

# **Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País 2**

Américo Junior Nunes da Silva  
André Ricardo Lucas Vieira  
(Organizadores)

# **Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País 2**

Américo Junior Nunes da Silva  
André Ricardo Lucas Vieira  
(Organizadores)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**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.



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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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 Alfnas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

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. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

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. 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

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> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

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. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

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. 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. 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. 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. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
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. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
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. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
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/UFPA  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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

## Ciências exatas e da terra: aprendizado, integração e necessidades do país 2

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Kimberlly Elisandra Gonçalves Carneiro  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Américo Junior Nunes da Silva  
André Ricardo Lucas Vieira

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

C569 Ciências exatas e da terra: aprendizado, integração e necessidades do país 2 / Organizadores Américo Junior Nunes da Silva, André Ricardo Lucas Vieira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-961-5

DOI 10.22533/at.ed.615211404

1. Ciência. 2. Tecnologia. I. Silva, Américo Junior Nunes da (Organizador). II. Vieira, André Ricardo Lucas (Organizador). III. Título.

CDD 500

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.

## APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia tem acarretado diversas transformações na sociedade contemporânea, refletindo em mudanças nos níveis econômico, político e social. É comum considerarmos ciência e tecnologia motores do progresso que proporcionam não só desenvolvimento do saber humano, mas, também, uma evolução real para o homem.

Sendo assim, precisamos de uma imagem de ciência e tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico–tecnológico, entendido como produto resultante de fatores culturais, políticos e econômicos. Seu contexto histórico deve ser analisado e considerado como uma realidade cultural que contribui de forma decisiva para mudanças sociais, cujas manifestações se expressam na relação do homem consigo mesmo e os outros.

Hoje, estamos vivendo um período, por conta do contexto da Pandemia provocada pelo Novo Coronavírus, onde os olhares se voltam a Ciência e a Tecnologia. Antes de tudo isso acontecer os conhecimentos produzidos em espaços acadêmicos, centros de pesquisa e laboratórios, por exemplo, tem buscado resposta para problemas cotidianos, em busca de melhorar a vida da população de uma forma geral.

É nesse ínterim que este livro, intitulado “Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País 2”, em seu segundo volume, reúne trabalhos de pesquisa e experiências em diversos espaços, com o intuito de promover um amplo debate acerca das diversas áreas que o compõe.

Por fim, ao levar em consideração todos esses elementos, a importância desta obra, que aborda de forma interdisciplinar pesquisas, relatos de casos e/ou revisões, reflete-se nas evidências que emergem de suas páginas através de diversos temas evidenciando-se não apenas bases teóricas, mas a aplicação prática dessas pesquisas.

Nesse sentido, desejamos uma boa leitura a todos e a todas.

Américo Junior Nunes da Silva  
André Ricardo Lucas Vieira

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

STABILITY EVALUATION OF SEQUENTIAL ESTIMATORS APPLIED TO ORBIT DETERMINATION: SIGMA-POINT AND EXTENDED KALMAN FILTERS

Paula Cristiane Pinto Mesquita Pardal

Rodolpho Vilhena de Moraes

Helio Koiti Kuga

**DOI 10.22533/at.ed.6152114041**

### **CAPÍTULO 2..... 16**

VARIAÇÃO DO NÍVEL DA ÁGUA E DA SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA EM POÇOS DE MONITORAMENTO NA ÁREA DE UM ATERRO SANITÁRIO

Willian Fernando de Borba

José Luiz Silvério da Silva

Edner Baumhardt

Éricklis Edson Boito de Souza

Pedro Daniel da Cunha Kemerich

Gabriel D'ávila Fernandes

Mateus Guimarães da Silva

Fernando Ernesto Ucker

**DOI 10.22533/at.ed.6152114042**

### **CAPÍTULO 3..... 30**

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE UM TERMÔMETRO DE SENSAÇÃO TÉRMICA NO IFSC CAMPUS URUPEMA

Glauco Cardozo

Marcos Roberto Dobler Stroschein

Enzzo Comassetto

**DOI 10.22533/at.ed.6152114043**

### **CAPÍTULO 4..... 33**

DESIGN REGENERATIVO E DIREITO AMBIENTAL: CONSTRUÇÃO DE PONTE PARA A ECONOMIA CIRCULAR

Marcos Paulo Marques Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.6152114044**

### **CAPÍTULO 5..... 49**

O QUE ESTAMOS PRODUZINDO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO SOBRE TECNOLOGIA ASSISTIVA NO BRASIL?

Fernanda do Nascimento Maia

Renan Carvalho

Clara Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.6152114045**

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>56</b>
<b>TREINAMENTOS EM REALIDADE VIRTUAL VOLTADOS PARA ORGANIZAÇÕES DE ALTA CONFIABILIDADE</b>	
Diego de Jesus Penaforte Parreiras	
André Ribeiro de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6152114046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>68</b>
<b>ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS SIMPLIFICAÇÕES REALIZADAS NAS EQUAÇÕES CINEMÁTICAS DO SATÉLITE CBERS</b>	
Roberta Veloso Garcia	
Hugo Henrique Valim de Lima Campos	
Hélio Koiti Kuga	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6152114047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>77</b>
<b>A ENGENHARIA AMBIENTAL NO ESTUDO DA EROSIÃO DE PRAIAS ASSOCIADOS AOS IMPACTOS DAS CONSTRUÇÕES NA ZONA COSTEIRA NO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL</b>	
Glacianne Gonçalves de Oliveira Maia	
Márcio Roberto de Paula da Fonseca	
Luis de Carvalho Feitosa Neto	
Lucas Barbosa Fernandes	
Vitória Lima Tavares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6152114048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>84</b>
<b>GÊNESE DE LINHAS DE PEDRA ATRAVÉS DE INFERÊNCIAS PALEOAMBIENTAIS NO MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL, SUDESTE DO BRASIL</b>	
Heloisa Helena Gomes Coe	
André Luiz Carvalho da Silva	
Amanda Pacheco Seixas	
Igo Fernando Lepsch	
Mauro Parolin	
Kita Macario	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6152114049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>103</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO DE FOLHAS DE ALUMÍNIO DE USO DOMÉSTICO POR EDXRF</b>	
Carlos Augusto da Mata Bittencourt Junior	
Joaquim Teixeira de Assis	
Marcelino José dos Anjos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61521140410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>110</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA E PRODUTIVA DA VINAGREIRA VERDE COM DIFERENTES ADUBAÇÕES NPK</b>	
Vinícius Junqueira Minjoni	

Luis Felipe Lima e Silva  
José Ricardo Mantovani

**DOI 10.22533/at.ed.61521140411**

**CAPÍTULO 12..... 120**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES COM FOTOCOPIADORAS  
UTILIZANDO *TRADESCANTIA PALLIDA***

Ana Luisa Santos de Carvalho  
André Búrigo Leite  
Luciano da Silva Lima

**DOI 10.22533/at.ed.61521140412**

**CAPÍTULO 13..... 135**

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS TÊXTEIS PROVENIENTES DO POLO DA MODA  
DO MUNICÍPIO DE NOVA FRIBURGO NO DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS DE  
POLIPROPILENO**

Nancy Isabel Alvarez Acevedo  
Rafael Gelson Ismério Cler  
Marisa Cristina Guimarães Rocha

**DOI 10.22533/at.ed.61521140413**

**CAPÍTULO 14..... 148**

**AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DO TALCONAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E MORFOLÓGICAS  
DE MISTURAS DE POLIPROPILENO COM ELASTÔMERO TERMOPLÁSTICO**

Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira  
Marisa Cristina Guimarães Rocha  
Joaquim Teixeira de Assis  
Ana Lúcia Nazareth da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.61521140414**

**CAPÍTULO 15..... 160**

**SOLUÇÃO DE UM PROBLEMA DE MULTICAMADAS DE CONDUÇÃO DE CALOR  
UTILIZANDO O MÉTODO QUADRUPOLO**

Guilherme Ramalho Costa  
José Aguiar dos Santos Júnior  
José Ricardo Ferreira Oliveira  
Gilmar Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.61521140415**

**CAPÍTULO 16..... 167**

**PLANO REAL, UMA MUDANÇA NA SOCIEDADE BRASILEIRA**

Felipe Matheus Rodrigues  
Rita de Cassia Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.61521140416**

**CAPÍTULO 17..... 180**

**PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR: A IMPORTÂNCIA DA PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR**

Bruna Larissa dos Santos Pereira

Rita de Cassia Araujo

**DOI 10.22533/at.ed.61521140417**

**CAPÍTULO 18..... 192**

**O USO DA GEOMETRIA ANALÍTICA NA CONSTRUÇÃO DO GPS**

Raimundo Eugênio da Silva Filho

Iarla Antunes de Matos Arrais

José Augusto Pereira Nogueira

Líliã Santos Gonçalves

Francisco Ronald Feitosa Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.61521140418**

**CAPÍTULO 19..... 203**

**A ESSÊNCIA ENTRE A DIVISÃO EUCLIDIANA E A CONGRUÊNCIA MODULAR**

Marcos Garcia de Souza

Paulo Sérgio da Silva Pantoja

**DOI 10.22533/at.ed.61521140419**

**CAPÍTULO 20..... 219**

**ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO DE OBSERVAÇÃO: CONJECTURANDO SOBRE ESSE ESPAÇO DE FORMAÇÃO**

Lucas Gabriel Gonçalves da Silva

Américo Junior Nunes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.61521140420**

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 227**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 228**

## O USO DA GEOMETRIA ANALÍTICA NA CONSTRUÇÃO DO GPS

*Data de aceite: 01/04/2021*

*Data de submissão: 05/01/2021*

### **Raimundo Eugênio da Silva Filho**

Universidade Regional do Cariri (URCA)  
Fronteiras – Piauí  
ORCID: 0000-0002-1120-2156

### **Iarla Antunes de Matos Arrais**

Universidade Regional do Cariri (URCA)  
Salitre – Ceará  
ORCID: 0000-0002-5929-2111

### **José Augusto Pereira Nogueira**

Universidade Regional do Cariri (URCA)  
Juazeiro do Norte – Ceará  
ORCID: 0000-0003-4081-8889

### **Lilia Santos Gonçalves**

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)  
Juazeiro do Norte – Ceará  
ORCID: 0000-0002-4795-2493

### **Francisco Ronald Feitosa Moraes**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
(UFRN)  
Crato – Ceará  
ORCID: 0000-0002-1301-1812

**RESUMO:** No presente trabalho, apresentamos o contexto histórico do surgimento da Geometria Analítica e como ocorreu a criação do Sistema de Posicionamento Global (GPS). O objetivo principal é mostrar o uso da Geometria Analítica na construção e uso do GPS, tendo em vista que a Matemática é a ciência base para a sua

construção. Como processo metodológico escolhemos a pesquisa bibliográfica, por meio de livros, teses e sites, a respeito da temática em questão. Como resultado identificamos a relevância da Geometria Analítica na construção do dispositivo GPS, haja vista que conceitos e definições provenientes da Geometria são extremamente explorados para que o funcionamento do mesmo ocorra com precisão.

**PALAVRAS - CHAVE:** Geometria Analítica, Sistema de Posicionamento Global, Matemática.

### THE USE OF ANALYTICAL GEOMETRY IN THE CONSTRUCTION OF GPS

**ABSTRACT:** In the present work, we present the historical context in which analytical geometry emerged and how the Global Positioning System (GPS) was created. The main intention of this work is to show the use of analytical geometry in the construction of GPS, as well as its importance for the functioning of it, considering that mathematics is the basic science for the construction of the mentioned device. As a methodological aspect, we carry out research on literary works that deal with the subject, as well as on sites that discuss the subject in question so that we could base ourselves better. The result was the proof of the great relevance of analytical geometry in the construction of the device mentioned above, given that concepts and definitions coming from geometry are extremely explored so that its operation occurs with precision and success.

**KEYWORDS:** Analytical Geometry, Global Positioning System, Mathematics.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Geometria Analítica é uma área da Matemática que relaciona a Geometria Plana e Espacial com a Álgebra, ou seja, possibilita a interpretação algébrica de problemas geométricos e também permite que problemas algébricos sejam geometricamente interpretados. A Geometria Analítica se estende muito além de postulados e axiomas, pois a mesma está presente no nosso cotidiano. Isso se justifica pelo fato de podermos usá-la diariamente, por exemplo, mediante ao Sistema de Posicionamento Global (GPS), em receptores de carros, bússolas, celulares e outros.

As contribuições matemáticas de René Descartes, Pierre de Fermat e Nicole d'Oresme sobre Geometria Analítica facilitaram a criação do GPS. Através desses conhecimentos, em 1960 o Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América criou o *Global Positioning System* (GPS), que só ficou totalmente pronto em 1995. Criado com finalidade de auxílio militar, tornou-se acessível a qualquer civil de maneira gratuita, facilitando a locomoção no cotidiano das pessoas.

Quando falamos que a Matemática está em tudo, não conseguimos imaginar tamanha dimensão. Ao utilizarmos as funções do GPS no nosso cotidiano, não pensamos que a Matemática de Descartes, ao criar o plano cartesiano, iria tomar tamanha proporção.

O objetivo desse trabalho é mostrar a importância da Geometria Analítica na criação do Sistema de Posicionamento Global, bem como no seu funcionamento. Especificamente apresentar toda a Matemática utilizada para o desenvolvimento do GPS desde a sua criação até a atualidade.

## 2 | HISTÓRIA DA GEOMETRIA ANALÍTICA

Na antiguidade os gregos realizaram contribuições importantes acerca da Álgebra geométrica e criaram a ideia de coordenadas. Os Romanos foram além e criaram o mapa. Existe uma divergência de opinião sobre a criação da Geometria Analítica, pois algumas pessoas defendem que d'Oresme criou a mesma, entretanto, outros defendem que os franceses René Descartes e Pierre de Fermat realizaram essa ação.

Eves (2004, p.12) afirma que:

Já observamos também, que no século XIV Nicole Oresme antecipou outros aspectos da geometria analítica ao representar graficamente certas leis, confrontando a variável dependente (latitude) com a independente (longitude), à medida que se permitia que esta última sofresse 16 pequenos acréscimos. Os que defendem Oresme como o inventor da geometria analítica argumentam com esse aspecto de seu trabalho, que seria a primeira manifestação explícita da equação da reta, e com algumas outras noções a que ele chegou envolvendo espaços de dimensões superior.

Como mencionamos anteriormente, d'Oresme é considerado por muitos como o inventor da Geometria Analítica e um dos principais argumentos para isso é a representação

gráfica de determinadas leis que confrontavam as variáveis dependentes e independentes. Essa ação realizada por d'Oresme é considerada por seus defensores como a primeira versão da equação da reta.

A dedicação de Fermat à Matemática se deve ao fato do mesmo ser apaixonado por essa ciência. Mesmo estudando Matemática apenas nas suas horas de descanso, na época em que viveu, ninguém realizou tantas contribuições à ciência citada, quanto ele. Além da Geometria Analítica, Pierre de Fermat foi crucial na elaboração do Cálculo Diferencial e Integral, cálculo de probabilidades e teoria dos números, campo da Matemática que estuda as propriedades dos números inteiros.

Já René Descartes nasceu em 31 de março de 1596, na cidade de Touraine, na França, foi físico, filósofo e matemático que ficou conhecido como o pai da Matemática moderna, contribuindo de maneira significativa para que pudéssemos chegar à Geometria Analítica. Descartes desenvolveu o Plano Cartesiano, estruturado em dois eixos perpendiculares numerados, denominados por abscissa (horizontal) e ordenada (vertical), com a finalidade de representar pontos no espaço na intenção de demonstrar planos, retas, curvas e círculos.

Com os estudos de Descartes a geometria analítica influenciou diversos matemáticos como, por exemplo, Isaac Newton quando criou o Cálculo Diferencial e Integral.

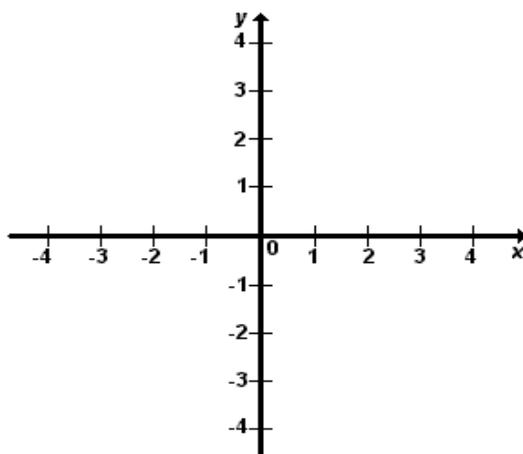


Figura 1 – Plano Cartesiano

Fonte: arquivo pessoal dos autores, 2020.

A paixão de Descartes pela Matemática nasceu quando o mesmo ingressou, aos oito anos de idade, no “College de la Fleche”, uma escola renomada da França, administrada por jesuítas. As contribuições de Descartes à Geometria Analítica surgiram em 1637 em um pequeno texto intitulado de *A Geometria*, esse texto fazia parte da obra *Discurso do*

*Método*, que é considerada uma das principais obras da filosofia moderna.

### 3 | O USO DA MATEMÁTICA NA CONSTRUÇÃO DO GPS

Na atualidade, estão presentes no cotidiano das pessoas, diversos aparelhos tecnológicos, os quais nos auxiliam em várias atividades, facilitando a vida humana. Um dos instrumentos tecnológicos mais usados é o Global Positioning System (GPS) ou, em português, Sistema de Posicionamento Global. Tal instrumento consegue mostrar a localização de qualquer objeto, de modo geral, em qualquer lugar do planeta e ajuda na locomoção em locais onde não se tem conhecimento geográfico.

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é composto de 24 satélites que permanecem em funcionamento constante, estes produzem sinais que se repetem regularmente e são identificados com o auxílio de receptores sofisticados. Tais receptores têm a capacidade de calcular a posição que cada satélite se encontra, a qualquer momento. Cada satélite contém um relógio atômico com precisão de nanossegundo.

A função do GPS é verificar o intervalo de tempo entre o envio e a recepção dos sinais de rádio enviados pelos satélites. Considerando o fato de que os relógios do receptor e de todos os satélites estão operando de forma coordenada, o receptor calcula o tempo que o sinal demora para ir do satélite ao aparelho. Dessa forma, a distância até o satélite é calculada pela seguinte expressão:  $d = c \cdot t$ , na qual  $c$  representa a velocidade da luz e  $t$  representa o tempo que o sinal, enviado pelo satélite, leva até chegar ao aparelho.

Através da distância obtida por meio dessa expressão, encontramos uma esfera de raio  $r$  que possui como centro o satélite, mas, apenas com isso, não conseguimos êxito na tarefa de encontrarmos a localização exata de algo.

Para atingir o objetivo, o receptor identifica um outro sinal de um outro satélite, ação que, conseqüentemente, gera uma segunda esfera. Diante disso, constatamos que a intersecção entre duas esferas de centros distintos é uma circunferência, fato que limita aos pontos pertencentes à circunferência os prováveis locais onde o aparelho de GPS esteja.

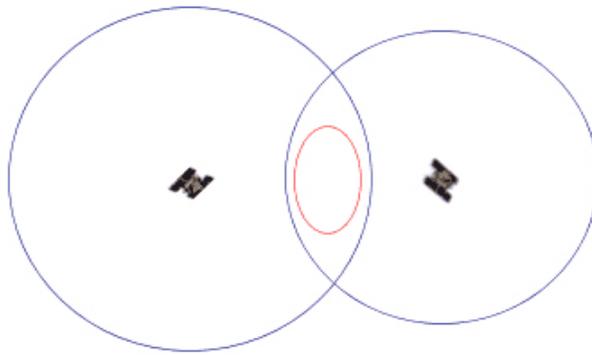


Figura 2 – Intersecção entre duas esferas com centros distintos.  
Fonte: arquivo pessoal dos autores, 2020.

Nessa situação, há a demanda de uma terceira esfera. Esta é obtida quando o sinal de um terceiro satélite é captado e conclui-se que a intersecção da terceira esfera com a circunferência gera apenas dois pontos.

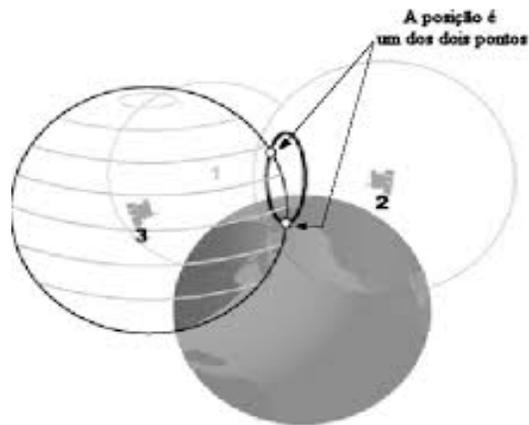


Figura 3 – Pontos comuns na intersecção entre três esferas.  
Fonte: arquivo pessoal dos autores, 2020.

Devido à posição dos satélites com relação ao planeta, um dos pontos fica completamente fora da Terra sendo, conseqüentemente, eliminado. Nesse caso, a Terra é considerada como uma quarta esfera necessária para determinar o local exato.

### 3.1 Aplicação matemática

Ao lidarmos com um sistema cartesiano, de origem  $O$ , no espaço tridimensional, o cálculo da distância entre a origem e um ponto  $P = (x, y, z)$  é realizado por meio da aplicação do Teorema de Pitágoras que nos leva à seguinte expressão:

$$d(P, O) = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.$$

Dados os pontos  $P = (x, y, z)$  e  $C = (u, v, w)$ , a distância entre eles é calculada pela fórmula

$$d(P, C) = \sqrt{(x - u)^2 + (y - v)^2 + (z - w)^2}.$$

A fórmula dada acima pode ser demonstrada da seguinte forma:

Veja, na figura a seguir, os pontos  $A = (x_A, y_A, z_A)$  e  $B = (x_B, y_B, z_B)$ . A princípio, devemos traçar o menor segmento de reta que liga esses dois pontos. Para isso, só precisamos ligar os pontos em questão através de uma linha reta.

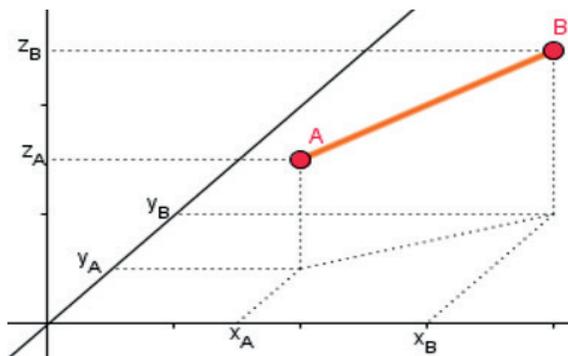


Figura 4 – Sistema cartesiano com as coordenadas dos pontos A e B

Fonte: site Brasil Escola, 2020.

Após a realização desses procedimentos iniciais, vamos observar na próxima figura o segmento exposto acima, visto da parte superior:

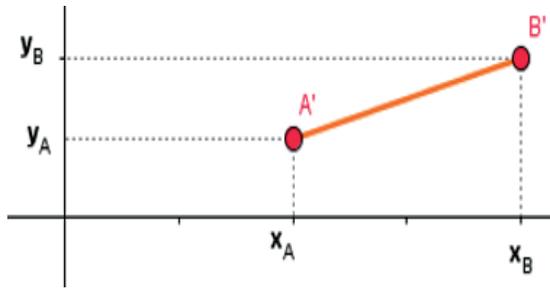


Figura 5 – Vista superior do segmento que contém as coordenadas dos pontos A e B

Fonte: site Brasil Escola, 2020.

Observando superiormente o esboço do sistema cartesiano, constatamos que, vendo dessa forma, a primeira parte do problema se resume à distância entre dois pontos no plano. Com isso, usaremos o Teorema de Pitágoras para calcularmos o quadrado do comprimento do segmento  $A'B'$ , que, por sua vez, é a projeção de  $AB$  sobre o plano  $xy$ . Devemos nos atentar para o seguinte detalhe: os catetos a serem usados possuem os tamanhos  $x_B - x_A$  e  $y_B - y_A$ , ficando dessa forma:

$$(A'B')^2 = (x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2.$$

Agora, vamos aplicar o Teorema de Pitágoras mais uma vez para encontrarmos o comprimento de  $AB$ . Vejamos que  $AB$  é a hipotenusa de um triângulo retângulo, no qual  $A'B'$  é cateto e base (esse segmento é paralelo à **projeção do segmento  $AB$**  e possui o mesmo tamanho) e  $z_B - z_A$  é o outro cateto e altura.

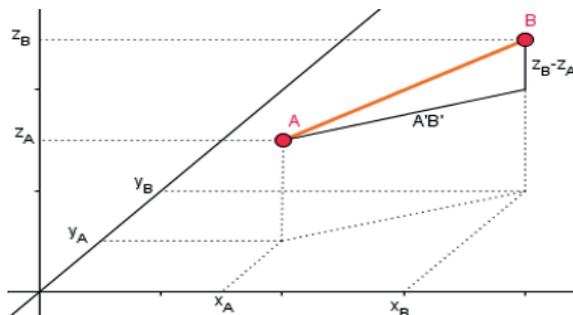


Figura 6 – Reaplicação do Teorema de Pitágoras

Fonte: site Brasil Escola, 2020.

Sendo assim, usando o Teorema de Pitágoras, temos:

$$\begin{aligned} (AB)^2 &= A'B'^2 + (z_B - z_A)^2 \\ (AB)^2 &= (x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2 \\ AB &= \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}. \end{aligned}$$

Desse modo, está realizada a demonstração, tendo em vista que foi encontrado o comprimento do segmento  $AB$ . Se observarmos bem, enxergamos uma grande semelhança entre a fórmula que calcula a distância entre dois pontos e a equação reduzida da superfície esférica, a qual possui a definição a seguir: uma superfície esférica com centro  $O$  e raio  $r$  é definida como o conjunto dos pontos do espaço que possuem a mesma distância  $r$  do ponto  $O$ .

Considerando uma superfície esférica  $S$ , sua equação reduzida pode ser dada pelo seguinte:

$$(x - u)^2 + (y - v)^2 + (z - w)^2 = r^2$$

A equação acima pode ser desenvolvida e escrita da seguinte forma:

$$x^2 - 2xu + u^2 + y^2 - 2yv + v^2 + z^2 - 2zw + w^2 - r^2 = 0.$$

Reorganizando, temos o seguinte:

$$x^2 + y^2 + z^2 - 2xu - 2yv - 2zw + u^2 + v^2 + w^2 - r^2 = 0.$$

Esta última equação pode ser reescrita como

$$x^2 + y^2 + z^2 + ax + by + cz + d = 0,$$

$$\text{onde } a = -2u, b = -2v, c = -2w \text{ e } d = u^2 + v^2 + w^2 - r^2.$$

A equação obtida acima é denominada equação geral da superfície esférica.

Vamos considerar duas superfícies esféricas nomeadas  $S_1$  e  $S_2$  com centros  $C_1$  e  $C_2$  e raios  $r_1$  e  $r_2$ , ordenadamente. Devemos supor que  $r_1 \geq r_2$ . Nesta situação, a intersecção entre elas pode resultar em três casos, a saber:

1. O conjunto vazio, se  $d(C_1, C_2) > r_1 + r_2$  ou  $d(C_1, C_2) < r_1 - r_2$ ;
2. Um ponto, se  $d(C_1, C_2) = r_1 + r_2$  ou  $d(C_1, C_2) = r_1 - r_2$ ;
3. Uma circunferência, se  $r_1 - r_2 < d(C_1, C_2) < r_1 + r_2$ .

Dado o exposto, agora vamos verificar como fica a situação descrita acima, quando incluímos uma terceira superfície esférica às duas que foram citadas anteriormente. Considerando a veracidade da hipótese de que há intersecção entre as três esferas, isto é, que  $S_1 \cap S_2 \cap S_3 \neq \emptyset$ , o primeiro caso está desconsiderado. Se as superfícies  $S_1$  e  $S_2$  tiverem um único ponto em comum, esse ponto será a intersecção entre as três superfícies.

Se acontecer da intersecção entre  $S_1$  e  $S_2$  for uma circunferência, quando incluirmos uma terceira superfície esférica, a intersecção entre essa superfície e a circunferência será um ou dois pontos. Dessa forma, quando inserimos uma quarta superfície esférica às outras três citadas, de modo que  $S_1 \cap S_2 \cap S_3 \cap S_4 = \emptyset$ , a intersecção entre elas será um único ponto.

O sistema de coordenadas cartesianas não é o mais usado para a localização de pontos na Terra. As localizações são obtidas usando a latitude, a longitude e a elevação que o ponto se encontra com relação ao nível do mar. Sendo assim, devemos realizar a transformação das coordenadas cartesianas, onde o ponto é dado por  $P = (x, y, z)$ , para as coordenadas esféricas, nas quais o ponto  $P$  é dado por  $P = (\theta, \varphi, h)$ , onde  $\theta$  é a latitude,  $\varphi$  é a longitude e  $h$  é a elevação em relação ao nível do mar.

É usado o sistema ortogonal de coordenadas cartesianas, no qual a origem  $O$  é o centro da Terra, o eixo  $Oz$  positivo representa o Polo Norte, o plano  $Oxy$  contém o equador com o eixo  $Ox$  positivo cortando o meridiano na longitude  $90^\circ E$  (Leste). Sendo assim, dado um ponto  $P = (x, y, z)$  no espaço, os ângulos  $\theta$  e  $\varphi$  nos darão a latitude e a longitude, nessa ordem

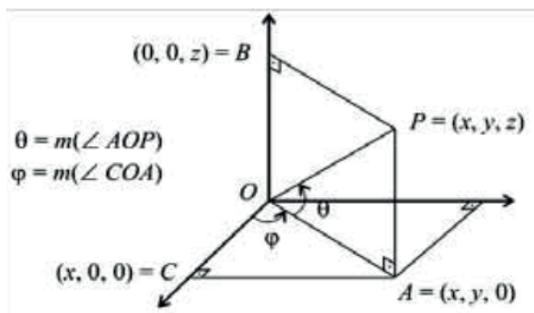


Figura 7 – Sistema ortogonal de coordenadas cartesianas

Fonte: arquivo pessoal dos autores, 2020.

Do triângulo OPB temos

$$\cos(90^\circ - \theta) = \frac{OB}{OP} = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

E como  $\cos(90^\circ - \theta) = \text{sen}(\theta)$ , então

$$\text{sen } \theta = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}.$$

Dessa forma, quando  $z > 0$  significa que a latitude de  $P$  é  $\theta^\circ N$  (Norte) e quando  $z < 0$  a latitude de  $P$  é  $(-\theta)^\circ S$  (Sul). Além disso, do triângulo OAC temos:

$$\text{sen } \varphi = \frac{AC}{OA} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \text{ e } \cos \varphi = \frac{OC}{OA} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}.$$

Com as expressões expostas acima, definimos a longitude de  $P$ . Se  $y > 0$ , então a longitude é  $\varphi^\circ E$  (Leste). E quando  $y < 0$ , a longitude de  $P$  é  $(-\varphi)^\circ W$  (oeste).

Devemos observar que as coordenadas geográficas de um ponto  $P$  são constituídas pelo conjunto:  $P$  (latitude, longitude, elevação). O cálculo da elevação é dado pela diferença entre  $OP = d(P, O) = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$  e o raio da Terra.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado principal da pesquisa realizada para a construção do presente trabalho temos a grande relevância da Matemática para a construção e funcionamento do GPS. Alguns cálculos matemáticos são feitos para que a localização de um ponto em qualquer lugar do planeta possa ser realizada. calculando variáveis como a distância e o tempo. Além disso, determinados conceitos matemáticos explorados, entre eles estão o conceito de esfera, de intersecção e até mesmo o conceito de ponto.

A Matemática se aplica de maneira contundente quando utilizamos o sistema cartesiano no espaço tridimensional para representarmos aspectos como o centro da Terra, a Latitude, a Longitude e a elevação em relação ao nível do mar. Outra definição matemática usada de forma imprescindível, é o teorema de Pitágoras. Tal definição é crucial para que o GPS obtenha sucesso no seu funcionamento, haja vista que esta é explorada para determinar a distância entre dois pontos e, se tratando de localização, essa determinação se faz completamente necessária.

O funcionamento do dispositivo tecnológico GPS é inteiramente baseado em definições e aspectos matemáticos. Toda ação realizada pelo dispositivo citado é feita com base no uso de ferramentas matemáticas. O GPS trabalha com medidas, coordenadas e distâncias, entre outros aspectos, portanto, não há como fugir do uso da matemática.

## 5 | CONCLUSÃO

Ao investigarmos a contribuição da matemática para a construção do GPS, concluimos que essa ciência tem um papel fundamental na construção mencionada, pois seus conceitos, historicamente criados, e seus conhecimentos são extremamente explorados para que o aparelho citado obtenha êxito no seu funcionamento.

A Matemática é um campo do conhecimento indiscutivelmente aplicável na nossa realidade. No caso do GPS, aspectos matemáticos como o conceito de esfera, distância entre dois pontos e sistema cartesiano no espaço tridimensional são necessariamente utilizados para que o dispositivo tecnológico entre em funcionamento.

Por fim, diante do exposto, não nos resta dúvidas sobre a utilidade da matemática para o cotidiano das pessoas. Diante disso, se torna imprescindível a aprendizagem da ciência mencionada para que possamos conviver em sociedade.

## REFERÊNCIAS

EVES, H. **Introdução à História da Matemática**. Tradução Hygino H. Domingues. Ed da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 2004.

**Matemática: ciência e aplicações, 2ª série: ensino médio**, matemática / Gelson Iezzi... [et al]; ilustrador Izomar, Fernando Monteiro da Silva. 2. ed. – São Paulo: Atual, 2004. - (Coleção matemática: ciência e aplicações).

SCANNAVINO. F. F. **A Matemática e o GPS**. 2015. 33 f. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2015.

SILVA, Luiz Paulo Moreira. “**Distância entre dois pontos no espaço**”; Brasil Escola. Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/matematica/distancia-entre-dois-pontos-no-espaco.htm>. Acesso em: 2 de jan 2021.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acessibilidade 49

Água subterrânea 16, 17, 23, 27, 28

Algorithm Stability 1, 14

Alimentos Funcionais 110

Alumínio 7, 90, 103, 104, 105, 107, 108, 109

Aposentadoria 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187

### B

Biomonitoramento 120, 122, 124, 125, 130, 131, 132, 133, 134

### C

Câmbio 167, 170

CBERS-2B 68, 73, 74

Cenário econômico 167

Classe residual 203, 218

CoDesign 33

Compósitos 8, 135, 136, 137, 138, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158

Compósitos Ternários 148, 150

Congruência Modular 9, 203, 204, 210, 213, 218

Consumidor 34, 35, 37, 39, 167, 173, 174, 176

### D

Dados Reais 68, 73, 74, 76

Design de interação 56

Design e tecnologia 49, 56

Design Regenerativo 6, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 46

Direito ambiental 6, 33

Divisão Euclidiana 9, 203, 204, 205, 206, 210, 211, 214, 218

### E

Economia circular 6, 33, 34, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Elastômero Termoplástico 8, 148, 150, 152, 158, 159

Equação Cinemática 68

Extended Kalman Filter 1, 3, 14

## **F**

Fitólitos 84, 87, 89, 90, 92, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101

Fluorescência de raios X 103

Folhas de Alumínio 7, 103, 104, 105

Fotocopiadoras 8, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133

Função de Transferência 160

## **G**

Geometria Analítica 9, 192, 193, 194

## **H**

Hibiscus sabdariffa L. 110, 111, 118, 119

Hortaliça não convencional 110, 111, 112

## **I**

Inflação 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177

## **L**

Linhas de pedra 7, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 97, 98, 101

## **M**

Matemática 28, 192, 193, 194, 195, 197, 201, 202, 210, 212, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227

Médio Vale do Rio Paraíba do Sul 7, 84, 88, 98

## **N**

Nível estático 16

Nutrição Humana 110

Nutrição Vegetal 110, 112

## **O**

Orbit Determination 6, 1, 2, 3, 7, 8, 9, 14, 15

Organizações de alta complexidade 56, 58, 59, 61

## **P**

Pesquisa e metodologia do design 49

Planos de Previdência Privada 180, 189

Poliéster 135, 136, 137, 139, 144

Polipropileno 8, 135, 137, 142, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159

políticas públicas 33, 34, 42, 123

Prevenção de acidentes 56

Previdência Complementar Aberta 180, 190

Previdência Complementar Fechada 180

Propriedades 8, 18, 104, 112, 135, 137, 138, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 154, 158, 159, 161, 194, 203, 207, 213, 215

## **R**

Realidade virtual 7, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 65

Reconstituição Paleoambiental 84

Resíduos sólidos 16, 18, 27, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 135

Resíduos têxteis 8, 135, 136, 137, 139, 145, 146

## **S**

Saúde 34, 40, 43, 49, 50, 54, 61, 105, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 132, 134, 183

Sensação Térmica 6, 30, 31, 32

Sigma-Point Kalman Filter 1

Sistema Aquífero Serra Geral 16, 18, 28

Sistema de Posicionamento Global 192, 193, 195

Suavizador de Estado 68

## **T**

Talco 8, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158

Taxa Selic 167, 173, 177

Tecnologia Assistiva 6, 49, 50, 51, 54, 55

Termômetro 6, 30, 31, 32

Teste de micronúcleos 120

Tradescantia Pallida 8, 120, 121, 122, 125, 128, 130, 131, 133, 134

Transferência de calor 160, 161, 165

Transformada de Laplace 160

# **Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País 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) 

 **Atena**  
Editora

Ano 2021

# **Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País 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) 