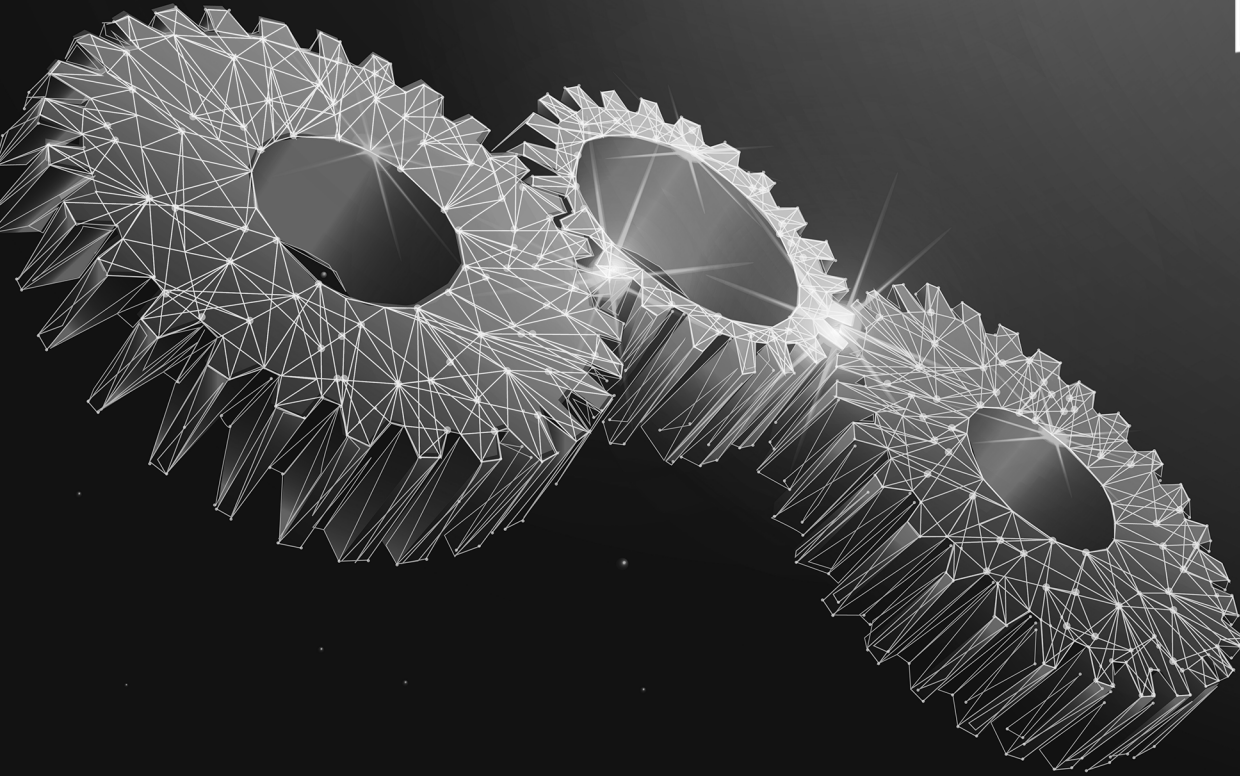


# Estudos Teórico-Methodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra 2

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 Federaci 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 Cremo  
**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 Moraes 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 Moraes 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>

## 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

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 Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NPs) dispersas em solução coloidal. As Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NPs foram sintetizadas utilizando uma solução aquosa contendo hidróxido de potássio (KOH) e nitrato de bismuto penta-hidratado ((Bi(NO)<sub>3</sub>)<sub>3</sub> · 5H<sub>2</sub>O). As transições ópticas das Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NPs foram investigadas mediante medidas de absorção óptica (AO), fotoluminescência (PL) e fotoluminescência de excitação (PLE). As Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: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 Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: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 Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: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.

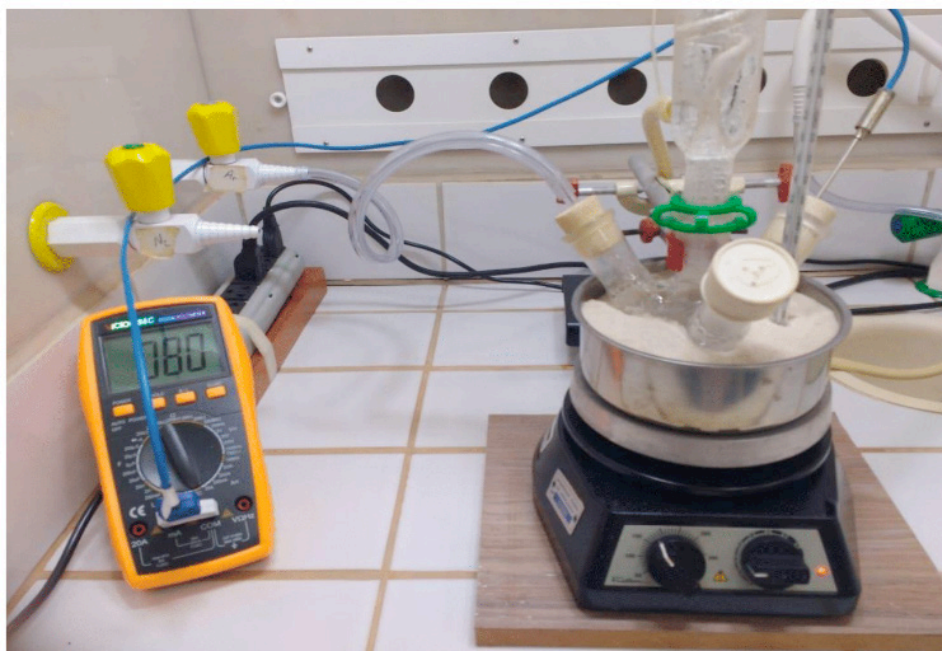


Figura 1. Montagem experimental (*Set-Up*) do sistema utilizado para desenvolver a síntese das nanopartículas de Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

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.

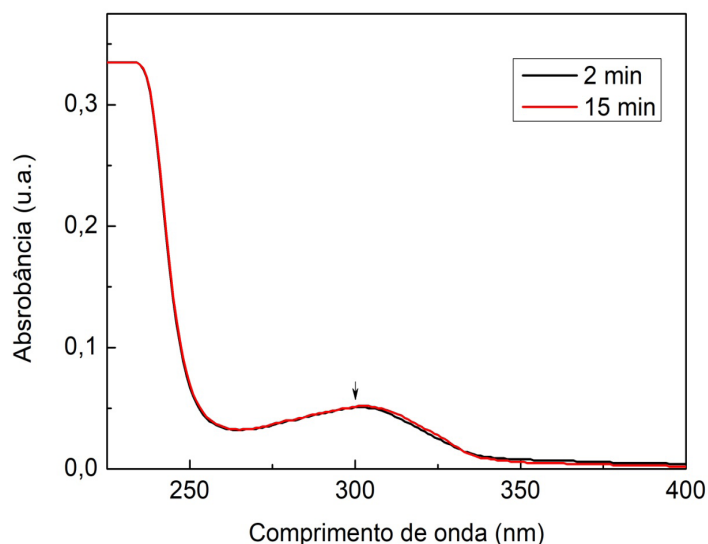


Figura 2. Espectro de absorção retirados das nanopartículas de Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em solução coloidal e submetidas a dois tempos refluxo diferentes.

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).

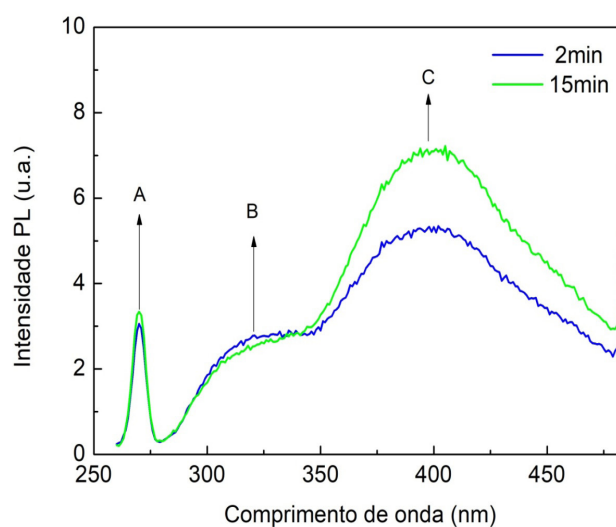


Figura 3. Espectro de fotoluminescência (PL) das nanopartículas de  $\text{Bi}/\text{Bi}_2\text{O}_3$  em solução coloidal submetidas a dois tempos de refluxo diferentes. As setas indicam as principais emissões das transições eletrônicas.

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.

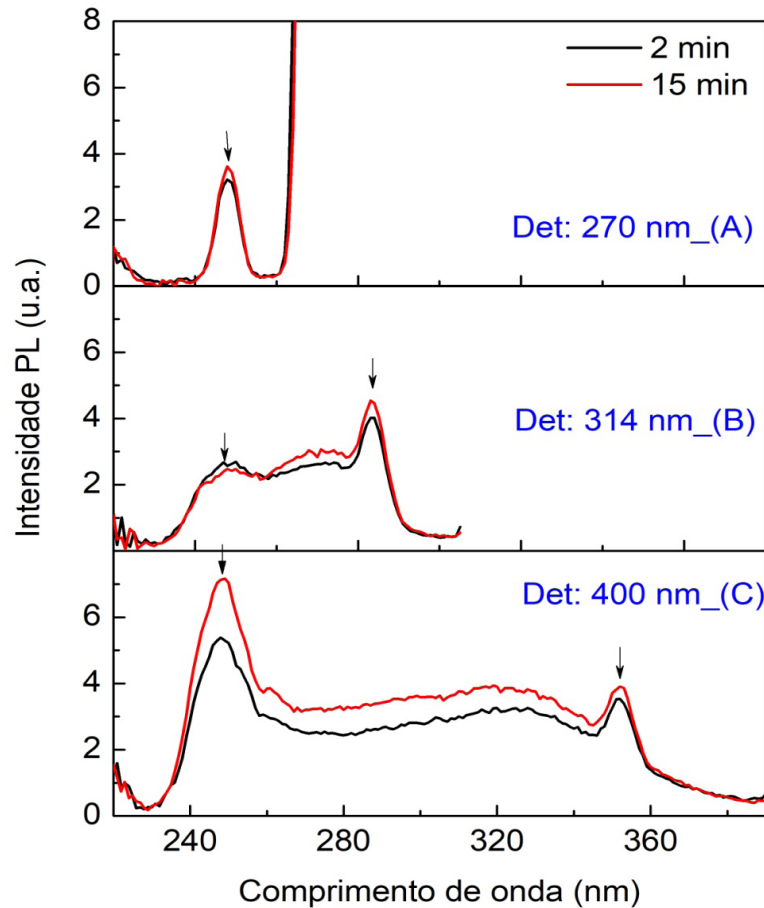


Figura 4. Espectro de fotoluminescência de excitação (PLE) das nanopartículas de Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. A detecção foi sintonizada nas três emissões principais (A, B e C) do espectro de PL da Fig. 3. As setas indicam a formação de nanopartículas de famílias diferentes.

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.

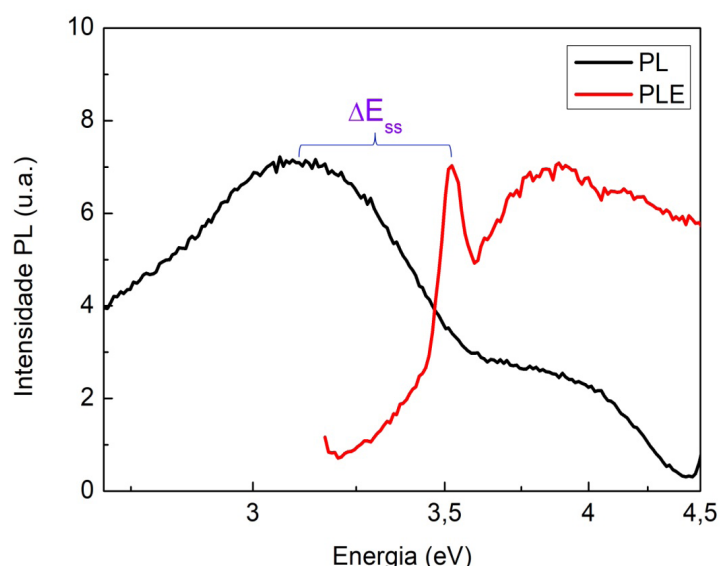


Figura 5. Determinação da energia de Stoke shift ( $\Delta E_{ss}$ ) a partir do espectro de PLE e a emissão fundamental no espectro de PL.

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.

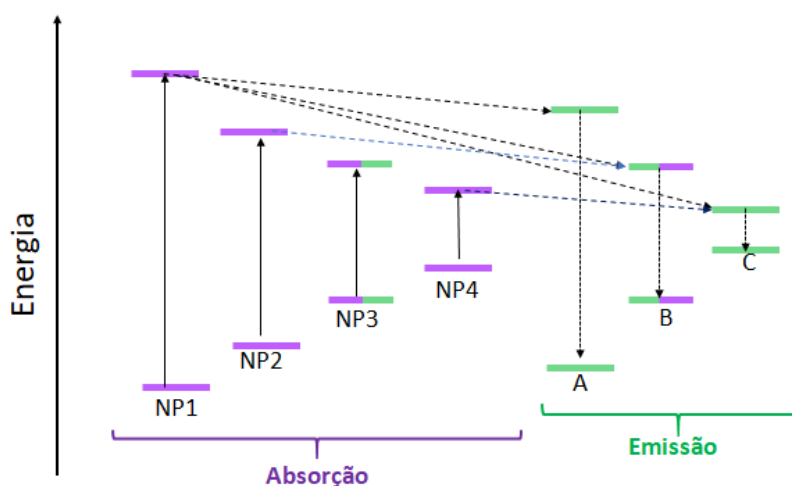


Figura 6. Representação esquemática da dinâmica das transições ópticas envolvidas nas nanopartículas nos processos de absorção e emissão.



## 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.

## 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

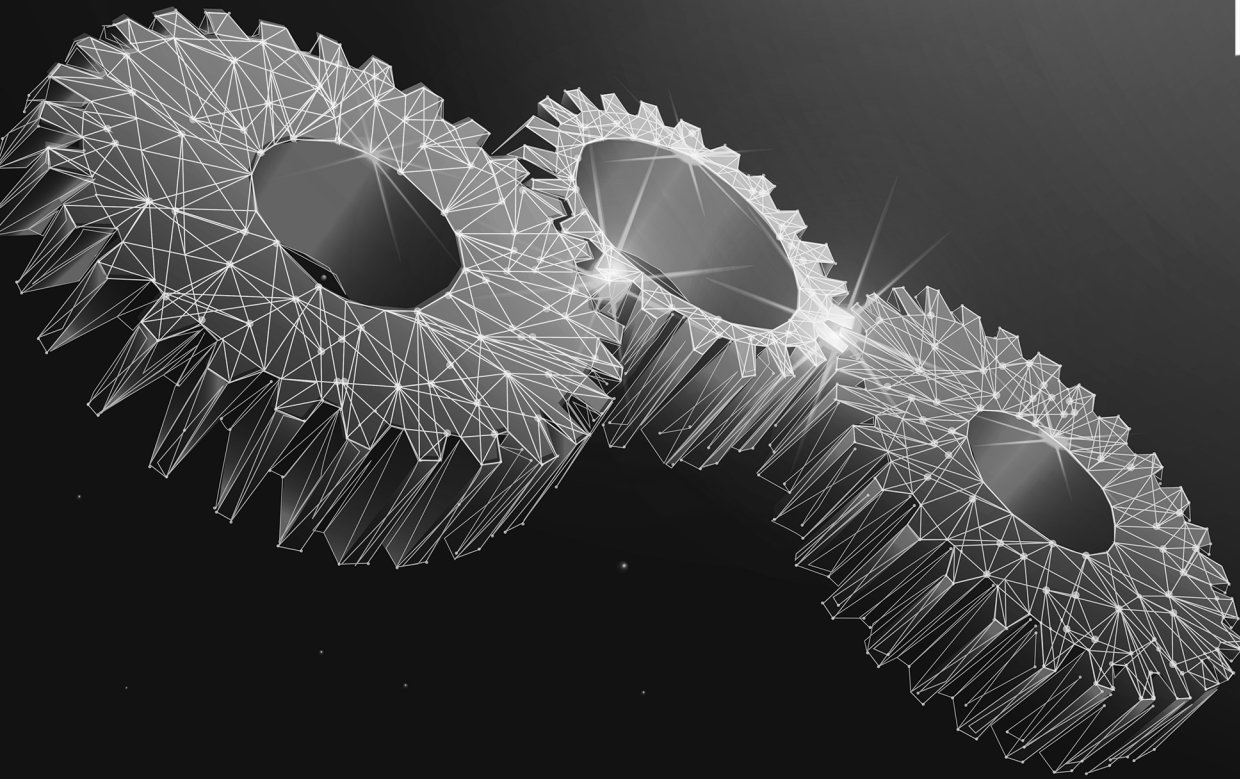
Transposição didática 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140, 141

## **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

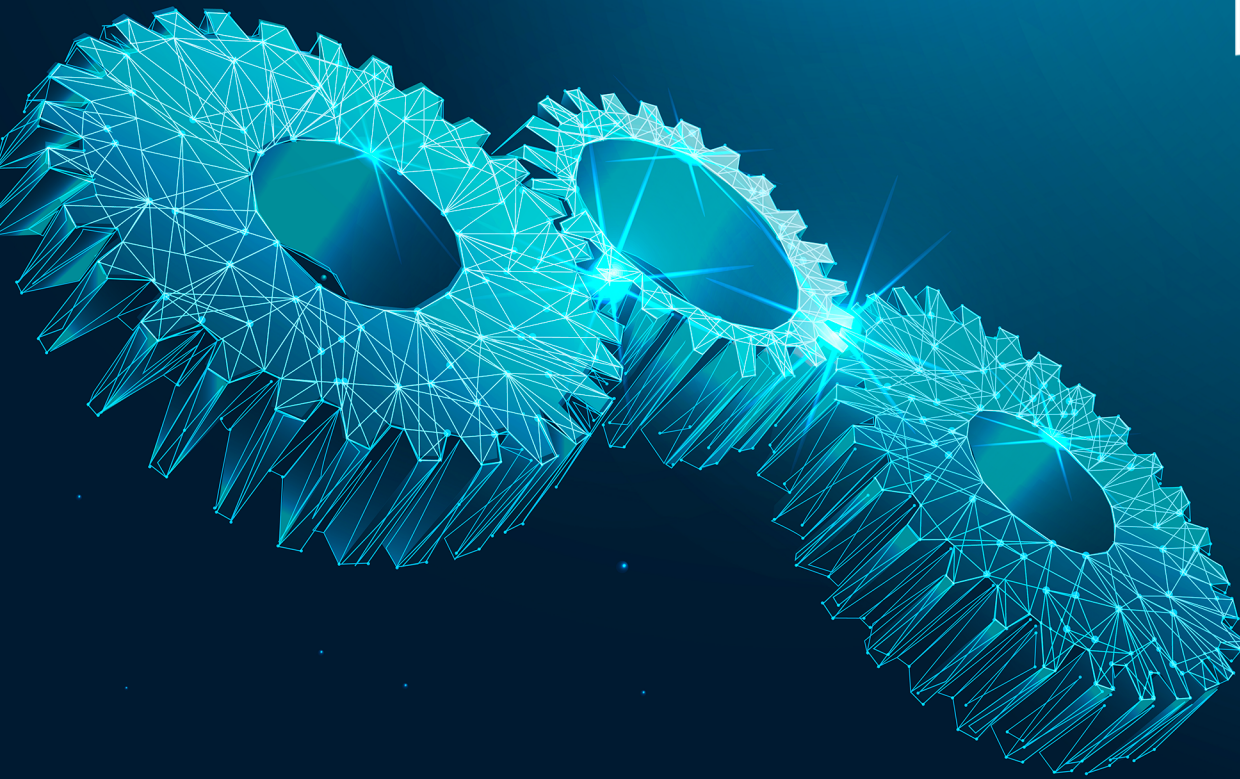
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[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) 





# 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) 