

# Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra



# Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes editoriais**

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
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  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
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  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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 do Paraná  
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

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Francisco Odécio Sales

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C749 Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-424-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.242213108>

1. Ciências exatas e da terra - Estudo e ensino. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 507

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 26 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca do ensino e educação. As Ciências Exatas e da Terra englobam, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Estas ciências estudam as diversas relações existentes da Astronomia/Física; Biodiversidade; Ciências Biológicas; Ciência da Computação; Engenharias; Geociências; Matemática/ Probabilidade e Estatística e Química. O conhecimento das mais diversas áreas possibilita o desenvolvimento das habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o seu meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas. A ideia moderna das Ciências Exatas e da Terra refere-se a um processo de avanço tecnológico, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador de pesquisas. Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados a ensino e aprendizagem. A importância dos estudos dessa vertente, é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento. Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada. Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Francisco Odécio Sales

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

A IMPORTÂNCIA DOS VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT) EM TRABALHOS DE CAMPO E NOS MAPEAMENTOS TEMÁTICOS DE ANÁLISE AMBIENTAL

Victor Hugo Holanda Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131081>

### **CAPÍTULO 2..... 12**

A HISTÓRIA DA ESTRADA DE FERRO DE ILHÉUS E A TERMODINÂMICA: CONTRIBUIÇÕES AO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Thais Barbosa dos Santos Moura

Adriano Marcus Stuchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131082>

### **CAPÍTULO 3..... 32**

AMBIENTE COLOABORATIVO PARA APRENDIZAGEM CONTEXTUALIZADA DE PROGRAMAÇÃO

Maísa Soares dos Santos Lopes

Rodrigo Silva Lima

João Vitor Oliveira Ferraz Silva

Helber Henrique Lopes Marinho

Alzira Ferreira da Silva

Roque Mendes Prado Trindade

Antônio Cezar de Castro Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131083>

### **CAPÍTULO 4..... 47**

ANÁLISE DOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS COMO SUBSÍDIO AO ORDENAMENTO TERRITORIAL

Karla Nadal

Ronaldo Ferreira Maganhotto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131084>

### **CAPÍTULO 5..... 60**

ANÁLISE TEMPORAL DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE

José Carlos Mendonça

Thiago Pontes da Silva Peixoto

Claudio Martins de Almeida

Lorenzo Montovaneli Lazarini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131085>

**CAPÍTULO 6..... 74**

**ANÁLISIS TOPOGRÁFICO Y MORFOMÉTRICO HIDROLÓGICAMENTE CONSISTENTE PARA LA DELIMITACIÓN DE LA CUENCA ILO-MOQUEGUA**

Osmar Cuentas Toledo

Alberto Bacilio Quispe Cohaila

Aloísio Machado da Silva Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131086>

**CAPÍTULO 7..... 86**

**APPINFOCOVID: APLICATIVO MÓVEL PARA DISPONIBILIZAR INFORMAÇÕES SOBRE A COVID-19**

Helder Guimarães Aragão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131087>

**CAPÍTULO 8..... 92**

**CONDIÇÕES SOCIAIS DE SAÚDE, SANEAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE MUNICÍPIOS DO OESTE DA BAHIA (BR)**

Flávio Souza Batista

Manoel Jerônimo Moreira Cruz

Manuel Vitor Portugal Gonçalves

Antônio Bomfim da Silva Ramos Junior

Rodrigo Alves Santos

Cristina Maria Macêdo de Alencar

Débora Carol Luz da Porciúncula

José Jackson de Souza Andrade

Ana Cláudia Lins Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131088>

**CAPÍTULO 9..... 111**

**CONSTRUINDO UM CANHÃO ELETROMAGNÉTICO DE BAIXO CUSTO**

Carolina Rizziolli Barbosa

João Paulo da Silva Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131089>

**CAPÍTULO 10..... 117**

**DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS E TERMODINÂMICOS DA REAÇÃO DE OXIDAÇÃO DO BIODIESEL COMERCIAL SOB EFEITO DE EXTRATO DE ALECRIM (*Rosmarinus Officinalis* L.)**

José Gonçalves Filho

Hágata Cremasco Silva

Ana Carolina Gomes Mantovani

Letícia Thaís Chendynski

Karina Benassi Angilelli

Dionisio Borsato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310810>

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>129</b>
ENSINO POR EXPERIMENTAÇÃO-UMA PROPOSTA PARA O ESTUDO LEI DE LAMBERT BEER	
Pedro José Sanches Filho Alex Mercio Mendez Larrosa	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310811">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310811</a>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>144</b>
FEIÇÕES MAGMÁTICAS NA PORÇÃO SUL DA BACIA DE CAMPOS E SUA RELAÇÃO COM O SAL	
Elisabeth de Fátima Strobino Natasha Santos Gomes Stanton	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310812">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310812</a>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>156</b>
GEOPROCESSAMENTO DAS VIAS DE VARRIÇÃO DE REGIÕES DE UMA CIDADE USANDO A FERRAMENTA QGIS	
Jonatas Fontele Dourado Antônio Honorato Moreira Guedes Elias Cícero Moreira Guedes Marcos José Negreiros Gomes	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310813">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310813</a>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>161</b>
INVESTIGANDO FATORES PRIMOS COM TRINCAS PITAGÓRICAS	
Alessandro Firmiano de Jesus João Paulo Martins dos Santos Juan López Linares	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310814">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310814</a>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>176</b>
MODELAGEM DE VAZAMENTOS MARINHOS DE ÓLEO E SUSCETIBILIDADE EM ÁREAS COSTEIRAS E ESTUARINAS	
Caroline Barbosa Monteiro Phelype Haron Oleinik	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310815">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310815</a>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>190</b>
MODELAGEM MATEMÁTICA DA MASSA DE BHA E DE BHT EM BIODIESEL POR REDES PERCEPTRON DE MÚLTIPLAS CAMADAS	
Felipe Yassuo Savada Hágata Cremasco Silva Ana Carolina Gomes Mantovani Letícia Thaís Chendynski Karina Benassi Angilelli Dionisio Borsato	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310816">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310816</a>	

<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>202</b>
O ENSINO DE EXPRESSÕES ALGÉBRICAS ATRAVÉS DA RECEITA DE BRIGADEIRO	
Jamile Vieira Goi	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310817">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310817</a>	
<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>207</b>
ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NOS LIVROS DIDÁTICOS	
Leonardo Deosti	
Ana Suellen Gomes da Silva	
Hercília Alves Pereira de Carvalho	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310818">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310818</a>	
<b>CAPÍTULO 19.....</b>	<b>220</b>
PROPOSIÇÃO DE MODELOS DE REDUÇÃO DE SONDAGENS BATIMÉTRICAS PARA LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS EM RIOS E RESERVATÓRIOS	
Felipe Catão Mesquita Santos	
Victória Gibrim Teixeira	
Mayke Nogueira de Miranda	
Laura Coelho de Andrade	
Ítalo Oliveira Ferreira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310819">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310819</a>	
<b>CAPÍTULO 20.....</b>	<b>236</b>
PRÁTICAS PEDAGÓGICAS APLICADAS A APRENDIZAGEM DE TRABALHOS COM PRESSÕES ANORMAIS	
Valmir Schork	
Claudinei Aparecido Pirola	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310820">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310820</a>	
<b>CAPÍTULO 21.....</b>	<b>241</b>
RISK ASSESSMENT FOR EXISTING MINE TAILING STORAGE FACILITIES IN BRAZIL	
Rafaela Baldi Fernandes	
Mônica Novell Morell	
Siefko Slob	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310821">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310821</a>	
<b>CAPÍTULO 22.....</b>	<b>264</b>
SELEÇÃO DE CRITÉRIOS PARA A DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA EM EIA/RIMA DE ATERROS SANITÁRIOS PELO MÉTODO AHP	
Renan Costa da Silva	
Gerson Araujo de Medeiros	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310822">https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310822</a>	
<b>CAPÍTULO 23.....</b>	<b>275</b>
SUGESTÕES DE SENSORES DE BAIXO CUSTO PARA ENSINO DE FÍSICA	
Rodrigo Marques de Oliveira	

Rodrigo Coelho Ramos

Douglas Adolfo Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310823>

**CAPÍTULO 24..... 283**

**UMA PROSPECÇÃO ANALÍTICA DO POTENCIAL DE TROCADORES DE CALOR SOLO-AR EM PELOTAS**

Eduardo de Sá Bueno Nóbrega

Ana Maria Bersch Domingues

Ruth da Silva Brum

Jairo Valões de Alencar Ramalho

Régis Sperotto de Quadros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310824>

**CAPÍTULO 25..... 294**

**USO DO *SMARTPHONE* COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA**

Janaina Zavilenski de Oliveira

Renato Ribeiro Guimarães

Maurício Antonio Custódio de Melo

Luciano Gonsalves Costa

Perseu Ângelo Santoro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310825>

**CAPÍTULO 26..... 303**

**UTILIZAÇÃO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (RPA) PARA GESTÃO TERRITORIAL E AMBIENTAL DA TERRA INDÍGENA PIRAÍ, MUNICÍPIO DE ARAQUARI/SC: ESTRATÉGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETO DE PISCICULTURA**

Évelin Moreira Gonçalves

Ângelo Martins Fraga

Laila Freitas Oliveira de Assis

Amanda Elias Alves

Ana Carolina Schmitz da Silva

Felipe Mathia Corrêa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310826>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 315**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 316**

## MODELAGEM MATEMÁTICA DA MASSA DE BHA E DE BHT EM BIODIESEL POR REDES PERCEPTRON DE MÚLTIPLAS CAMADAS

*Data de aceite: 20/08/2021*

*Data de submissão: 25/05/2021*

### **Felipe Yassuo Savada**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento de Química  
Londrina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/7696536992143048>

### **Hágata Cremasco Silva**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento de Química  
Londrina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/0203485044375904>

### **Ana Carolina Gomes Mantovani**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento de Física  
Londrina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/6492923024762299>

### **Letícia Thaís Chendynski**

Instituto Federal do Paraná, Campus Palmas  
Palmas-PR  
<http://lattes.cnpq.br/7376842049988906>

### **Karina Benassi Angilelli**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento de Química  
Londrina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/7952035577822932>

### **Dionisio Borsato**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento de Química  
Londrina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/3265471567908195>

**RESUMO:** Amostras de biodiesel foram submetidas a análise de estabilidade oxidativa, massa específica, ponto de fulgor, índice de acidez, teor de água, viscosidade e ponto de névoa e fluidez para avaliar a interferência desses parâmetros na quantidade de antioxidante BHA e BHT, a ser adicionada ao biodiesel, para que o valor do período de indução se apresentasse dentro das normas estabelecidas pela legislação vigente. Os dados dos parâmetros analisados e os valores das massas de antioxidantes utilizadas foram tabulados e apresentados ao módulo de regressão da rede neural do tipo perceptron de múltiplas camadas (MLP). Para o treinamento das redes foram utilizadas 200 épocas, taxa de aprendizagem de 0,05 e uma subdivisão aleatória das amostras, em três grupos: 70 % para treinamento, 15 % para teste e 15 % para validação. A massa de BHA e de BHT foi considerada como variável dependente e os demais parâmetros como variáveis independentes. As 6 amostras de biodiesel utilizadas foram consideradas como variáveis discretas (Z). Para cada antioxidante utilizado foram treinadas 200 redes e as 6 com melhor desempenho, foram destacadas. A capacidade de previsão da rede foi analisada, e aquelas com melhor desempenho apresentaram de 4 a 11 e 9 a 19 neurônios na camada oculta para o modelo do BHA e do BHT, respectivamente. O teste de Tukey aplicado às médias mostrou haver diferença significativa, em nível de 5 %, entre o valor da massa de BHA utilizada e o valor médio modelado para duas amostras do treinamento e nenhuma diferença no mesmo nível de significância para teste e validação. Para

a massa de BHT o mesmo comportamento foi verificado. A análise sensitiva mostrou que a variável discreta PI seguida de Z foram as mais importantes na construção dos dois modelos.

**PALAVRAS - CHAVE:** Biodiesel, Antioxidantes, Redes Neurais, Período de Indução.

## MATHEMATICAL MODELING OF BHA AND BHT MASS IN BIODIESEL BY MULTIPLE LAYER PERCEPTRON NETWORKS

**ABSTRACT:** Biodiesel samples were subjected to analysis of: oxidative stability, specific mass, flash point, acidity index, water content, viscosity and cloud and fluidity point to assess the interference of these parameters in the amount of antioxidant BHA and BHT to be added to the product so that the value of the induction period is within the norms established by the current legislation. The data of the analyzed parameters and the masses values of the antioxidants used were tabulated and presented to the regression module of the multilayer perceptron neural network (MLP). For the networks training 200 epochs were used, a learning rate of 0.05 and a random subdivision of the samples in three groups: 70% for training, 15% for testing and 15% for validation. The mass of BHA and BHT was considered as a dependent variable and the other parameters as independent ones. The 6 biodiesel samples used were considered as discrete variables (Z). For each antioxidant used, 200 networks were trained and the 6 with the best performance were highlighted. The network prediction capacity was analyzed, and those with better performance showed 4 to 11 and 9 to 19 neurons in the hidden layer for the BHA and BHT model, respectively. The Tukey test applied to the means showed a significant difference, at the level of 5%, between the BHA mass value used and the modeled mean value for two training samples, and no difference at the same significance level for testing and validation. For the BHT mass, the same behavior was verified. Sensitive analysis showed that the discrete variable IP, followed by Z, were the most important in the construction of the two models.

**KEYWORDS:** Biodiesel, Antioxidants, Neural Networks, Induction Period.

## 1 | INTRODUÇÃO

O biodiesel é um biocombustível alternativo aos provenientes do petróleo, produzido a partir de uma ou misturas de matérias-primas sendo as mais utilizadas as culturas de oleaginosas e gordura animal, podendo ser utilizado diretamente no motor diesel em forma pura ou em mistura ao diesel, pois suas propriedades são muito semelhantes (SINGH *et al.*, 2020).

Por ser produzido a partir de óleo e gordura vegetal e animal, o biodiesel é constituído por uma mistura de ésteres metílicos de ácidos graxos saturados e insaturados, que o torna susceptível a reação de oxidação, característica favorável pelo ponto de vista ambiental e desfavorável do ponto de vista técnico, dificultando seu armazenamento por longos períodos (KNOTHE; STEIDLEY, 2018).

Dentre os fatores que alteram a estabilidade química do biodiesel estão exposição ao ar, luz, altas temperaturas e presença de alguns metais de transição, sendo este último

o mais crítico, pois quantidades vestigiais de metais podem acelerar de forma efetiva a reação de oxidação do biodiesel (SCHAICH, 2005).

Para obter proteção contra a oxidação dos ésteres do biodiesel, as estratégias de controle devem incluir eliminação ou inibição da produção inicial de radicais formados na reação de oxidação. Com esta finalidade são adicionadas ao biodiesel substâncias antioxidantes que contém compostos fenólicos que possuem um ou mais grupos benzênicos, com uma ou mais hidroxilas em sua composição, capazes de inibir ou retardar o processo oxidativo. O mecanismo de ação dos antioxidantes ocorre por meio da doação de hidrogênio restaurando a molécula de biodiesel, convertendo-a em compostos mais estáveis (CHENDYNSKI *et al.*, 2019).

TBHQ, BHA, BHT e PG são os antioxidantes sintéticos mais conhecidos e utilizados. Os fenóis simples, ácidos fenólicos, ácido ascórbico, tocoferóis, ácido carnósico, rutina, carotenóides, flavonóides, vitaminas e antocianinas, são substâncias extraídas das plantas com propriedades antioxidantes, conhecidos como antioxidantes naturais (SHARMA *et al.*, 2019).

Para avaliar o efeito dos antioxidantes no biodiesel, bem como sua capacidade de proteger contra a oxidação e interagir com os ésteres presentes em sua composição, podemos utilizar ferramentas computacionais que possibilitem a modelagem de dados experimentais. Uma dessas ferramentas são as redes neurais artificiais do tipo perceptron de múltiplas camadas (MLP), amplamente utilizada para modelagem e classificação de padrões. A arquitetura deste tipo de rede consiste em uma camada de entrada com um neurônio para cada variável utilizada, uma ou mais camadas intermediárias, formando fronteiras de decisão com uma quantidade de neurônios a serem definidos, e uma camada de saída que depende de quantos parâmetros serão classificados e como serão representados (BORSATO *et al.*, 2012).

O objetivo deste trabalho foi aplicar redes neurais do tipo Perceptron de Múltiplas Camadas, para estudar o comportamento dos antioxidantes BHA e BHT em mistura com biodiesel.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Biodiesel

#### 2.1.1 Obtenção das amostras

As amostras de biodiesel comercial foram fornecidas pelo Laboratório de Pesquisa e Análise de Combustíveis do Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina.

### 2.1.2 Caracterização físico-química do biodiesel

A massa específica (20 °C) foi determinada de acordo com a norma ASTM D4052, o ponto de fulgor pela ASTM D93, viscosidade cinemática (40 °C) pela ASTM D445, índice de acidez pela ASTM D664, teor de água pela ASTM D6304, ponto de névoa e ponto de fluidez pela ASTM D2500.

## 2.2 Período de Indução (PI)

O ensaio foi realizado a 110 °C, usando o equipamento Rancimat (Marca: Metrohm; Modelo: 873), de acordo com a metodologia descrita na norma EN 14112.

## 2.3 Antioxidantes

Foram utilizados os antioxidantes butil-hidroxianisol (BHA) (Synth, 98,5 % de pureza) e o butil-hidroxitolueno (BHT) (Sigma-Aldrich, 99,0 % de pureza). As adições em biodiesel foram feitas em porcentagem em massa.

## 2.4 Redes neurais artificiais

Para análise do comportamento dos antioxidantes BHA e BHT e a influência dos parâmetros previamente mencionados foi utilizada a rede perceptron de múltiplas camadas (MLP) do módulo de redes neurais artificiais do software Statistica 13.1. Como variável contínua alvo foi selecionada a porcentagem em massa dos antioxidantes BHA e BHT, os parâmetros de conformidade como variável dependente e como variável categórica as amostras de biodiesel.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seis amostras de biodiesel B100 foram submetidas aos ensaios de conformidade estabelecidos pelas resoluções normativas nº45 e nº 798 (BRASIL 2014; 2019): período de indução, mínimo de 12 horas, massa específica variando de 850 Kg.m<sup>-3</sup> a 900 Kg.m<sup>-3</sup>, ponto de fulgor, mínimo 100°C, índice de acidez, máximo de 0,5 mg de KOH.Kg<sup>-1</sup> de amostra, teor de água, máximo de 350 mg de água.Kg<sup>-1</sup> de amostra, viscosidade, com limites de 3,0 mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> a 6,0 mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> e pontos de névoa e de fluidez (sem valores mínimos estipulados).

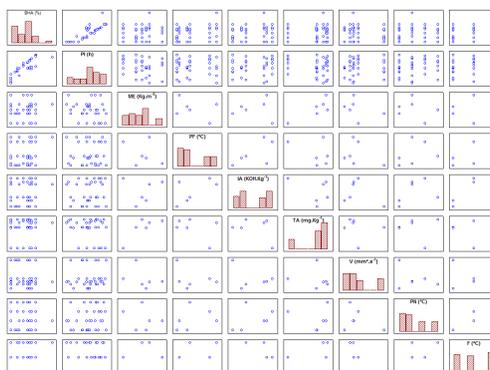
Os valores obtidos para massa específica, variaram entre 879 a 881,7 Kg m<sup>-3</sup> de biodiesel. Para o ponto de fulgor, todos os valores se apresentaram acima do limite inferior, 100 °C, descrito pela resolução ANP (BRASIL, 2014) com valores variando de 124,8 °C à 151,5 °C. O índice de acidez para as seis amostras apresentou-se dentro do limite apenas para duas amostras. Nas seis amostras, apenas uma se encontrou dentro do limite para o teor de água, sendo permitido para as distribuidoras um valor de no máximo 350 mg de água por Kg de biodiesel. Os limites superiores e inferiores do valor de viscosidade foram respeitados, com amostras variando entre 4,063 a 4,504 mm<sup>2</sup>/s. Os valores obtidos para os

pontos de névoa e fluidez variaram entre 3 °C à 0 °C e 2 °C a -4 °C, respectivamente. Para o ensaio de período de indução a 110 °C, nenhuma das amostras alcançou o valor mínimo de 12 horas estabelecido por lei brasileira (BRASIL, 2019) e nem mesmo alcançou o valor mínimo de 8 horas estabelecido pela norma europeia.

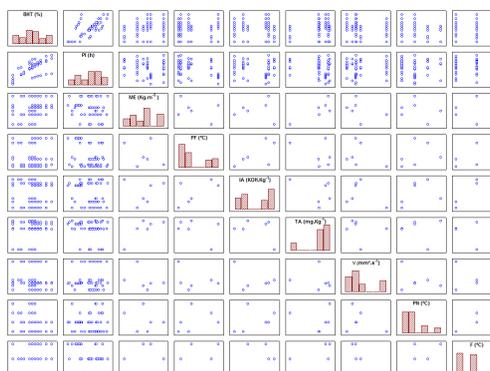
Após as análises dos parâmetros estabelecidos foi adicionado a cada amostra de biodiesel os antioxidantes sintéticos BHA e BHT, em concentrações variando de 0,1 até 1,0 % em massa. Após a adição dos antioxidantes realizou-se os ensaios de estabilidade à oxidação no equipamento Rancimat®.

Os valores dos parâmetros e massa dos antioxidantes utilizados foram dispostos em gráficos de dispersão que mostram as relações entre as variáveis em gráfico de matriz X-Y, representados nas Figuras 1 e 2, para o BHA e BHT, respectivamente.

A relação entre os parâmetros mostrou um comportamento de dispersão tipo não linear, indicando que as RNAs podem ser aplicadas ao caso em questão, uma vez que são inerentemente não lineares (RITTER, 1995).



**Figura 1.** Matriz de gráficos com os parâmetros obtidos com adição de BHA ao biodiesel



**Figura 2.** Matriz de gráficos com os parâmetros obtidos com adição de BHT ao biodiesel

Para avaliar o comportamento dos parâmetros de conformidade das amostras de biodiesel e a sua repercussão na massa de BHA e de BHT adicionada (Figuras 1 e 2), os valores foram tabulados e apresentados ao módulo automático de regressão do Statistica 13.1.

No módulo de regressão, foi utilizada a rede neural do tipo perceptron de múltiplas camadas (MLP), testando de 4 a 20 neurônios na camada oculta. Por atuarem caracteristicamente como detectores, os neurônios ocultos apresentam um papel importante na operação de uma rede perceptron aprendendo por retropropagação. À medida que o processo de aprendizagem avança, os neurônios ocultos vão descobrindo gradativamente as peculiaridades que caracterizam os dados de treinamento (HAYKIN, 2001; BISHOP, 2007).

As funções de ativação avaliadas para os neurônios da camada oculta e de saída foram: identidade, logística (sigmóide logística), tangente hiperbólica e exponencial. 200 redes foram treinadas e as 6 melhores foram selecionadas pelo aplicativo empregado. Antes da inicialização da rede, foi selecionada a função de erro de soma de quadrados (SOS) e o algoritmo de treinamento utilizado foi o BFGS.

As redes foram treinadas com 70 % das amostras para o grupo de treinamento, 15 % para teste e 15 % validação sendo que a escolha das amostras em cada grupo foi realizada de forma aleatória. A etapa de validação tem o objetivo de verificar a capacidade de a rede treinada realizar generalizações, já que as redes neurais artificiais aprendem uma regra usando os exemplos de treinamento (BORSATO *et al.*, 2012).

O número de épocas bem como o número de neurônios na camada oculta não pode ser muito alto, pois quando uma rede neural aprende muitos exemplos de entrada-saída, ela pode acabar memorizando os dados de treinamento. Esse fenômeno é conhecido como ajuste ou *overtraining* e faz com que a rede perca sua capacidade de generalização (HAYKIN, 2001; BISHOP, 2007). Assim, foi aplicada uma taxa de aprendizado de 0,05 e um número máximo de épocas igual a 200. A estratégia para criar o modelo preditivo foi *Automated Network Search (ANS)*, do software Statistica 13.1, sendo que o peso de decaimento na camada oculta e na camada de saída variou de  $10^{-4}$  a  $10^{-3}$ .

A Tabela 1 mostra os valores máximo, mínimo, média e desvio padrão (StdD) dos valores dos parâmetros analisados e a massa de BHA e de BHT, em porcentagem, utilizados pelas redes perceptron para o treinamento, teste e validação, escolhidos pelo software de forma randômica. Os valores em negrito referem-se aos dados obtidos para o BHT.

	PI h	ME Kg.m <sup>-3</sup>	PF °C	IA mg KOH.Kg <sup>-1</sup>	TA mg.Kg <sup>-1</sup>	V mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>	PN °C	F °C	% BHA % BHT
<b>Treinamento</b>									
Mínimo	1,35	879,00	124,80	0,405	278,80	4,063	0,000	-4,00	0,00
	<b>1,35</b>	<b>879,00</b>	<b>0,405</b>	<b>0,405</b>	<b>278,80</b>	<b>4,063</b>	<b>0,000</b>	<b>-4,00</b>	<b>0,00</b>
Máximo	13,04	881,70	151,50	0,840	399,40	4,504	3,000	-2,00	1,00
	<b>13,13</b>	<b>881,70</b>	<b>151,50</b>	<b>0,840</b>	<b>399,40</b>	<b>4,504</b>	<b>3,000</b>	<b>-2,00</b>	<b>0,70</b>
Média	8,26	880,34	137,51	0,663	365,09	4,198	1,480	-2,76	0,35
	<b>7,74</b>	<b>880,45</b>	<b>132,85</b>	<b>0,610</b>	<b>367,26</b>	<b>4,233</b>	<b>0,938</b>	<b>-3,22</b>	<b>0,32</b>
StdD	3,49	0,87	10,27	0,155	45,60	0,122	1,085	0,78	0,24
	<b>3,36</b>	<b>0,85</b>	<b>9,21</b>	<b>0,170</b>	<b>36,64</b>	<b>0,166</b>	<b>1,045</b>	<b>0,79</b>	<b>0,21</b>
<b>Teste</b>									
Mínimo	6,17	879,90	124,80	0,405	365,70	4,063	0,000	-4,00	0,15
	<b>4,06</b>	<b>879,90</b>	<b>124,80</b>	<b>0,405</b>	<b>365,70</b>	<b>4,063</b>	<b>0,000</b>	<b>-4,00</b>	<b>0,35</b>
Máximo	8,30	880,80	151,50	0,750	386,20	4,504	1,000	-2,00	0,50
	<b>10,99</b>	<b>881,70</b>	<b>151,50</b>	<b>0,780</b>	<b>394,20</b>	<b>4,504</b>	<b>1,000</b>	<b>-2,00</b>	<b>0,60</b>
Média	7,35	880,30	133,23	0,515	370,93	4,308	0,250	-3,50	0,34
	<b>7,82</b>	<b>880,73</b>	<b>136,73</b>	<b>0,614</b>	<b>377,32</b>	<b>4,187</b>	<b>0,500</b>	<b>-3,17</b>	<b>0,46</b>
StdD	0,88	0,47	12,62	0,163	10,18	0,230	0,500	1,00	0,19
	<b>2,71</b>	<b>0,58</b>	<b>12,09</b>	<b>0,163</b>	<b>12,99</b>	<b>0,163</b>	<b>0,548</b>	<b>0,98</b>	<b>0,09</b>
<b>Validação</b>									
Mínimo	3,48	879,00	124,80	0,405	278,80	4,063	0,000	-4,00	0,00
	<b>3,77</b>	<b>879,00</b>	<b>126,50</b>	<b>0,750</b>	<b>278,80</b>	<b>4,161</b>	<b>1,000</b>	<b>-3,00</b>	<b>0,10</b>
Máximo	13,36	880,60	146,80	0,840	365,90	4,504	2,000	-3,00	0,60
	<b>10,49</b>	<b>881,70</b>	<b>151,50</b>	<b>0,840</b>	<b>394,20</b>	<b>4,216</b>	<b>2,000</b>	<b>-2,00</b>	<b>0,70</b>
Média	8,00	879,85	132,05	0,538	344,08	4,322	0,500	-3,75	0,25
	<b>7,46</b>	<b>880,50</b>	<b>141,60</b>	<b>0,790</b>	<b>353,07</b>	<b>4,182</b>	<b>1,333</b>	<b>-2,67</b>	<b>0,38</b>
StdD	4,34	2,14	6,41	0,280	57,88	0,176	0,577	0,87	0,22
	<b>2,91</b>	<b>1,31</b>	<b>16,54</b>	<b>0,011</b>	<b>45,06</b>	<b>0,014</b>	<b>0,365</b>	<b>0,37</b>	<b>0,21</b>
<b>Geral</b>									
Mínimo	1,35	879,00	124,80	0,405	278,80	4,063	0,000	-4,00	0,00
	<b>1,35</b>	<b>879,00</b>	<b>124,80</b>	<b>0,405</b>	<b>278,80</b>	<b>4,063</b>	<b>0,000</b>	<b>-4,00</b>	<b>0,00</b>
Máximo	13,36	881,70	151,50	0,840	399,40	4,504	3,000	-2,00	1,00
	<b>13,13</b>	<b>881,70</b>	<b>151,50</b>	<b>0,840</b>	<b>399,40</b>	<b>4,504</b>	<b>3,000</b>	<b>-2,00</b>	<b>0,70</b>
Média	8,12	880,28	136,33	0,630	363,25	4,227	1,212	-2,97	0,34
	<b>7,71</b>	<b>880,49</b>	<b>134,52</b>	<b>0,635</b>	<b>366,69</b>	<b>4,220</b>	<b>0,932</b>	<b>-3,14</b>	<b>0,35</b>
StdD	3,35	0,81	10,43	0,168	42,46	0,153	1,111	0,85	0,24
	<b>3,12</b>	<b>0,86</b>	<b>10,21</b>	<b>0,167</b>	<b>37,63</b>	<b>0,153</b>	<b>0,950</b>	<b>0,80</b>	<b>0,20</b>

**Tabela 1.** Limites inferior e superior dos valores dos parâmetros, valor médio, desvio padrão e % de BHA e de BHT usados pelas redes para treinamento, teste e validação.

Para avaliar o desempenho da rede neural durante o processo iterativo de execução, a função de erro foi empregada durante o treinamento para medir o quão perto as previsões da rede estão do alvo escolhido e, portanto, quanto de ajuste de peso deve ser aplicado pelo algoritmo de treinamento em cada iteração. O erro foi determinado a cada época de treinamento e as informações foram utilizadas para ajustar os pesos para reduzir o erro até a estabilização. As Figuras 3a e 3b mostram o número de épocas usadas para treinar e testar a rede com o melhor desempenho, revelando que a rede precisou de apenas 30 épocas para atingir a estabilidade para treinamento e teste para o BHA (Figura 3a) e 54 épocas para treinamento e teste para o BHT (Figura 3b). Também foi observado uma oscilação ou ruído nas primeiras 30 épocas de treinamento e teste.

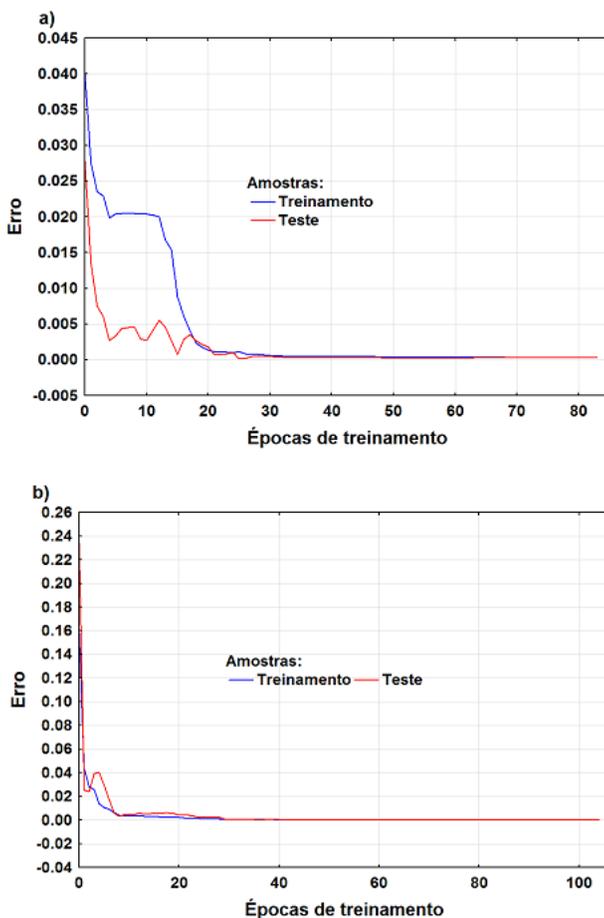


Figura 3. Estabilização do erro e número de épocas utilizadas pela rede para BHA (a) e para o BHT (b) para treinamento e teste da rede

A análise de sensibilidade dos dados permite avaliar a contribuição de cada variável na construção dos modelos preditivos. Assim, considerando as 6 redes treinadas escolhidas, foi possível estipular uma ordem de importância de cada variável de entrada no ajuste geral dos modelos. A análise sensitiva mostrou que a variável contínua PI, foi a mais importante na construção dos modelos para prever a massa de antioxidante a ser adicionada (variável alvo). A ordem geral de importância na construção dos modelos para o BHA foi  $PI \gg Z \gg PN > V > PF > F > TA > D > F$ ; e para as amostras de BHT foi  $PI \gg Z \gg PN > V > PF > F > IA > TA > D$

A Tabela 2 apresenta os valores das concentrações de BHA utilizadas, as previstas pelos modelos obtidos pelo emprego das redes MLP, para cada parâmetro, utilizando o módulo de regressão do Statistica 13.1 bem como o valor médio, desvio padrão, o valor da estatística p obtida com a utilização do teste de Tukey aplicado às médias e, o valor da

estatística p com a utilização do teste de Levene.

As redes perceptron com melhor desempenho apresentaram 4 e 11 neurônios na camada oculta para os modelos de previsão da concentração de BHA no biodiesel e, de 9 a 19 neurônios na camada oculta para a concentração de BHT. Na representação de cada rede o primeiro número se refere ao número de dados de entrada, o segundo ao número de neurônios na camada oculta e o último o número de saídas representa a concentração do antioxidante sintético utilizado

O desempenho das redes neurais é medido pela sua capacidade de prever dados invisíveis, isto é, são aqueles que não foram usados durante o treinamento. Assim, foram utilizadas amostras testes, escolhidas aleatoriamente pelo software, como forma de verificar o desempenho do modelo e sua capacidade de generalização. Porém, para evitar apenas uma coincidência nos resultados do teste, foi utilizado um conjunto de dados de validação, também invisível, como uma verificação extra no desempenho do modelo (HAYKIN, 2001; BISHOP, 2007).

As 6 redes selecionadas, por mostrarem melhor desempenho, apresentaram performance para o treinamento variando de 96,15 % a 99,30 %; para o teste de 97,54 a 99,77 %; e para a validação de 99,37 % a 99,99 %. Para o BHA a performance para o treinamento variou de 96,07 % a 99,26 %; para o teste de 97,94 a 99,68 %; e para a validação de 99,58 % a 99,76 %. O algoritmo aplicado para o treinamento foi o BFGS e para a função erro o SOS para modelar por MLP a concentração de BHA e BHT. Para ativação da camada oculta foi aplicado o algoritmo tangente hiperbólica e para ativação da saída foram o logístico e tangente hiperbólica para o BHA. Para o BHT foram os algoritmos exponencial, logístico e tangente hiperbólica para ativação da camada oculta e para ativação da saída foi o exponencial para todas as 6 redes selecionadas. Os algoritmos utilizados para a ativação da camada oculta e para ativação da saída foram selecionados pelo aplicativo dentre aqueles que compõem a sua biblioteca para o módulo utilizado, isto é, identidade, logística (sigmóide logística), tangente hiperbólica e exponencial.

O teste de Tukey mostrou não haver diferença significativa, em nível de 5 %, entre as médias das concentrações de BHA previstas pelas 6 redes com melhor desempenho, exceto para 1 amostra de treinamento e uma de teste (Tabela 2). Para o BHT apenas duas amostras de treinamento apresentaram médias não significativas no mesmo nível (Tabela 3), mostrando que os modelos podem ser utilizados para fins preditivos. Os valores do desvio padrão foram baixos tornando o teste estatístico muito rigoroso, pois os valores das médias ficam muito próximos das concentrações utilizadas experimentalmente, mesmo aquelas que não foram significativas em nível de 5 %.

Para a variável dependente (alvo), concentrações de BHA e de BHT, foi realizada uma análise da variância dos desvios absolutos dos valores das respectivas médias dos tempos com a aplicação do teste de Levene. Para os casos observados para o BHA (Tabela 2) os valores foram não significativos, indicando que a hipótese de variâncias homogêneas

não deve ser rejeitada. Para o BHT apenas em um caso o teste de Levene foi significativo (Tabela 3).

	BHA	14-11-1	14-11-1	14-6-1	14-4-1	14-7-1	14-4-1	Méd.	StdD	T(p)	L(p)
TR	0,00	0,04	0,02	-0,01	0,03	0,02	-0,01	0,02	0,02	0,48	0,15
TR	0,30	0,37	0,31	0,32	0,29	0,30	0,31	0,32	0,03	0,65	0,39
TR	0,40	0,47	0,39	0,39	0,38	0,40	0,37	0,40	0,03	0,98	0,42
TR	0,50	0,63	0,54	0,51	0,52	0,56	0,51	0,54	0,05	0,42	0,32
VA	0,00	0,03	0,03	-0,03	0,03	0,03	0,00	0,01	0,03	0,64	0,20
TR	0,10	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,13	0,12	0,01	0,07	0,21
VA	0,15	0,13	0,13	0,13	0,11	0,12	0,14	0,13	0,01	0,05	0,17
TE	0,20	0,25	0,20	0,21	0,20	0,20	0,20	0,21	0,02	0,66	0,41
TR	0,40	0,56	0,41	0,38	0,39	0,41	0,36	0,42	0,07	0,81	0,42
TR	0,45	0,64	0,48	0,44	0,45	0,48	0,42	0,49	0,08	0,70	0,42
TR	0,60	0,81	0,64	0,63	0,63	0,62	0,63	0,66	0,07	0,47	0,39
TR	0,00	0,08	0,08	-0,07	0,06	0,10	0,04	0,05	0,06	0,50	0,35
TR	0,40	0,37	0,41	0,40	0,39	0,44	0,41	0,40	0,02	0,86	0,40
TR	0,45	0,40	0,44	0,44	0,43	0,47	0,44	0,44	0,02	0,63	0,41
TR	0,50	0,44	0,47	0,48	0,46	0,50	0,48	0,47	0,02	0,27	0,38
TR	0,00	0,05	0,06	-0,02	0,06	0,10	-0,06	0,03	0,06	0,63	0,19
TR	0,20	0,19	0,20	0,21	0,15	0,24	0,19	0,20	0,03	0,94	0,44
TE	0,45	0,49	0,51	0,50	0,48	0,52	0,51	0,50	0,01	0,02	0,20
TR	0,50	0,50	0,52	0,50	0,48	0,52	0,51	0,50	0,01	0,79	0,19
TR	0,60	0,60	0,63	0,60	0,61	0,62	0,61	0,61	0,01	0,35	0,24
TR	1,00	0,86	0,90	0,87	0,86	0,87	0,86	0,87	0,01	0,00	0,32
TE	0,00	0,08	0,08	0,01	0,10	0,06	0,01	0,06	0,04	0,21	0,15
TE	0,15	0,16	0,18	0,15	0,18	0,14	0,16	0,16	0,02	0,56	0,26
TR	0,30	0,28	0,33	0,31	0,29	0,30	0,31	0,31	0,02	0,80	0,30
TR	0,45	0,39	0,45	0,44	0,42	0,46	0,43	0,43	0,02	0,45	0,31
TR	0,50	0,44	0,49	0,49	0,48	0,52	0,48	0,48	0,03	0,63	0,45
TR	0,60	0,54	0,58	0,60	0,62	0,64	0,59	0,60	0,04	0,92	0,30
TR	0,00	0,06	0,02	0,00	0,04	0,05	-0,02	0,03	0,03	0,48	0,21
VA	0,15	0,18	0,14	0,17	0,13	0,16	0,17	0,16	0,02	0,64	0,24
TE	0,30	0,31	0,29	0,29	0,28	0,30	0,29	0,29	0,01	0,60	0,34
TR	0,40	0,44	0,42	0,40	0,42	0,45	0,40	0,42	0,02	0,33	0,22
TR	0,45	0,48	0,46	0,44	0,45	0,49	0,44	0,46	0,02	0,69	0,23
TE	0,60	0,64	0,61	0,60	0,59	0,67	0,61	0,62	0,03	0,53	0,23

**Tabela 2.** Concentração de BHA (%), arquiteturas das melhores redes neurais, concentrações previstas, desvio padrão (StdD), estatística p do teste de Tukey (T) e do teste de Levene (L).

	BHT	14-19-1	14-9-1	14-19-1	14-13-1	14-11-1	14-13-1	Méd.	StdD	T (p)	L(p)
TR	0	0.04	0.04	0.04	0.03	0.09	0.05	0.05	0.02	0.09	0.40
TR	0.15	0.14	0.16	0.15	0.15	0.21	0.16	0.16	0.02	0.66	0.40
TR	0.2	0.16	0.18	0.17	0.17	0.22	0.18	0.18	0.02	0.45	0.42
TR	0.3	0.28	0.31	0.28	0.30	0.32	0.29	0.30	0.02	0.80	0.18
VA	0.35	0.31	0.34	0.31	0.33	0.34	0.31	0.32	0.01	0.14	0.07
TR	0.4	0.36	0.40	0.37	0.38	0.38	0.37	0.38	0.01	0.17	0.10
VA	0.45	0.45	0.48	0.45	0.46	0.45	0.45	0.46	0.01	0.62	0.26
TE	0.5	0.49	0.51	0.49	0.49	0.47	0.48	0.49	0.01	0.52	0.38
TR	0.6	0.57	0.58	0.57	0.56	0.54	0.56	0.57	0.02	0.10	0.28
TR	0.7	0.75	0.71	0.76	0.68	0.68	0.75	0.72	0.04	0.63	0.03
TR	0	0.05	0.07	0.05	0.04	0.06	0.04	0.05	0.01	0.01	0.19
TR	0.15	0.14	0.16	0.14	0.16	0.15	0.12	0.14	0.02	0.68	0.25
TR	0.2	0.18	0.21	0.19	0.21	0.20	0.16	0.19	0.02	0.70	0.24
TR	0.3	0.28	0.29	0.28	0.31	0.29	0.26	0.28	0.02	0.50	0.26
TR	0.35	0.33	0.35	0.33	0.37	0.34	0.32	0.34	0.02	0.62	0.27
TR	0.4	0.39	0.40	0.39	0.43	0.40	0.37	0.40	0.02	0.90	0.25
TR	0.45	0.45	0.46	0.45	0.48	0.47	0.44	0.46	0.02	0.65	0.21
TE	0.5	0.51	0.51	0.51	0.53	0.52	0.49	0.51	0.01	0.48	0.24
TR	0.6	0.64	0.63	0.65	0.63	0.67	0.62	0.64	0.02	0.11	0.26
TR	0	0.10	0.05	0.12	0.05	0.15	0.14	0.10	0.04	0.09	0.17
TR	0.3	0.33	0.30	0.34	0.31	0.32	0.33	0.32	0.02	0.32	0.20
TE	0.35	0.36	0.34	0.37	0.35	0.34	0.36	0.35	0.01	0.86	0.12
TE	0.4	0.40	0.40	0.41	0.40	0.37	0.40	0.40	0.01	0.82	0.44
TR	0.45	0.45	0.46	0.45	0.45	0.40	0.44	0.44	0.02	0.72	0.43
TR	0.5	0.49	0.52	0.49	0.50	0.43	0.49	0.49	0.03	0.71	0.46
TR	0.6	0.55	0.59	0.54	0.57	0.47	0.56	0.55	0.04	0.30	0.39
TR	0.7	0.68	0.70	0.65	0.71	0.55	0.72	0.67	0.06	0.67	0.32
TR	0	0.08	0.10	0.08	0.08	0.14	0.10	0.10	0.03	0.02	0.38
VA	0.35	0.32	0.33	0.33	0.35	0.33	0.31	0.33	0.01	0.14	0.28
TE	0.4	0.37	0.38	0.38	0.40	0.37	0.36	0.38	0.01	0.12	0.34
TR	0.45	0.46	0.47	0.48	0.48	0.45	0.46	0.47	0.01	0.27	0.13
TR	0.5	0.48	0.49	0.49	0.50	0.47	0.47	0.49	0.01	0.35	0.12
TE	0.6	0.61	0.63	0.63	0.62	0.58	0.61	0.61	0.02	0.47	0.37
VA	0.7	0.66	0.69	0.68	0.66	0.63	0.67	0.66	0.02	0.16	0.39
TR	0	0.01	0.04	0.01	0.02	0.07	0.03	0.03	0.03	0.32	0.30
VA	0.1	0.07	0.09	0.06	0.10	0.12	0.07	0.08	0.02	0.50	0.12
TR	0.15	0.09	0.11	0.08	0.12	0.13	0.08	0.10	0.02	0.08	0.08
VA	0.3	0.26	0.29	0.26	0.29	0.27	0.24	0.27	0.02	0.22	0.32
TR	0.35	0.36	0.38	0.37	0.37	0.38	0.35	0.37	0.01	0.21	0.35
TR	0.4	0.40	0.41	0.41	0.39	0.43	0.40	0.41	0.01	0.60	0.36
TR	0	0.01	0.05	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.33	0.10
TR	0.3	0.27	0.34	0.26	0.27	0.25	0.27	0.28	0.03	0.55	0.43
TR	0.35	0.28	0.35	0.28	0.29	0.26	0.29	0.29	0.03	0.29	0.45
TR	0.4	0.46	0.40	0.47	0.43	0.45	0.48	0.45	0.03	0.29	0.29

**Tabela 3.** Concentração de BHT (%), arquiteturas das melhores redes neurais, concentrações previstas, desvio padrão (StdD), estatística p do teste de Tukey (T) e do teste de Levene (L).

## 4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho estudamos a influência de parâmetros de conformidade do biodiesel na massa dos antioxidantes BHA e BHT a ser adicionada, utilizando como ferramenta computacional as redes neurais artificiais do tipo perceptron de múltiplas camadas. A análise de sensibilidade da rede neural empregada revelou que a variável período de indução foi a mais importante na construção do modelo de regressão. O teste estatístico aplicado mostrou que não há diferença significativa entre os valores preditos e experimentais, utilizados na validação do modelo preditivo construído para avaliar a massa de antioxidante a ser adicionada para a conservação do biodiesel.

## REFERÊNCIAS

BISHOP, Christopher M. et al. **Neural networks for pattern recognition**. Oxford university press, 2007.

BORSATO, Dionísio et al. Saline distribution during multicomponent salting in pre-cooked quail eggs. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 281-288, 2012.

BRASIL. Resolução n. 798, de 1º de agosto de 2019, que altera a Resolução ANP n. 45 de agosto de 2014. Dispõe sobre a obrigatoriedade de adição de antioxidante em biodiesel independente da matéria prima utilizada na sua obtenção. **Diário Oficial da União**, 2019. Publicado em: 02/08/2019 | Edição: 148 | Seção: 1 | Página: 49

BRASIL, Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014. Ficam estabelecidas, por meio da presente Resolução, a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP nº 3/2014 e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional. **Diário Oficial da União**, 2014

CHENDYNSKI, L. T. et al. Analysis of the formation of radicals in biodiesel in contact with copper and metallic alloys via electronic paramagnetic resonance (EPR). **Fuel**, v. 242, p. 316-322, 2019.

HAYKIN, S. **Neural networks**, a Comprehensive Foundation. Prentice Hall, Englewood Cliffs. **New Jersey**, 2001.

KNOTHE, Gerhard; STEIDLEY, Kevin R. The effect of metals and metal oxides on biodiesel oxidative stability from promotion to inhibition. **Fuel Processing Technology**, v. 177, p. 75-80, 2018.

RITTER, Helge. Self-organizing feature maps: Kohonen maps. **The handbook of brain theory and neural networks**, p. 846-851, 1995.

SCHAICH, K. M. Lipid oxidation: theoretical aspects. **Bailey's industrial oil and fat products**, 2005.

SHARMA, Simran et al. Efficacy of free and encapsulated natural antioxidants in oxidative stability of edible oil: Special emphasis on nanoemulsion-based encapsulation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 91, p. 305-318, 2019.

SINGH, Digambar et al. A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. **Fuel**, v. 262, p. 116553, 2020.

## ÍNDICE REMISSIVO

### SÍMBOLOS

7 12, 30

#### A

Agrometeorologia 60

Alto do Cabo Frio 144, 145, 146, 153

Análise Ambiental 10, 1, 11, 48, 49

Análise Instrumental 129, 131, 133, 134, 141, 142, 143

Anomalia magnética 144, 147, 148, 149, 151, 152

Anos Finais do Ensino Fundamental 10, 12, 13, 14, 16, 30

Antioxidantes Naturais 117, 125, 126, 192

Aprendizagem Colaborativa Suportada por Computador 32, 34

Aquífero Bambuí 93, 94, 97, 103, 105, 106, 108

#### B

Barragem 224, 229, 241, 260

Batimetria 221, 224

Biodiesel 11, 12, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 198, 201

#### C

Canhão eletromagnético 111, 112, 113, 115

Código Python 161

Construção de fotocolorímetros 129

Contextualização 12, 16, 18, 33, 34, 37, 207, 209, 210, 212, 213, 214, 215

Covid-19 11, 86, 87, 89, 90

Cuenca Hidrográfica 74, 75, 76, 77

#### D

DEM 74, 76, 77, 78, 81, 82, 83

Drones 1, 2, 3, 6, 10

#### E

Educação Contextualizada 32

Ensino de Ciências 12, 13, 17, 30, 141, 142, 206, 207, 209, 218, 315

Ensino de Física 13, 13, 14, 16, 29, 30, 207, 219, 275, 276, 281, 282, 294, 301

Ensino de Matemática 161, 315

Estabilidade Oxidativa 117, 120, 122, 125, 126, 127, 190

Experimentos 21, 25, 26, 27, 28, 130, 131, 139, 212, 236, 237, 276, 277, 278, 279, 281, 294, 297, 298, 300, 301, 302

Expressões Algébricas 13, 202, 203, 204, 205, 206

## **F**

Fragilidade Ambiental 47, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 58, 59

Frequências de Varrição 156

## **G**

Geoprocementos 74, 77, 82

Geotecnologias 1, 2, 5, 47, 49, 50, 56, 157

Gerenciamento 34, 37, 42, 43, 57, 94, 95, 241, 271

Gestão Ambiental 48, 57, 106, 264

## **I**

Imagens de satélite 2, 53, 60, 61

Impactos ambientais 5, 179, 264, 265, 266, 268, 269, 271, 272, 273, 308, 313

Injustiça social 93

Instrumentação com Arduino 275

## **L**

Laboratório Remoto 32, 34, 36, 37, 38, 39, 44

## **M**

Modelagem 12, 142, 176, 179, 190, 192, 224, 286, 292

Modelo Analítico 283, 285, 286, 287, 288, 290, 291

## **N**

Nitrato 93, 94, 104, 105, 106, 107

Nível d'água 221, 224, 234

Nível de redução 221

## **O**

Ordenamento Territorial 10, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58

## **P**

Pandemia 86, 87, 88

Período de Indução 117, 120, 121, 190, 191, 193, 194, 201

Pesquisa documental 207

Potencial Geológico 283

Pressões anormais 13, 236, 237, 239

Processamento Geográfico 156

Programação de Computadores 32, 33, 34, 35, 44

## **R**

Rancimat 117, 118, 120, 122, 126, 193

Receita culinária 202, 205

Recursos didáticos 207

Redes Neurais 57, 191, 192, 193, 195, 198, 199, 200, 201

Resíduos Sólidos 99, 100, 108, 264, 265, 267, 270, 271, 273, 274

Risco 27, 48, 91, 105, 177, 215, 241, 305, 308

Rupturas 241

## **S**

Saneamento 11, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 106, 107, 108, 109, 110, 245, 259, 274

Sazonalidade 68, 176

Sensores de baixo custo 13, 275

Sensoriamento Remoto 1, 2, 4, 5, 11, 58, 59, 60, 61, 62, 72, 73, 159, 308, 313

SIG 2, 10, 49, 50, 63, 74, 157, 159, 310

Sistema de Informação Geográfica 156, 157, 310

Smartphones 294, 295, 296, 297, 298, 300, 301, 302

Solenóide 111, 112, 113, 114, 115, 116

Suscetibilidade 12, 49, 151, 176, 178, 179, 182, 183, 188

## **T**

Tectonoestratigrafia 144

Teledetección 74

Termodinâmica 10, 12, 13, 15, 19, 20, 22, 30, 278

Teste de Primalidade 161, 164, 166, 172

TMI e TMIN 93, 106

Trocadores de calor solo-ar (TCSA) 283

## V

Vazamentos de óleo 176, 179

Vulcânico 144, 145, 153

# Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra



# Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

