deste. O conteúdo escolar é um “objeto didático” produto de um conjunto de transformações. [...]. Após ser submetido ao processo transformador da transposição didática, o “saber sábio” regido agora por outro estatuto, passa a constituir o “saber a ensinar”. (PINHO, 2001, p. 21).

Entretanto, a transformação feita para que o conhecimento seja adequado as salas de aula, ou seja, a adaptação do saber para a sala de aula, muitas vezes é interpretada erroneamente como uma simplificação do conhecimento científico, afirma Pinho Alves.

Pinho Alves afirma que primeiramente somos levados a interpretar que o saber a ensinar é apenas uma mera simplificação dos objetos complexos que compõe o repertório do saber sábio. Esta interpretação é equivocada e geradora de interpretações ambíguas nas relações escolares, pois revela o desconhecimento de um processo complexo do saber. (PINHO, 2001, p. 245).

Desta forma, é necessário que essa transformação considere diversos fatores que estão inteiramente ligados com o aprendizado dos novos assuntos. Pietrocola (2001) destaca que é necessário adequar o conhecimento em sua sequência (que na maioria das vezes é anacrônica), em sua linguagem, em exercícios, problemas e atividades, objetivando sempre a otimização do aprendizado. De modo que essas adaptações do saber sejam feitas sem deixar de considerar a realidade da sala de aula e o cotidiano do aluno.

### 3 | OS NÍVEIS DE SABER DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

A Transposição Didática é uma ferramenta que consegue refazer os caminhos percorridos pelos níveis de saber, desde o “saber sábio”, passando pelo “saber ensinar” até chegar ao “saber ensinado”. O “saber sábio” é aquele saber tomado como referência, o conhecimento originado entre os membros da comunidade científica, em outras palavras, cientistas e pesquisadores em geral responsáveis pela construção desse saber. Esse conhecimento sofre transformações para poder chegar ao público, em forma de artigos, por exemplo. Na busca pela pesquisa o cientista deixa de lado a informalidade e a emoção que o levou a iniciar seu trabalho, baseando-se apenas nas análises e julgamentos das soluções, com o objetivo de adequar sua pesquisa as normas impostas pela sociedade científica.

Há um processo de reelaboração racional que elimina elementos emotivos e processuais, valorizando o encadeamento lógico e a neutralidade de sentimentos. Aqui, de certa forma, há uma transposição – não didática- mas, diríamos, científica caracterizada por uma despersonalização e reformulação do saber. (PINHO, 2000, p. 224).

O “saber ensinar” é o segundo nível do saber, considerado como transposição didática externa. Para Pietrocola (2001) o saber ensinar se materializa na produção de livros didáticos, manuais de ensino para formação universitária, programas escolares que tem como alvo os alunos universitários e professores do ensino médio. É nessa fase que o conhecimento é transformado em uma linguagem mais simples e acessível, o saber que é ensinado nas salas de aula, sofrendo uma reorganização lógica e atemporal. O s agentes responsáveis pela transformação e pelo o que deverá ser transformado de saber sábio para o saber ensinar são os autores de livros didáticos, professores, público de modo geral, objetivando a criação de um saber mais próximo das escolas. Apesar dos processos sofridos pelo saber ao decorrer desse nível, chamado de saber ensinar, o único objetivo que se visa é melhorar o ensino aumentando a aprendizagem, deixando o conhecimento acessível aos alunos. A primeira transposição entre o saber sábio e o saber ensinar também pode ser chamado de transposição didática externa.

A segunda transposição do saber é conhecida como “saber ensinado”. Esse saber é uma extensão do saber proveniente dos livros didáticos, ele se dá visando a sequência das

aulas. É neste patamar do saber que se encontra o papel do professor como mediador do conhecimento, ele é o personagem responsável por transpor o saber, mas não é o único, alunos e membros da escola também são responsáveis pelo saber ensinado, também conhecido como Transposição Didática Interna, por ocorrer no interior da escola. O saber ensinado, chamado de transposição interna ocorre no processo do professor preparar sua aula e a transposição externa transforma o saber referência em um saber com uma linguagem mais adequada, esses processos fazem com que o saber chegue aos alunos com alguns cortes, formando um novo ambiente epistemológico.

Durante essa transformação do saber deve-se considerar o cotidiano do aluno, pois é necessário que o saber faça parte da realidade dos educandos com o único objetivo de facilitar a compreensão destes. Contudo, para que o conhecimento sobreviva como saber ensinado Chevallard aponta como características que o saber deve ser consensual, ou seja, o saber não pode ser algo duvidoso, que gere dúvidas ao professor, para que ele não se sinta inseguro ao transmitir o conhecimento aos educandos, levando os alunos a pensarem se o que estão aprendendo é verdadeiro ou não.

Ao analisar o processo de transposição do saber sábio em saber a ensinar Astolfi (1997) descreve algumas regras para descrever a transposição didática dentre as quais quatro podem ser destacadas.

- Modernização do modelo escolar: A ciência evolui cada vez mais e conseqüentemente o conhecimento gerado por ela torna-se cada vez mais acessível à população devido os novos dispositivos e aparelhos que existem em nossa atualidade. Junto com todo esse desenvolvimento deveria estar à atualização dos livros didáticos para que trouxessem assuntos mais modernos e que estejam ligados ao dia-a-dia dos alunos. De certa forma, conteúdos da ciência moderna já são vistos em alguns materiais didáticos, algumas vezes resumidos em capítulos finais do livro, mas são citados de forma superficial.
- Atualização do saber escolar: O saber deve ser sempre atualizado, para que o sistema didático não se torne arcaico quando comparado com saber moderno. Isso acontece quando o saber se afasta do saber original e se torna algo trivial para a sociedade. Alguns objetos do saber, com o passar do tempo, se agregam à cultura geral que de certa forma, passa a dispensar o formalismo escolar. Outros perdem significado por razões extracurriculares e/ou escolares. Para Pinho Alves (2000) é uma regra que poderia ser entendida como a “luta contra obsolência didática.
- Articulação do saber novo ao saber antigo: O novo saber deve articular com o saber antigo de modo a explicá-lo ou completá-lo e não negá-lo ou refutá-lo. Caso isso ocorra o educando podem concluir que o saber novo é sempre instável, o que influencia no processo de aprendizagem do aluno. Entre os vários objetos do saber sábio suscetível a modernização e para diminuir à obsolescência, alguns são escolhidos porque permitem uma articulação mais satisfatória entre o novo que se tenta introduzir, e o velho já provado no sistema e do qual será necessário conservar alguns elementos reorganizados.
- Tornar o conceito mais acessível: Com a passagem do saber sábio para o saber ensinar há uma mudança na linguagem original que é aquela utilizada pelos mem-

bros da sociedade científica, para uma linguagem mais acessível com o único objetivo de facilitar o aprendizado fazendo com que os alunos compreendam o conteúdo. Neste processo são criados objetos didáticos que permitem inserir elementos novos e facilitadores do aprendizado, assim como utilizar uma matemática adequada para aqueles que estão sendo iniciados neste tipo de saber.

Há várias pesquisas que não recebem a devida e merecida importância para serem tratados em sala de aula devido à dificuldade na compreensão dos temas. Nesse sentido, é possível transformar o saber sábio em saber ensinado. Um grande estudo que pode sofrer essa transformação para ser ensinado nas salas de aula é a Lei de Arrefecimento de Newton ressaltando os aspectos teóricos e fenomenológicos dessa lei através da transposição didática. A partir de agora vamos entender o conceito da Lei de Arrefecimento de Newton, assim como mostrar como esse importante trabalho de Isaac Newton pode ser discutido entre professor e educando em uma sala de aula.

#### 4 | A LEI DE ARREFECIMENTO DE NEWTON

Quando falamos em ciência um dos primeiros nomes a ser lembrado é o de Isaac Newton ao lado de Einstein, Galileu e outros. Ele contribuiu de forma substancial para a Matemática, tal como o desenvolvimento do binômio de Newton e do cálculo diferencial, assim como importantes contribuições para a Física, como a mecânica newtoniana, fundamento base para a mecânica clássica, além da gravitação universal e do estudo da Natureza da luz. Contudo, um dos trabalhos de Newton pouco conhecido foi a publicação de um artigo denominado “Scala Graduum Caloris”. Neste artigo, Newton relata uma nova maneira de medir temperaturas de até 1000°C através de um método hoje conhecido como Lei de Arrefecimento ou Resfriamento de Newton, válido para sólidos e líquidos.

Newton pode ser considerado o cérebro mais refinado que a humanidade já produziu. Sua obra apresenta um grande avanço do nosso pensamento. A descoberta da gravitação universal era uma das maiores descobertas importantes de Isaac Newton. Ele trouxe o conceito de força, criou o cálculo, estudou a natureza da luz. Enfim, Newton deu para a humanidade as bases da Física e da matemática em sua grande obra PRINCIPIA MATHEMATICA. (OLIVEIRA, 2009, p. 4).

Segundo Pimentel (2012), observações foram feitas por ele e com conceitos sobre conservação do calor Newton verificou que o calor retirado de um objeto quente é levado pelo vento. Para comprovar seus estudos Newton utilizou a experimentação, esquentando um objeto e deixando-o em repouso em um lugar isolado, para que não houvesse contato com outro corpo, de modo que o único meio de perder calor é para o ambiente, percebe-se que com o passar do tempo a temperatura do objeto diminui. Assim, quando temos um corpo com uma determinada temperatura ( $T_c$ ) exposto a uma temperatura ambiente ( $T_a$ ), sendo essas temperaturas diferentes ( $T_c \neq T_a$ ), ocorre um fluxo de calor do mais quente para o mais frio, esse fluxo se dá até que o estado estacionário seja atingido, esse

estado corresponde ao equilíbrio térmico, em outras palavras, equilíbrio térmico é o termo utilizado quando após um determinado intervalo de tempo, o corpo alcança a temperatura do ambiente.

A lei de arrefecimento mostra que o fluxo de calor entre corpos com temperaturas diferentes varia conforme a diferença de temperatura. Esta lei é capaz de definir a temperatura de um determinado corpo sem fonte interna ou externa de calor, sendo válida para o aquecimento de um determinado corpo, pois se  $T_c < T_a$  este corpo se aquecerá, mas se  $T_c > T_a$  o corpo resfriará.

Podendo admitir um sistema no qual a temperatura é uniforme, ou seja, uma temperatura  $T$  para todos os seus pontos. Supondo que esse sistema esteja em um ambiente em que a temperatura seja  $T_a$ , sendo  $T_a < T$ , ocorrerá um fluxo de calor do mais quente para o mais frio. O que se pode notar é que essa quantidade de calor que foi transferida do corpo mais quente para o mais frio por unidade de tempo  $\frac{dQ}{dt}$ , é proporcional a diferença de temperatura  $(T - T_a)$  entre o sistema e o meio que o cerca. Como a temperatura é considerada a mesma para todos os pontos do sistema ela será definida em função do tempo  $T - T_{(t)}$ , o que leva a concluir que quando maior for  $(T - T_a)$ , mais rápida será a variação  $T_{(t)}$ . Esta relação pode ser expressa matematicamente através de uma equação diferencial ordinária (EDO) de primeira ordem:

$$\frac{dQ}{dt} = hA(T - T_a),$$

onde  $h$  é uma constante específica de cada sistema conhecido como coeficiente de transferência térmica e  $A$  depende da área de contato entre o sistema e o ambiente. O coeficiente de transferência térmica, também chamado de coeficiente de transferência de calor, é uma função que depende de vários fatores, tal como, entrada ou perda de calor ( $\Delta Q$ ), área de superfície de transferência térmica ( $A$ ), diferença na temperatura entre a área da superfície do sólido e a do fluido circundante ( $\Delta T$ ) e o período de tempo ( $\Delta t$ ), o que implica dizer que cada situação vai ter um valor diferente para  $h$ .

$$h = \frac{\Delta Q}{A \Delta T \Delta t}.$$

Logo obtemos a seguinte equação diferencial em que a variável do primeiro membro é a temperatura  $T$  do sistema e a variável do segundo membro é o tempo  $t$  de resfriamento:

$$\frac{-C dT}{dt} = hA (T - T_a),$$

considerando  $\lambda = \frac{c}{hA}$ , temos a solução:

$$T = T_a + (T_o - T_a)e^{-\frac{(t-t_o)}{\lambda}}$$

Após identificar a solução para a Lei de Arrefecimento de Newton, dada como uma função exponencial, a Figura 1 mostra a relação entre a temperatura em função do tempo, onde percebe-se que com o passar do tempo a temperatura vai se aproximando da temperatura ambiente e essa diferença se torna cada vez menor até o momento em que a temperatura do corpo entra em equilíbrio térmico com o ambiente.

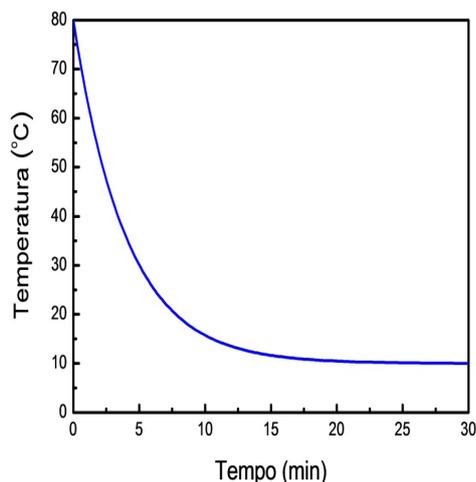


Figura 1. Temperatura em função do tempo. Fonte: Autor, 2020.

A relevância do estudo da Lei de Arrefecimento de Newton deve-se as várias situações na qual ocorre a variação de temperatura de um corpo, podendo visualizar suas aplicabilidades em nosso cotidiano, tal como estimular o instante da morte devido a um homicídio ou morte acidental, determinar o calor específico de sólidos e líquidos sem o uso de um calorímetro, assim como o tempo em que uma barra de metal leva para resfriar.

Existe uma carência do assunto quando falamos em livros didáticos de Física. Mediante a evolução da tecnologia e dos meios de informação que incentivam a inovação da grade curricular de Física assim como a produção dos livros didáticos, o processo de transpor o saber sábio para o saber a ser ensinado surge como ferramenta para que esse tema possa ser inserido nas salas de aula.

O tópico é um assunto a ser visto no 2º ano do Ensino Médio, pois faz parte dos conteúdos de termodinâmica. A compreensão desse tema requer artifícios matemáticos, tal como equação diferencial de primeira ordem, que não pertence ao currículo escolar dos alunos do Ensino Médio, contudo com o auxílio da transposição didática a Lei de Resfriamento de Newton pode ser entendida através da leitura do seu gráfico que consiste em uma função exponencial, conteúdo visto na disciplina de matemática, além de seu aspecto conceitual que é acessível a esse nível de estudo.

A utilização dessa ferramenta para melhorar a compreensão de conteúdos para

os alunos pode ser vista no livro *Alice no país do quantum*, por exemplo, nele o autor Robert Gilmore, professor de Física na Universidade de Bristol, na Inglaterra, faz uma analogia a obra *Alice no país das maravilhas* aos fundamentos da Mecânica Quântica e da Física das Partículas, o que exemplifica a utilização da transposição didática para aperfeiçoamento do conhecimento do aluno se tratando de determinados conhecimentos científicos. De acordo com Valigura et al. (2002), a história é uma metáfora e exemplifica como as teorias complexas podem se transformar em formas simples sem com isso perder as suas características ou sofrer distorções em relação ao universo dos conhecimentos científicos. O rigor teórico é conservado na história e a todo o momento implicam a sua compreensão. De modo que, tanto o professor pode partir da teoria quanto da analogia.

O uso da transposição didática se mostra uma importante ferramenta para o aprendizado do aluno, através dela os educandos podem ficar mais próximos do conhecimento. No caso da Lei de Arrefecimento de Newton, a transposição didática permite que o aluno compreenda o tema mesmo diante dos artifícios matemáticos ainda não acessíveis para eles, fazendo com que a transposição promova uma adaptação neste conteúdo para que ele possa ser compreendido pelos alunos.

Deste modo é possível aplicar a transposição didática para tornar o tópico Lei de Arrefecimento de Newton um saber a ser ensinado nas salas de aula, fazendo com que o tema possa ser incluso no currículo de Física do Ensino Médio.

## 5 | CONCLUSÃO

A transposição didática é uma importante ferramenta para introduzir conteúdos científicos nas salas de aula. Essa teoria é capaz de codificar o conhecimento científico para um saber ensinado nas salas de aula, fazendo com que o aluno amplie seus conhecimentos. Essa análise de transposição didática não classifica o conteúdo como saber bom ou ruim, ele apenas analisa a possibilidade ou não da transposição.

Nessa perspectiva, este trabalho apresenta a possibilidade da aplicação da transposição didática na Lei de Arrefecimento de Newton. Mesmo sabendo que se trata de um tema que demanda o uso de matemática sofisticada, foram mostradas no trabalho formas convincentes de abordagem do referido tema através dos pressupostos teóricos, de seu gráfico e da valorização dos aspectos conceituais.

## REFERÊNCIAS

ASTOLFI, J. P. et al. **Mots-clés de la didactique des sciences**. Pratiques Pédagogies, De Boeck & Larcier S. A. Bruxelas, 1997.

CHEVALLARD, Y. **La Transposicion Didactica: Del saber sabio al saber enseñado**. 1ª ed. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.

MARANDINO, M. **Transposição didática ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências.** Revista Brasileira de Educação, n. 26, p. 95- 183, 2004.

OLIVEIRA, R. A. P. **Isaac Newton.** João Pessoa. Abril de 2009.

PIETROCOLA, M. A. **Transposição Didática Aplicada a Teoria Contemporânea: A Física de Partículas Elementares no Ensino Médio.** São Paulo, 2001.

PIMENTEL, P. A.; DINIZ, H. A. **O Estudo da Lei de Resfriamento de Newton na Abordagem LCP.** Pará, 2012.

PINHO, J. A. **Regras da Transposição Didática aplicada ao Laboratório Didático.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

SILVA, G. R.; CHAGAS, E. **Transposição didática: uma análise do distanciamento dos saberes de química quântica nos livros didáticos do ensino médio.** Holos, Ano 33, v. 07, 2017.

VALIGURA, E. N. **Aprendizagem de Conteúdos por Meio da Transposição Didática.** 2002.

## INSERÇÃO DE EXPERIMENTOS PARA RESOLUÇÃO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA NO ENSINO DE QUÍMICA

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 05/05/2020

### **Valdiléia Teixeira Uchôa**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Teresina - PI

<http://lattes.cnpq.br/2154218010272216>

### **José Luiz Silva Sá**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Teresina - PI

<http://lattes.cnpq.br/8170739079028304>

### **Antônio Carlos Araújo Fontenele**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Piripiri - PI

<http://lattes.cnpq.br/0233376757079115>

### **Ana Cristina Carvalho de Alcântara**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Piripiri - PI

<http://lattes.cnpq.br/5810462641552159>

### **Maciel Lima Barbosa**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Teresina - PI

<http://lattes.cnpq.br/1203970946878464>

### **Herbert Gonzaga Sousa**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Teresina - PI

<http://lattes.cnpq.br/7608668641353890>

### **Kerlane Alves Fernandes**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Teresina - PI

<http://lattes.cnpq.br/8469546725150316>

### **Ana Karina Borges Costa**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Teresina - PI

<http://lattes.cnpq.br/5548700160753630>

### **Ana Gabriele da Costa Sales**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Teresina - PI

<http://lattes.cnpq.br/9603708211137938>

### **Patrícia e Silva Alves**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Teresina - PI

<http://lattes.cnpq.br/0766902581240556>

### **Antônio Rodrigues da Silva Neto**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Teresina - PI

<http://lattes.cnpq.br/0339817271811346>

### **Gabriel e Silva Sales**

Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Teresina - PI

<http://lattes.cnpq.br/4382396914499825>

**RESUMO:** Um dos grandes desafios atuais do ensino de química é fazer uma ligação entre o que é repassado em sala de aula com o cotidiano dos alunos, para que se tenha um

ensino e aprendizado mais eficaz. Diante disso, este trabalho tem como objetivo verificar a influência da inserção de prática experimental vinculada à situação-problema (SP) relacionando ao dia a dia dos estudantes, como contribuinte para o ensino e aprendizado de Química. Este estudo foi realizado com 40 alunos da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública localizada na cidade de Capitão de Campos no Estado do Piauí. As atividades visaram a elaboração de uma SP relacionada ao tema Reações Químicas e Cinética. Utilizou-se um experimento como recurso metodológico para a resolução da SP, que consistia na dissolução de comprimido efervescente de vitamina C. Os resultados mostraram que os alunos tiveram dificuldade em responder satisfatoriamente o questionário inicial. Além do que, alguns estudantes tiveram dificuldade em resolver a SP, porém quando receberam o auxílio da prática experimental, 85% conseguiram solucionar a SP de modo satisfatório. Logo, a utilização da SP solucionada através de experimento se mostra eficaz para um melhor ensino e aprendizado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Situação-Problema, prática experimental, ensino e aprendizagem, ensino de química.

## INSERTION OF EXPERIMENTS TO PROBLEM-SITUATIONS SOLVING IN CHEMISTRY TEACHING

**ABSTRACT:** One of the present challenges of the teaching of chemistry today is to make a connection between what is passed in the classroom with the students' daily lives, to have a more effective teaching and learning. In front of that, this work aims to verify the influence of the insertion of experimental practice linked to the situation-problem (SP) relating to student's daily lives, as contribution to the teaching and learning of chemistry. This study was conducted with 40 student from 2<sup>nd</sup> grade of high school of the public school localized in city of Capitão de Campos in the state of Piauí. The activities aimed at the elaborated of SP related to the theme chemical and kinetic reactions. An experiment was used as methodological resource for the resolution of SP, which consisted in the dissolution of effervescent tablet of vitamin C. The results showed that the students had difficulty in respond satisfactorily the initial questionnaire. Furthermore, some students had difficulty in solving the SP, but when they received the help of the experimental practice, 85% were able to resolve the SP satisfactorily. Therefore, the use of SP resolved through experiment is positive for better teaching and learning.

**KEYWORDS:** Situation-problem, experimental practice, teaching and learning, chemistry teaching.

## 1 | INTRODUÇÃO

De um modo geral o ensino de química no Brasil ainda é realizado de maneira tradicionalista, de forma descontextualizada e não interdisciplinar, em que o professor é visto como o único detentor do conhecimento, desconsiderando o saber prévio com

as observações diárias dos alunos. E isso tem proporcionado em um desconforto nos estudantes para com a disciplina de química, tendo em vista que a metodologia de ensino tradicional não é autossuficiente para o seu ensino aprendido devido à necessidade de fazer-se uma relação direta com o cotidiano (ROCHA, 2016).

É necessário que o educador tenha como objetivo contribuir para o aprendizado do seu aluno, e em cima desse objetivo trabalhar a melhor compreensão do educando de forma contextualizada, que estimule uma visão crítica enquanto cidadão. BRASIL (1999, p.68) cita que:

“[...] é preciso objetivar um ensino de química que possa contribuir para uma visão mais ampla do conhecimento, que possibilite melhor compreensão do mundo físico e para a construção da cidadania, colocando em pauta, na sala de aula, conhecimentos socialmente relevantes, que façam sentido e possam se integrar a vida do aluno”

A medida que se tem um objetivo de ensino, o educador deve buscar elementos facilitadores que auxiliem o ensino aprendido dos seus alunos. É de extrema necessidade que mostre na prática aquilo que é trabalhado na teoria, assim o aluno tem a oportunidade de observar o que foi dito em sala de aula e facilita o seu raciocínio crítico-científico sobre diversos assuntos.

A Química é uma ciência teórica e experimental com um grau de complexidade superior a certas disciplinas. A vista disso, TORRICELI (*apud* SOUSA et al., 2008) afirma que é necessário a utilização de uma prática com experimentos relacionados ao conteúdo em trabalho de sala de aula, afim de que os alunos consigam uma melhor compreensão dos assuntos junto a aula expositiva. Além de experimentos, diversas metodologias alternativas vêm sendo relatadas na literatura como mecanismo de ação afim de reduzir as dificuldades enfrentadas pelos alunos no entendimento da disciplina de Química, tais como: utilização de software (NASCIMENTO et al., 2013); materiais recicláveis (SANTOS et al., 2011); paródias (CARVALHO et al., 2016); jogos (AMARAL et al., 2018) e situação-problema (SP) (PRATES JUNIOR; SIMÕES NETO, 2015).

Na literatura encontra-se várias definições para situação-problema (SP), Delisle (2000, p. 5) define como sendo um método de ensino que busca educar apresentando aos alunos uma situação que leva a um problema que tem de ser solucionado. Já Barell (2007) interpreta a SP referindo-se a curiosidade que leva o indivíduo à fazer perguntas diante das dúvidas e incertezas sobre os eventos complexos do mundo e da vida cotidiana. Dessa forma, o objetivo de se utilizar uma SP está no desafio de vencer obstáculos na realização da tarefa para que ocorra efetivamente uma aprendizagem.

Porém, para que o aluno execute a tarefa, ou seja, a dificuldade na realização do problema, como afirma Meirieu (1998), se faz necessário a utilização de um recurso de ensino para que a SP seja resolvida. Uma sugestão seria a utilização dos experimentos como recurso metodológico, já que o mesmo contribui para uma maior motivação e curiosidades dos alunos, além de proporcionar uma relação entre teoria e prática tornando

assim o processo de ensino aprendizagem mais acessível (SMOLE; DINIZ, 2001).

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (1999) e atualmente as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (2013) julgam necessário a utilização de prática experimental nas aulas de reações químicas, pois potencializa a aptidão dos alunos de argumentar processos naturais e tecnológicos. Uma vez que serão instigados a reconhecer problemas relacionados à Química, adquirindo a competência para analisar e criticar resultados a partir de experimentos e/ou demonstrações, de modo que, saibam reconhecer aspectos químicos expressivos em seu cotidiano (ROTSSEN; SILVA; DINIZ, 2018).

Mediante o exposto, a finalidade deste trabalho foi analisar a utilização de experimentos como meio de auxílio para a resolução de SP no ensino de química, sua influência no ensino e aprendizagem dos alunos como também na motivação e no interesse dos mesmos pela ciência química.

## 2 | METODOLOGIA

A abordagem da pesquisa realizada neste estudo foi de caráter prático, qualitativo e quantitativo, já que foi levado em consideração a análise de dados. Participaram como sujeitos da pesquisa 40 alunos, de uma turma da 2ª série do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de ensino situada na cidade de Capitão de Campos no estado do Piauí (PI). A realização das atividades ocorreram entre o período do mês de agosto a outubro de 2015. As atividades tiveram a duração de 1 hora e 40 minutos (duas aulas), na qual os assuntos abordados durante a execução das atividades foram: Reações Químicas, envolvendo um exemplo de uma evidência de uma reação e Cinética Química relacionada aos fatores que alteram a velocidade das reações. Para desenvolvimento das atividades e obtenção dos resultados seguiu-se as seguintes etapas:

**Etapa 1:** Como os conteúdos trabalhados já haviam sido repassados pela professora da disciplina, foi aplicado então uma avaliação diagnóstica a partir de três perguntas subjetivas (quadro 1), com o intuito de verificar o conhecimento dos mesmos sobre os assuntos: reações química (evidência de uma reação) e cinética química (fatores que alteram a velocidade de uma reação).

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>Questão 1</b> | Para você, o que é uma reação química? Cite um tipo de reação química que ocorre no seu dia a dia |
| <b>Questão 2</b> | Cite algumas evidências que indicam que está ocorrendo uma reação química.                        |
| <b>Questão 3</b> | Cite pelo menos 3 fatores que alteram a velocidade de uma reação.                                 |

Quadro 1. Questões que foram aplicadas para os alunos como avaliação diagnóstica inicial.

Para melhor analisar a avaliação diagnóstica, as respostas foram classificadas em três critérios diferentes, agrupadas da seguinte maneira: (RS) Respostas Satisfatórias; (RPS) Respostas Pouco Satisfatória; (RI) Respostas Insatisfatórias; O critério usado para se atribuir a cada resposta, pode ser entendido melhor analisando a Tabela 1.

| Questões         | Critérios   |
|------------------|---|
| <b>Questão 1</b> | <b>RS:</b> Se abordasse o termo reação química como uma transformação química onde novas substâncias (produtos) são formadas a partir de outras (reagentes) e que citasse pelo menos um exemplo de reação presente no cotidiano; <b>RPS:</b> Se citasse apenas que substâncias se formam a partir de outras citando também um exemplo do cotidiano; <b>RI:</b> Não indicasse nenhum dos critérios anteriores. |
| <b>Questão 2</b> | <b>RS:</b> Se citasse pelo menos três evidências de uma reação química; <b>RPS:</b> Se indicasse pelo menos uma evidência de uma reação química; <b>RI:</b> Não abordasse nenhum tipo de evidência de uma reação química.   |
| <b>Questão 3</b> | <b>RS:</b> Se citasse adequadamente três fatores que influência na velocidade de uma reação química. <b>RPS:</b> Se abordasse pelo menos um dos fatores; <b>RI:</b> Não indicasse nenhum dos critérios anteriores.  |

Tabela 1. Agrupamentos de respostas para cada questão segundo seu critério.

**Etapa 2:** Foi elaborada uma SP sobre reação química afim de abordar uma situação real e contextualizada deste assunto (Quadro 2).

Joãozinho estava bastante resfriado então foi à farmácia e comprou um comprimido efervescente de Vitamina C. Ao chegar em casa, colocou água no copo acima da metade de sua capacidade e em seguida adicionou o comprimido no mesmo e esperou até que a efervescência acabasse, logo depois ingeriu o líquido. Qual foi o processo químico que você pôde identificar durante esses procedimentos feitos por Joãozinho?

Quadro 2. Situação-problema aplicada para os alunos.

As resoluções da SP foram analisadas do mesmo modo que o teste diagnóstico, conforme a resposta esperada ou algo próximo do esperado que identifique algum conhecimento em termos de aprendizagem dos estudantes.

**Etapa 3:** Foi realizado um experimento que consiste na dissolução de um comprimido efervescente de vitamina C em água. Que seguiu da seguinte forma:

Inicialmente foi colocado 50 mL de água em um béquer de 100 mL, em seguida adicionou o comprimido e aguardou-se que ele dissolvesse por completo. Neste momento observa-se uma reação química através da liberação de gás. De acordo com a seguinte reação:



**Etapa 4:** Foi aplicada, a avaliação final aos alunos envolvidos, com o intuito de identificar quais foram os efeitos e mudanças no aprendizado e na compreensão dos

conteúdos, através da comparação dos resultados antes (avaliação diagnóstica inicial) e após a aplicação da SP e dos experimentos. As questões contidas no questionário aplicado podem ser observadas no Quadro 3.

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Questão 1</b> | Com base na resolução da situação-problema e na análise do experimento realizado em sala, relate o que você entende por reação química.  |
| <b>Questão 2</b> | Qual foi a evidência de uma reação química observada no decorrer do experimento realizado?   |
| <b>Questão 3</b> | De acordo com os experimentos realizados, relacione como a velocidade da reação é alterada com relação a: Temperatura, Superfície de contato e Concentração.   |
| <b>Questão 4</b> | Sobre a utilização de experimentos e situações-problemas no ensino da química, em sua opinião a inserção dessa metodologia pode contribuir para um melhor ensino-aprendizagem, sim ou não? Justifique. |

Quadro 3. Questões aplicadas para os alunos como avaliação diagnóstica final.

Os registros obtidos a partir dos questionários serviram como fonte de dados para identificar as principais dificuldades e analisar a compreensão dos processos químicos expressados pelos alunos. Para a análise dos registros produzidos pelos estudantes foi levado em conta os mesmos critérios da avaliação diagnóstica inicial, com exceção a questão 4 em que os alunos expressaram sua opinião.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos serão apresentados e discutidos em três etapas: A primeira será a avaliação diagnóstica inicial aplicada aos alunos antes da inserção dos experimentos e da SP (3.1); Logo após, a SP e aplicação dos experimentos (3.2); e pôr fim a avaliação diagnóstica final (3.3).

#### 3.1 Avaliação Diagnóstica Inicial

Foi realizada a avaliação diagnóstica com o intuito de verificar quais os conhecimentos que os alunos possuíam com relação aos conceitos mais importantes do conteúdo estudado, e se os mesmos conseguiam fazer alguma relação dos assuntos com o seu cotidiano. As respostas dos alunos à avaliação diagnóstica são mostradas logo abaixo na Figura 1.

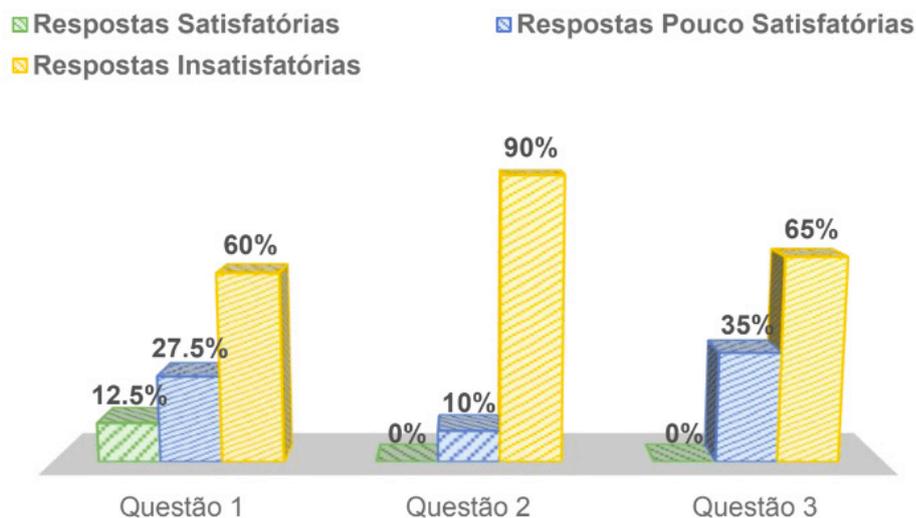


Figura 1. Respostas dos alunos frente às questões da avaliação diagnóstica inicial.

De acordo com a Figura 1, pode-se observar que a maioria dos alunos apresentaram respostas insatisfatórias com relação aos conceitos dos assuntos trabalhados e esperava-se que ocorresse o inverso já que os assuntos haviam sido repassados pela professora. Com relação à primeira questão, 60% dos alunos não conseguiram responder de forma adequada o que era uma reação química e muito menos citar uma evidência de sua ocorrência como pode ser observado na figura 1 referente a questão 2 (90%). Já na questão 3, mais da metade dos alunos (65%) não conseguiram identificar de forma correta os fatores que alteram a velocidade de uma reação.

Com esses resultados leva-se a crer que os alunos não estão tendo um ensino aprendido esperado. E um dos fatores que levam a esse tipo de resultado é a desmotivação dos alunos, geralmente essa falta de interesse está relacionada com a metodologia utilizada. De acordo com CAVALCANTE et al. (2016), a motivação é de grande importância na aprendizagem, pois os alunos desinteressados tendem a não estudarem suficiente e, conseqüentemente, aprendem pouco, o que deixa em apuros a formação de pessoas competentes para exercerem a cidadania.

### 3.2 Situação-problema e Aplicação do experimento

Inicialmente foi repassado aos alunos somente a SP, estes buscaram responde-la através dos seus conhecimentos que haviam adquiridos em sala de aula. Observou-se que os estudantes não conseguiram dar uma solução satisfatória para a SP, somente 17,5 % deles chegaram a uma resposta ainda pouco satisfatória, como pode ser observado na Figura 2.

■ Sem o auxílio dos experimentos ■ Com o auxílio dos experimentos

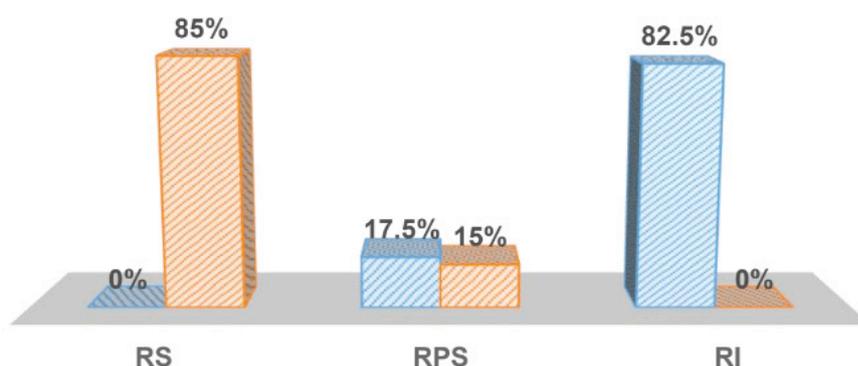


Figura 2. Índice de respostas dos alunos frente à situação-problema sem auxílio e com o auxílio dos experimentos.

A SP é um método de ensino que é bastante utilizado para melhorar o processo de ensino aprendido dos alunos através da instigação da curiosidade do estudante. Porém para que a SP seja melhor solucionada há a necessidade de mecanismos extras (MEIRIEU, 1998). Sugerindo assim que ausência desse segundo recurso pode ter colaborado para o baixo desempenho dos alunos ao resolver a SP.

A química é uma ciência teórica experimental que possui a necessidade do uso de experimentos para um melhor aprendizado dos conteúdos (ANDRADE; VIANA, 2017). E isso é observado ao analisar a figura 2, pois ao somar a prática experimental com os conhecimentos adquiridos pelos alunos anteriormente, estes tiveram um desempenho muito maior, em que 85% dos participantes submetidos aos testes conseguiram responder de modo satisfatório a SP. Ou seja, a utilização dos experimentos referente ao conteúdo trabalhado em sala de aula foi recurso didático fundamental para a resolução da SP e aquisição dos conhecimentos dos alunos.

Analisando os resultados de outros trabalhos como de Uchôa et al., (2012) e Lacerda et al., (2012), referente a utilização de SP no ensino de química, pode-se observar a vantagem em se utilizar esse método, pois o mesmo faz com que o aluno assuma um papel mais ativo no desenrolar do processo de aprendizagem, em vez de simplesmente decorar conceitos e fórmulas, além de proporcionar maior motivação, participação, interesse pela disciplina, tornando assim as aulas mais dinâmicas ao invés de mecânicas. Vale ressaltar que para se obter resultados mais expressivos é necessário a utilização de um segundo método, tal como prática experimental no caso da disciplina de Química.

De acordo com Haydt (2006) no seu livro sobre didática geral, a utilização de SP como estratégia didática tem grandes vantagens, uma delas é que a SP gera uma motivação intrínseca, pois o aluno sente satisfação quando descobre conhecimentos e soluciona um problema.

Porém, a motivação intrínseca, sendo algo interno ao próprio indivíduo é algo

subjetivo, logo pode depender da perspectiva de cada um. Pois, dois indivíduos perante a mesma tarefa, um pode estar altamente motivado e outro não. Cabe então ao professor, fazer com que o aluno encontre nas tarefas e/ou aprendizagens, pontos que vão de encontro aos seus interesses, gostos e formas de ser (ELÓI, 2012).

### 3.3 Avaliação final

De acordo com as respostas dos alunos, obtidas na avaliação final, analisa-se o grande avanço no que diz respeito à compreensão dos conteúdos estudados, já que a maioria dos alunos ao contrário do que ocorreu na avaliação diagnóstica inicial conseguiram responder corretamente as questões referentes ao assunto sobre reações química e cinética química, onde 75% (Figura 3) dos alunos conseguiram entender o que era uma reação química.

Com relação à segunda questão, 87,5% identificaram a liberação de gás do comprimido efervescente como evidência de uma reação química, já a respeito da terceira questão, 80% dos alunos conseguiram identificar como a temperatura, concentração e superfície de contato influenciam na velocidade de uma reação química.

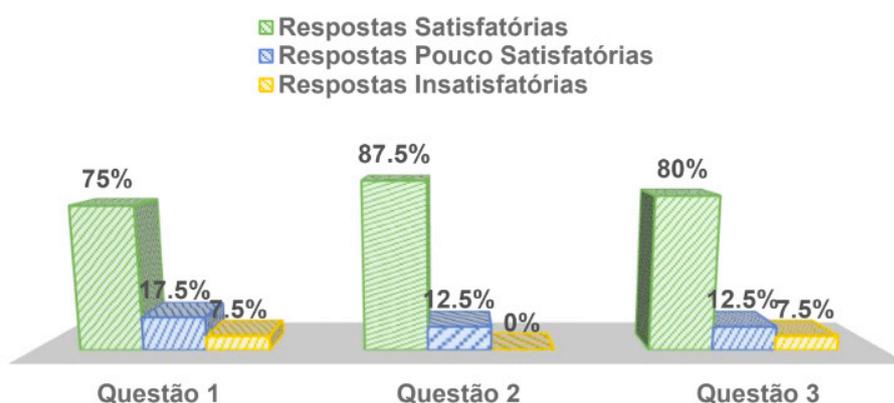


Figura 3. Respostas dos alunos frente às questões do questionário final.

A partir dos dados obtidos, pôde-se analisar que a maioria dos alunos após aplicação da SP e dos experimentos conseguiram identificar os principais conceitos referentes aos conteúdos trabalhados em sala, algo que na avaliação diagnóstica inicial não ocorreu satisfatoriamente. Com isso os alunos mostraram grande interesse pelo ensino da química após a aplicação da atividade já que era algo novo pra eles.

Diante disso, pode-se identificar que a inserção de experimentos em sala de aula, facilita a resolução de SP e estes vinculados ao cotidiano, pode acarretar em uma aprendizagem mais profunda por parte do alunado, alterando a dinâmica da sala de aula, contribuindo para uma formação contínua, correlacionando teoria e prática, ajudando na desmistificação de que a química é uma ciência de difícil compreensão e puramente teórica (MACÊDO; PENHA, 2014).

Afim de avaliar a aptidão dos alunos em relação a metodologia empregada em que utilizou-se a SP com o auxílio da prática experimental, foi adicionada a questão 4 no teste final. E os resultados revelaram que os alunos julgaram a alternativa interessante e eficiente no processo de ensino aprendizagem.

Como pode ser verificado na Figura 4, de acordo com as respostas dos alunos, 95% consideram que a utilização dos experimentos vinculados a situação problemas durante as aulas de química melhora a aprendizagem desta ciência. Enquanto que apenas 5% dos alunos consideram que o ensino não possa ser melhorado com a inserção dessa metodologia.

QUÍMICA COM EXPERIMENTOS E  
SITUAÇÃO-PROBLEMA



Figura 4. Respostas dos alunos referente à questão 4 do questionário final.

Observa-se também durante a execução do experimento, que além de despertar a curiosidade dos alunos e principalmente motiva-los, a utilização da experimentação problematizada proporcionou uma maior contextualização dos conteúdos fazendo com que os alunos se interessassem mais pela disciplina, participando ativamente, inibindo o medo deles em se expor, mostrando suas dúvidas e anseios, pois os alunos motivados apresentam curiosidade, vontade de aprender e, conseqüentemente, têm mais chances de se envolver profundamente com a situação de aprendizagem. Com isso, julga-se que a utilização de SP solucionada através de prática experimental é grande importância para melhores resultados no processo de ensino aprendido.

#### 4 | CONCLUSÃO

Para que haja um aprendizado mais eficaz dos alunos, principalmente os de escolas públicas do Brasil, faz-se necessário a utilização de metodologias alternativas que se diferenciem do método tradicional de ensino que ainda é bastante utilizado no país.

O uso da SP mostrou-se a incentiva os alunos a buscarem aprender os conteúdos da disciplina de química, porém para que haja um melhor aprendizado é necessário

a utilização de uma prática experimental afim de oferecer uma melhor visualização e entendimento dos alunos.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. M do; MENDES, A. N. F; PORTO, P.S da S. **Jogo roletando como metodologia alternativa no ensino de Química**. Experiências em Ensino de Ciências V.13, No.1, 2018.
- ANDRADE, R. da S; VIANA, K da S. L. **Atividades experimentais no ensino da química: distanciamentos e aproximações da avaliação de quarta geração**. Ciênc. Educ., Bauru, v. 23, n. 2, p. 507-522, 2017.
- BARELL, J. **Problem-Based Learning. An Inquiry Approach**. Thousand Oaks: Corwin Press, 2007.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Conselho Nacional da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192)
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio) (Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias)**. Brasília (DF): MEC, p. 12-32, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>
- CARVALHO, C. V. M e. et al. **Uso de paródias como estratégia didática no ensino de Química**. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ): julho 2016; Florianópolis. Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química (ED/SBQ) Dpto de Química da Universidade Federal de Santa Catarina (QMC/UFSC), 2016.
- CAVALCANTE, M. B. et al. **O ensino de geografia sob um enfoque motivador**. gs.v10.n04a10, 2016.
- DELISLE, R. **Como realizar a Aprendizagem Baseada em Problemas**. Porto: ASA, 2000.
- ELÓI, J. **Motivação: Extrínseca Vs Intrínseca**. Marinha Grande. 2012. Disponível em: [http://www.psicologiafree.com/areasdapsicologia/psicologia\\_clinica/motivacao-extrinsica-vs-intrinsica/](http://www.psicologiafree.com/areasdapsicologia/psicologia_clinica/motivacao-extrinsica-vs-intrinsica/). Acesso em: 26 mar, 2020.
- HAYDT, R.C. C. **Curso de didática geral**. 8 ed. São Paulo. Atila, 2006.
- LACERDA, C, C. et al. **Abordagem dos Conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema**. Química nova na escola. v.34, n.2, p. 75-82, Maio, 2012.
- MACÊDO, J. M; PENHA, M. R. **Desmistificando a Química: investigação das definições dos estudantes do IFRO sobre o real conceito das Reações Químicas**. Educação Por Escrito, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 51-67, jan.-jun, 2014.
- MEIRIEU, P. **Aprender... sim, mas como?**. Tradução de Vanise Dresh. 7. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 193p., 1998.
- NASCIMENTO, D. B. do; OLIVEIRA, O. M. M. F (coord). **Desafios para a docência em química: Teoria e Prática**. São Paulo: Cultura acadêmica, p.8., 2013.
- PRATES JÚNIOR, M. de S. L.; SIMÕES NETO, J. E. **Situações-problema como Estratégia Didática para o Ensino dos Modelos Atômicos**. R. B. E. C. T., vol 8, núm. 2, mai-ago, 2015.

ROCHA J. S., VASCONCELOS T. C. **Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões.** In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ): julho 2016; Florianópolis. Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química (ED/SBQ). Dpto de Química da Universidade Federal de Santa Catarina (QMC/UFSC) p.2, 2016.

ROTSSEN, W. F. C; SILVA, M. D de B; DINIZ, V. W. B. **O uso da experimentação como proposta para o ensino de reações químicas.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Goiânia, V.15. n. 27; p.4, 2018.

SANTOS, D. M. dos. **O desenvolvimento de competências dos (as) professores (as) de química no trabalho com situações-problema.** 2005. 133f. Dissertação de Mestrado em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

SANTOS, P.T.A. et al. **Lixo e reciclagem como tema motivador no ensino de química.** Ecl. Quím; São Paulo, v.36, 2011.

SMOLE, S. K; DINIZ, I. M. **Ler, escrever e resolver problemas: habilidades básicas para aprender matemática.** Porto Alegre: Artmed, 2001.

SOUSA, A. de A.; DUARTE, R. A.; OLIVEIRA, M. R.; FREITAS, M. Z. S. **O ensino de química: as dificuldades de aprendizagem dos alunos da rede estadual do município de Maracanaú-CE.** Disponível em:<<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1056/805>>. Acesso em: 26 mar, 2019.

UCHÔA. A. M. e et al. **Passando um “cafezinho”: misturas e separação de misturas a partir de um experimento com materiais do cotidiano.** Vivências: Revista Eletrônica de Extensão da URI. v.8, n.14: p.181-191, Maio, 2012.

## LA INCIDENCIA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD EN LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FÍSICA

*Data de aceite: 03/08/2020*

### **Jesus Ramon Briceno Barrios**

Universidade Federal do Rio Grande - FURG/  
Professor visitante do IMEF - Programa de  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de  
Física – MNPEF -Polo 21/GRINCEF - ULA.

### **Jeisson Nava**

Universidad Nacional Experimental “Simón  
Rodríguez”. Programa de Doctorado en  
Educación - Venezuela

### **Hebert Lobo**

Universidade Federal do Rio Grande - FURG/  
Professor visitante do Instituto de Educação  
– PPGEC-Programa de Pós-Graduação em  
Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde  
/CIEFI-FURG/GRINCEF - ULA.

### **Juan Terán**

Universidade Federal do Rio Grande - FURG/  
Programa de Pós-Graduação em Educação em  
Ciências: Química da Vida e Saúde/Bolsista da  
Organização dos Estados Americanos – OEA/  
GRINCEF - ULA

### **Richar Durán**

Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de  
Ciências e Educação Matemática/Bolsista da  
Organização dos Estados Americanos – OEA/  
GRINCEF - ULA

### **Manuel Villareal**

ULA/CRINCEF-Universidad de los Andes -  
Venezuela

**RESUMEN:** Esta investigación tiene como objetivo visualizar la enseñanza de la Física desde la perspectiva de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (CTS) como una alternativa para capacitar científica y críticamente a los estudiantes de una manera contextualizada y, por lo tanto, vincular la CTS resultante de los trabajos en filosofía y sociología de la ciencia y las dificultades reveladas en la enseñanza de la Física, que siempre han representado un problema importante, debido a la visión errada que de ella se tiene y se difunde. Por lo tanto, se propuso crear un módulo o guion teórico experimental para generar criterios epistemológicos y metodológicos, actuando como una propuesta para la formación de estudiantes de forma científica y tecnológica, con una apariencia contextualizada y atractiva. La metodología considerada adecuada para este trabajo fue de tipo mixto y la información se obtuvo mediante la aplicación de cuestionarios, encuestas y entrevistas a un grupo de profesores de Física de instituciones de secundaria. También se realizaron pruebas previas y posteriores en estudiantes seleccionados al azar, con lo que se pudo demostrar que los entrevistados entendieron la

utilidad de la experimentación en Física y su relación con la vida cotidiana. Por otro lado, los docentes entendieron los criterios que incluyen las pautas requeridas por el desarrollo de experimentos de Física vinculados a CTS para estudiantes.

**PALABRAS-CLAVE:** Ciencia, Tecnología y Sociedad, guion teórico experimental, criterios epistemológicos, experimentación en física.

## INCIDÊNCIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE NA EXPERIMENTAÇÃO EM FÍSICA

**RESUMO:** Esta pesquisa tem como objetivo visualizar o ensino de Física na perspectiva da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) como uma alternativa para formar científica e criticamente os alunos de forma contextualizada e, portanto, vincular o CTS resultantes dos trabalhos de filosofia e sociologia da ciência e das dificuldades reveladas no ensino de física, que sempre representaram um grande problema, devido à visão equivocada e à sua difusão. Portanto, propôs-se a criação de um módulo ou roteiro teórico experimental para gerar critérios epistemológicos e metodológicos, atuando como proposta de formação de alunos de forma científica e tecnológica, com aparência contextualizada e atraente. A metodologia considerada adequada para este trabalho foi de tipo misto e as informações foram obtidas através da aplicação de questionários, pesquisas e entrevistas a um grupo de professores de física de instituições do ensino médio. Também foram realizados testes pré e pós em estudantes selecionados aleatoriamente, com os quais foi possível demonstrar que os entrevistados compreendiam a utilidade da experimentação em Física e sua relação com a vida cotidiana. Por outro lado, os professores entenderam os critérios que incluem as diretrizes exigidas pelo desenvolvimento de experimentos de Física vinculados ao CTS para os alunos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ciência, tecnologia e sociedade, roteiro teórico experimental, critérios epistemológicos, experimentação em Física.

## INCIDENCE OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY IN EXPERIMENTATION IN PHYSICS

**ABSTRACT:** This research aims to visualize the teaching of Physics from the perspective of Science, Technology and Society (CTS) as an alternative to scientifically and critically train students in a contextualized way and, therefore, link the CTS resulting from the works in philosophy and sociology of science and the difficulties revealed in the teaching of Physics, which have always represented a major problem, due to the mistaken vision of it and its spread. Therefore, it was proposed to create a module or experimental theoretical script to generate epistemological and methodological criteria, acting as a proposal for the training of students in a scientific and technological way, with a contextualized and attractive appearance. The methodology considered adequate for this work was of a mixed type and the information

was obtained through the application of questionnaires, surveys and interviews to a group of physics teachers from secondary institutions. Pre and post tests were also carried out on randomly selected students, with which it was possible to demonstrate that the interviewees understood the usefulness of experimentation in Physics and its relationship with everyday life. On the other hand, the teachers understood the criteria that include the guidelines required by the development of Physics experiments linked to CTS for students.

**KEYWORDS:** Science, technology and society, experimental theoretical script, epistemological criteria, experimentation in physics.

## 1 | INTRODUCCION

La educación científica plantea entre uno de sus propósitos que los estudiantes logren compartir significados que le permitan interpretar su entorno social desde un punto de vista científico. En este sentido, la enseñanza de las ciencias naturales y en particular de la Física, desempeñan un rol activo en la formación integral del estudiante a través de la trilogía ciencia, tecnología y sociedad, dándole mayor participación en la búsqueda de información para resolver problemas de la vida real, despertando el interés del porqué ocurren las cosas, relacionando lo que aprende con otros contextos y situaciones que vive en el día a día.

Con el enfoque de la triada de Ciencia, Tecnología y Sociedad el conocimiento puede ir más allá de lo académico de la ciencia y la tecnología, favorecer la construcción de actitudes, valores y normas de conducta, atendiendo a la formación del hombre para tomar decisiones con fundamento y de manera responsable. Es decir, se trata de una cultura basada en el saber del porqué de los comportamientos o sucesos que ocurren en su medio social, dando explicaciones de los fenómenos que acontecen en él.

De acuerdo a ello, las actividades experimentales constituyen el elemento distintivo de la educación científica, permite el máximo de participación, tienen gran relevancia en el proceso de formación, contribuyen a motivar hacia la búsqueda de información, al desarrollo de potencialidades esenciales para la vida, pues conciben al individuo como eje fundamental del proceso social y transformador del orden científico, humanístico y tecnológico.

Entonces, como ya referido, la educación científica, con especial mención a la Física, debe verse desde la perspectiva de los cambios acelerados en la sociedad, permutas que en algunos casos no son fáciles de predecir. La enseñanza de la ciencia, principalmente de la física, en relación con cuestiones y contextos tecnológicos, así como sus implicaciones sociales, representa actualmente una orientación compartida por innumerables educadores e investigadores. Por otro lado, debe considerarse que la CTS se ha convertido en una referencia para muchas personas que trabajan en educación, ya sea en la creación de programas, estrategias o el desarrollo de recursos de enseñanza.

La consideración de la CTS en la educación científica, por lo tanto, tiene el objetivo principal de preparar a los estudiantes para enfrentar el mundo socio-tecnológico que cambia rápidamente, en el cual las habilidades relacionadas con los valores sociales y éticos son relevantes. En esta perspectiva, se pretende que la escuela contribuya a aumentar la participación de todos, jóvenes y ciudadanos adultos, en la toma de decisiones sobre cuestiones de interrelación ciencia-tecnología-sociedad, basadas en la participación de una democracia ilustrada y responsable (individual y colectivamente). Este objetivo es cada vez más difícil de alcanzar en muchos países, ya que ha habido una retracción en la demanda de educación superior precisamente en las áreas de Ciencia y Tecnología. Esta compleja realidad lleva a la necesidad de que la CTS siga siendo un camino de esperanza y futuro que necesita ser actualizado y evaluado (DAGNINO, 2010).

Al mismo tiempo, debe considerarse que la educación científica es una prioridad en la educación de los ciudadanos, ya que promueve el desarrollo del pensamiento crítico, reflexivo y creativo, vinculando el conocimiento y explorando el entorno con el principio de interpretar y explicar la naturaleza. Es por esta razón que las tendencias actuales en la educación científica comienzan a dar mayor importancia a aspectos tales como: considerar problemas en la vida cotidiana, relacionar la ciencia con lo social, tecnológico y ambiental, es decir, desarrollar la alfabetización científica en el contexto de la responsabilidad y la participación. En palabras de Morín (1990, p. 15), es necesario considerar el proceso en toda su complejidad: “La educación científica debe buscar una explicación de por qué ocurren los eventos o fenómenos y cómo ocurren; esto es lo que avanzará el conocimiento científico”.

En el campo educativo, los experimentos demostrativos y en especial la manipulación directa de equipos y materiales de laboratorio ofrecen a los estudiantes la oportunidad de desarrollar habilidades de comunicación, destrezas y cooperación. En ellos, el alumno puede apreciarse actuando en su totalidad: sus conocimientos, actitudes y desarrollo a través del progreso de cada una de las experiencias. Sin embargo, la realidad es que las prácticas y demostraciones casi no se realizan en ciencias físicas debido a la falta de equipos y materiales, a pesar de la gran relevancia de la aplicación de cada una para el estudio y aprendizaje de principios, teorías y leyes o cualquier tema de interés científico a tratar (BRICEÑO; RIVAS; LOBO, 2019).

Por otro lado, es necesario desmitificar y romper con una serie de mitos que aún existen en nuestra sociedad en relación con lo que es y el hacer Ciencia y Tecnología lo y que contribuyen a crear prejuicios erróneos y, en consecuencia, un rechazo de su aprendizaje por parte de los estudiantes.

Al mismo tiempo, debe tenerse en cuenta que los criterios se entienden como estructuras o pautas de referencia que permiten comparar y valorar acciones y/o decisiones, útiles para estimar las acciones de docentes y estudiantes durante el desarrollo de las clases teóricas y prácticas de las experimentaciones en Física. En este contexto,

los criterios epistemológicos y metodológicos constituyen referentes o estándares que permiten comparar las actividades de enseñanza y aprendizaje llevadas a cabo por profesores y estudiantes de física.

Los criterios epistemológicos se preocupan en mostrar la relación entre el ser del estudiante y su pensamiento para tratar de lograr el desarrollo del conocimiento, es decir, están orientados hacia el aprendizaje de la física. Por otro lado, los criterios metodológicos se refieren a procesos, modos de acción y, por lo tanto, operan enfatizando los aspectos procesales de la enseñanza en el desarrollo de clases y experimentos de física; es decir, se relacionan directamente con la experimentación, que tiene como objetivo aumentar las habilidades de los estudiantes para resolver problemas prácticos y les da la oportunidad de desarrollar habilidades de comunicación, habilidades manuales relacionadas con el manejo de equipos, satisfacer su curiosidad científica y promover el interés en la ciencia.

Por todo lo expresado, con el presente trabajo de investigación se buscó generar criterios epistemológicos y metodológicos que fundamentasen la experimentación en Física desde la concepción de Ciencia, Tecnología y Sociedad a partir de la aplicación y evaluación de un Manual de Experimentaciones de Laboratorio, para su realización se consideró oportuno debido al contexto y a la problemática relacionada con eso, la utilización de una metodología investigativa de tipo mixta.

## **2 | EL PROBLEMA**

La educación científica constituye una prioridad en la formación del ciudadano ya que promueve el desarrollo del pensamiento crítico, reflexivo, creativo, vinculando el conocimiento y la exploración del entorno con el empezar a interpretar y explicar la naturaleza. Es por esta razón que las tendencias actuales de la enseñanza de las ciencias comienzan a darles mayor importancia a aspectos como: plantear problemas de la vida cotidiana, relacionar la ciencia con lo social, tecnológico y ambiental, es decir, desarrollar una alfabetización científica en un contexto de responsabilidad y participación. En palabras de Morín (1990: p. 15) se tiene que: “La enseñanza de las ciencias debe buscar la explicación del por qué se dan los eventos o fenómenos y cómo se producen; esto es lo que hará progresar al conocimiento científico”.

Una de las finalidades de la educación científica en el siglo XXI es justamente relacionar la educación con la Ciencia, Tecnología y la Sociedad (CTS). En ésta los aprendizajes se construyen sobre la necesidad de conocer, basada en la experiencia real de su entorno inmediato, su carácter crítico e interdisciplinario, favorece el estudio de la dimensión social de la ciencia y la tecnología como un todo, formando ciudadanos informados, responsables y críticos ante una sociedad cambiante.

En ese sentido, Nava (2013), señala que para el “logro de una cultura científica, la enseñanza debe ser abordada desde la escuela hasta la universidad, formando ciudadanos

y ciudadanas que sean conscientes de los problemas del contexto; una enseñanza que implique procesos de aprender, de pensar, promoviendo valores sociales, culturales y humanísticos” (p.5). Todo esto conlleva a reflexionar sobre la importancia que desempeña la educación científica en la formación del ciudadano para garantizar la calidad de vida de manera responsable, consciente, crítica y actualizada. La interrelación teórica y práctica desde el entorno constituye un nuevo planteamiento del currículum en todos los niveles de enseñanza, particularmente en el área de la Física, ya que promueve el interés de los estudiantes por abordar el estudio de aquellos hechos y aplicaciones científicas que tengan una mayor relevancia social. Estos contenidos deben ir destinados a construir conocimientos, desarrollar actitudes y hábitos que garanticen una adecuada inserción y vinculación con la ciencia, la tecnología y, por ende, con el contexto (LIMONTA, 2014).

Enseñar y aprender Física bajo la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) es considerada una alternativa para formar científica y tecnológicamente a los estudiantes de forma contextualizada, es decir, cada una de las temáticas que se abordan en esta área del conocimiento va vinculada a problemas o avances propios de la realidad. Esta ciencia natural se apoya en observaciones experimentales y mediciones cuantitativas, presenta un conjunto de experiencias y conocimientos prácticos que contribuyen al entendimiento del mundo físico (RICHTER, 2002).

Esta manera de enseñar y aprender ciencias, en particular la Física, contribuye a la formación del individuo, la construcción de significados, ya que se adquiere un mayor conocimiento al participar activamente en el proceso experimental, relacionando el contenido con su entorno social, brindándoles la oportunidad de asumir su propia responsabilidad en el aprender a aprender, pero siempre contando con la orientación del docente.

Es necesario acotar que, si las instituciones educativas no cuentan con un laboratorio dotado de materiales y equipos para la ejecución de las prácticas, el docente debe buscar alternativas para su aplicación, utilizando materiales accesibles y de bajos costos, capacitando a los estudiantes para el conocer, describir, comprobar y visualizar fenómenos de la naturaleza. Sin embargo, en la realidad se observa que las clases de Física se limitan a la teoría y no se realizan las demostraciones y/o experimentos (NAVA, 2013).

Por lo antes expuesto, esta investigación pretendió aplicar las actividades experimentales que configuran el Manual de experimentos de Laboratorio sustentado en el enfoque de CTS y evaluar su capacidad de favorecer la construcción de un conocimiento significativo vinculado con la cotidianidad. Es decir, se pretende lograr y evaluar un acercamiento al estudio de la Física de manera más dinámica, asentada en el asimilar, el aprender partiendo de su aplicabilidad en el mundo que le rodea, haciendo que el estudiante interactúe en las experiencias que facilitan el razonamiento, el análisis y la actividad creadora. En ese orden de ideas, surgieron las siguientes interrogantes:

¿Cuáles son los conocimientos que poseen los docentes de la asignatura Física con respecto a los conceptos fundamentales de los fenómenos mecánicos, térmicos y del enfoque ciencia, tecnología y sociedad?

¿Existe diferencia estadísticamente significativa entre el aprendizaje de Física logrado por los estudiantes que estudian Física sin la orientación de una guía o Manual de experimentos basado en CTS con respecto a los estudiantes que realizan prácticas de laboratorio guiadas por dicho Manual?

¿Cuál es el aprendizaje de Física que manifiestan haber logrado los estudiantes que realizaron practicas experimentales guiadas por el Manual de Laboratorio basado en CTS.?

¿Como valoran los estudiantes la experiencia de realizar las practicas de Física mediante la orientación de un Manual de Laboratorio basado en CTS?

¿Cuáles criterios epistemológicos y metodológicos pueden fundamentar la experimentación en Física orientada por un Manual de experimentos de Laboratorio basado en el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad?

### **3 | JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En la clase de Ciencias Naturales, en particular la Física, la experimentación constituye un aspecto fundamental, puesto que, en él, los estudiantes manipulan, observan, analizan y construyen su propio conocimiento. Es decir, descubren sus potencialidades y aptitudes hacia esta área científica, asumiéndolo con responsabilidad de manera espontánea y consciente encontrando explicaciones de lo que ocurre en su naturaleza.

Es necesario resaltar que la asignatura de Física es una disciplina importante en el proceso educativo, cuyo propósito central es de contribuir a la formación intelectual y científica del individuo, lo cual indica que todas las actividades que se realicen en ella bajo una fundamentación pedagógica, en forma sistemática y continua, propicia el desarrollo integral del estudiante relacionándolo con su entorno social.

Desde esta perspectiva, se pretende generar criterios epistemológicos y metodológicos que fundamenten la experimentación en Física desde la concepción de Ciencia, Tecnología y Sociedad a partir de la aplicación y evaluación de un Manual de Laboratorio de Educación Media General, para que el aprendizaje de esta ciencia sea abordada de manera teórica, práctica y vinculada con la realidad, facilitando la comprensión de los fenómenos a estudiar, estimulando la investigación, potenciando, analizando y sintetizando el pensamiento crítico de los estudiantes, lo cual constituye un gran aporte, que conducirá cambios de actitud positivas en beneficio de una mejor calidad en la Educación.

## 4 | METODOLOGIA

Se consideró apropiado para los elementos y el contexto involucrado en el trabajo, llevarlo a cabo desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa, lo que se justifica porque, como sostienen Hernández, Fernández y Baptista (2010), un enfoque metodológico mixto proporciona una mayor amplitud, profundidad, diversidad y riqueza en el momento del análisis y la interpretación.

Como medio de recopilación de información, se utilizaron el cuestionario, la encuesta, la entrevista, y para validar los resultados, se realizó un proceso de triangulación entre los informantes. La población estaba compuesta por quince (15) docentes de instituciones de secundaria y cuarenta (40) estudiantes seleccionados de manera informal, estos se dividieron en un grupo experimental y un grupo de control, al primero de ellos se aplicaron las estrategias elaboradas y en el segundo las actividades fueron desarrolladas de manera tradicional, la investigación se realizó durante el año escolar 2018.

## 5 | VALORACIÓN DEL APRENDIZAJE Y DE LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES DE FÍSICA

En este apartado se representa la fase de evaluación de esta investigación. La cual fue organizada en dos partes: la primera mediante una prueba estadística para evaluar el aprendizaje y la diferencia de medias para evidenciar el efecto del tratamiento y, la segunda, una apreciación interpretativa del aprendizaje y de la experiencia desde las voces de los estudiantes.

### A. Valoración desde la Diferencia de Medias

Esta fase consistió en un diseño estadístico con prueba de hipótesis para evidenciar la diferencia de medias en el aprendizaje entre los grupos experimental y de control. Evaluar el aprendizaje de los estudiantes es considerado por Vaccarini (2014) el proceso sistemático y continuo mediante el cual se determina el grado en que se están logrando los objetivos de aprendizaje propuesto en cada unidad curricular.

Los cálculos de la diferencia de medias requieren los siguientes datos:

|   |   |   |
|---|---|---|
| $H_0$ : Hipótesis nula, $H_1$             | Hipótesis de investigación                          | $\bar{X}_A$ : Media del grupo experimental        |
| $\bar{X}_B$ : Media del grupo de control  | $N_A$ : Número de individuos del grupo experimental | $N_B$ : Número de individuos del grupo de control |
| $S_A^2$ : Varianza del grupo experimental | $S_B^2$ : Varianza del grupo de control             |   |

| Sección A      | Sección B      |
|----------------|----------------|
| $n_A = 21$     | $n_B = 19$     |
| $X_A = 13,24$  | $X_B = 9,21$   |
| $S_A^2 = 6,59$ | $S_B^2 = 2,84$ |

Tabla 1. Datos para la prueba de hipótesis.

### *Procedimiento para realizar la prueba de hipótesis*

#### 1. Formulación de la hipótesis

Hipótesis Nula:  $H_0: \bar{X}_A = \bar{X}_B$

Hipótesis de Investigación:  $H_1: \bar{X}_A > \bar{X}_B$ , es decir,  $H_1: 13,24 > 09,21$

2. Nivel de significancia: Para efectos de la presente investigación, en ambos casos se consideró un error de 5%; es decir,  $\alpha = 0,05$

3. Estadístico de prueba: se seleccionó la T de Student, por tratarse de muestras pequeñas e independientes y bajo el supuesto de que la Hipótesis Nula es verdadera.

$$t_c = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{\sqrt{\frac{n_A S_A^2 + n_B S_B^2}{n_A + n_B - 2} \left( \frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}}$$

4. Criterio de decisión: La fórmula ofrece como criterio de decisión rechazar  $H_0$  si  $t_c < -t_\alpha$  o si  $t_c > t_\alpha$

5. Cálculo del estadístico de prueba con los datos obtenidos de los grupos. Se sustituyeron los valores en la fórmula y se realizaron los cálculos respectivos. Como resultado se obtuvo un valor para  **$t_c = 5,797$** .

6. Hallar el valor de t teórico o  $t_\alpha$  para comparar y tomar la decisión. Primero se buscan los grados de libertad:

$$gl = (n_A + n_B) - 2$$

$$gl = (21 + 19) - 2$$

$$gl = 38$$

Con los grados de libertad se busca el valor de teórico de  $t_\alpha$  correspondiente a 0,05 en la tabla t, el cual es 1,686, tal como se observa del gráfico respectivo.

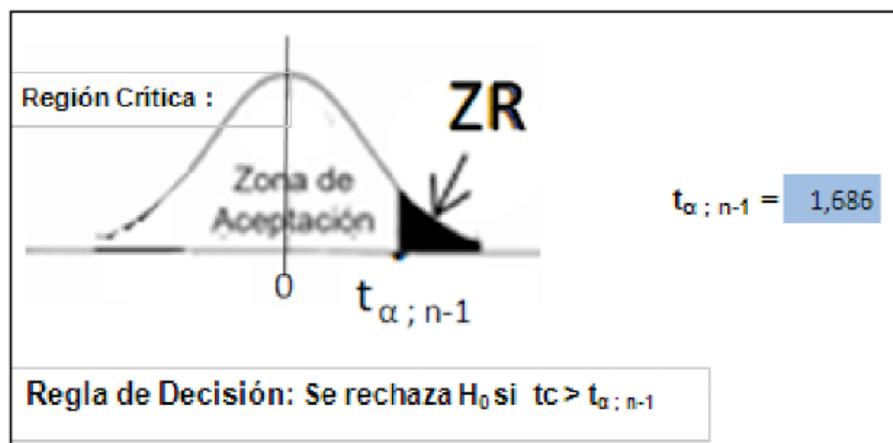


Diagrama 1. Gráfico que muestra el rechazo de la hipótesis inicial.

7. Aplicar la regla de decisión. Al comparar el valor absoluto ( $t_c = 5,797$ ) con el valor de  $t$  teórico ( $t_{\alpha} = 1,686$ ) se obtiene la Región Crítica que permite tomar la decisión en la prueba de hipótesis, Es evidente que  $t_c > t_{\alpha; n-1}$ , lo cual significa que se debe rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis de investigación.

8. **Resultado.** Como resultado se obtuvo, entonces, que la **diferencia de los promedios es significativa estadísticamente** y ante tal evidencia se infiere que el grupo experimental logró un mejor y mayor aprendizaje de los contenidos de Física trabajados en la práctica con la orientación del Manual de Laboratorio de Física basado en CTS que el grupo control, el cual estudió los mismos contenidos sin la orientación del Manual.

## B. Valoración del Aprendizaje y de las Actividades Experimentales Desde la Vivencia de los Estudiantes

Se entiende por vivencia la experiencia, suceso o hecho que vive una persona respecto de una cosa determinada, la que en este caso fue la realización de prácticas de Física guiadas por un manual de laboratorio fundamentado en CTS. Para obtener la valoración del aprendizaje y de las actividades desde la experiencia narrada por los mismos educandos, se seleccionó intencionalmente a seis estudiantes: dos de bajo rendimiento (aplazados), dos de rendimiento medio y dos de alto rendimiento y se planificó una entrevista cualitativa mediante preguntas amplias que les permitiera expresarse libremente.

Las preguntas que surgieron fueron las siguientes: ¿Qué tema se desarrolló en la actividad experimental?, ¿Qué aprendieron?, Para el desarrollo del tema ¿Cuáles actividades se aplicaron en la experimentación?, ¿Qué procedimiento aplicaron en la práctica?, ¿Qué conocimiento adquirió con esta actividad?, ¿Qué le pareció la práctica?, ¿Cómo se sintió haber realizado la actividad experimental?, ¿Qué aspecto le pareció con mayor dificultad para la realización de la práctica?, ¿Qué fue lo más sencillo para comprender en la actividad experimental?, ¿Le gustó este tipo de actividad experimental?

¿Por qué?

Las entrevistas se transcribieron y categorizaron. Para identificar a los estudiantes se utilizó un código alfanumérico que consistió en utilizar la E de entrevista, seguida de otra E por estudiante y un número del 1 al 6 para identificar cual estudiante habla, quedando de esta forma: EE1, EE2, EE3, EE4, EE5 y EE6.

De la categorización emergieron diversos aspectos, los cuales se organizaron en cuatro categorías principales: aprendizaje logrado, dificultades, valoración de la experiencia y vinculación con lo cotidiano. Cada categoría se analizó por separado con sus respectivas subcategorías. La presentación de la categoría y sus subcategorías se organizaron en cada una de las respectivas tablas donde pueden verse las categorías, subcategorías, algunas de las expresiones como evidencia y autores que la sustentan. Para el análisis, se muestran las expresiones de los estudiantes que las emitieron, se analiza su significado y se sustentó teóricamente con autores que tratan el tópico. Es decir, se realizó una triangulación de fuentes que le concede validez a los hallazgos.

#### *b. Categoría Aprendizaje Logrado*

En esta categoría se incluyeron todas las expresiones de los estudiantes que incluían la frase: “yo aprendí...” en el momento de la entrevista, frase que puede estar explícita o implícita en las oraciones transcritas. El aprendizaje logrado abarca las subcategorías: realizar cálculos, medir con instrumentos apropiados, distinguir conceptos y magnitudes, usar instrumentos de medición, presentar evidencias y confrontar ideas. A continuación, se considera cada una de ellas a grandes rasgos.

| Subcategorías                            | Expresiones   | Autores  |
|--|---|--|
| <b>Realizar Cálculos</b>                 | EE2: “...a calcular nuestra masa, peso y estatura, de cada uno para saber la diferencia entre ambas”.<br>EE3: “...a sacar los cálculos de la masa, peso de todos nosotros”, “...aprendimos a hacer los cálculos sobre las medidas de todos y teníamos que hacer el cálculo en total”.   | Artigas y Nava (2007)<br>Peña (2012)<br>Rodríguez (2008) |
| <b>Medir con instrumentos apropiados</b> | EE1: “...También a medir a nuestros compañeros, medimos el piso, medimos el pizarrón, trabajamos con submúltiplos y múltiplos como unidades”.<br>EE2: “...Hicimos las mediciones cualitativas y luego la comprobamos de forma cuantitativa”.<br>EE3: “...medir algunas cosas que estaban en nuestra casa, como el cuarto y otras cosas que nosotros queríamos...” “...” y a medirnos nosotros mismos”.<br>EE4: “Medición de los objetos como el pizarrón, la mesa, la hoja entre otros. Se estudio la medición de masa y peso”. | Peña (2012)  |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p><b>Distinguir Conceptos y Magnitudes</b></p> | <p><b>EE1:</b> “la clasificación de las magnitudes, viendo las categorías cuáles eran y cuáles no eran, señalando cuáles se correspondían de manera cualitativa y cuantitativa”. “También la práctica nos permitió entender, pues, que las magnitudes de velocidad son diferentes a la aceleración”</p> <p><b>EE2:</b> “Aprendí que el peso es una medición diferente a la masa y que el volumen también es diferente a las anteriores. También no todos los objetos tienen la misma masa que normalmente los líquidos tienen menor masa que los objetos sólidos. También que existen mediciones cualitativas y cuantitativas que son diferentes “...También que existen mediciones cualitativas y cuantitativas que son diferentes...”</p> <p><b>EE4:</b> “...” muchas veces confundimos peso y masa que son cosas diferentes y no debemos confundirlas porque son magnitudes diferentes</p> <p><b>EE5:</b> pues son conceptos que se relacionan mucho, pero uno se dice que es energía y pues el calor y la temperatura el valor o sea lo que aumenta y son unidades diferentes como temperatura en grados centígrado y calor en Joules y eso lo aclaramos muchos desde la clase y eso debemos manejarlo bien.</p> <p><b>EE6:</b> “...Y ver cuales medidas que se ven en Física son escalares y vectoriales y se clasificaron”.</p> | <p>Artigas (2007)</p> <p>Reverol (2006)</p> <p>Margarita de Sánchez (2000)</p> |
| <p><b>Usar Instrumentos de Medición</b></p>     | <p>EE2: “...Aprendí a utilizar la cinta métrica, la balanza, la escala de ellas” ... “cómo funcionan las mediciones y los instrumentos para las medidas”.</p> <p>EE3: “...a utilizar la cinta métrica, balanza y construimos una regla a otra escala diferente a la regla para medir ciertos objetos que estaban en el aula”.</p> <p>EE4: “Por ejemplo, que para medir la masa y el peso son instrumentos diferentes”.</p>  | <p>Quiroz (2008).</p>  |
| <p><b>Presentar evidencias</b></p>              | <p><b>EE1:</b> Pues esta... no era tan difícil porque... se entendía todo lo que tenía que hacer y claro el Prof.... es vivo jajaja porque nos mandó a sacar fotos para corroborar que hicimos la práctica, pero.... Es muy diferente e interesante.</p> <p><b>EE2:</b> “... porque él la mando para que la hiciéramos en la casa y que teníamos que reunirnos todos para hacerla, sacando las fotos que señalaba que la estábamos haciendo”.</p> <p><b>EE3:</b> “... Siempre registramos el aumento de la temperatura y grabamos como subía, pero nunca llegaba a cien”.</p> <p><b>EE6:</b> “... y con evidencias fotográficas para que el profesor viera que la hicimos.”</p>   |  |
| <p><b>Confrontar Ideas</b></p>                  | <p><b>EE4:</b> creo que... demostrar las dos ideas de Aristóteles y Galileo que eran totalmente las ideas de aquella que se vivían en esos tiempos y de verdad se cumplió y...</p>  |  |

Tabla 2. Aprendizaje logrado mediante la ejecución de las prácticas de Física.

Fuente: entrevista realizada a los estudiantes seleccionados.

**b11. Subcategoría Realizar Cálculos:** En las expresiones enfatizadas con este término se evidenció que los estudiantes destacaron esta expresión, que implica el uso del cálculo particularmente de sus operaciones básicas y que no tenían dominio sobre ellas pues tuvieron que aprender, también se aprecia que son imprescindibles en el área de Física ya que los fenómenos de la naturaleza tienen una explicación científica que se comprueba desde esa disciplina.

En este sentido, (NAVA 2013, e PEÑA 2012) expresan que en las prácticas

experimentales de las diferentes disciplinas debe aparecer como objetivo clave la ejecución de cálculos numéricos, constituyéndose una exigencia permanente en relación a estos contenidos, además la obtención y la importancia del uso de herramientas conceptuales para explicar fenómenos y situaciones de su entorno cotidiano. Estos autores también corroboraron que con las actividades experimentales se logra el fortalecimiento y desarrollo de las competencias en matemáticas y obtuvieron herramientas conceptuales para explicar fenómenos y situaciones de su entorno cotidiano.

Además, lo expresado permite fortalecer la capacidad de los estudiantes para mejorar su desempeño y obtener logros en el aprendizaje de ambas asignaturas. De acuerdo a ello Tineo (2008) señala que la integración de varias ciencias permite al estudiante un acercamiento a otras ciencias desde la matemática y viceversa, percibiendo que todos los campos del saber están relacionados; lo cual muestra una profunda transdisciplinariedad de las ciencias.

En relación a **Medir con instrumentos apropiados** los alumnos destacaron en sus expresiones que aprendieron a medir distintos objetos utilizando los instrumentos apropiados para cada tipo. Durante la experiencia utilizaron diferentes tipos de variables y de instrumentos de medición; donde pudieron además comparar en los casos que existían diversas escalas o formas de realizar la medición y el determinar el grado de incerteza o de exactitud de la medida, pudiéndose además que la esencia de la medida es fundamental para la Física, como afirmado por Angurell, Casamitjana, Caubet y otros (s.f.), al señalar la importancia de que el estudiante aprenda a realizar correctamente las operaciones básicas que involucra el trabajo en una experiencia experimental en el laboratorio o fuera de él.

Se puede afirmar con en base a los hechos que los estudiantes pudieron vivir esta experiencia de las mediciones con propiedad, promoviéndose por tanto en ellos una cultura para el uso y manejo adecuado de cada instrumento lográndose las competencias y capacidades requeridas, lo que conduce a un aprendizaje significativo.

**b12. Subcategoría Distinguir Conceptos y Magnitudes desde la Práctica:** En relación a este término se tiene que toda ciencia posee un marco conceptual que la caracteriza, y en relación a ello, los estudiantes expresaron el aprendizaje de ciertos conceptos básicos de Física de la siguiente manera: En las expresiones para este caso, se observó que los estudiantes manifestaron haber consolidado el aprendizaje y la distinción de conceptos, tales como masa y peso; velocidad y aceleración, calor y temperatura durante la ejecución de la práctica. Esto les permite afianzar y comprender los conceptos y principios físicos a través de la experimentación, lo que conlleva a que progresivamente puedan analizar e interpretar los fenómenos de esta ciencia natural.

Lo referido se puede apreciar que se corresponde con lo manifestado por Gómez (2011), Mora y Aguilar (2011), cuando señalan la importancia de fortalecer el aprendizaje significativo en la construcción, comprensión y consolidación de los conceptos

fundamentales, puesto que los conceptos en Física, así como de otras asignaturas, constituyen la base gnoseológica de ella y es mediante su conocimiento y aplicación como el estudiante se puede adentrarse en el dominio de su campo de estudio.

En el mismo orden de ideas, Artigas y Nava (2007) plantean que el desarrollo de las actividades experimentales debe estar enfocado en la comprensión de principios, leyes y teorías de las ciencias, con el propósito que los estudiantes comprendan cada tópico de la Física desde su propia experiencia.

De acuerdo a ello, se puede aseverar que con la orientación del Manual de laboratorio se propició la construcción del conocimiento en los estudiantes, ya que encuentran significativas las explicaciones de teorías que dan respuestas a situaciones que ocurren en la naturaleza; a la vez favorece el desarrollo de capacidades, habilidades y destrezas utilizando la experimentación.

Este planteamiento desde el ámbito de la Física logra en los estudiantes satisfacer su curiosidad ante situaciones y fenómenos de su entorno, es decir, permite construir significados desde lo vivencial (descripciones y distinciones) y vincularlo con su cotidianidad, lo cual se propicia por medio de las actividades de laboratorio guiadas por el Manual. Carrascosa, Pérez y Vílchez (2006) plantean que para lograr una orientación investigativa del aprendizaje de las ciencias se debe potenciar los análisis cualitativos, de manera significativa, que ayuden a comprender y a acotar las situaciones planteadas y a formular preguntas operativas sobre lo que se busca. Estas dos vertientes en el mundo de las ciencias son fundamentales ya que la ciencia avanza progresivamente y es necesario que el estudiante tenga la posibilidad de asociar, relacionar los hechos o situaciones desde una postura crítica.

**b13. Subcategoría Usar Instrumentos de Medición:** En correspondencia a esta expresión, los estudiantes enunciaron que aprendieron a utilizar ciertos instrumentos de medición durante las actividades experimentales realizadas con la guía del Manual de Laboratorio. Dichas actividades tenían la finalidad de aprender a medir y a comprobar, algunas magnitudes que se desea conocer en las actividades experimentales o en las prácticas de laboratorio. A este respecto, Nava (2013) comparte esta concepción de las actividades de experimentación y de laboratorio, puesto con esas se logran afianzar los conocimientos teóricos, el manejo adecuado de materiales y equipos para la demostración, de modo que el estudiante desarrolla habilidades y destrezas que se van consolidando durante el proceso de experimentación.

Al mismo tiempo, esas contribuyen al entendimiento del mundo físico, permitiéndole interactuar racionalmente con su contexto, valorando la importancia que tiene en el desarrollo científico y tecnológico del mundo actual. En síntesis, tomar en cuenta el uso adecuado de instrumentos y equipos de medición en la realización de experimentos y en el laboratorio favorece una cultura científica en los estudiantes y los lleva aprender de manera significativa. Esto se logra pues cada uno de ellos realiza diferentes mediciones

con distintos instrumentos en tareas específicas durante el experimento, lo que los lleva a conocer diferentes fenómenos, conocimiento que puede transferir y aplicar a situaciones del entorno, enriqueciendo cada día su experiencia educativa.

**b14. Subcategoría Presentar Evidencias:** Los estudiantes declararon que aprendieron a presentar evidencias sobre su trabajo, lo que se resultó de las expresiones halladas durante las entrevistas. Por otra parte, durante las prácticas, los estudiantes hicieron registros de los datos que ofrecían los experimentos. Tales registros constituyeron una evidencia o prueba científica que se apoya en la observación de uno o más datos empíricos, lo cual coincide con lo expresado por Pasek y Mejía (2017: p. 168), quienes explican que “las evidencias empíricas constituyen, generalmente, datos numéricos o estadísticos, aunque también puede ser información descriptiva, que demuestran la existencia de un problema, una necesidad, una solución”; o bien, como en este caso, la ejecución de un experimento realizado.

**b15. Subcategoría Confrontar Ideas:** Los estudiantes manifestaron a través de sus expresiones que aprendieron a confrontar ideas como parte de la experiencia práctica. Confrontar ideas significa, fundamentalmente, examinar y comparar dos o más cosas, en este caso ideas, para apreciar sus semejanzas y diferencias. no obstante, los estudiantes lograron, no solo comparar ideas, sino también el desarrollo de la habilidad del pensamiento de la comparación y, además, del pensamiento crítico.

La comparación, según Sánchez (2000) implica un proceso que consiste en describir los objetos de la comparación para luego establecer sus semejanzas y diferencias. Por otra parte, y debido a la interacción de los estudiantes en el desarrollo de la experiencia, observaron que tenían distintas posturas en el conocimiento y preconcepciones sobre los fenómenos de la naturaleza, pero los examinaron, analizaron, evaluaron, decidieron sobre su verdad o falsedad; todos ellos procesos que involucra el pensamiento crítico, tal como señalan, entre otros autores Carbogim, Oliveira y Püschel (2016) y Facione (2007).

Aquí cabe resaltar que el pensamiento crítico es muy importante para analizar las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. En ese sentido, capacita al estudiante para comprender el impacto social de la ciencia y la tecnología; al ser un área de conocimiento con valores permite entender mejor los aportes de la ciencia y tecnología a la sociedad, así como, tomar decisiones con fundamento y de manera responsable (MANASSERO, VÁZQUEZ Y ACEVEDO, 2003; LA CUEVA, 2010; OSORIO, 2002; MEMBIELA, 2001). Finalmente, tendrá como consecuencia que una mayor cantidad de estudiantes se vea motivado hacia el estudio y profesiones vinculadas con la ciencia y la tecnología, tal como refieren Manassero, Vázquez y Acevedo (2003) y Tineo (2008).

Además, dado que el pensamiento crítico se vincula con la creatividad, es importante mencionar a García Y Hernández (1999), quien expresa que el uso de actividades experimentales en la enseñanza de las Ciencias Naturales desarrolla el ingenio, la creatividad y la imaginación, propicia la investigación, desencadena inquietudes y promueve

una actitud positiva y crítica hacia la ciencia, lo que redundará en un buen desarrollo de los aprendizajes y la construcción del conocimiento científico, coadyuvando a comprender mejor el mundo que nos rodea.

En síntesis, el aprendizaje logrado durante la ejecución de las actividades experimentales en las prácticas de física no solo es percibido como lo que el estudiante ha aprendido de los contenidos de una asignatura, pues va más allá del saber teórico y la aplicación práctica de esos conocimientos, puesto que se alcanzó el desarrollo de habilidades del pensamiento en general y del crítico en particular.

De cierta forma tiene relación con los planteamientos de Ausubel, Novack y Hanesian (2000) cuando afirman que el aprendizaje depende de la estructura cognitiva previa que se relaciona con la nueva información, entendiéndose como el conjunto de conceptos e ideas que un individuo posee en un determinado campo de conocimiento así como su organización, ya que, cuando el material es potencialmente significativo, el alumno puede relacionar sustancial y no arbitrariamente el nuevo material con su estructura cognoscitiva.

Por otro lado, es importante señalar que estas manifestaciones confirman o comprueban el aprendizaje logrado evidenciado en la evaluación por medio de la prueba aplicada. Pero, ciertamente, también percibieron dificultades.

### *b2. Categoría Dificultades Percibidas*

En esta categoría se incluyeron todas las expresiones de los estudiantes que incluían frases como “me costó...”, “lo difícil fue...”, en el momento de la entrevista, frases que pueden estar explícitas o implícitas en las oraciones transcritas.

| <b>Categoría</b>               | <b>Expresiones</b>  | <b>Autores</b> |
|--------------------------------|---|----------------|
| <b>Dificultades Percibidas</b> | <p><b>EE1:</b> “... aunque los cálculos que se tenían que hacer un poquito me costó.</p> <p><b>EE2:</b> “Pues... las gráficas del encuentro entre móviles porque son cálculos que se hacían aparte para construirlos, pero ahí dimos y le consultamos al profesor a ver si era como pensábamos y él dijo: “sí, van bien”.</p> <p><b>EE3:</b> “...Transformando los valores utilizando las operaciones de matemática de acuerdo a la escala...” .... Pues me pareció con mayor dificultad hacer los cálculos, pero en esa parte nos ayudamos todos.</p> <p><b>EE4:</b> “... lo difícil fue hacer las gráficas realizando los cálculos para hallar la velocidad y la aceleración”.</p> <p><b>EE6:</b> “...donde se calculaba el período usando operaciones de matemática y las unidades de Física”.</p> |                |

Tabla 3. Dificultades Percibidas.

Fuente: Entrevistas realizadas a los estudiantes seleccionados.

En las manifestaciones de los estudiantes se observaron que las dificultades halladas en la realización de las prácticas de Física, fueron los cálculos matemáticos

y la elaboración de las gráficas, es decir ellos todavía tienen carencias en el área de matemáticas y sus operaciones básicas a lo cual no se le puede restar importancia pues, constituyen una herramienta fundamental para la explicación científica de los fenómenos de la naturaleza.

En cierta forma, las dificultades expresadas confirman sus argumentos sobre el aprendizaje de realizar cálculos matemáticos, pues se entiende que no sabían realizarlos antes de la práctica y aprendieron durante la ejecución de ésta, ya sea ayudándose unos a otros o pidiendo ayuda al docente.

Diferentes estudios confirman estas dificultades en el área de la enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales y la Física. Así, Álvarez, Jaimes y Sánchez (2018) argumentan que una de las dificultades que debe enfrentar el docente es el escaso conocimiento que poseen los estudiantes sobre las matemáticas, conocimiento que se necesita para comprender los temas de Física. Igualmente, en su estudio, Castro (2008) preguntó a los estudiantes a qué se debían las dificultades que tenían para aprender ciencias naturales y obtuvo como respuestas que tanto al docente como al estudiante, pues si el docente no está capacitado no la va enseñar bien; pero, si el profesor explica bien el tema que domina, el alumno debe prestarle atención para poder entender y aprender.

Por otra parte, algunos autores señalan que el problema abarca lo epistemológico, psicológico y pedagógico. En ese orden de ideas, Castro (2008) explica que muchos de los problemas en la comprensión de los conocimientos y conceptos que abarcan los contenidos de estudio, se deben, posiblemente, a la ausencia o escaso desarrollo de ciertos procesos cognitivos como el análisis, relaciones, abstracciones, deducciones e inferencias, en la interpretación de teorías, modelos y conceptos afines, cuestiones que dificultan la reconstrucción de dichos conocimientos.

También Neira y Pérez (2016), en su estudio sobre el calor y la temperatura expresan que los estudiantes presentan significativas dificultades para su comprensión, dificultades que se pueden atribuir a sus ideas previas, así como a la interpretación de los fenómenos de varias variables macroscópicas que cambian simultáneamente.

Tomando en consideración las dificultades mencionadas, es importante que los docentes las asuman y busquen o reorienten las estrategias de enseñanza y aprendizaje con el fin de propiciar un aprendizaje significativo de las ciencias y ofrezcan una solución a las debilidades de los estudiantes (PASEK, 2014).

### *b3. Categoría Valoración de la Experiencia*

En esta categoría se incluyeron todas aquellas expresiones de los estudiantes que implican un juicio de valor. Valorar una experiencia significa evaluarla y la evaluación involucra un proceso en el cual, según Pasek y Mejía (2017, p. 9), “la formulación de juicios corresponde a la segunda fase y constituye la esencia de la evaluación, pues,

como vimos, evaluar es juzgar. Los juicios valorativos son el componente que distingue la evaluación de una descripción o de un proyecto de investigación.” Por lo general, estos juicios incluyen la comparación y expresan en términos descriptivos los comportamientos o acciones.

| Categoría   | Valoración de la Experiencia  |  |
|---|---|--|
| Subcategorías                                     | Expresiones   | Autores  |
| Trabajar en grupos facilita el aprender           | <p><b>EE1:</b> “... Hubo interacción entre todos en cuanto a sus ideas para la actividad y eso..... ya que con esta actividad trabajamos en grupo, nos ayudamos unos a otros. Y fue este bonito trabajar en unión ya que se aprende muchísimo más; <b>EE2:</b> “Fue muy interesante, compartimos con los compañeros...”.</p> <p><b>EE3:</b> “... se aprende más haciendo y con ayuda de mis compañeros porque todos colaboramos, eso es bonito.”</p> <p><b>EE4:</b> “...nosotros somos los que hacemos y nos ayudamos entre todos”.</p> <p><b>EE5:</b> “Claro, mejor vemos las clases de física y todos nos ayudamos y aprendemos lo que vemos en teoría y anotamos lo que observamos.</p> <p><b>EE6:</b> “...todos compartimos ideas e hicimos cada una de las experiencias interactuando todos en la práctica y aprendiendo más de la Física.”</p>  | <p>Domínguez (2015)</p> <p>Breznes (2014)</p>                                  |
| Es Claro el Vínculo entre Teoría y Práctica       | <p><b>EE1</b> argumentó: “... y se cumple con aquello que vimos en la teoría y también la aceleración en cero al momento de calcular con los datos que nos dio se vio que es cero...”; también <b>EE2</b> lo indicó: “... y ver qué ocurría para luego responder lo que decía la práctica. Para comprobar con lo que vimos en clase de teoría y de verdad se cumplió”.</p> <p><b>EE4</b> señaló: “.... Pero lo importante logramos entender el tema con lo que está en la teoría o sea estas ideas con lo que hacemos en la práctica”, igual que <b>EE6:</b> “...y demostrar lo que se hizo en clase de teoría”; y, asimismo <b>EE3:</b> “... se nos facilitó porque en la teoría vimos cosas para que comprendiéramos pues, en el momento de hacerla en la práctica de laboratorio”.</p>   | <p>Carlino (2006)</p> <p>Álvarez (2012)</p>                                    |
| Los procedimientos y las Instrucciones son claros | <p><b>EE4:</b> “...Y el proceso fue que primero leímos un texto del tema y había tres experiencias que aplicamos cambiando que si la masa, la longitud de la cuerda o el ángulo para ver el período del péndulo de qué dependía y de último responder la dependencia y pues... la aplicabilidad”.</p> <p><b>EE5:</b> “pues..., digamos que estaba en 4 partes. Una lectura como para... refrescar las ideas que vimos en clase de teoría relacionado a calor y temperatura. Después hicimos las experiencias de calor, temperatura y equilibrio térmico y después transferencia de calor realizando las tres formas y de último unas preguntas de reflexión respondida por nosotros para ver si aprendimos.</p> <p><b>EE2:</b> Todo estuvo muy claro...y... Todo lo resolvimos como estaba previsto en la práctica;</p> <p><b>EE4</b> afirmó: No encontré cosas difíciles porque la práctica lo decía todo lo que se iba a hacer.</p> <p><b>EE5:</b> “pues no me pareció tan difícil..., estaba claro lo que teníamos que hacer.....y ojalá fuese todas las materias así.</p> <p><b>EE6:</b> “Pues la práctica estaba clara, pero yo confundía las unidades, o sea, la equivalencia” (...) “logré aprender muchas cosas primero... porque sin la ayuda del profesor la teníamos que hacer”.</p> | <p>López y Tamayo (2012)</p> <p>Díaz y Hernández (2002)</p> <p>Peña (2002)</p> |

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p>Hacer experimentos es una forma novedosa y fácil de aprender</p>  | <p><b>EE1</b> expuso: “Nunca lo habíamos visto en Física, es algo totalmente diferente” ...Y de esta manera se aprende y se comprende más.<br/> <b>EE2:</b> “...y es más fácil para aprender y comprender la materia, no como el año pasado que era diferente.... y bastante entretenida también”.<br/> <b>EE3:</b> Es una forma nueva para comprender las cosas de manera más fácil.”<br/> <b>EE4:</b> “Es una forma diferente para entender mejor los temas de Física”; “...La experimentación nos ayuda a profundizar más el tema, el contenido para obtener más y mejor conocimiento...” <b>EE4:</b> no es tan difícil debemos... pues..., leer bien para hacer bien las cosas. Y aplicar cada una de las experiencias que eran actividades que se relacionaban con el tema.<br/> <b>EE5:</b> “... Y también había varias cosas que hacer problemas, crucigramas, selección y muchas cosas que podíamos hacer, no era una sola cosa sino muchas” ....<br/> <b>EE6:</b> de verdad que sí y ya que es... una manera diferente de aprender Física y es una manera que asusta menos que con puros exámenes, sino que hay distintas cosas que se hacen con esta práctica.</p> | <p>López y Tamayo (2012)</p> <p>Peña (2012)</p> <p>Palacino (2007)</p> <p>Melo y Hernández (2014)</p>   |
| <p>La experimentación se siente y hace sentirse bien</p>             | <p><b>EE1:</b> Me sentí bien, ya que esta práctica nunca la habíamos realizado en ninguna materia”;<br/> <b>EE2:</b> “...Ojalá que se sigan haciendo más porque así uno comprende mejor las cosas”.<br/> <b>EE4:</b> de verdad me siento mejor porque no hay presión como cuando uno tiene examen y es una forma distinta de ver la Física.<br/> <b>EE6:</b> “me sentí muy bien porque mi equipo se reunió en mi casa para hacerla...”.<br/> <b>EE3:</b> “...Pues, me sentí bien porque estaba a gusto con mis compañeros y todos colaboramos al hacer esta actividad compartiendo sus ideas para resolver la actividad” ...; luego agregó: “Pues, como los científicos (se ríe). Bueno algo así, porque nosotros somos lo que hacíamos las cosas”;<br/> <b>EE5:</b> “pues, digamos, como los científicos, jajaja, investigando, haciendo las cosas por nosotros mismos.</p>   | <p>Perales (2007)</p>   |
| <p>La Evaluación fue Formativa por Monitoreo Grupal e Individual</p> | <p><b>EE2:</b> Pues él nos explicó en la clase de teoría el tema y en la práctica él se asomaba por cada equipo pa’ ver si hacíamos la práctica.<br/> <b>EE4:</b> En la práctica el profesor pasaba por las mesas para ver qué hacíamos y nos aclaraba dudas si la teníamos...”<br/> <b>EE6:</b> el profesor se acercaba a ver qué hacíamos y observar quien trabajaba o no.<br/> <b>EE1:</b> “También tuvimos una defensa en la clase de teoría donde el profesor nos preguntaba del tema e iba anotando quiénes intervenían”.<br/> <b>EE3:</b> “...una lectura de inicio donde en teoría ya se había abordado y defendido por cada uno...”.<br/> <b>EE4:</b> “...y también había unas preguntas para saber si aprendimos, que fueron respondidas por cada uno de nosotros”.<br/> <b>EE5:</b> “...y de último unas preguntas de reflexión respondida por nosotros para ver si aprendimos”.</p>  | <p>MPPE (2007)</p> <p>Pasek de Pinto y Mejía (2017)</p> <p>Domínguez (2015)</p> <p>Castillo y Cabrerizo (2003)</p> <p>Garrido Arias y Flores (2014)</p> |

Tabla 4. Valoración de la Experiencia.

Fuente: Entrevistas realizadas a los estudiantes seleccionados

**b31. Subcategoría Trabajar en Grupos Facilita el Aprender:** Los estudiantes valoraron positivamente las actividades experimentales que realizaron guiados por el Manual de Laboratorio de Física propuesto cuyas dinámicas y modos desarrollaron de

manera grupal y colaborativa. De sus palabras se aprecia de las la importancia que le conceden al trabajo colaborativo porque se ayudaron unos a otros, compartieron ideas y conocimientos, aprendieron de manera más y con más facilidad. El trabajo colaborativo durante la ejecución de las prácticas promueve un aprendizaje centrado en el alumno, cuya base es el trabajo en pequeños grupos, en los cuales, estudiantes con diferentes niveles de habilidad realizan diversas actividades de aprendizaje para mejorar su entendimiento sobre una materia.

Lo expresado previamente es confirmado por algunos autores como Domínguez (2015), quien realizó un estudio durante sus clases de Física y Química, llegando a la conclusión que el aprendizaje cooperativo, aumenta la motivación de los alumnos, provoca que se obtengan mejores resultados en el trabajo, favorece la interacción entre los estudiantes y hace que éstos aprendan más rápido. También, Brezmes (2014), quien argumenta que el trabajo o aprendizaje cooperativo es una metodología muy adecuada para la enseñanza de las Ciencias Naturales, ya que obtuvo resultados que demuestran que a través de las técnicas y estrategias que hemos utilizado aumenta el grado de comprensión y asimilación de los conceptos.

**b32. Subcategoría Es Claro el Vínculo entre Teoría y Práctica:** Las expresiones de las estudiantes reportadas en la tabla 4 en esta subcategoría, mostraron que durante la ejecución de las actividades experimentales hubo un vínculo en la teoría con la práctica, donde esta dualidad en ámbito de las ciencias se considera fundamental para comprender los principios físicos, las implicaciones que tiene con el contexto que es el deber ser de todo hecho educativo. Además, se incentiva en los estudiantes una cultura científica y se desenvuelve el conocimiento desde todos sus ámbitos. Así lo afirma Carlino (2006), cuando dice que el “aprender los contenidos disciplinares debe consistir en una doble tarea y es el apropiarse de su sistema conceptual y metodológico”; dando cumplimiento con este vínculo en el aprendizaje de las ciencias se promueve en el estudiante la capacidad de interpretar su realidad, desde una postura crítica, constructiva y con independencia intelectual.

También Álvarez (2012) señala la importancia de relacionar la teoría y la práctica. Aunque su estudio refiere a la docencia en la cual el docente debe manifestar su coherencia teórico-práctica, sus conclusiones se pueden extrapolar a las prácticas de laboratorio, pues, a fin de cuentas, el proceso de enseñanza aprendizaje requiere tanto del docente como de los estudiantes. Así, propone la autora que el vínculo teoría-práctica requiere que el docente tienda puentes intermedios entre el conocimiento y la acción, cultivando ambas dimensiones; las cuales en este caso involucran las clases en el aula y la práctica en laboratorio.

La autora indica además que las relaciones teoría-práctica debe establecerlas el profesor en un esfuerzo consciente, autocrítico y abierto al diálogo con otros, lo que en este estudio se traduce en organizar las clases y las prácticas para que guarden la debida

correspondencia. Finalmente, la autora argumenta que los intentos de relación teoría-práctica transforman al docente, lo que al llevarlo al contexto del laboratorio implica el aprendizaje del estudiante y la satisfacción del logro para el profesor.

En síntesis, se evidenció que mediante el diseño de las actividades experimentales de Física elaboradas por el docente y realizadas por los estudiantes en las prácticas de laboratorio, los estudiantes expresaron hallar ese vínculo, lo que facilitó la comprensión y el aprendizaje.

**b33. El Procedimiento y las Instrucciones Fueron Claras:** Los estudiantes manifestaron que tanto el procedimiento que debían ejecutar como las instrucciones fueron explícitos y fácilmente comprensibles. Los procedimientos en las actividades experimentales deben estar claros y cumplir con el propósito de la práctica, deben secuenciarse, así como se cumple en los contenidos conceptuales, donde el estudiante tenga un papel activo para integrar los nuevos procedimientos en su estructura cognitiva, logrando una forma significativa y comprensiva de la realidad. Vale decir, entonces, que los medios de enseñanza en las ciencias deben contribuir a la apropiación del contenido por los estudiantes, de una manera que los procedimientos empleados más allá de lo elemental a lo complejo provoque en ellos un proceso productivo, que los motive, que vaya descubriendo ese mundo de la ciencia que muchas veces desconoce, es decir, el procedimiento empleado durante la experimentación debe ser un hilo conductor en el proceso de adentrarse a la reflexión de cada paso que se haga para así obtener un aprendizaje eficiente y eficaz en cada uno de ellos.

Para la realización de estos procesos es necesario que los estudiantes hablen ciencia, que debatan entre ellos y con el profesor, que sean capaces de verbalizar el problema y de pensar en procedimientos sobre cómo van a resolverlo y que argumenten si sus resultados encajan dentro de un modelo o teoría. En ese orden de ideas, López y Tamayo (2012:146) reconocen que la actividad experimental es uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias tanto por la fundamentación teórica que puede aportar a los estudiantes, como por el desarrollo de ciertas habilidades y destrezas para las cuales el trabajo experimental es fundamental, asimismo, en cuanto al desarrollo de ciertas habilidades del pensamiento de los estudiantes y al desarrollo de cierta concepción de ciencia derivada del tipo y finalidad de las actividades prácticas propuestas.

Sin embargo, de igual manera critican que estas actividades, en su gran mayoría, se caracterizan por ser tipo receta, en las que los estudiantes deben seguir ciertos algoritmos o pasos para llegar a una conclusión predeterminada. Agregan que con ello se puede transmitir una imagen distorsionada de ciencia al utilizar las prácticas de manera tradicional como único criterio de validez del conocimiento científico y la prueba definitiva de las hipótesis y teorías.

En las locuciones anteriores se evidenció que los estudiantes manifiestan una

apreciación positiva de las instrucciones en el conjunto de cada una de las experiencias presentadas en el manual de actividades experimentales. Es importante resaltar que éste propicia el desarrollo autónomo de la ejecución de las actividades para cumplir con los objetivos previstos en cada temática. Por tanto, al presentar de manera clara y comprensible los objetivos y las acciones de cada experiencia en el laboratorio, se promueve en el aprendiz la autonomía, una cultura científica y el manejo adecuado de un lenguaje propio de la ciencia.

Al respecto, es oportuno señalar las ideas de Peña (2012), quien opina que, si están bien diseñadas e implementadas cada una de las actividades, se obtiene un elevado potencial en lograr un cambio efectivo en la estructura de conocimiento de los estudiantes, porque al utilizar diversas estrategias de aprendizaje permiten modificar las concepciones alternativas, y por ende se logra, reconstruir significativamente el conocimiento científico.

Desde esta perspectiva, Díaz y Hernández (2002:114) plantean que “uno de los objetivos más valorados y perseguidos dentro de la educación a través de las épocas, es el de enseñar a los estudiantes para que se vuelvan aprendices autónomos, independientes y autorregulados capaces de aprender a aprender”. Esto significa, que los docentes tienen un papel fundamental en la formación de los estudiantes y es hacer conscientes a ellos de sus propias capacidades cognitivas proporcionando herramientas que sirvan para enfrentar situaciones de aprendizaje en distintas áreas de formación, con diferentes niveles de profundidad ayudados con la aplicación de estrategias que conlleven a la consolidación de habilidades del pensamiento como forma de lograr un hombre con eficientes competencias académicas.

***b34. Subcategoría Hacer Experimentos Es Una Forma Novedosa y Fácil de Aprender:*** El aspecto experimental fue el más llamativo para los estudiantes, quienes dijeron que haciendo las cosas facilita el aprender. Se sus palabras se aprecia la repetición de ciertos juicios como: “fue algo nuevo”, “Fue interesante...” “nos gustó mucho” “de esta manera se aprende y se comprende más”. “es más fácil para aprender y comprender la materia, no como el año pasado”, “bastante entretenida”, “fue muy divertida”, “todos hacemos y aprendemos mejor”, “nos ayuda a profundizar más el tema”, “había varias cosas que hacer problemas, crucigramas, selección y muchas cosas que podíamos hacer, no era una sola cosa sino muchas”; “es una manera que asusta menos que con puros exámenes”.

Los juicios precedentes indicaban que las clases de años anteriores fueron tradicionales, por lo que las distintas estrategias, incluyendo el juego, que utilizaron siguiendo el Manual de Laboratorio, son consideradas una novedad. A esto se suma el hecho de facilitar el aprendizaje de la Física y, por ende, proporciona una visión amplia del estudio de los fenómenos que ocurren en la naturaleza por medio de la vivencia en la experimentación. El empleo de las actividades experimentales, en particular en las ciencias naturales, debe enfocarse de tal modo que los estudiantes sean los protagonistas

en la construcción de su conocimiento, que reflexionen, critiquen, busquen mejores explicaciones de los hechos y desarrollen actitudes y valores enmarcados en las ciencias.

Así los reconocen López y Tamayo (2012) y Peña (2012) cuando señalan que bien diseñadas e implementadas aportan fundamentos teóricos y potencian el desarrollo habilidades y destrezas para el trabajo en laboratorio, así como habilidades de pensamiento, por lo que favorecen el aprendizaje al modificar las concepciones alternativas y, en consecuencia, se logra reconstruir significativamente el conocimiento científico.

Asimismo, se evidenció que durante la ejecución de las actividades experimentales realizaron algunas actividades lúdicas, las cuales, al estar diseñadas de acuerdo con los objetivos que se pretenden lograr, tienen como finalidad ser un medio didáctico, generador de conocimientos propio de la ciencia para el desarrollo cognitivo; ofrece la posibilidad de brindar la oportunidad a cada estudiante de elaborar sus propias ideas desde la vivencia de la práctica, el sentir y hacer, propiciando el proceso de reconstrucción del desarrollo personal y comprensión de su entorno.

En ese orden de ideas, Palacino (2007) explica que las estrategias lúdicas mejoran los procesos de enseñanza y aprendizaje en Ciencias Naturales, puesto que permite una interacción constante en forma grupal, mejoran las competencias comunicativas y ayudan a superar algunas dificultades que se han venido presentando en este contexto social, a la hora de educar y educarse científicamente. Igualmente, Melo y Hernández (2014) argumenta que el juego es una actividad inherente al ser humano, vinculada al gozo, al placer y a la diversión. Como estrategias de enseñanza y aprendizaje favorece el desarrollo cognitivo, afectivo y comunicativo, así como la creatividad, el espíritu investigativo y despierta la curiosidad por lo desconocido.

En este punto de la valoración de la experiencia que realizan los estudiantes se hizo notable la constante alusión a las clases del año pasado y a su comparación con el desarrollo de las prácticas en el presente; por lo que el investigador se sintió obligado a indagar: ¿Cómo fueron las clases de Física el año pasado? ¿No tuvieron la oportunidad de hacer prácticas de laboratorio?

Sus respuestas fueron que el año anterior las clases fueron de corte tradicional, es decir, rígidas, poco dinámicas y prácticamente nada de innovación ya que, como explica Flórez (1994) se centra en el docente quien le concede gran importancia a la transmisión y memorización de la cultura y los conocimientos. Aquí el docente dicta y expone, el estudiante escucha y copia; es decir, las clases son magistrales, con la exposición verbal de un docente protagonista, transmisor de conocimientos, dictador de clase, un maestro reproductor de saberes. La relación maestro-alumno es autoritaria y vertical. El proceso de evaluación es memorístico, repetitivo, por producto o resultados y responde a una calificación cuantitativa, por lo cual se basa en exámenes, por ello la evaluación finalmente es cuantitativa, reflejándose en una calificación numérica. Como consecuencia se tiene el temor y el desinterés por aprender ciencias, especialmente por centrarse en el

conocimiento de hechos, teorías científicas y aplicaciones tecnológicas, sin vinculación con la vida cotidiana del estudiante.

Contrario al modelo tradicional, las nuevas tendencias pedagógicas constructivistas se centran en el estudiante y su aprendizaje, por lo que se buscan estrategias novedosas, motivadoras, que fomenten el interés del alumno poniendo el énfasis en la naturaleza, estructura y unidad de la ciencia, y en el proceso de indagación científica en un aprendizaje por descubrimiento. (AUSUBEL, NOVACK Y HANESIAN, 2000; Bruner, 1987). Luego, se entienden las palabras y la constante comparación de los estudiantes, pues con el Manual de Laboratorio tuvieron la oportunidad de efectuar un aprendizaje dentro del constructivismo, centrado en ellos y en un constante aprender haciendo.

**b35. Subcategoría. La experimentación se siente y hace sentirse bien:** Bajo esta subcategoría se recogen las expresiones relacionadas con sentimientos, sensaciones y emociones que formularon los estudiantes en su valoración de las actividades de laboratorio. Las palabras de los estudiantes exteriorizan sentimientos de placer y hasta de “orgullo científico” por haber cumplido ellos mismos con las actividades, evidenciando la importancia del aprender haciendo. Se destaca su eje centrado en el proceso de investigación científica, en un aprendizaje por descubrimiento, tal como se dijo antes al remitirse a considerar el constructivismo, el cual tiene como fin que el estudiante construya su propio conocimiento a través de la ejecución de actividades, experiencias o cualquier estrategia que conlleven a fortalecer su aprendizaje.

Al respecto, Perales (2007) establece que el profesor, en su rol de mediador, debe apoyarlo en sus tres etapas para: Enseñarle a pensar: desarrollar en él un conjunto de habilidades cognitivas que les permitan optimizar sus procesos de razonamiento. Enseñarle sobre qué pensar: animar a los estudiantes a tomar conciencia de sus propios procesos y estrategias mentales (metacognición) para poder controlarlos y modificarlos (autonomía), mejorando el rendimiento y la eficacia en el aprendizaje. Así como también enseñarle sobre la base del pensar: incorporar objetivos de aprendizaje relativos a las habilidades cognitivas, dentro del proceso educativo.

**B36. La Evaluación fue Formativa por Monitoreo Grupal e Individual:** En esta categoría se agruparon las diversas locuciones en las cuales los estudiantes entrevistados señalaron cómo fue el proceso de evaluación durante la ejecución de las actividades experimentales. Sus expresiones permitieron distinguir dos formas de evaluar: evaluación formativa por monitoreo grupal y evaluación sumativa individual. En la descripción que manifestaron los alumnos, se observa que el profesor observa a los estudiantes, pasa por las mesas de trabajo y aclara dudas.

Ya que forma parte del desarrollo de la clase práctica, según el MPPE (2007, p. 68), se trata de una evaluación procesual y/o formativa, la cual de acuerdo con el Diseño Curricular del Sistema Educativo Bolivariano “se planifica con la finalidad de obtener información de los elementos que configuran el desarrollo del proceso educativo de todos

y cada uno de los y las estudiantes, proporcionando datos para realimentar y reforzar los procesos”; lo que para Pasek de Pinto y Mejía (2017: p. 178) significa que “responde a una concepción constructivista de enseñanza y aprendizaje que considera el aprender como un proceso en el cual el estudiante va reestructurando su conocimiento a partir de las actividades realizadas”

En ese orden de ideas, es durante el tiempo de ejecución de las actividades experimentales cuando el docente lleva a cabo la evaluación formativa, pues ésta, tal como señalan Pasek de Pinto y Mejía (2017: p. 188):

Consiste en hacer un seguimiento constante a los avances en el dominio de conocimientos o desarrollo de habilidades convenidas en criterios previamente acordados (...) Por lo general esta actividad la realizan los docentes desplazándose por el aula y deteniéndose en cada estudiante, mesa o grupo de trabajo con la finalidad de observar y estimar su desempeño.

Las mismas autoras explican que, durante ese recorrido, los docentes identifican errores, fallas e indican cómo superarlas para que los estudiantes tomen conciencia y realicen las correcciones pertinentes. Es decir, orientan y atienden la situación o debilidad detectada de manera inmediata y adecuada, indicando el curso correcto de la actividad. Sumado a ello, verifican los resultados (controlan), resaltan logros y pueden promover la autoevaluación y la coevaluación.

También Domínguez (2015: p. 16) comparte esta idea cuando define a la evaluación formativa como “aquella que se realiza de manera continua e interactiva para formar al estudiante, monitorear su progreso y adaptar el currículo en base a una realimentación tanto interna como externa permanente durante el proceso de aprendizaje”. Consecuentemente, en su proceso, la evaluación formativa por monitoreo se convierte en un espacio reflexivo de qué y cómo se aprende durante la ejecución de las actividades en un área de formación, donde el estudiante evalúa su proceso de construcción de conocimientos mediante la codirección que le presta el docente.

Implica, entonces, una estrategia que aplica el docente durante el desarrollo de las actividades para el aprendizaje significativo de los contenidos, así como también permite observar las manifestaciones de una actitud positiva hacia las experiencias científicas.

**b37. Subcategoría Evaluación individual:** De acuerdo con los estudiantes, además de monitorear la ejecución de las prácticas, el profesor verificaba el aprendizaje individual la misma: bajo esta perspectiva, Castillo y Cabrerizo (2003: p. 5), establecen que para el logro significativo del aprendizaje se considera esencial que los estudiantes se den cuenta de su progreso, indicándoles “lo que aprendió bien; lo que le falta aprender; lo que debe hacer para mejorar; lo que puede hacer para saber más”. Todo esto radica como una reflexión crítica de los procesos de construcción del aprendizaje donde el estudiante de a conocer de manera reflexiva lo que aprendió y lo que le dificultó durante el desarrollo de las experiencias científicas, a fin de convertir las debilidades en fortalezas de un estudiante

con óptimas competencias en el área de las ciencias.

El Diseño Curricular del Sistema Educativo Bolivariano (MPPE, 2007: p. 71) respecto a la evaluación cualitativa indica: “Está orientada por la descripción de logros, avances y alcances de los estudiantes en el desarrollo de los procesos, en las áreas de aprendizaje”. Lo que quiere decir, que todas las áreas del conocimiento están sujetas a la evaluación cualitativa como una forma de verificar el aprendizaje.

En ese sentido, la evaluación busca la transformación del educando, de ser un sujeto pasivo a convertirse en persona activa que participe en su propia evaluación y en la del grupo de compañeros. Las actividades experimentales permiten un proceso de evaluación en los estudiantes de manera integral; como lo afirman Garrido, Arias y Flores (2014) cuando indican que ofrece a cada uno de ellos un cambio conceptual, metodológico, actitudinal y axiológico, pues facilita la obtención de información relacionada con el progreso de ellos en sus procesos educativos.

**b38. Subcategoría Vinculación con lo Cotidiano:** En esta categoría se incluyeron todas aquellas expresiones de los estudiantes que implican la relación de los aprendizajes con su vida cotidiana, lo que indica su vinculación con el enfoque de CTS. A continuación, se presenta una tabla que muestra la categoría y lo expresado por los alumnos y los autores.

| Categorías                   | Expresiones  | Autores                             |
|------------------------------|--|-------------------------------------|
| Vinculación con lo cotidiano | <p><b>EE1:</b> “... que son utilizadas en nuestro vivir como metros, centímetros, milímetros, entre otras”.</p> <p><b>EE2:</b> “...que son cosas que vivimos”.....aprendimos bastantes cosas que nos pueden ayudar a futuro”....”es una forma también de hacerla con cosas que están en nuestras casas”.</p> <p><b>EE3:</b> “... Y ver que la práctica con los carritos son cosas que se da en las ciudades cuando una automóvil alcanza al otro y se ve la velocidad, el tiempo”.</p> <p><b>EE3:</b> “pues... se aplicó en tres partes, ... se tomó las ideas de Aristóteles y la... de Galileo... y la otra teníamos que buscar a una persona que no estudiara donde le explicamos de la práctica y que la Física se aplica en el día a día, dándoles a conocer el tema y lo que estudia la Física; por último, se le explicó al profe lo que se hizo con la práctica”.</p> <p><b>EE4:</b> “... A través de esta actividad aprendí que las mediciones no sólo se utilizan en Física y Química, sino que son cosas que escuchamos en nuestros familiares” .... “...las mediciones la podemos llevar a nuestras comunidades o a donde vayamos a trabajar sea en una profesión como ingenieros. También podemos hacerlo aquí en la escuela, medición de terreno para hacer alguna siembra, también de fincas, así medición de planos para hacer casas, kioscos, entre otras. Y ojalá que trabajemos así siempre para comprender más las cosas.</p> <p><b>EE5:</b> a mi esta práctica me gustó porque son cosas que vemos en nuestras casas y se hizo toda aquí. Y no existe puros exámenes y exámenes, sino que son cosas que se aprenden mejor haciendo.</p> | Tineo (2008)<br><br>Cárdenes (2000) |

Tabla 5. Vinculación Con Lo Cotidiano.

Las palabras de los alumnos indican claramente que lograron observar el vínculo de la Física con su entorno social y con actividades de la vida cotidiana que tienen lugar en diferentes ámbitos. Esta vinculación con lo cotidiano se debe establecer en los ambientes de aprendizaje con la finalidad que el estudiante se acerque con otros ojos, tanto a su realidad como a la ciencia; en esto coincide Cárdenas (2000), quien señala que los objetivos básicos de esta orientación del currículo de Ciencias Naturales bajo la perspectiva CTS incluyen el promover el interés de los estudiantes por conectar la ciencia con las aplicaciones tecnológicas y los fenómenos de la vida cotidiana y abordar el estudio de aquellos hechos y aplicaciones científicas que tengan una mayor relevancia social, así como, abordar las implicaciones sociales y éticas que el uso de la tecnología conlleva y adquirir una comprensión de la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico.

Igualmente, Tineo (2008) expresa que, desde el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad, la enseñanza de la ciencia puede abordarse de manera práctica, permitiendo recorrer diferentes formas de aproximarse a los temas científicos, vinculándolos a su entorno social con el fin de que los estudiantes sean capaces de aplicar conocimientos científicos para tomar decisiones responsables sobre los problemas que les impone su realidad inmediata y/o futura. Por su parte, Torres (2010:135) argumenta que “enseñar ciencias de forma contextualizada y relacionada con la vida cotidiana es uno de los retos más desafiantes de esta época”, pues, si bien existen muchos métodos y técnicas distintos, algunos están muy apegados al positivismo mediante la aplicación casi exclusiva del método científico como instrumento de conocimiento.

Otros enseñan en el papel, como un conjunto de hechos y verdades estables e incuestionables contenidos en el libro de texto, contenidos que el profesor, supuestamente, sabe y que el alumno tiene que memorizar para contestar las preguntas de los exámenes.

En atención a lo anterior, de acuerdo con Lacueva (2000), la enseñanza de las Ciencias Naturales no solo debe promover el aprendizaje de conceptos científicos, sino debe involucrar la formación de actitudes e intereses favorables hacia la ciencia, que permitan desarrollar las habilidades participativas, argumentativas y positivas, pero, sobre todo, que promuevan el desarrollo de capacidades en el estudiante para resolver problemas del entorno. Por eso, es importante utilizar múltiples estrategias y formas de enseñar las ciencias que incluyan experimentos y demostraciones en la clase, observaciones en el campo con la participación activa de los estudiantes, que favorezcan la construcción de conocimientos contextualizados y ligados a la actividad diaria de las personas.

El vincular con lo cotidiano los temas de ciencias se promueve un interés por aprender ciencias, con un pensamiento crítico, promueve una acción ciudadana encaminada en la resolución de problemas sociales. Esta postura encaminada desde el enfoque expuesto, se considera elementos positivos en el desarrollo de las áreas académicas ya que el estudiante participa en experiencias que facilitan el razonamiento, el análisis y la actividad creadora ante las distintas áreas de formación en especial la de ciencias naturales.

De acuerdo a ello, podemos decir que lo aprendido en una asignatura puede ser aprovechado en otras, como lo expresa Wenzelburger (2009: 28) “los conocimientos adquiridos en la escuela deben ser útiles en situaciones fuera de ella”. Por eso la transferencia ocurre cuando lo que se aprende en una situación facilita el aprendizaje en otras realidades, donde el docente tiene como finalidad de compartir ese conocimiento teórico de las unidades curriculares a la aplicabilidad que tiene ella en el contexto, tal como lo pauta Morillo (2008) una nueva perspectiva de enseñar las ciencias en el contexto social, debe estar dirigido a formar un hombre que sea capaz de poseer y generar conocimiento, que sea pertinente, audaz y decidido ante los nuevos proyectos que demanda la sociedad.

Una de las maneras para fomentar una cultura científica en los estudiantes es incorporar el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad en las clases de ciencias, como lo pautan Nava, Pasek y Márquez (2017), cuando indican que este enfoque brinda al estudiante herramientas básicas para la resolución de problemas cotidianos, poniéndolos en contacto con la ciencia desde un enfoque más humano, vinculado a la vida diaria, puesto que plantea la construcción del aprendizaje desde la necesidad de conocer, basada en la experiencia real de su entorno inmediato, siendo de carácter crítico e interdisciplinario, abarcando la dimensión social de la ciencia y la tecnología como un todo.

En resumen, se puede afirmar que la valoración de las experiencias de ejecución de las prácticas de Física orientadas por el manual de laboratorio desde la opinión y juicio de estudiantes de 4to Año de Educación Media General constituyó una manera de evaluar el impacto que tienen las actividades experimentales sobre el aprendizaje de la Física. Cada una de las prácticas realizadas permitió corroborar el cumplimiento de los objetivos y lograr la transferencia del conocimiento y vincular con lo cotidiano cada teoría, ley o principio físico.

Se obtuvo como resultado que la aplicación de las prácticas permitió que los estudiantes desarrollarán cada una de las experiencias para verificar el cumplimiento de todos los procesos que la integran como el realizar cálculos, aprender a medir, distinguir magnitudes, uso de instrumentos de medición, aprender a pensar, aprender el procedimiento y transferencia de conocimiento a la vida cotidiana. Considerando estos procesos dentro de la experimentación se logra el aprendizaje logrado, acción que permite fortalecer la capacidad de los estudiantes para mejorar su desempeño, como un medio para la toma de decisiones que pueda asumir en cualquier situación de su entorno social.

## **6 | RESULTADOS E ANÁLISES**

La diferencia estadísticamente significativa obtenida en los puntajes promedio de los dos grupos de estudiantes, el grupo experimental y el grupo de control, permitió inferir que una enseñanza de física que incluye demostraciones, experimentos, nuevas actividades

relacionadas con la vida diaria del estudiante y la participación activa y autónoma del alumno favorecen el aprendizaje de la física. Además, facilita el desarrollo de habilidades y actitudes, así como actitudes positivas hacia la ciencia y sus procesos. Por lo tanto, se reveló que el aprendizaje logrado incluía, no solo el desempeño de los cálculos, las mediciones con los instrumentos apropiados, la distinción de conceptos y magnitudes, el uso de instrumentos de medición; También condujo a presentar evidencia y confrontar ideas, discutiendo los efectos y el impacto de la ciencia y la tecnología en la humanidad. En otras palabras, estaba más allá de la rutina en el aula y las actividades desarrolladas proporcionaron la capacidad de utilizar el conocimiento para la vida personal y colectiva en el entorno sociocultural.

Respecto a la construcción de los criterios esa representa la fase de teorización de esta investigación, para la cual se procedió a reflexionar y visualizar la información recabada, por los medios utilizados, para a partir de ella dar surgimiento de forma integrada a la conformación de los mismos, criterios epistemológicos y metodológicos que fundamentasen la experimentación en Física desde la concepción de CTS. A continuación, se dan los criterios obtenidos, partiendo de una breve introducción sobre su obtención y su importancia.

Cabe destacar que con la elaboración de los criterios se da respuesta al objetivo general de esta investigación, consistente en Generar criterios epistemológicos y metodológicos que fundamenten la experimentación en Física desde la concepción de Ciencia, Tecnología y sociedad (CTS) a partir de la aplicación y evaluación de un Manual de Laboratorio para el 4to Año de educación Media General. Se observa que, para la construcción de los criterios, fueron meditadas las perspectivas de Ciencia, Tecnología y Sociedad considerándose una visión que facilita la comprensión del conocimiento científico y tecnológico, valorando los valores de cada uno, de la ciencia y de la sociedad, además de los aspectos éticos, para su uso responsable. Asimismo, permite una mejor comprensión de su relación con la vida cotidiana y el impacto social que tienen. Por otro lado, se consideraron las deficiencias detectadas en los docentes y todos estos aspectos, declaraciones, argumentos, narraciones de acciones repetidas en las expresiones y declaraciones de los alumnos.

*Conforme a lo indicado se construyeron los criterios siguientes:*

**1- Criterios de formación.** La formación del profesorado es la clave para lograr la inclusión del enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en general y la física en particular.

**2. Criterios de experimentación.** Las actividades experimentales en el área de las ciencias naturales, particularmente en Física, un área que corresponde a esta investigación, constituyen una herramienta para mejorar diferentes procesos cognitivos y

de procedimiento, ya que están destinados a aplicar conceptos, teorías y modelos, tanto a los sistemas natural en cuanto a objetos tecnológicos para interpretar y/o verificar qué teorías y leyes establecen. La importancia de la experimentación en la enseñanza del aprendizaje de las ciencias naturales, específicamente la Física, consiste en que facilita el descubrimiento, la visualización y la demostración de ciertos temas y leyes, lo que aumenta la capacidad de los estudiantes para resolver problemas prácticos, mejora sus habilidades de comunicación y cooperación y desarrolla habilidades en el manejo de equipos, entre otros aspectos.

**3. Criterios para vincular teoría y práctica.** La física es una ciencia antigua que el hombre siempre ha practicado, buscando comprender los misterios del entorno en el que vive. Fue cultivado y estudiado de diferentes maneras, desempeñando un papel fundamental en el desarrollo científico y tecnológico. También tiene un papel muy importante en la formación integral del alumno, que logra adquirir una visión representativa del universo físico y una concepción amplia del entorno circundante.

**4. Criterios de trabajo en equipo.** Trabajar en equipo significa tener un objetivo común y actuar en función de su logro. En un equipo, hay buena comunicación, confianza, compromiso, responsabilidad, respeto por el otro y sus ideas, de modo que las cualidades, fortalezas y habilidades individuales se muestran y complementan, obteniendo logros que de otro modo no obtendrían.

**5. Criterios para la integración del conocimiento.** La integración del conocimiento, o diálogo de conocimiento, consiste en incorporar al conocimiento tradicional, la historia, la cultura, incluida la popular, y la ciencia en el estudio de la física. Esta integración permite detectar el origen de muchas creencias, probar y reprobar o refutar mitos y errores. Con esta integración, buscamos promover el aprendizaje de la ciencia en general, y de la física en particular, orientado a las necesidades personales y sociales de los estudiantes en su comunidad.

**6. Criterios de relevancia.** La relevancia significa lo que concierne o corresponde al tema en cuestión, que en este caso es el aprendizaje de la física desde la perspectiva de CTS y la experimentación. En consecuencia, el punto de partida para seleccionar los contenidos y las actividades experimentales respectivas debe, en primer lugar, adaptarlos al desarrollo cognitivo y la madurez social de los estudiantes, contenidos por los que muestran interés y entusiasmo los estudiantes.

**7. Criterios de transferencia.** Todo aprendizaje sigue un proceso que implica la adquisición, construcción, consolidación y transferencia de conocimiento/contenido aprendido. Vale la pena mencionar que la transferencia muestra el aprendizaje alcanzado, ya que significa la aplicación de lo aprendido en nuevas situaciones fuera del entorno escolar, a otras áreas de conocimiento y al campo de acción del estudiante.

**8. Criterios de innovación.** La innovación tiene que ver con la creación de nuevas formas de enseñar y aprender ciencias naturales y física en particular. Esto requiere

dejar la forma tradicional de clases magistrales y demostraciones como el único medio memorable de enseñanza y aprendizaje como la única forma de demostrar el conocimiento aprendido.

**9. Criterios de flexibilidad.** Flexibilidad significa adaptabilidad. En el caso de las actividades experimentales en Física, la flexibilidad significa que su formato debe ser flexible para adaptarse a las diferencias individuales de los estudiantes; también requiere ser susceptible de modificación o reemplazo en términos de materiales e instrumentos necesarios.

**10. Actualización.** Actual se refiere al tiempo presente, por lo que actualizar significa renovar o adaptar algo al presente. En ese caso, intente incorporar, en la actualidad, en las clases de física teórica y práctica, o conocimiento de física existente, tanto teórica como experimental.

**11. Criterios de autonomía.** La autonomía implica la capacidad de pensar y actuar de forma independiente. La educación siempre ha buscado hacer que los estudiantes se conviertan en ciudadanos requeridos por el país: ciudadanos que toman decisiones, capaces de integrarse de manera crítica y autónoma en la sociedad, para comprender e interpretar su realidad desde la experiencia.

**12. Criterios de evaluación.** Según Weiss (2008), la evaluación implica la noción de juzgar el valor o el mérito de algo, por lo que evaluar es comparar lo que se ha logrado en relación con lo que se pretendía lograr y luego emitir un juicio que representa la estimación de lo que se ha logrado. Al evaluar, se pretende determinar el grado de aprendizaje en relación con los objetivos; es decir, los contenidos no se evalúan, ya que son medios para adquirir las capacidades expresadas en los objetivos.

## 7 | CONCLUSIONE

La diferencia estadísticamente significativa obtenida en las calificaciones promedio, nos permitió inferir que una enseñanza de Física que incluye demostraciones, experimentos, nuevas actividades vinculadas a la vida diaria del alumno y la participación activa y autónoma del educando favorece el aprendizaje de la Física. Además, facilita el desarrollo de habilidades y actitudes, así como actitudes positivas hacia la ciencia y sus procesos.

En este orden de ideas, al evaluar el aprendizaje alcanzado por los estudiantes a través de la experimentación, se descubrió que el grupo experimental obtuvo un mejor y mayor aprendizaje de los contenidos de Física trabajados en la práctica con la guía del guion teórico experimental de Física basado en el CTS que controla el grupo. Cabe señalar que el grupo de control estudió el mismo contenido durante las clases realizadas por los profesores, pero sin la orientación del informe teórico experimental.

Los criterios epistemológicos y metodológicos generados como resultado de la interpretación y el análisis del desarrollo de las diferentes actividades teóricas experimentales realizadas proporcionan una mayor visualización y profundidad, y por lo tanto, una mayor complejidad al proceso de aprendizaje que lo enriquece, ya que considera una serie de factores que fueron ignorados en ese momento, lo que condujo a un enfoque simplista del proceso.

Se recomienda que los organismos competentes tengan en cuenta los criterios subyacentes a la experimentación en Física, desde la perspectiva del CTS, para la configuración de procesos de enseñanza y aprendizaje adecuados para la práctica de actividades experimentales en instituciones educativas, como una forma de promover una educación integral, lo que también estimula el interés por la ciencia en los estudiantes que serán los nuevos profesionales y científicos del país en el futuro.

## AGRADECIMIENTOS

Al CDCHTA por el financiamiento del proyecto codificado NURR-H-585-16-04-AA de la ULA (Venezuela), así como al IMEF-MPNEF Polo 21 de la FURG (Brasil) por sus espacios y hospitalidad.

## REFERENCIAS

- ARTIGAS, D. y NAVA, J. **La V Epistemológica de Gowin como estrategia de aprendizaje de la Ley de Ohm**. 2007. Trabajo de Grado no publicado. Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario "Rafael Rangel". Trujillo, Venezuela.
- AUSUBEL, D.; NOVACK y HANESIAN. **Psicología Educativa Un Punto De Vista Cognitivo**. 2000. México. Editorial Trillas.
- ANGURELL, I.; CASAMITJANA, N.; CAUBET, A.; DINARES, I., LLOR, N.; MUÑOZ, D.; NICOLÁS, E.; PÉREZ, Ll.; Dolors, M.; ROSELL, G.; SECO, M. y VELASCO, D. (s.f.) **Operaciones básicas en el laboratorio de química**. **Universidad de Barcelona**. Documento en línea, disponible en <http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/index.html#>.
- BREZMES, J. **El aprendizaje cooperativo en la enseñanza de Ciencias Naturales, Biología y Geología**. 2014. Trabajo Fin de Máster, Universidad de Valladolid. Disponible en <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/6312>.
- BRICEÑO, J.; RIVAS, Y.; LOBO, H. **La Experimentación y su Integración en el Proceso Enseñanza Aprendizaje de la Física en la Educación Media**. RELACult - Revista Latino-Americana de Estudios em Cultura e Sociedade. v. 5, n. 2, set. 2019.
- BRUNER, J. **La importancia de la educación**. 1987. Barcelona: Paidós Ibérica.
- CARBOGIM, F.; Oliveira L. e PÜSCHEL, V. **Critical thinking: concept analysis from the perspective of Rodger's evolutionary method of concept analysis**. 2016. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2016; 24:e2785. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.1191.2785>

CÁRDENES, A (2000). **Los Enfoques Ciencia, Tecnología y Sociedad en el Desarrollo de los Currículos del Bachillerato**. Artículo Electrónico de Enseñanza de las Ciencias.

CARRASCOSA, J; PÉREZ, D y VILCHES, A. **Papel de la Actividad Experimental en la Educación Científica**. Universidad de Valencia. Valencia-España. 2006. Artículo Electrónico. Bras. Ens. Fis, Vol. 23, Nº 2, 157-181. Disponible en: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6274/12764>. Consultado 02-05-2017

CASTILLO, C y CABRERIZO, J. **La Evaluación en la Educación**. Disponible em: <https://pt.slideshare.net/jzavaleta76j/2003-castillo-cabrerizolaevaluacionen educacion>.

DAGNINO, R. **Enfoques sobre a relação ciência, tecnologia e sociedade: neutralidade e determinismo**. 2010. Disponible em: [www.oei.es/salactsi/rdagnino3.htm](http://www.oei.es/salactsi/rdagnino3.htm). Acesso em: 20 jan.2018.

DOMÍNGUEZ, M. **Aprendizaje cooperativo en la asignatura de física y Química en los últimos cursos de ESO**. 2015. Trabajo fin de Máster, Universidad Internacional de La Rioja. Disponible en [https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/3140/MariadelPilar\\_Dominguez\\_Orihuela.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/3140/MariadelPilar_Dominguez_Orihuela.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

FACIONE, P. **Pensamiento crítico: ¿Qué es y por qué es importante?** Publicado por Insight Assessment. 2007. Documento en línea disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Peter\\_Facione/publication/237469559\\_Pensamiento\\_Critico\\_Que\\_es\\_y\\_por\\_que\\_es\\_importante/links/5849c27f08ae5038263d89ce/Pensamiento-Critico-Que-es-y-por-que-es-importante.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Peter_Facione/publication/237469559_Pensamiento_Critico_Que_es_y_por_que_es_importante/links/5849c27f08ae5038263d89ce/Pensamiento-Critico-Que-es-y-por-que-es-importante.pdf?origin=publication_detail)

GARCÍA, Y. y Hernández, Y. **Actividades de Laboratorio en la Enseñanza de la Química entre los Estudiantes de 9no Grado**. 2009. Trabajo de pregrado presentado en la Universidad de Los Andes. Núcleo Universitario "Rafael Rangel". Núcleo Trujillo.

GARRIDO, N, ARIAS M y FLORES M. **Tendencias Educativas en el Marco del Aprendizaje y Enseñanza de Conceptos Fundamentales de Física Cuántica**. 2014. Revista Interdisciplinaria de la División de Estudios para Graduados de la Facultad de Humanidades y Educación de LUZ. Año 20, Nº 3, 34-64 (2014).

GÓMEZ, M. **La formación de conceptos en el proceso de enseñanza-aprendizaje**. 2011. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/formacion-conceptos-proceso-ensenanza-aprendizaje/>

HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, P. **Metodología de la investigación**. Sexta edición. México: McGraw Hill Interamericana. 2010.

LACUEVA, A. Formando Docentes Integrales que Quieran y Puedan Enseñar Ciencia y Tecnología. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. 2010. Vol. 9, Nº 2, 309-332. Disponible en: [http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen9/ART2\\_Vol9\\_N2.pdf](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen9/ART2_Vol9_N2.pdf). Recuperado el 2-8-2013

LIMONTA, K 2014. **Transformando el Aprendizaje de la Química General a través de CTS+I y el DHS**. 2014. Trabajo de Grado de la Universidad de Carabobo.

LÓPEZ, Ana y Tamayo, Óscar. **Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales**. 2012 Revista Latinoamericana de estudios Educativos (Colombia), Nº 8 (enero – junio). Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf>

MANASSERO M, ACEVEDO, J y VÁZQUEZ, A. (2003). **Papel de la Educación CTS en una Alfabetización Científica y Tecnológica para Todas las personas**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 2, Nº 2,80-111. Disponible en: [http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen9/ART2\\_Vol9\\_N2.pdf](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen9/ART2_Vol9_N2.pdf). Recuperado el 2-9-2013

- MELO, M. y HERNÁNDEZ, R. (2014). **El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales**. Revista Innovación Educativa, vol. 14, número 66 | septiembre-diciembre, 2014. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v14n66/v14n66a4.pdf>
- MEP-Ministerio De Educación de Perú. **Usa la ciencia y la tecnología para mejorar la calidad de vida**. Lima: Industria Gráfica Cimagraf. 2018.
- MPPE-Ministerio del Poder Popular para la Educación (2007): **Sistema Educativo Bolivariano**. Versión preliminar del 21 de agosto de 2007, Caracas, Ministerio del Poder Popular para la Educación, [consultado 10 septiembre 2007], <http://www.eluniversal.com/2007/09/19/sistemabolivariano.pdf>.
- MORA, M y AGUILAR, F. **Propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de conceptos físicos básicos a partir del uso del video de ciencia ficción y prácticas de aula demostrativas**. 2011. Revista Científica Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Volumen 1, N° 13; Número especial, enero- junio 2011. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/1313/1750>
- MORAIS, M. A **Utilização da Internet Como Ferramenta de Contribuição Para Aprendizagem na Escola Pública e Privada em Campina Grande-Pb**. 2016. Disponível em:[http://recil.grupolusofona.pt/bitstream/handle/104377338/Disserta%7%C3%A3o\\_F%C3%A1tima.pdf?sequence=1](http://recil.grupolusofona.pt/bitstream/handle/104377338/Disserta%7%C3%A3o_F%C3%A1tima.pdf?sequence=1). Acesso em: 14 dic. 2019.
- MORILLO, I (2008). **Una Nueva Forma de Enseñar las Ciencias en el Contexto Social**. Laurus. Revista de Educación. Volumen 14, N° 26. Disponible en Línea: <file:///C:/Users/jh/Documents/estudio%20independiente/morillo%20i%202008.pdf>.
- MORÍN, E. **Introducción al Pensamiento Complejo**. España: Gedisa. 1990.
- MEMBIELA, P. **Enseñanza de las Ciencias desde la Perspectiva Ciencia-Tecnología y Sociedad**. 2001. Formación Científica para la Ciudadanía. NARCEA, S.A de Ediciones Madrid.
- NAVA, J. **Propuesta de un Manual de Laboratorio de Física bajo la Perspectiva de la Ciencia, tecnología y sociedad**. 2013. Trabajo de Maestría presentado en la Universidad Experimental simón Rodríguez. Núcleo Valera.
- NAVA J, PASEK, E y MÁRQUEZ Y. **Ejecución de Prácticas de Laboratorio de Física bajo la Perspectiva de la Ciencia, Tecnología y Sociedad**. Artículo publicado en Investigación y Formación Pedagógica. 2017. Revista del CIEGC. Año 3, N° 6. Disponible en línea: [file:///C:/Users/jh/Downloads/4996-13471-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/jh/Downloads/4996-13471-1-PB%20(1).pdf). Consultado 15-05-2017.
- NEIRA, L. y PÉREZ, E. (2016). **Temperatura y calor**. Conceptos básicos en los textos de física en la educación media... ARJÉ. Revista de Postgrado FaCE-UC. Vol. 10 N° 19 . Julio– Diciembre 2016/ pp.41-54.
- OSORIO, C. **La Educación Científica y Tecnológica desde el Enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad**. Aproximaciones y Experiencias para la Educación Secundaria. 2002. Revista Iberoamericana de Educación. Número 028. Madrid-España.
- PALACINO, F. **Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de las Ciencias Naturales: un enfoque lúdico**. 2007. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6, N° 2, 275-298 (2007) 275. Disponible en: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART4\\_Vol6\\_Vol\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART4_Vol6_Vol_N2.pdf).
- PASEK DE PINTO, E. y MEJÍA, M. T. (2017). **Proceso General para la Evaluación Formativa del Aprendizaje**. Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa, 2017, 10(1), 177-193. Disponible en: <https://oi.org/10.15366/riee2017.10.1.009>.
- PASEK, E. **Didácticos. Ideas, Investigación, Educación**. 2014. Depósito legal: lf072720143702338; ISBN: 9-78-980-12-7484-1. Diseño e impresión Janny González.

PERALES, S (2007). **Hablemos del Constructivismo**: Selecciones y Realidades. Disponible en Línea: <http://seleccionesyrealidades.wordpress.com>. Consultado 20-05-2017.

PEÑA, E. Uso de actividades experimentales para recrear conocimiento científico escolar en el aula de clase, en la institución educativa mayor de Yumbo. 2012. Trabajo de Grado de Maestría, Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. Disponible en RICHTER, B. **Formación docente en Física: Currículo e Instrucciones**. 2002. Trabajo de Ascenso. UPEL-Maracay.

SÁNCHEZ, M. **Aprender a Pensar**: Planifica y Decide. 2000. Editorial Trillas. Novena Reimpresión. México.

TINEO, E. **La Ciencia en mi Entorno**. Experiencias Sencillas dentro y fuera del aula. 2008. Brújula Pedagógica. Caracas-Venezuela.

TORRES SALAS, M. I. **La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas**. Revista Electrónica Educare, vol. XIV, núm. 1, enero-junio, 2010, pp. 131-142 Universidad Nacional Heredia, Costa Rica <http://www.redalyc.org/pdf/1941/194114419012.pdf>

VACCARINI, L. **La Evaluación de los Aprendizajes en la Escuela Secundaria Actual**. 2014. Trabajo de Grado de la Universidad Abierta Interamericana. Buenos Aires.

WEISS, C. **Investigación Evaluativa: Métodos para Determinar la Eficiencia de los Programas de Acción**. 3ª ed. México: Trillas. 2008.

WENZELBURGUER, E. **La Transferencia en el Aprendizaje**. 2009. Disponible en Línea: <http://www.anuies.mx/servicios/panuies/revsup/res061/txt4.html>. Consultado 22-05-2017.

## APRENDIZAGEM MATEMÁTICA BASEADA EM HISTÓRIA EM QUADRINHOS (HQS) PARA O ENSINO MÉDIO

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 05/06/2020

### **Cássia Vanesa de Sousa Silva**

Universidade Federal de Alagoas -UFAL

Maceió - AL

<http://lattes.cnpq.br/2638733712788294>

### **Givaldo Oliveira dos Santos**

Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Maceió - AL

<http://lattes.cnpq.br/2811899043438299>

**RESUMO:** Abordar o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no ambiente pedagógico ainda têm sido um grande desafio para muitos professores. Um instrumento rico e que pode ser trabalhado em sala de aula são as Histórias em Quadrinhos (HQS), além de ricas em imagens que atraem o público jovem, despertam também a imaginação e a criatividade. E tomando como pressuposto esse lado lúdico das Histórias em Quadrinhos, buscou-se como objetivo investigar como o uso desse recurso no processo da aprendizagem pode contribuir para as aulas de matemática durante a construção das HQs. Acreditamos que ao agregarmos o uso das Tecnologias Digitais da

Informação e Comunicação (TDIC) na criação das HQs por uma plataforma digital *Storyboard that*, contribuimos para tornarmos os alunos autores de seus próprios textos e possibilitamos a eles a sintetização de diferentes processos cognitivos e novas formas de aprender. De caráter qualitativo e baseada na Engenharia Didática por (ATIGUE), as contribuição das HQs baseada em (VERGUEIRO); (EISNERR) e (PEREIRA) no tocante a sua diversidade poder auxiliar professores e alunos nas aulas de matemática apoiada ao Ensino Híbrido por (BLENDED) através de uma Metodologia Ativa e assim fomentar aulas de matemática. Os dados no entanto, nos mostram que o uso de recursos metodológicos apoiados pelos processos tecnológicos do ponto de vista dos alunos contribuiu com 80% para sua aprendizagem, nesse sentido, considera-se essa pesquisa relevante a fim de contribuir para que professores engajados possam desenvolver estratégias positivas para melhorar a aprendizagem, permitindo que os alunos sejam protagonistas de sua aprendizagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizagem, tecnologia, matemática, história em quadrinhos.

**ABSTRACT:** Addressing the use of Digital Information and Communication Technologies (TDIC) in the pedagogical environment has still been a major challenge for many teachers. A rich instrument that can be worked in the classroom are the (Comics) Comics, besides rich in images that attract young audiences, also awaken imagination and creativity. And taking as presupposition this playful side of comics, we sought to investigate how the use of this resource in the learning process can contribute to mathematics classes during the construction of comics. We believe that by adding the use of Digital Information and Communication Technologies (TDIC) in the creation of Comics by a digital Platform Storyboard that, we contribute to make students authors of their own texts and enable them to synthesize different cognitive processes and new ways of learning. Of qualitative character and based on Didactic Engineering by (ATIGUE), the contributions of comics based on (VERGUEIRO); (EISNERR) and (PEREIRA) regarding its diversity can assist teachers and students in mathematics classes supported by Hybrid Teaching by (BLENDED) through an Active Methodology and thus foster mathematics classes. The data, however, show us that the use of methodological resources supported by technological processes from the students' point of view contributed 80% to their learning, in this sense, we consider this research relevant in order to contribute so that engaged teachers can develop positive strategies to improve learning, allowing students to be protagonists of their learning.

**KEYWORDS:** Learning, technology, mathematics, comic book.

### 1 | INTRODUÇÃO

Com a emergência de múltiplos paradigmas, que estamos vivendo, hoje, na educação e de que estamos impregnados de futuro em nosso trabalho, seja porque nossos alunos estão imbuídos de futuro, é que nós professores precisamos fazer algo que seja sólido e perene, no entanto, muitos desses correm o risco de cair não no novo, mas sim na novidade, precisamos repensar e refazer nossas práticas, isto é novos tempos novas atitudes. É preciso buscar outra forma de construir a educação pois novidades estão sempre acontecendo, a novidade não é a mudança do mundo, a novidade é a velocidade da mudança.

São mudanças como essas que permeiam, as novas práticas educacionais que estamos vivenciando. Abordar o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no ambiente pedagógico ainda têm sido um grande desafio para muitos professores, ainda mais quando se trata de trazê-la para sala de aula de forma a não tirar o foco do que se está aprendido, nos fazendo refletir sobre quais as reais potencialidades das TDIC no processo de ensino e aprendizagem e de que maneira elas podem influenciar professores e alunos.

Pensando nessas possibilidades a proposta aqui apresentada, *têm por finalidade,*

*portanto*, apresentar resultados e reflexões de uma experiência pedagógica, tomando como pressuposto investigar a contribuição das HQs para auxiliar professores e alunos nas aulas de matemática fazendo uso das tecnologias educacionais apoiada ao Ensino Híbrido por uma Metodologia Ativa.

Fazer uso das HQs para estimular essa aprendizagem foi a maneira que resolvemos adotar para levar o conhecimento de uma maneira lúdica e criativa, visto que essas HQs foram criadas pelos próprios alunos, pois os mesmos são considerados como sujeitos ativos.

Para contemplar esse estudo fazemos uso do Ensino Híbrido apoiado a uma metodologia ativa Blended (2015), pois a mesma é um facilitador entre professor e aluno, o qual agrega o *on-line* as aulas tradicionais. Para tanto Kolb (1984) acredita na articulação de uma aprendizagem experimental para desenvolver novas práticas em sala de aula.

Desse modo, analisaremos se a criação das HQs através do *Software Storyboard* criadas pelos alunos contribuíram para sua aprendizagem e posteriormente servir de avaliação.

## 2 | BREVE HISTÓRICO

Atendendo as mudanças que estão ocorrendo na educação, o ensino híbrido vem se destacando cada vez mais, visto que, tem suas raízes no ensino *on-line*. De olho nessa oportunidade de aproveitar as virtudes desse ensino, as escolas dentem a inovar agregando o *on-line* com as experiências das escolas físicas tradicionais Blended (2015). De igual modo também podemos considerar as metodologias ativas que segundo Bonwell e Eison (1991), que quando elas são adotadas, o aprendiz é visto como sujeito ativo, que deve envolver-se de forma intensa em seu processo de aprendizagem quanto a refletir sobre aquilo que está fazendo.

### 2.1 Ensino Híbrido

Atualmente tem-se buscado inovar unindo o ensino *on-line* com experiências de escolas físicas tradicionais Blended (2015, p. 33) , na verdade se utiliza o ensino *on-line* como uma inovação sustentada para ajudar a sala de aula tradicional a desempenhar sua antiga função ainda melhor Blended (2015, p. 73) a esse processo chamamos de Ensino Híbrido o qual surge de discussões acerca do presencial e do virtual, que se associam diante da conjectura de novos tempos e espaço e proporcionam a aprendizagem em diferentes espaços e tempo.

Tendo em vista a interação e a dinâmica que envolve o Ensino Híbrido, a participação do educando se manifesta como um processo ativo e não linear, tornando a aula mais interessante e proporcionando uma aprendizagem mais significativa. A educação na contemporaneidade em sofrendo constantes mudanças ocasionadas muitas vezes, pelas

inúmeras gamas de meios tecnológicos que estamos expostos diariamente.

Talvez, seja necessária uma mudança, uma renovação cultural sobretudo, face às novas exigências de uma sociedade que se torna cada vez mais tecnológica. Ainda nessa mesma linha de considerações, destacamos que:

O mundo vive em constante e cada vez mais rápido processo de mudanças. O cenário humano e econômico requer formas educacionais mais flexíveis para também formas de trabalho e carreiras flexíveis. A realização das metamorfoses mundiais, em termos de produção de conhecimento acontece numa rapidez sem precedentes. Educar é então oportunizar ao ser humano aprendente a possibilidade de lidar com a grande quantidade de informações disponibilizadas. (Strieder, 2002, p.11)

Diante dessa conjuntura atual da sociedade, práticas educativas precisam ser pensadas, a fim de contribuir para uma melhor aceitação da mesma no cotidiano das salas de aula. Neste contexto, vivenciamos grandes avanços das TDIC tanto no âmbito social como no âmbito acadêmico, uma aceleração descontrolada de informações e descobertas, o Ensino Híbrido apresenta inúmeras contribuições, por requerer uma prática diferente daquela a qual estamos acostumados e vivenciamos nas nossas escolas no dia a dia.

## 2.2 Metodologia Ativa

Tão importante quanto os conteúdos de aprendizagem, são os procedimentos, de como se dão esse processo. Portanto, muitos estudiosos buscam por novas maneiras de ensinar que venham a agregar e inovar de maneira positiva a forma de aprender dos alunos buscando identificar suas deficiências e propondo novas metodologias de ensino e aprendizagem.

As metodologias ativas são estratégias, técnicas, abordagens e perspectivas de aprendizagem individual e colaborativa. O aprendiz é visto como um sujeito ativo que deve participar de forma intensiva de seu processo de aprendizagem (mediado ou não por tecnologias). As metodologias ativas são facilmente adaptáveis e aplicáveis a diferentes contextos. O mapa conceitual da Figura 1 resume bem essa metodologia.

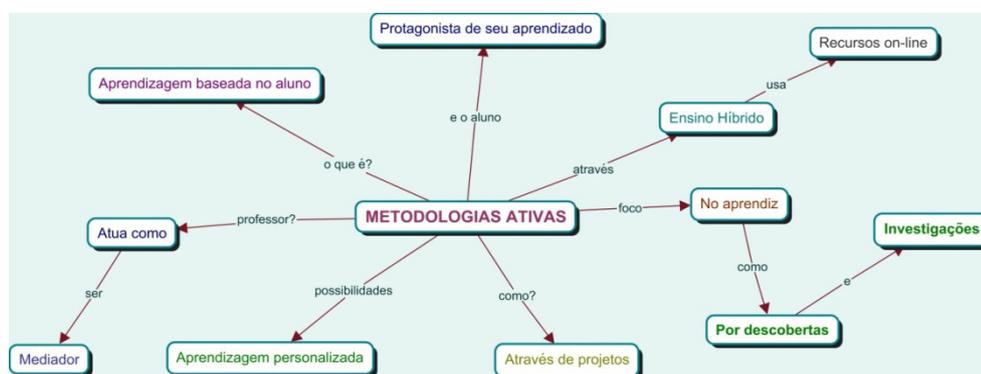


Figura 1. Mapa conceitual – Metodologia Ativa.

Fonte: Dados da autora, 2020.

Esse tema vem se tornando cada vez mais presente no meio educacional – nacional e internacional e muito discutido em eventos científicos<sup>1</sup>, artigos, livros, materiais didáticos, vídeo aulas, palestras e cursos de formações de professores, entre outros. De acordo com Andrea Filatro, (2018, p.17) há portanto a preocupação de como podemos preparar cidadãos e profissionais que estejam prontos para viver e produzir em um mundo em constante mudança?

### 2.3 Aprendizagem Matemática

Não é de se surpreender que a prática do professor de matemática em sala de aula ainda permanece a mesma, pautada apenas na sequência de definição-exemplo-exercício do conteúdo programático, em sua maioria o método usado em sala de aula para o ensino da matemática, por muitos ainda é: professor falante e aluno ouvinte, num sistema sem interatividade com a realidade que os norteiam.

Buscando contribuir para uma aprendizagem significativa, visto que os alunos estão imersos em um mundo virtual, conectados a todo momento, cabe ao professor procurar romper com o ensino tradicional colocando o aluno dentro do contexto de sua aprendizagem. Para tanto faremos uso das HQs com a finalidade de aproximar os alunos às aulas de matemática de maneira criativa e interdisciplinar. Madruga (2016), salienta que os currículos não estão preocupados com os sujeitos que representam, tornando-se meros documentos sem voz ativa.

Essa estratégia pedagógica, está estruturada em quatro etapas (invenção, projeção, criação e produto) de modo a estimular nos alunos seus sentidos criativos e de pesquisa, explicitadas a seguir:

**I. Intenção:** essa fase parte da idealização, da pretensão em torno de uma ação, de uma temática “seja ela cultural, social, econômica, ambiental, ou um problema específico de qualquer natureza” (MADRUGA, 2016, p. 260).

**II. Projeção:** é o planejamento de determinada ação. Nessa fase, o aluno passa a interagir com o tema por meio de pesquisas.

**III. Criação:** etapa de elaboração e construção de um modelo. Passar do plano das ideias para o plano da realidade.

**IV. Produto:** resultado de uma ação idealizada.

A medida que o aluno põe em prática essas ações o resultado que é o produto remete a nossa HQ que é nosso objetivo. A fim de contribuir com a aprendizagem dos alunos nas aulas de matemática, pensou-se na utilização e criação das HQs para contribuir de maneira crítica e interdisciplinar com o que é estudado em sala de aula.

---

<sup>1</sup> “Metodologias ativas e tecnologias aplicadas à educação” foi o tema do 23º Ciaed-Congresso Internacional Abed de Educação a Distância, realizado em foz do Iguaçu, em setembro de 2017. Na ocasião foram apresentados e publicados mais de 100 trabalhos científicos sobre o tema.

## 2.4 Uso das HQs – Fins Pedagógicos

É verdade que as HQs têm sido objeto de estudo, no Brasil, em diversas áreas em especial, Comunicação Social, Sociologia, Artes gráficas. Mas na matemática não há uma produção significativa.

Considerando a concepção interacionista de Bakhtin (2003), sobre a linguagem e o estudo sobre os gêneros discursivos, neste caso, em especial, o gênero “história em quadrinhos” em suporte *on-line*. Nesta produção, a HQ *on-line* será fonte de expressão e de comunicação, e sua utilização considerada como motivadora para os alunos, proporcionando-lhes um ensino mais efetivo e significativo, contribuindo ainda para a motivação e autonomia no processo de ensino-aprendizagem.

Já em volto de uma sociedade contemporânea as imagens vêm tomando cada vez mais espaço em nosso convívio social, sendo elas em disposta em artefato tecnológico ou não, e diante dessa demanda a educação não pode deixar de apropriar-se desse recurso para estimular a aprendizagem de forma lúdica além de desenvolver e unir habilidades diversas, desde a leitura, interpretação, oralidade, associação, interdisciplinaridade e produção textual, até a compreensão, sensibilização, imaginação, criatividade, interação e socialização.

Quanto ao gênero HQ digital, o mesmo é utilizado como estratégia pedagógica, os alunos passam de meros leitores a produtores de conhecimento, em especial ao produzirem seus textos e ao fazerem leitura e interpretação de outros textos e contextos contribuindo para a motivação e a autonomia no processo aprendizagem reforçando o conhecimento matemático nas atividades realizadas.

Além do mais muitos outros recursos atrativos e dinamizados, vão se agregando ao texto, permitindo uma aprendizagem mais significativa para a interação e a produção de conhecimentos, podendo aproveitar-se dessas competências para o desenvolvimento e a aprendizagem da matemática intercalada a outras disciplinas validando seu conhecimento de maneira interdisciplinar.

Uma vez que esse recurso traz possibilidades de ver a matemática com mais desenvoltura, Vergueiro (2014, p.22) ressalta que a aprendizagem acontece pois ao agregar:

Palavras e imagens, juntos, ensinam de forma mais eficiente -A interligação do texto com a imagem, existentes na Histórias em Quadrinhos, amplia a compreensão dos conceitos de forma que qualquer um dos códigos, isoladamente, teria dificuldades para atingir. Na medida em que esta interligação texto/imagem ocorre nos quadrinhos com dinâmica própria, complementar, representando muito mais do que simples acréscimo de uma linguagem a outra – como acontece, por exemplo, nos livros ilustrados-, mas a criação de um novo nível de comunicação que amplia a possibilidade de compreensão do conteúdo programático por parte dos alunos.

Nesse contexto, em que se desenvolvem e se aplicam recursos didáticos afim de articular, interagir e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre

as várias ciências e áreas de conhecimento. O uso da HQs conforme afirma, Pereira (2010, p.3) “[...] podem estimular a criatividade e despertar o interesse pela leitura e pela escrita[...] além de desenvolver a socialização em grupos.” Bem como confirma Moraes (2009, p.28) “[...] a utilização de história em quadrinhos como proposta didática em sala de aula pode proporcionar uma melhor compreensão dos conteúdos matemáticos além de desenvolver a criatividade [...]”.

Por isso acreditamos que através do uso das HQs, podemos potencializar as aulas de matemática e concordamos com Fernandes quando ele diz que,

nos quadrinhos a apresentação das ações, pessoas e objetos se dá do próprio desenho que as apresenta e não através simplesmente da sugestão simbólica das palavras. A união palavra-imagem cria um novo ritmo narrativo e uma cadeia sintagmática[...] mais dinâmica. ( 2011, p.34)

Nessa hora, precisamos pensar em novos paradigmas para agregar à relação sintagmática<sup>2</sup> imagens através das HQs, afim de fazer com que os alunos se sintam estimulados a desenvolver diferentes forma de aprender. E depois de aprendido como avaliar nossos alunos? Não há modelo pré definido para tal questionamento, no entanto, são diferentes as concepções, em se tratando de avaliação educacional, interferindo de maneira direta de como os professores ministram suas aulas, bem como na elaboração e na utilização de alguns instrumentos que possam ser usados para avaliar. É preciso estar atento que a avaliação da aprendizagem precisa ser coerente com a forma de ensinar. Portanto:

É necessário, propiciar tarefas de avaliação mais abertas, com diversificados procedimentos e instrumentos para coleta de informação, e analisar de forma sistemática a informação avaliativa. Vale salientar que a avaliação procura valorização da dimensão socioafetiva. Não há separação entre razão e emoção. Há uma preocupação com o desenvolvimento de valores necessários para uma vida saudável, solidária, para um ser humano sensível. É uma avaliação formativa, integrada ao ensino e à aprendizagem (VEIGA, 2008, p. 286).

A avaliação é eficaz quando o objetivo proposto pelo professor é alcançado. A avaliação de tecnologias, segundo Brender (1998), é uma atividade prévia para a tomada de decisão acerca de sua aplicação.

É um instrumento que busca preencher o acompanhamento entre o potencial tecnológico e as necessidades sociais. E a avaliação não pode ficar restrita apenas para a tecnologia, mas precisa se estender à interação entre as tecnologias e aos usuários (LAGUARDIA; PORTELA; VASCONCELOS, 2007).

### 3 | EXPERIÊNCIAS

A atividade solicitada foi a elaboração de uma HQ, usando um *software*; tomando

<sup>2</sup> é uma unidade formada por um ou várias palavras que , juntas, desempenham uma função sintática na frase. Essas unidades se combinam em conjunto em torno de um núcleo. Esse conjunto ( sintagma ) é que desempenha uma função na frase.

como base o exposto acima seguindo o seguinte critério de elaboração. Os alunos elaboraram um roteiro para a criação das HQs, em seguida construíram as HQs com o uso do *Storyboard*. Segue algumas criações dos alunos.

A tirinha referente a Figura 2, é um trecho da História em Quadrinhos criada pelos alunos. Os alunos envolveram o conteúdo de função polinomial de grau 1 (um), como método interdisciplinar relacionaram com a disciplina de Educação física. O roteiro trata de como um esportista que vai participar de um campeonato e precisa atingir um determinado peso para poder competir.

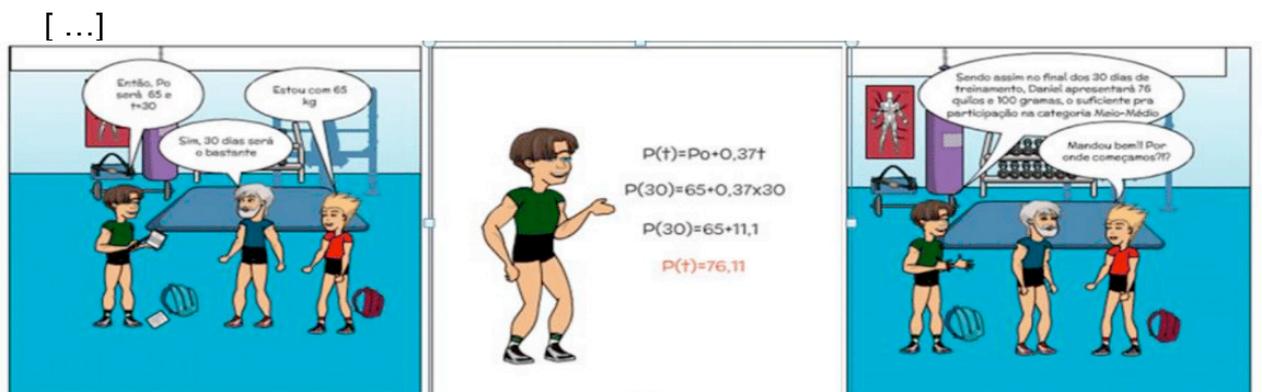


Figura 2. Trecho da HQs.

Fonte: Dados da autora, 2020.

Um outro grupo de alunos desenvolveram a tirinha da Figura 3, abordando o contexto histórico da função polinomial de grau 2 (dois), para tanto contou com a presença da disciplina de história para sua interdisciplinaridade. Também trouxeram a importâncias da função polinomial de grau 2 (dois) no contexto das profissões, abordando temas como: medicina, administração, contador e gerente.

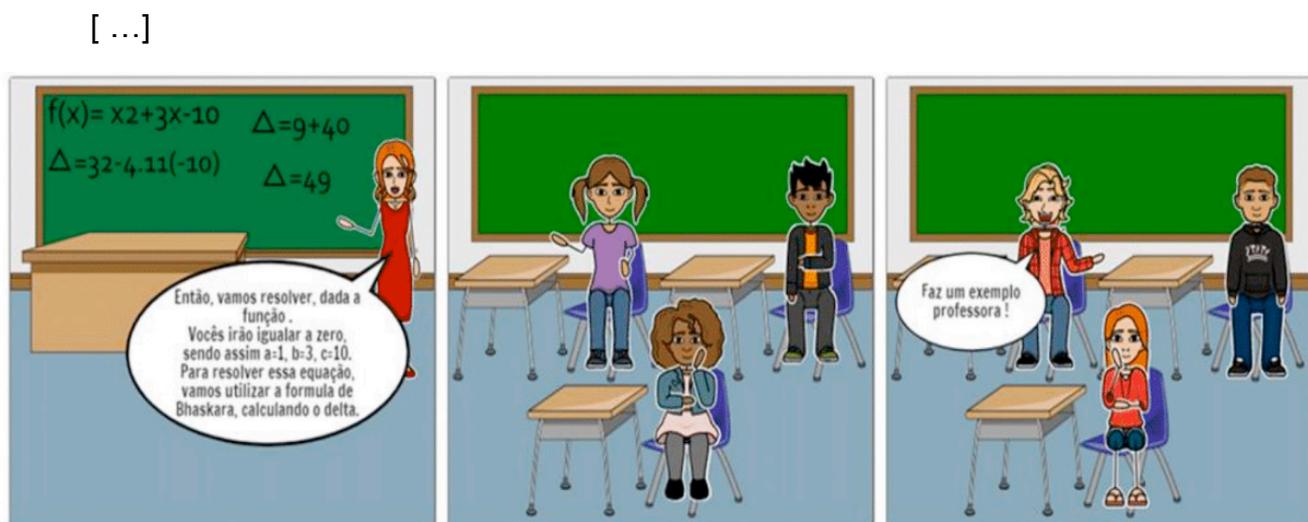


Figura 3. Trecho da HQs.

Fonte: Dados da autora, 2020.

Para um outro grupo de aluno a HQs, foi elaborada abordando o assunto de sequência numérica, para tanto trouxeram com interdisciplinaridade a disciplina de biologia relatando como exemplo o crescimento fictício de uma célula. A tirinha da Figura 4 traz um pouco dessa história.

[ ... ]



[ ... ]

Figura 4. Trecho da HQs.

Fonte: Dados da autora, 2020.

As HQs acima, criada pelos alunos no permite observar que independente da disciplina esse recurso do uso da utilização desse tipo de texto como metodologia, pode sim ser adotada por diversos segmentos curricular e assim dinamizar as aulas deixando-a mais próxima da realidade dos alunos.

Após a realização das HQs, os alunos foram submetidos a um questionário para verificação do processo de aprendizagem diante da metodologia adotada, sendo abordado alguns questionamentos tais como na Figura 5.

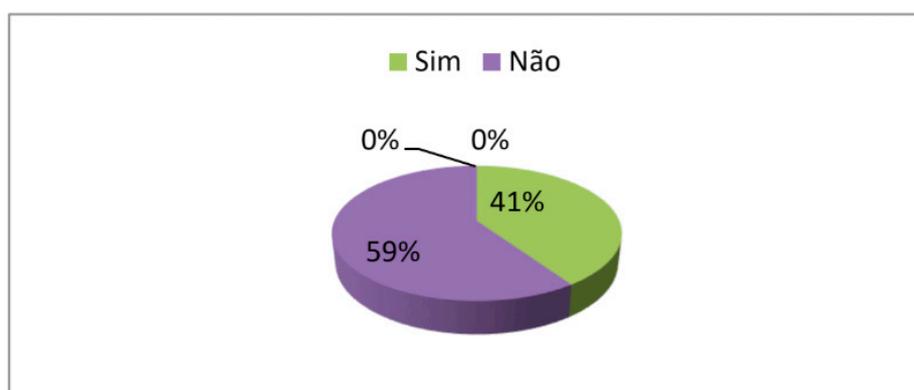


Figura 5. Estudando fazendo uso das HQs.

Fonte: Dados da autora, 2020.

De acordo com os dados apresentados pode-se afirmar que 59% deles nunca utilizaram HQs para estudar. No entanto 41% deles afirmam que já fizeram uso dessa metodologia. Após terem sido submetidos a criação das HQs, para dá suporte na sua

aprendizagem de maneira interdisciplinar, constatamos que de acordo com a Figura 6 os alunos reagiram positivamente.

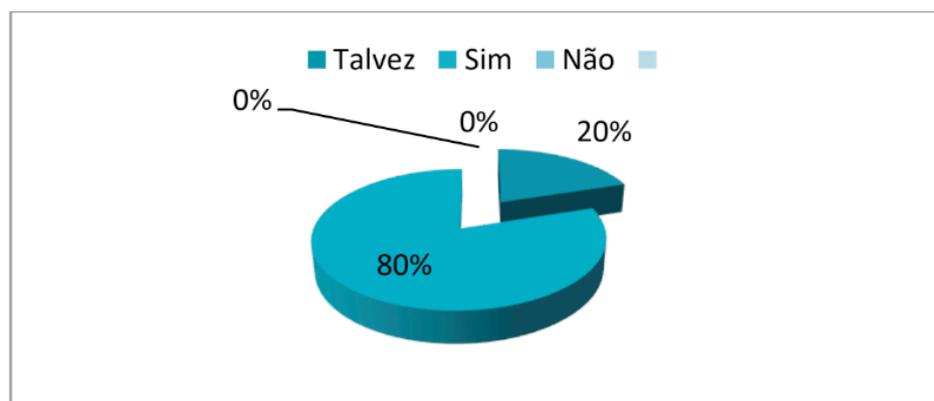


Figura 6. Aprendizado do conteúdo abordado durante a criação da HQ.

Fonte: Dados da autora, 2020.

De acordo com os dados mostrados na Figura 6, verifica-se que houve sim aprendizado onde 80% deles consideraram que houve aprendizado do conteúdo abordado. Com o objetivo de gerar aprendizado, fazendo o uso das TDIC dentro ou fora de sala de aula procurou-se também verificar se os alunos considerariam importante que essa metodologia como uso das HQs, fizesse parte de um processo avaliativo, tais respostas se apresentam na Figura 7.

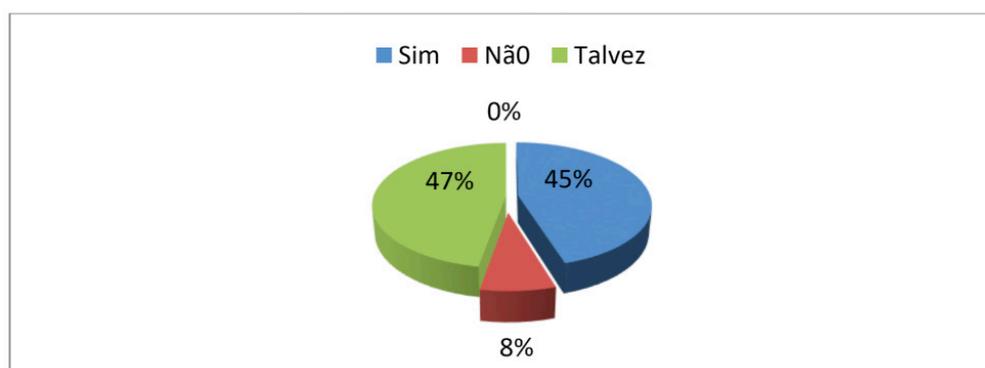


Figura 7. Uso das HQs para fins avaliativos.

Fonte: Dados da autora, 2020.

Analisando os dados do gráfico anterior, sobre o uso das HQs para fins avaliativos os alunos não se sentiram confiantes que essa metodologia pudesse vir a agregar positivamente para seu processo avaliativo, nesse sentido 47% concordam com essa proposta no entanto, 45% se mostram indecisos contra 8% que discordaram totalmente

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao considerarmos o acesso às Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação como um componente que pode fomentar e que venha a contribuir tanto para professores e alunos no que tange ao ensino e a aprendizagem de conteúdos matemáticos, ela também traz novas possibilidades didáticas e contém grande potencial para motivar a aprendizagem, não só desses conteúdos, mas também dos processos de construção dos mesmos.

Ao considerar o acesso às TDIC como um componente essencial de muitas das atividades humanas, percebemos que cada vez mais ela tem se tornado protagonista de mudança no que diz respeito ao convívio social e que tem trazido mudanças significativas para a educação. A compreensão dos professores nesse contexto, têm conduzido a novas possibilidades de reinventar sua prática pedagógica.

Se realmente a intenção era ressignificar a forma de aprender, através desta proposta metodológica, podemos ressaltar a importância do protagonismo dos alunos na criação das suas HQs e a relevância de o professor está sempre se capacitando para poder trazer inovações para a sala de aula, não pelo uso dos recursos tecnológicos e sim pelas possibilidades que ela pode nos proporcionar.

## REFERÊNCIAS

BAKHTIN, M. **Gêneros do discurso**. In: **Estética da criação Verbal**. Trad. Ermantina, G. G. P., 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003. p. 261-306.

BONWELL, C. C., EISON, J. **Active Learning: creating excitement in the classroom**, 1991. Disponível em: <[www.ydae.purdue.edu/ltc/hbcu/documents/Active\\_Learning\\_Creating\\_Excitement\\_in\\_the\\_Classroom.pdf](http://www.ydae.purdue.edu/ltc/hbcu/documents/Active_Learning_Creating_Excitement_in_the_Classroom.pdf)>. Acesso em: 20 de fev. 2020.

BRENDER, J. **Trends in assessment of IT-based solutions in healthcare and recommendation for the future**. International Journal of Medical Informatics, v. 52, p. 217-27, 1998. Campinas, SP: Papirus, 2008.

FERNANDES, A. **Ler quadrinhos, reler quadrinhos**. RN. Natal: Sebo vermelho Edições, 2011.

FILATRO, A. **Design instrucional contextualizado: educação e tecnologia**. São Paulo: SENAC, São Paulo, 2018.

HORN, M. B.; Heather S. **Usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação**. Porto Alegre: Penso 2015.

KOLB, D. A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.

LAGUARDIA, J.; PORTELA, M. C.; VASCONCELOS, M. M. **Avaliação em ambientes virtuais de aprendizagem**. Educação e pesquisa. São Paulo, v.33, n.3, p. 513-530, set./dez. 2007.

MADRUGA, Z. E. F. **Processos criativos e valorização da cultura: possibilidades de aprender com modelagem**. 2016. 297 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MORAES, P. **HQs e matemática**. 2009. Trabalho final de conclusão de curso (Licenciatura em Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/23717/000/743289.pdf?>> Acesso em 05 mar. 2020.

PEREIRA, A. C. **O uso de quadrinhos no ensino de matemática: Um ensaio com alunos de licenciatura em matemática na UECE**. In: X Encontro Nacional de Educação Matemática, 2010. Salvador BA. Anais do X Encontro Nacional de Educação Matemática, 2010.

STRIEDER, R. **Educação e humanização: por uma vivência criativa**. Florianópolis, SC.: Habitus, 2002.

VEIGA, I. P. A. (Org.) **Aula: Gênese, dimensões, princípios e práticas**. Campinas, SP: Papirus, 2008.

VERGUEIRO, W. **Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula**. 4. Ed., 2ª impressão. – São Paulo: Contexto, 2014.

## ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO FEMININA NOS CURSOS TÉCNICOS E DE GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA DA REDE FEDERAL E DO CEFET/RJ NOVA FRIBURGO

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 06/05/2020

### **Gisele Moraes Marinho**

Cefet/RJ, Nova Friburgo - RJ

<http://lattes.cnpq.br/4177609760494723>

### **Simone Tardin Fagundes**

Cefet/RJ, Nova Friburgo - RJ.

<http://lattes.cnpq.br/2805981746006529>

### **Carolina de Lima Aguiar**

Cefet/RJ, Nova Friburgo - RJ

<http://lattes.cnpq.br/1711969322552269>

**RESUMO:** Diversos estudos apontam que as mulheres são minoria nos cursos superiores da área de Tecnologia da Informação, no entanto, há poucos trabalhos que investigam sua participação em cursos técnicos. Este trabalho apresenta um panorama da participação feminina nos cursos superiores de Bacharelado e Tecnologia, bem como nos cursos técnicos da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e em especial dos cursos ofertados pelo Cefet/RJ campus Nova Friburgo. São discutidos aspectos relacionados ao ingresso e à situação acadêmica das estudantes desses cursos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação, ciência da

computação, mulheres.

ANALYSIS OF FEMALE PARTICIPATION  
IN TECHNICAL AND UNDERGRADUATE  
COURSES IN COMPUTER SCIENCE FROM  
THE FEDERAL NETWORK AND CEFET / RJ  
NOVA FRIBURGO

**ABSTRACT:** Several studies pointed women as minority in the higher courses of Technology, however there are few studies that investigate their participation in technical courses. This paper presents an overview of the participation of women in higher education, as well as in the professional technical courses of the Brazilian Professional, Scientific and Technological Education Network and in particular of the courses offered by Cefet/RJ Nova Friburgo. Aspects related to admission and the academic situation of the students of these courses are discussed.

**KEYWORDS:** Education, computer science, women.

### 1 | INTRODUÇÃO

A presença feminina nos cursos de Ciência e Tecnologia vem sendo investigada

e discutida ao longo dos últimos anos. A desproporcionalidade entre mulheres e homens nesse ramo é considerada evidente entre os pesquisadores da área (HILL et al., 2010).

Apesar da maior presença das mulheres no ensino superior e na pós-graduação, suas escolhas disciplinares não se modificaram significativamente. De acordo com Tabak (2002), as mulheres são encontradas predominantemente em áreas consideradas femininas, como educação e saúde, e os homens continuam a ser maioria nas ciências exatas, como as engenharias. Na área de Informática ou Ciência da Computação há diversos estudos que indicam que as mulheres são minoria nos cursos superiores e nas pós-graduações em todo o mundo e igualmente no Brasil. (MONARD; FORTES 2013; NCWIT 2016).

Dentre os fatores apontados para tal ocorrência, destaca-se o fato de o processo de educação das mulheres estar geralmente atrelado a papéis sociais determinados em bases biológicas e uma forte influência cultural exercida pela mídia, escolas e pela própria família.

Um outro fator importante é a falta de representação feminina na área: muitas mulheres participaram da construção da história da Computação, porém os nomes dos homens são sempre os mais citados e, dificilmente, uma pessoa que não é especialista na área tem conhecimento dos nomes e dos papéis que exerceram essas mulheres.

Tal comportamento se reflete também nas escolas voltadas à formação de nível técnico. De acordo com Alves (2016), o acesso a cursos técnicos que exigem um domínio considerável das tecnologias e engenharias ainda é um fator de exclusão. Assim como ocorre nos cursos de Graduação e Pós-Graduação, a atividade feminina em profissões de nível técnico se distancia de algumas áreas e se concentra em determinados setores como serviços pessoais, saúde e educação.

Cabe ressaltar, que nas últimas décadas o Brasil vivenciou a maior expansão de sua história da rede de Educação Profissional. Criada em 2008 pela Lei nº 11.892 a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) constituiu-se em um marco na ampliação, interiorização e diversificação da educação profissional e tecnológica no país. Em 2018, considerando os campi associados a essas instituições, totalizando 659 unidades distribuídas entre as 27 unidades federadas do país.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar um panorama da participação feminina nos cursos superiores de Bacharelado e Tecnologia, bem como nos cursos técnicos da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e em especial dos cursos ofertados pelo Cefet/RJ *campus* Nova Friburgo.

Para tanto, este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 descreve as origens dos dados coletados. A seção 3 apresenta a análise dos dados categorizados em Ensino Superior e Ensino Técnico. E, por fim, a seção 4 trata das considerações finais e trabalhos futuros.

## 2 | METODOLOGIA

A coleta dos dados utilizados nesta análise se deu em duas etapas. Na primeira etapa foram coletados os dados disponibilizados na Plataforma Nilo Peçanha (PNP) referentes ao número de matrícula, no ano de 2017, por sexo nos cursos de Graduação de Bacharelado e de Tecnologia e nos cursos técnicos ofertados nas modalidades subsequente, concomitante e integrada ao Ensino Médio classificados no Eixo Tecnológico Informação e Comunicação e subeixo Tecnológico Informática.

A Plataforma Nilo Peçanha, criada em 2017, é um ambiente virtual do Governo Federal de coleta, validação e disseminação das estatísticas oficiais da RFEPC e objetiva reunir dados relativos ao corpo docente, discente, técnico-administrativo e a gastos financeiros (BRASIL, 2018).

Na segunda etapa, foram coletados os dados referentes ao número de ingressantes e à situação das matrículas dos alunos dos cursos do Cefet/RJ *campus* Nova Friburgo, conforme classificação da etapa anterior e tendo como base o segundo semestre de 2018. Os dados foram obtidos através do SIE (Sistema de Informações para o Ensino), sistema disponibilizado para uso administrativo na instituição. Dessa forma, analisaram-se os seguintes indicadores:

- Número de ingressantes por semestre desde o primeiro semestre/ano de oferta até o ano de 2018, para os cursos ainda ativos, ou até o último período de oferta de novas vagas, para os cursos extintos.
- Número de estudantes sem evasão: alunos com matrícula ativa.
- Número de estudantes com matrícula trancada.
- Número de estudantes com matrícula encerrada, incluindo cancelamentos, abandonos e transferências.
- Número de estudantes formados.

## 3 | ANÁLISE DOS DADOS

Após a coleta dos dados, as tabelas foram agrupadas conforme nível do curso e tipo de evento para a descrição das análises nas seções a seguir.

### 3.1 Cursos de Graduação

Os dados disponibilizados na Plataforma Nilo Peçanha apontam que 374 unidades de ensino ofertam cursos superiores de Tecnologia e/ou Bacharelado na Rede Profissional de Educação Tecnológica, totalizando 1.179 cursos e 178.323 matrículas. Desses, aproximadamente 22% dos cursos (263) e 20% das matrículas (35.282) estão inseridos no eixo/subeixo tecnológico analisado.

O primeiro curso superior da área ofertado pelo Cefet/RJ no *campus* Maracanã foi

o curso superior de Tecnologia em Sistemas para Internet no primeiro semestre de 1998. Atualmente, este curso encontra-se em processo de extinção. Em 2012 foi criado, no mesmo *campus*, o curso superior de Bacharelado em Ciência da Computação com oferta semestral de 40 vagas.

Com a expansão da rede, foram abertos dois novos cursos no ano de 2014: Bacharelado em Sistemas de Informação, no *campus* Nova Friburgo, e Bacharelado em Engenharia de Computação, no *campus* Petrópolis, com oferta semestral de 40 e 25 vagas, respectivamente.

A Figura 1 apresenta uma comparação entre o percentual de matrículas, por sexo, nos cursos de Tecnologia e Bacharelado do eixo analisado a nível nacional, institucional e apenas no *campus* Nova Friburgo, através dos dados obtidos na Plataforma Nilo Peçanha.

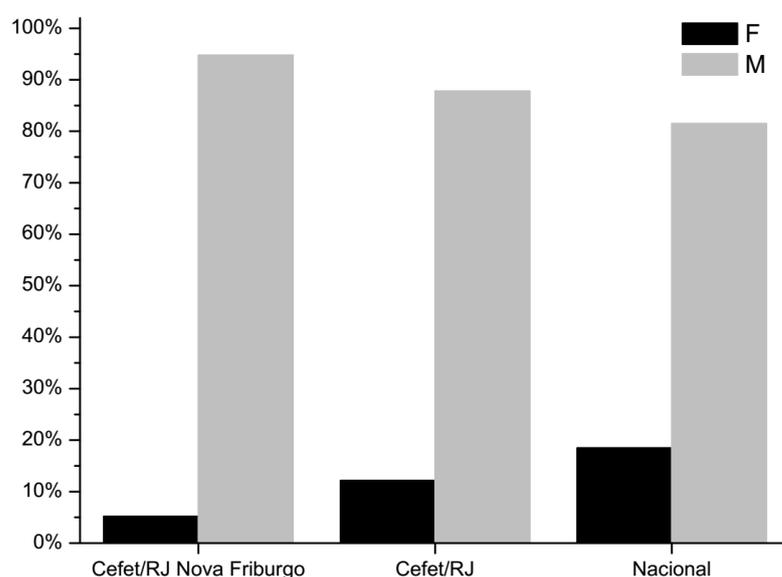


Figura 1. Percentual de alunos matriculados nos cursos de graduação no ano de 2017, Eixo Tecnológico Informação e Comunicação/Informática.

Pode-se observar que a participação das mulheres nos cursos analisados é ainda tímida. O Cefet/RJ segue a tendência nacional já observada em outras pesquisas como a de Mendes e da Silva (2015), que analisou a presença feminina no curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), a de Moreira et al. (2016), que mostrou o percentual de alunas matriculadas nos cursos da área de Computação da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), a de Santos (2017), que investigou a participação feminina nos cursos de Licenciatura em Computação e a de Sousa et al. (2016), que analisou os cursos de Ciência da Computação e Engenharia da Computação no Brasil e na Universidade do Vale do Itajaí (Univali) em Santa Catarina. Esses levantamentos, realizados em diferentes regiões do país, apontam o caráter nacional dessa tendência, uma vez que não há grandes variações nas estatísticas apresentadas.

Com relação ao *campus* Nova Friburgo, observa-se uma proporção ainda menor de

mulheres matriculadas no curso de Sistemas de Informação, correspondendo apenas a 5% do total de matrículas.

O curso de Sistemas de Informação do *campus* Nova Friburgo iniciou suas atividades no primeiro semestre de 2014. Do total de vagas ofertadas, apenas 3 foram preenchidas por estudantes do sexo feminino naquele semestre. Ao longo dos anos, o percentual de mulheres ingressantes não teve grandes variações. O auge de ingresso de mulheres no curso ocorreu no primeiro semestre do ano de 2018, totalizando 20% do total, conforme pode-se observar na Figura 2.

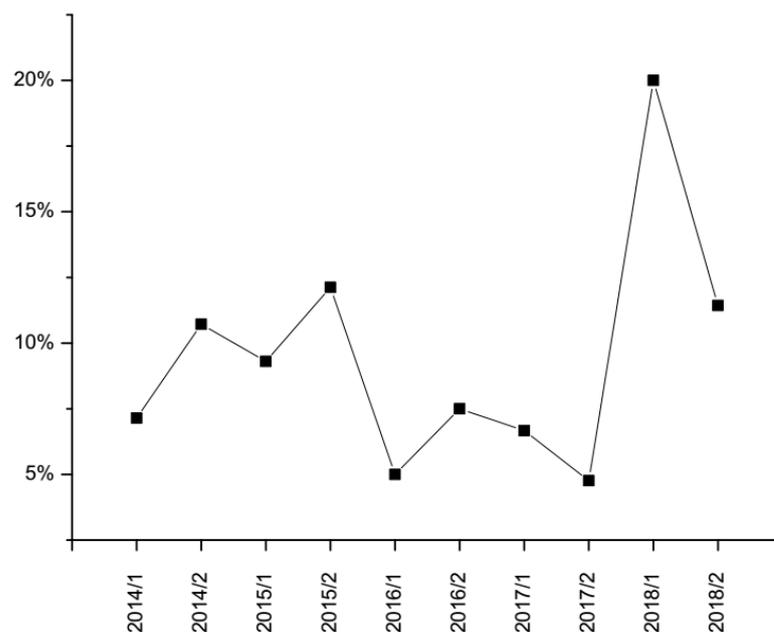


Figura 2. Percentual de mulheres ingressantes no curso de Sistemas de Informação do Cefet/RJ *campus* Nova Friburgo.

Atualmente, as mulheres representam pouco mais de 10% do total de alunos matriculados e, historicamente, as matrículas femininas somam um total de 9% de todas as matrículas do curso. Estes dados demonstram uma semelhança muito expressiva com a análise apresentada por Mendes e da Silva (2015) sobre o curso de Sistemas de Informação da UFMT, cujos percentuais eram os mesmos até o primeiro semestre de 2015.

Apresenta-se agora uma análise da situação da matrícula dos alunos do curso de Sistemas de Informação no segundo semestre de 2018 através dos dados coletados no SIE.

Os percentuais exibidos na Figura 3 referem-se a uma análise relativa entre o número de estudantes em cada situação dividido pelo total de estudantes agrupados por sexo. Por exemplo, do total das 35 alunas que já ingressaram no curso, 20 permanecem com matrícula ativa (coluna sem evasão), correspondendo a um percentual de 57%. É possível observar que o percentual de alunos de ambos os sexos que permanecem no curso é

o mesmo. O percentual de cancelamento e de trancamento entre o público feminino é menor que o observado entre o público masculino, porém o percentual de abandono é maior entre as mulheres. No gráfico foi omitido o número de formandos uma vez que, por se tratar de um curso recente, o número de formandos, ainda pequeno, não geraria uma estatística apropriada para o objetivo desta análise.

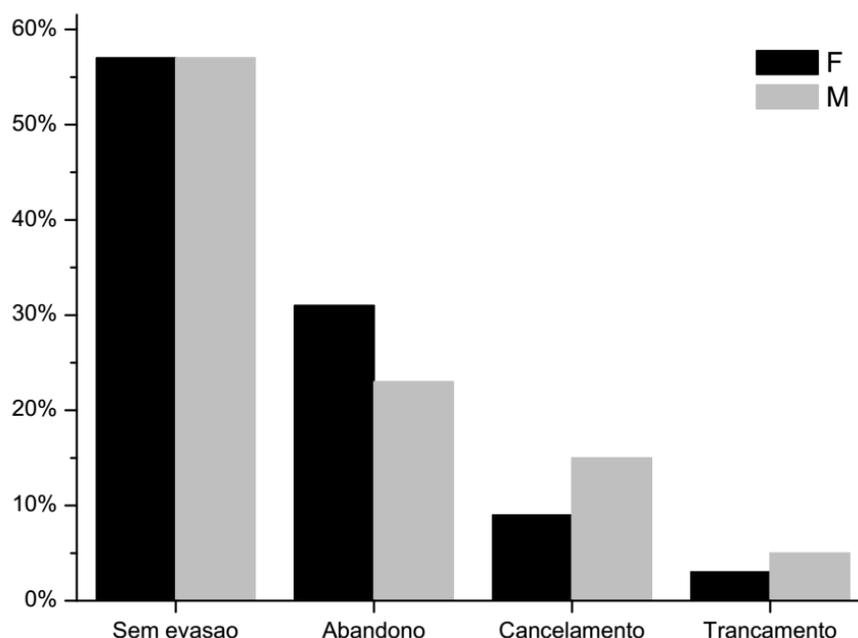


Figura 3. Percentual relativo de alunos por situação de matrícula no ano de 2018

### 3.2 Ensino Técnico

De acordo com os dados coletados na Plataforma Nilo Peçanha, 590 unidades de ensino ofertam cursos técnicos nas modalidades concomitante e subsequente, totalizando 3.914 cursos e 323.925 matrículas. Desses, aproximadamente 15% dos cursos (580) e 13% das matrículas (41.466) estão inseridos no eixo/subeixo tecnológico analisado. Em relação aos cursos técnicos ofertados na modalidade integrada ao Ensino Médio, existem 510 unidades ofertando 1.956 cursos e totalizando 223.893 matrículas, entre os quais aproximadamente 24% dos cursos (470) e 21% das matrículas (47.439) pertencem ao eixo em questão.

A ideia do curso técnico de Informática no Cefet/RJ originalmente nasceu como uma especialização do Curso Técnico de Eletrônica no ano de 1998. A oficialização do curso Técnico de Informática como um curso independente aconteceu no ano de 2000 no *campus* Maracanã, oferecido na modalidade subsequente. Ao longo do tempo os cursos foram sendo reformulados, modificando as modalidades de oferta (concomitante, subsequente e integrado), ao mesmo tempo em que outros cursos técnicos iam surgindo, incluindo cursos ofertados na modalidade à distância. Atualmente, no eixo analisado, são

ofertados cursos integrados nos *campi* Maracanã, Nova Friburgo e Nova Iguaçu.

O *campus* Nova Friburgo iniciou suas atividades no segundo semestre de 2008 com dois cursos de Graduação e o curso técnico de Informática Industrial ofertado até o primeiro semestre de 2010. No segundo semestre desse mesmo ano, o curso passou por uma reformulação e, no primeiro semestre de 2011, foi ofertada a primeira turma do curso técnico de Informática. Ambos os cursos foram oferecidos na modalidade de concomitância externa. No ano de 2015, foi implementado o curso Técnico de Informática Integrado ao Ensino Médio, dando continuidade ao trabalho iniciado com o curso concomitante ofertado até o primeiro semestre de 2014.

A Figura 4 apresenta uma análise do perfil dos ingressantes nos cursos técnicos de Informática Industrial e Informática ofertados na modalidade concomitante no *campus* Nova Friburgo.

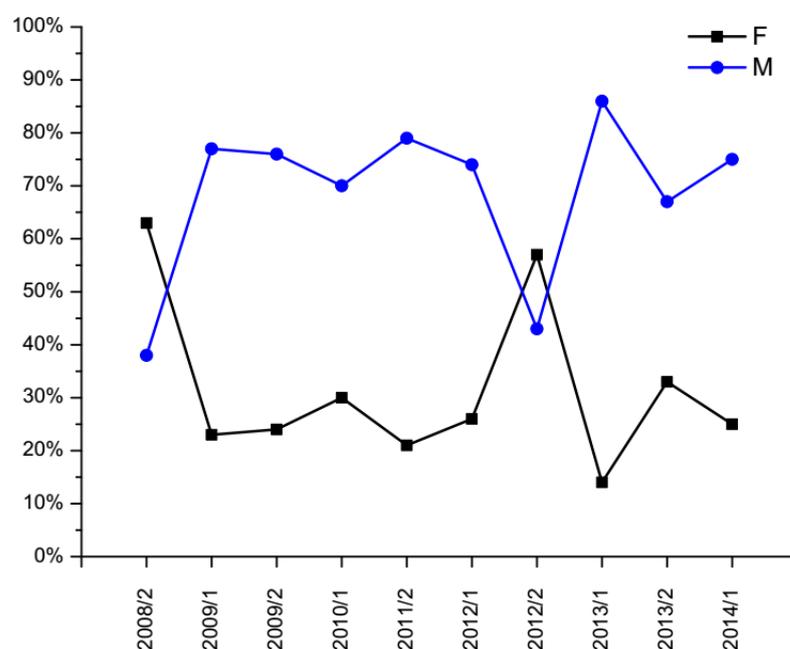


Figura 4. Percentual de ingressantes por sexo no curso Técnico de Informática concomitante do *campus* Nova Friburgo.

No primeiro semestre do curso, observa-se que o número de ingressantes mulheres foi maior do que o de homens. Com o passar do tempo, a entrada manteve-se majoritariamente masculina, com uma média de apenas 31% de ingressantes do sexo feminino até o último semestre de oferta do curso. No entanto, a participação feminina é maior do que aquela observada em relação ao curso de Sistemas de Informação.

Conforme pode-se observar no gráfico, a última entrada de alunos no curso técnico em Informática oferecido na modalidade concomitante no *campus* Nova Friburgo aconteceu no primeiro semestre de 2014. Atualmente, o curso ainda conta com alguns alunos ativos, todos terminando o Estágio Supervisionado obrigatório para a conclusão. Os percentuais relativos à formatura e à evasão (calculados da mesma forma que os apresentados para o curso de graduação) mostraram que o percentual de formandos do

sexo feminino em todo o curso até o primeiro semestre de 2018 corresponde à metade do percentual de formandos do sexo masculino. Já o percentual de cancelamento voluntário de matrículas pelo público feminino foi o dobro do efetuado pelo público masculino. Em relação aos percentuais de abandono e jubramento, não houve grandes variações entre os dois públicos.

A Tabela 1 apresenta um comparativo entre o Número de matrículas nos cursos técnicos ofertados no eixo tecnológico em análise na modalidade integrado a nível nacional, institucional e apenas no *campus* Nova Friburgo.

| Abrangência                             | Freq. Absoluta |       |       | Freq. Relativa |     |
|---|----------------|-------|-------|----------------|-----|
|   | F              | M     | Total | F              | M   |
| Nacional                                | 17598          | 29841 | 47439 | 37%            | 63% |
| Cefet/RJ                                | 157            | 383   | 540   | 29%            | 71% |
| Cefet/RJ <i>campus</i><br>Nova Friburgo | 41             | 77    | 118   | 35%            | 65% |

Tabela 1. Número de matrículas nos cursos técnicos integrados no ano de 2017.

Observa-se que, embora o percentual de estudantes do sexo feminino no *campus* Nova Friburgo esteja abaixo do percentual nacional, o mesmo está acima do percentual institucional. Comparando os dados da Tabela 1 com aqueles apresentados na Figura 1, observa-se um percentual maior de mulheres nos cursos técnicos do que aqueles observados nos cursos de graduação do eixo tecnológico analisado.

A Figura 5 apresenta o perfil dos ingressantes no curso técnico de Informática integrado ao Ensino Médio do *campus* Nova Friburgo. Neste caso, observa-se um percentual de ingresso de mulheres bem maior do que os apresentados anteriormente: o percentual médio nos quatro anos de curso foi de 43%. Um dos possíveis fatores para esse aumento considerável é a modalidade de oferta do curso. Muitos desses alunos procuram uma oportunidade de cursar o Ensino Médio em uma escola federal devido à reconhecida qualidade do ensino oferecida pela rede, ainda que, de início, o curso técnico oferecido não desperte seu interesse.

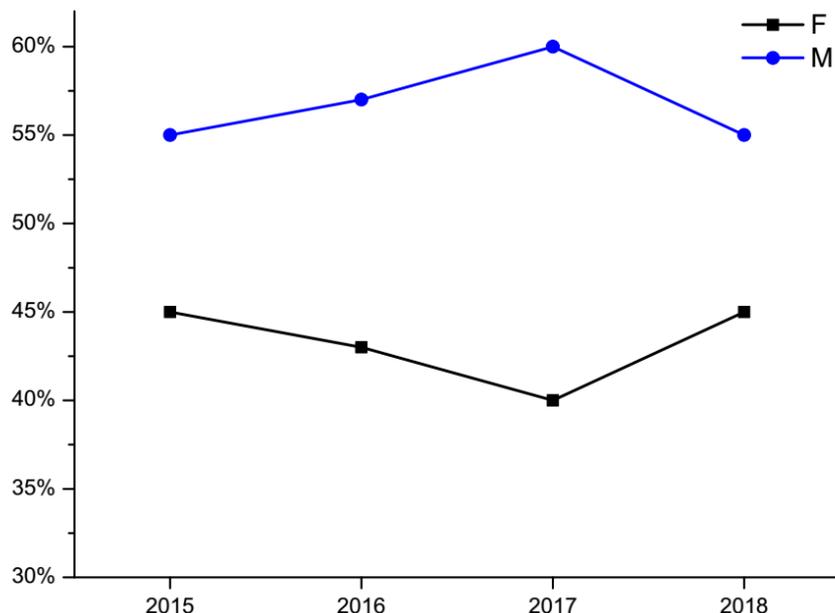


Figura 5. Percentual de ingressantes por sexo no curso Técnico de Informática integrado do Cefet/RJ *campus* Nova Friburgo.

Na Figura 6, é apresentada uma análise da situação da matrícula dos alunos do curso no ano 2018 através dos dados coletados no SIE.

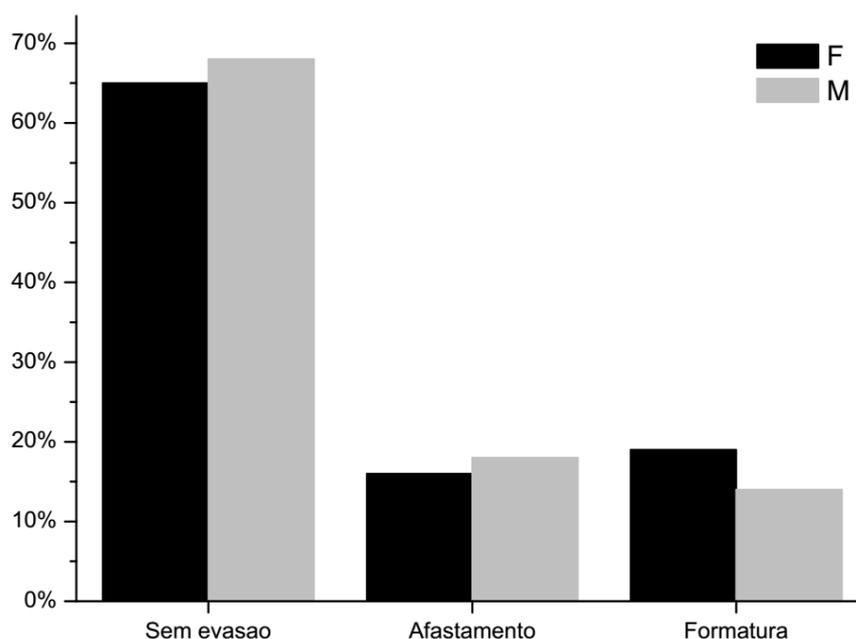


Figura 6. Percentual relativo de alunos por situação de matrícula no ano de 2018.

Os percentuais apresentados no gráfico da Figura 6 foram calculados da mesma forma que aqueles apresentados na Figura 3, ou seja, os percentuais de situação de matrícula foram calculados relativamente ao número total de alunos de cada sexo. No indicador afastamento incluem-se os alunos que solicitaram transferência para outra escola ou que foram jubilados do curso. É interessante observar que, nesse caso, o percentual de formandos do sexo feminino é superior ao do sexo masculino. De fato,

o curso teve apenas uma única turma formada, com o ingresso de 23 homens e de 19 mulheres no ano de 2015. No final do curso, no ano de 2017, o Número de formandos dos dois sexos foi o mesmo (14 estudantes de cada sexo).

#### 4 | CONCLUSÕES

A diversidade social é um ponto importante a se considerar na montagem de equipes inovadoras. Segundo Medin et al. (2014), um grupo diverso em gênero, etnia e sexo tende a ser mais inovador do que um homogêneo. Além disso, tem melhor desempenho na solução de problemas complexos por trazerem novas informações e diferentes perspectivas, mas também pela necessidade, em face de um grupo diverso, de se prepararem melhor, analisando diferentes pontos de vista e antecipando a dificuldade em se chegar a um consenso.

A regra em Tecnologia da Informação é o trabalho em equipe, logo a importância da diversidade também se aplica. Porém, percebe-se que nessa área, a participação feminina ainda é tímida. Os dados apresentados neste artigo mostram número muito baixo de alunas matriculadas nos cursos superiores de Bacharelado e de Tecnologia e também nos cursos técnicos do eixo tecnológico de Informação e Comunicação/Informática na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e em especial nos cursos do *campus* Nova Friburgo.

No entanto, é interessante observar uma maior participação desse público nos cursos técnicos, principalmente na modalidade integrada ao Ensino Médio. No caso do *campus* Nova Friburgo, o número de formandas no curso técnico enfatiza o exposto por Frieze et al. (2006), que afirma que a participação das mulheres em um determinado campo de estudo não pode ser atribuída ao gênero, mas sim aos aspectos culturais.

A pesquisa realizada neste trabalho contribui como análise estratégica para o Cefet/RJ a fim de promover práticas inclusivas no cotidiano institucional como as apresentadas por Maciel e Bim (2016) e por Heinzmann et al. (2016).

Cabe ressaltar que a Plataforma Nilo Peçanha ainda disponibiliza poucos dados por sexo e faixa etária dificultando uma análise mais profunda sobre a participação feminina nos cursos de nível técnico em nível regional e/ou nacional.

Como proposta de extensão deste trabalho sugere-se a realização de uma pesquisa qualitativa com as alunas de todo o Cefet/RJ, incluindo as dos cursos que não se enquadram no eixo tecnológico aqui analisado a fim de identificar os possíveis fatores sociais e culturais que levam à escolha por outras áreas, bem como com as alunas egressas do Ensino Técnico sobre o porquê das mesmas continuarem ou não na área.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, H. V. S. **Educação profissional e percepção de gênero: uma investigação entre alunas e alunos do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial SENAC de Porto Velho - RO.** Revista *Formação* (Online), v. 4, n. 23, p. 31–56, 2016.
- BRASIL. **Plataforma Nilo Peçanha.** Disponível em: <<https://www.plataformanilopecanha.org>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.
- DE SOUSA, J. S. et al. **Mulheres Digitais: Uma análise da participação das mulheres nos cursos de Ciência da Computação e Engenharia de Computação no Brasil e na Universidade Univali.** Anais do Computer on the Beach, 404–413, Florianópolis, SC, Brasil, 2016
- FRIEZE, C. et al. **Culture and environment as determinants of women’s participation in computing: Revealing the “women-cs fit”.** SIGCSE Bull, v. 38, n. 1, p.22–26, 2006.
- HEINZMANN, L. et al. **Meninas e jovens na Computação.** Anais do Computer on the Beach, p. 554– 558, Florianópolis, SC, Brasil, 2016.
- HILL, C.; CORBETT, C.; ROSE, A. S. (2010). **Why So Few? Women in Science, Technology, Engineering, and Mathematics,** AAUW, Washington, 2010.
- MACIEL, C.; BIM, S. A. **Programa Meninas Digitais – ações para divulgar a Computação para meninas do Ensino Médio.** Anais do Computer on the Beach, p. 327–336, Florianópolis, 2016.
- MEDIN, D.; MEGAN, C. D. L.; BANG. **Particular points of view.** Scientific American, v. 311, n. 4, p. 44–45, 2014.
- MENDES, L. B; DA SILVA, K. F. **Uma análise da participação feminina no curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Mato Grosso.** Anais da Escola Regional de Informática da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) – Regional de Mato Grosso, p. 62–68, Cuiabá, 2015.
- MONARD, M. C.; FORTES, R. P. M. **Uma visão da participação feminina nos cursos de Ciência de Computação no Brasil.** Memórias del V Congreso de la Mujer Latinoamericana en la Computacion, Caracas, 2013
- MOREIRA, J. et al. (2016). **Atraindo meninas para a Ciência da Computação: Métodos e Ferramentas.** Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, p. 1255–1264, Uberlândia, 2016.
- NCWIT. **Women in Tech: The Facts.** Disponível em: <<https://www.ncwit.org/sites/default/files/resources/ncwit-women-in-it-2016-full-report-final-web06012016.pdf>>, 2016, Acesso em 10 de outubro de 2018.
- SANTOS, W. O. **Mulheres na Computação: Uma análise da participação feminina nos cursos de Licenciatura em Computação.** Anais dos Workshops do CBIE 2017, p. 814–823, Recife, 2017.
- TABAK, F. **O laboratório de Pandora: Estudos sobre a ciência no feminino.** Garamond, Rio de Janeiro, 2002.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**JÚLIO CÉSAR RIBEIRO** - Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Engenheiro-Agrônomo pela Universidade de Taubaté-SP (UNITAU); Técnico Agrícola pelo Centro Educacional LIMASSIS - Fundação ROGE. Possui experiência na área de Agronomia com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, cultivo em sistemas hidropônicos, fertilidade e poluição do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura.

**CARLOS ANTÔNIO DOS SANTOS** - Engenheiro-agrônomo formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica-RJ; Especialista em Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade de Educação São Luís, Jaboticabal-SP; Mestre em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela UFRRJ.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção óptica 8, 9, 10, 11, 13, 16

Acidez 55, 70, 73, 74, 75, 77, 86, 91, 92, 93, 94, 95, 97

Agricultura familiar 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109

Água 3, 5, 10, 21, 54, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 66, 67, 70, 72, 73, 76, 77, 84, 85, 87, 93, 95, 146

Amazônia 4, 52, 54, 58, 60, 64, 66, 71, 79

Antioxidante 70, 73, 75, 76, 77, 79

Aprendizado de máquina 40

Aprendizagem 40, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 125, 127, 128, 129, 130, 135, 136, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 197, 198, 199, 211

Arrefecimento 132, 133, 137, 138, 139, 140

Atributos químicos 52, 53, 57

Avaliação 29, 31, 40, 78, 79, 89, 110, 113, 116, 117, 118, 121, 122, 125, 145, 146, 147, 148, 150, 152, 191, 195, 199

### B

Biocatálise 80, 81, 82, 84

Biocombustível 71, 72, 74, 76

Biodiesel 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 89

Bioestimulante 58

Biomassa 64, 67, 68, 71

Biomateriais 1

Biosurfactantes 80, 81, 83, 84, 85, 86, 88, 89

### C

Ciclone 21, 22, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

Ciência da computação 131, 201, 202, 204, 211

Critérios epistemológicos 155

### D

Densidade 73, 91, 92, 93, 94, 96, 97

Dinâmica veicular 40

## **E**

Educação 3, 4, 5, 6, 7, 1, 80, 89, 91, 98, 110, 112, 118, 120, 131, 141, 152, 154, 190, 191, 193, 194, 196, 199, 200, 201, 202, 203, 210, 211, 212

Ensino híbrido 112, 118, 119, 120, 121, 122, 126, 130, 189, 191, 192

Estresse hídrico 58, 59

Experimentação em física 155

Extrato natural 70, 71

## **F**

Fermentado 91, 92, 94, 95, 97, 98

Fertilidade 52, 54, 56, 57, 212

Fluidodinâmica 18, 19, 22, 28, 29, 30, 32, 37, 38

Fotoluminescência 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16

Fotossíntese 58, 62

## **H**

Heterogeneidade 99, 100, 103, 108

## **I**

Inteligência artificial 40

## **M**

Macronutrientes 64

Mandioca 52, 53, 54, 57

Matemática 40, 110, 111, 114, 117, 118, 123, 124, 134, 137, 139, 140, 152, 153, 154, 166, 169, 189, 191, 193, 194, 195, 200

## **N**

Nanomateriais 1, 2, 5, 10

Nanopartículas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16

Nutrientes 52, 53, 55, 59, 60, 64, 65, 66, 67, 212

## **P**

Palmeira 59, 65, 71, 72, 73

Prática experimental 143, 145, 149, 151, 152

Produção eficiente 99, 100

Programação 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131

## **Q**

Qualidade 71, 72, 76, 77, 78, 92, 94, 95, 96, 98, 125, 208

Química 2, 29, 38, 78, 79, 82, 83, 88, 89, 90, 94, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 173, 179, 185, 186

## **R**

Rejeitos 81, 83, 88

Resíduos 83, 90, 96, 212

Rizobactéria 58, 60, 64, 65, 66, 67, 68

## **S**

Seca em mudas 58

Segurança ativa 40

Simulação 18, 21, 22, 24, 28, 30, 31, 33, 34, 37, 38

Sociedade 2, 81, 88, 111, 127, 135, 136, 137, 152, 153, 155, 185, 186, 192, 194, 211

Surdos 119, 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129, 130, 131

## **T**

Tecnologia 3, 4, 5, 7, 29, 64, 68, 78, 80, 82, 89, 90, 91, 98, 101, 102, 108, 110, 111, 113, 117, 118, 139, 155, 186, 189, 195, 199, 201, 202, 203, 204, 210, 212

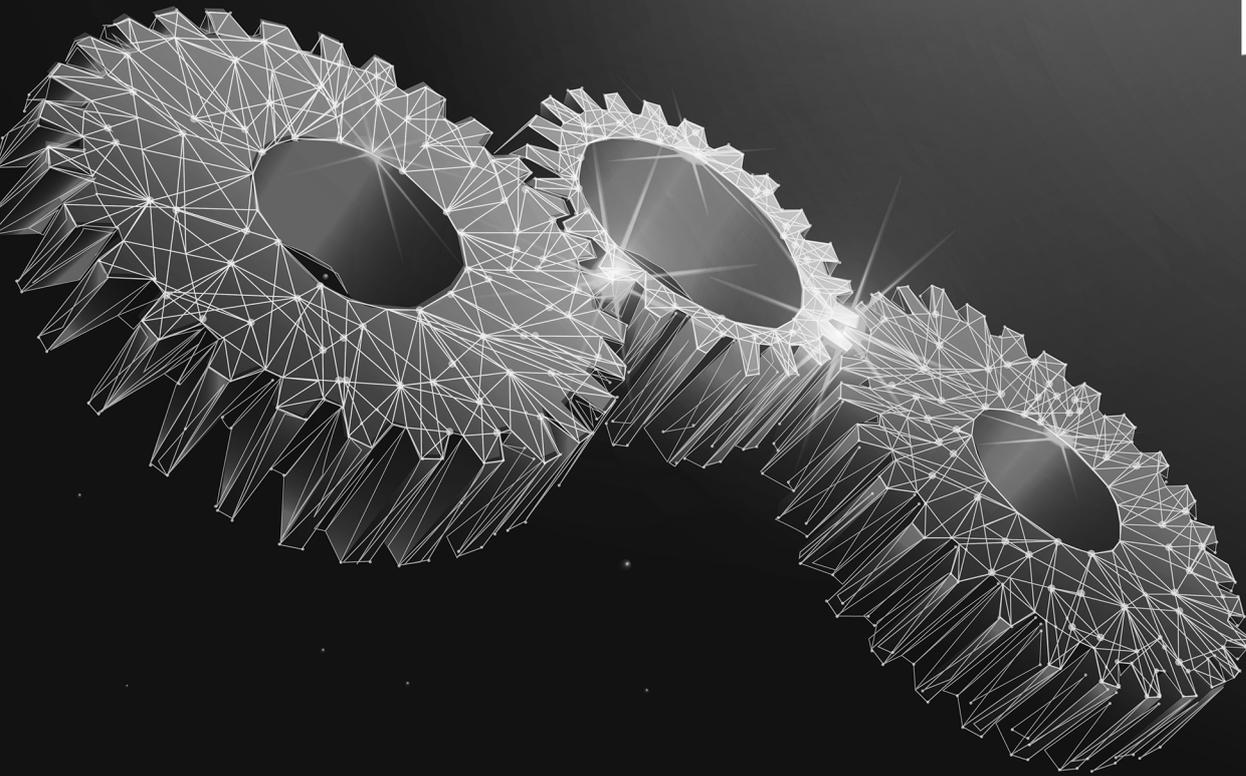
Transposição didática 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140, 141

## **V**

Venturi 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29

Vídeo aula 117

Vinho 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98



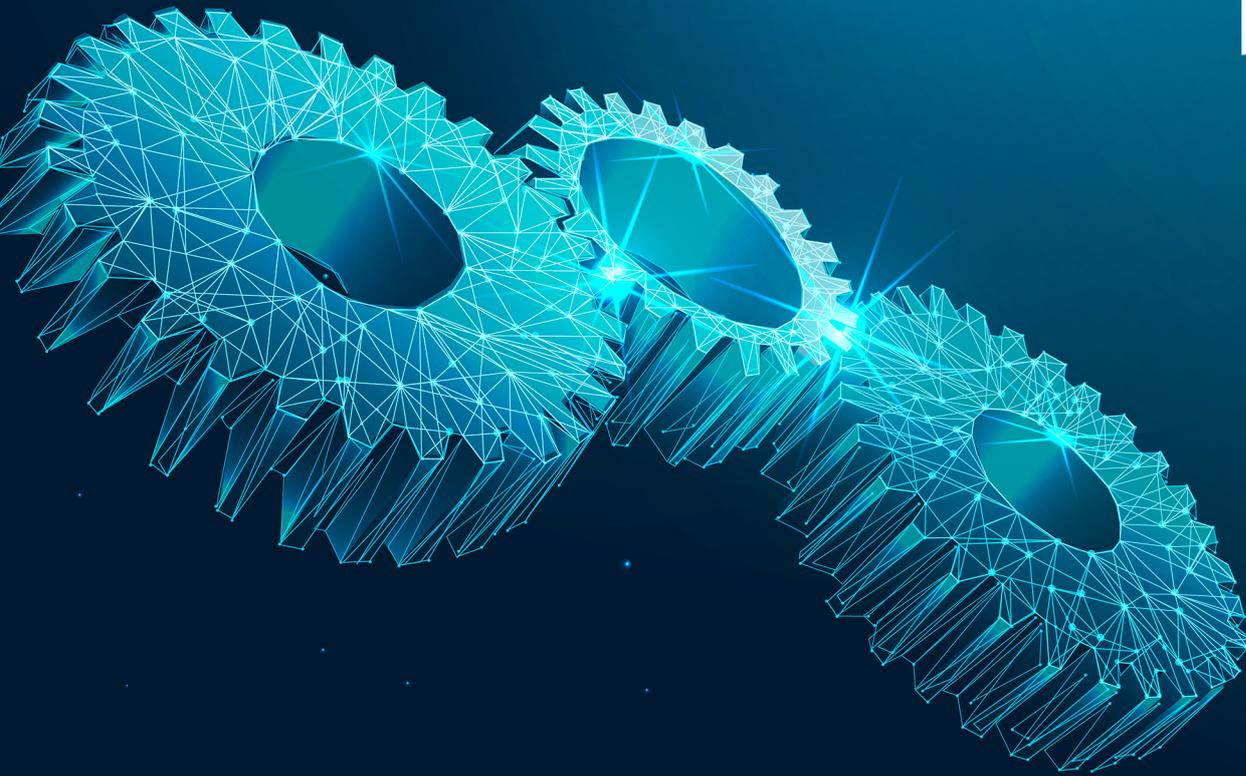
# Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra 2

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

[contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br) 

[@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora) 

[www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br) 



# Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra 2

[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) 