



Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2

Francisco Odécio Sales
(Organizador)


Atena
Editora
Ano 2021



Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2

Francisco Odécio Sales
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

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
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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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 Salvador
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 Federacl 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 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 Gonçalves 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 Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª 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
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia 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
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª 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
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª 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
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Ciências exatas e da terra: conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país 2 / 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 978-65-5983-210-1
<https://doi.org/10.22533/at.ed.101212506>

1. Ciências Exatas e da Terra. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 551.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
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 socioeconômico do País está assentado primordialmente na inovação baseada no seu desenvolvimento científico e tecnológico.

É notado, principalmente nos últimos anos, que há grande necessidade de fortalecimento e expansão da capacidade de pesquisa e de inovação, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade.

Neste contexto, o E-book “Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2” foi composto por uma coletânea de trabalhos relacionados às Ciências Exatas e da Terra que contemplam os mais variados temas ligados ao desenvolvimento.

Os 16 capítulos que constituem a presente obra, elaborados por pesquisadores de diversas instituições de pesquisa, permitem aos leitores analisar e discutir assuntos tais como: importância das ondas eletromagnéticas e transmissão na camada da ionosfera, produção de filmes de polímeros a partir de diferentes complexos para aplicação em células solares, estudo de diferentes metodologias na caracterização de material polimérico, utilização de modelagem numérica na investigação da dispersão de plumas poluentes, aplicação de malhas computacionais para a verificação do transporte de doenças de plantas pelo ar, dentre outros assuntos de relevância para as Ciências Exatas e da Terra.

O organizador e a Atena Editora agradecem aos autores e instituições envolvidas nos trabalhos que compõe a presente obra.

Por fim, esperamos que este E-book possa proporcionar reflexões significativas que contribuam para o aprimoramento do conhecimento e desenvolvimento de novas pesquisas.

Boa leitura!

Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A ATRIBUIÇÃO EMINENTE DA GEOGRAFIA NO CONHECIMENTO CIENTÍFICO A PARTIR DA VISÃO INTEGRADORA E HOLÍSTICA NAS ANÁLISES AMBIENTAIS

Matheus Seiji Bonfim Takiuchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125061>

CAPÍTULO 2..... 7

A INFLUÊNCIA DA SOJA TRANSGÊNICA À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE

Leandro Moreira Maciel

Lilian Vanussa Madruga de Tunes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125062>

CAPÍTULO 3..... 15

ANÁLISE DA DISCIPLINA QUÍMICA INORGÂNICA NO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA DAS IES PÚBLICAS NO ESTADO DO AMAZONAS

Pamela Pereira Nunes

Pedro Campelo de Assis Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125063>

CAPÍTULO 4..... 20

CARACTERIZAÇÃO GEMOLÓGICA DAS ESMERALDAS DE PINDOBAÇU/BAHIA-BRASIL

Sirlene Barboza Mendonça

Daniela Teixeira Carvalho de Newman

José Albino Newman Fernández

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125064>

CAPÍTULO 5..... 43

CATALISADORES DE NÍOBIO E TERRAS RARAS PARA A PRODUÇÃO DE BODIESEL: UMA REVISÃO

Caio Barbosa e Souza

Anderson Felipe Sant'Anna Moreira

Vanessa Santos Antunes

Rosane Aguiar da Silva San Gil

Elizabeth Roditi Lachter

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125065>

CAPÍTULO 6..... 57

COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA – IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Ana Cândida de Paula Ribeiro e Arruda Campos

Liliane Bonadio Terra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125066>

CAPÍTULO 7..... 66

CONSIDERAÇÕES RELATIVAS AS DISCIPLINAS DE CADASTRO NAS ENGENHARIAS DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

Cesar Rogério Cabral
Everton da Silva
Markus Hasenack

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125067>

CAPÍTULO 8..... 79

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE DISPOSITIVOS MECÂNICOS E ELÉTRICOS QUE EXIBEM COMPORTAMENTO DINÂMICO NÃO LINEAR

Vinícius Guilherme Esmeraldino Galvão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125068>

CAPÍTULO 9..... 93

ESTUDOS PEDOLÓGICOS E GEOLÓGICOS: UMA NOVA ABORDAGEM COM IMAGEADORES HIPERESPECTRAIS

Guilherme Fernando Capristo Silva
Marcos Rafael Nanni
Renato Herrig Furlanetto
Luis Guilherme Teixeira Crusiol
Everson Cezar
Cassiele Uliana Facco
Carlos Antonio da Silva Junior
José Alexandre Melo Demattê
Jessica Saldanha Souza
Taiana Loan de Lima Campos
Glaucio Leboso Alemparte Abrantes dos Santos
Marlon Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125069>

CAPÍTULO 10..... 101

ENTREVISTA COMO FERRAMENTA: MAPEAMENTO DO PROCESSO PROJETUAL DE PRODUTOS FEITOS COM RESÍDUOS TÊXTEIS

Dayane Cabral Ziegler
Sydney Fernandes de Freitas
Gisela Costa Pinheiro Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250610>

CAPÍTULO 11..... 112

MODELAGEM MATEMÁTICA DO PRÉ-TRATAMENTO HIDROTÉRMICO DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR CONSIDERANDO A FRAÇÃO RECALCITRANTE DA CELULOSE

Gustavo Batista
Martha Suzana Rodrigues dos Santos Rocha
Cristiane Sanchez Farinas
Antonio José Gonçalves da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250611>

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 12..... | 117 |
| MODIFICAÇÃO DE AMIDO DE BATATA DOCE E MANDIOCA POR TRATAMENTO HIDROTÉRMICO | |
| Carmen Cecília Gomes Borges Padula Ana Paula Cerino Coutinho | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250612 | |
| CAPÍTULO 13..... | 128 |
| NON-OMNIDIRECTIONAL ANTENNA EFFECTS ON INDOOR CELL PLANNING AT 700 MHZ | |
| Maria do Carmo de Luna Malheiros Frazão Niedson Almeida Lemos Jefferson Costa e Silva Alfredo Gomes Neto Custódio José de Oliveira Peixeiro | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250613 | |
| CAPÍTULO 14..... | 143 |
| SAÚDE UNIVERSITÁRIA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA | |
| Iranira Geminiano de Melo Célio José Borges Berenice Perpétua Simão Aroní Matos de Oliveira Clarides Henrich de Barba | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250614 | |
| CAPÍTULO 15..... | 152 |
| UTILIZAÇÃO DE UM ALGORITMO GENÉTICO PARA OTIMIZAR TRANSFERÊNCIAS INTERPLANETÁRIAS | |
| Guilherme Marcos Neves Denilson Paulo Souza dos Santos | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250615 | |
| CAPÍTULO 16..... | 161 |
| VALIDAÇÃO E PROJEÇÃO CLIMÁTICA DO MODELO ETA-HADGEM2-ES PARA O MUNICÍPIO DE CONCÓRDIA, SANTA CATARINA | |
| Gerson Conceição Claudia Guimarães Camargo Campos Mario Francisco Leal de Quadro | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250616 | |
| SOBRE O ORGANIZADOR..... | 172 |
| ÍNDICE REMISSIVO..... | 173 |

UTILIZAÇÃO DE UM ALGORITMO GENÉTICO PARA OTIMIZAR TRANSFERÊNCIAS INTERPLANETÁRIAS

Data de aceite: 21/06/2021

Data de submissão: 06/05/2021

Guilherme Marcos Neves

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
campus de São João da Boa Vista
São João da Boa Vista – SP
<http://lattes.cnpq.br/3269469964323365>

Denilson Paulo Souza dos Santos

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
campus de São João da Boa Vista
São João da Boa Vista – SP
<http://lattes.cnpq.br/5351862393409206>

RESUMO: Nesse trabalho, estudou-se a otimização do custo de missões interplanetárias com ênfase na diminuição do consumo de combustível. Para realizar tal objetivo foi implementado um algoritmo genético (AG) para otimizar o impulso total da transferência orbital. Foi implementado um caso de envio de um veículo espacial da Terra até um dado planeta utilizando uma manobra gravitacionalmente assistida (*swing by*), neste artigo foi escolhido enviar uma espaçonave da Terra até Marte com uma passagem próxima de Vênus. O método empregado pode ser utilizado para missões interplanetárias no geral, considerando manobras impulsivas, e assim a solução encontrada pode se tornar uma solução inicial para métodos numéricos de otimização de manobras *low thrust*.

PALAVRAS-CHAVE: Algoritmo Genético; Swing by; Otimização; Manobras orbitais.

USE OF A GENETIC ALGORITHM TO OPTIMIZE INTERPLANETARY TRANSFERS

ABSTRACT: In this paper, it was studied the optimization of the cost of interplanetary missions with emphasis on reducing fuel consumption. To achieve this goal, a genetic algorithm was implemented to optimize the total impulse of orbital transfer. It was implemented a case of sending a space vehicle from Earth to a another planet using a gravity assist maneuver (swing by), in this paper it was chose sending a spacecraft from Earth to Mars with a close approach to the Venus. The method employed can be used for impulsive interplanetary missions in general, and so the solution found can become an initial solution for numerical methods of optimization of low thrust maneuvers.

KEYWORDS: Genetic Algorithm; Swing by; Optimization; Orbital Maneuvers.

1 | INTRODUÇÃO

Existem vários métodos e algoritmos diferentes na ciência da computação para otimização de inúmeros problemas, como métodos determinísticos e outros métodos como algoritmo genético e redes neurais.

Um algoritmo genético (AG) é uma técnica de procura utilizada na ciência da computação para achar soluções aproximadas em problemas de otimização e busca. São uma classe particular de algoritmos evolutivos que usam técnicas inspiradas pela biologia evolutiva

como hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação (ou *crossing over*).

Neste trabalho utilizou-se uma manobra gravitacionalmente assistidas (*swing by*), manobra essa que tem uma importância histórica pois foi utilizada nas missões *Voyager 1* e *Voyager 2* e em várias outras missões.

Quando um veículo espacial passa próximo a um corpo celeste e usa a gravidade deste corpo para alterar sua órbita, chamamos de “manobra de *swing by* puro” ou “manobra de *swing by* padrão”. Essa alteração inclui modificação da velocidade, energia e momento angular do veículo espacial. Esse é um tipo de manobra conhecido na literatura, já usado em missões espaciais, cujo principal objetivo é a economia de combustível, considerando que o *swing by* é equivalente à aplicação de um impulso com gasto de combustível zero. Considerando impulso nesse caso como a aplicação de uma força de magnitude infinita em um período de tempo infinitesimal, assim temos que a consequência disso é a variação instantânea da velocidade do veículo.

O modelo mais habitual de se estudar esta manobra é dividir o problema em três partes distintas dominadas pela Mecânica Celeste. Outros modelos utilizados para estudar esta manobra são o Problema Restrito Circular de Três-Corpos (FELIPE; PRADO, 1999; PRADO, 1993, 1999) e o Problema Restrito Elíptico de Três-Corpos (PRADO, 1997).

Utilizando um modelo em que dividimos o problema em três fases dominadas pela dinâmica do Problema de Dois Corpos (*patched conics*) conseguimos chegar em equações para o impulso de velocidade, energias e de momento angular. Foi feita então uma comparação entre o gasto de combustível utilizando a manobra encontrada no trabalho com uma Transferência de Hohmann uma manobra entre duas órbitas circulares coplanares onde são dados dois impulsos: um no apocentro e outro no pericentro das respectivas órbitas inicial e final, esses impulsos são calculados utilizando a equação da *vis viva* e a órbita de transferência descreve uma meia elipse.

2 | METODOLOGIA

No presente trabalho foi utilizado o equacionamento para a manobra *swing by* propulsado em três dimensões, logo essa formulação é brevemente exposta aqui.

2.1 Equações para o *swing by* propulsado em três dimensões

Essa formulação é encontrada em (FELIPE, 2005) e suas hipóteses são de que o impulso é dado no instante de máxima aproximação do veículo com o corpo M_2 . O sistema de coordenadas utilizado tem a sua origem em M_2 , esse sistema assim como a manobra podem ser vistos na Figura 1.

Assumindo que o movimento do veículo em torno do corpo M_2 descreve uma órbita hiperbólica temos que o ângulo δ , que é a metade da deflexão angular que o vetor velocidade do veículo sofre ao longo da manobra, é escrito da seguinte forma:

$$\text{sen}(\delta) = \frac{1}{1 + \frac{r_p V_\infty^2}{\mu_2}} \quad (1)$$

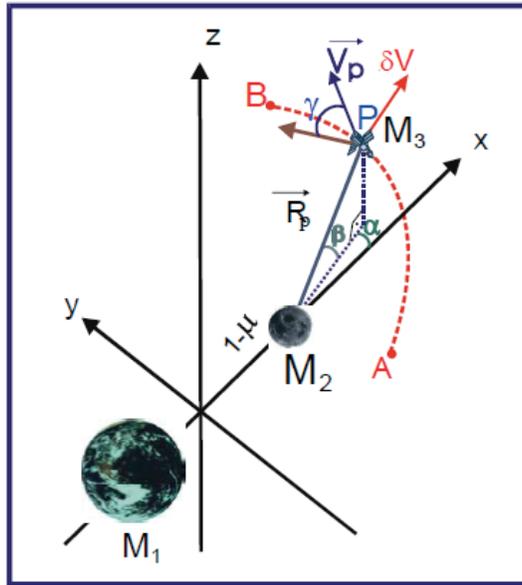


Figura 1. Manobra *swing by* propulsado em três dimensões

Fonte: (FELIPE, 2005)

Na pesquisa foi utilizado as equações que envolvem as velocidades do veículo antes e depois do encontro com M_2 . Diante disso temos que a velocidade antes do encontro é dada por:

$$\begin{aligned} \vec{V}_\infty^- &= V_\infty^- (\text{sen}\delta \text{cos}\alpha \text{cos}\beta - \text{cos}\delta \text{cos}\alpha \text{sen}\beta \text{sen}\gamma - \text{cos}\delta \text{sen}\alpha \text{cos}\gamma) \hat{i} \\ &+ V_\infty^- (\text{sen}\delta \text{sen}\alpha \text{cos}\beta - \text{cos}\delta \text{sen}\alpha \text{sen}\beta \text{sen}\gamma + \text{cos}\delta \text{cos}\alpha \text{cos}\gamma) \hat{j} \\ &+ V_\infty^- (\text{sen}\delta \text{sen}\beta + \text{cos}\delta \text{cos}\beta \text{sen}\gamma) \hat{k} \end{aligned}$$

Onde:

- Entre os pontos A e B assumimos que o veículo está sob a atração da gravidade do corpo M_2 e antes do ponto A e após o ponto B o corpo se movimenta sob a atração da gravidade do corpo M_1 ;
- \vec{V}_∞^- é o vetor velocidade relativo entre o veículo e M_2 antes do encontro;
- Os ângulos α e β definem a posição do pericentro como pode ser visto na Figura 1;
- O ângulo γ define a inclinação da velocidade do periapsis (Figura 1).

O impulso resultante da manobra é:

$$\Delta \vec{V} = V_{\infty}^{-} (\delta V_x \cos\delta - 2 \cos\alpha \cos\beta \sin\delta) \hat{i} + V_{\infty}^{-} (\delta V_y \cos\delta - 2 \sin\alpha \cos\beta \sin\delta) \hat{j} \\ + V_{\infty}^{-} (\delta V_z \cos\delta - 2 \sin\beta \sin\delta) \hat{k}$$

Onde

- δV_x , δV_y , e δV_z são as componentes do impulso dado durante o *swing by*.

Os desenvolvimentos para essas equações foram omitidos nesse documento e se encontram na tese da doutora Gislaíne de Felipe (FELIPE, 2005).

2.2 Algoritmo genético

Diante da formulação matemática acima exposta e utilizando conceitos já aplicados anteriormente foi estudada uma missão onde uma sonda é lançada de um planeta, efetua um *swing by* em outro (ou no próprio planeta de lançamento) e por fim chega no planeta alvo. O intuito foi implementar um algoritmo genético para otimizar o gasto de combustível, para isso otimizou-se o impulso total (ΔV_{total}). As variáveis aleatórias foram:

- Data de lançamento;
- Tempo de voo do lançamento até o *swing by*;
- Tempo de voo do *swing by* até ao planeta alvo da missão;
- Também foram utilizadas como variáveis aleatórias a distância de máxima aproximação durante o *swing by* (r_p) e o sentido de deflexão da velocidade da espaçonave durante a manobra.

A Figura 2 mostra o fluxograma do algoritmo genético que foi baseado nos AGs dos trabalhos (SANTOS *et al.*, 2012; SANTOS; PRADO, 2012; SANTOS *et al.*, 2013b; SANTOS; FORMIGA, 2015). Foi utilizado uma probabilidade máxima cruzamento de 70%, uma chance de ocorrer mutação em um gene de 2%, uma probabilidade de ocorrer uma catástrofe também de 2% e nesse evento 99% dos indivíduos morrem. A população é formada por indivíduos.

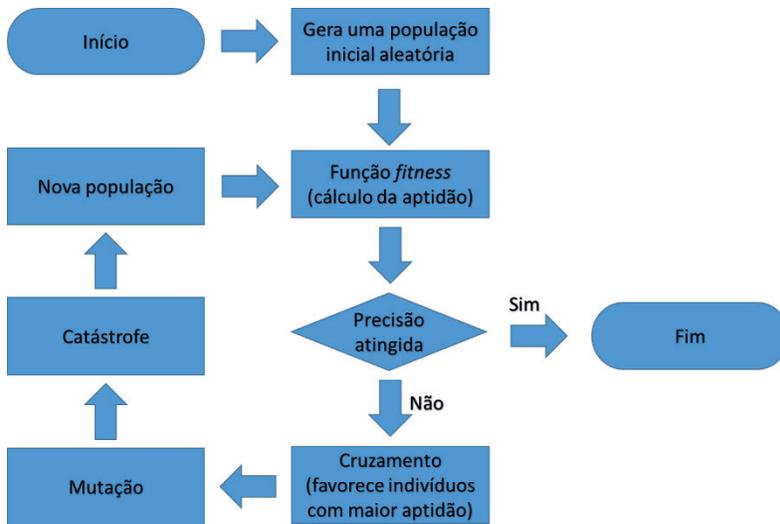


Figura 2. Fluxograma do algoritmo genético implementado

Fonte: Autor

A seguir tem-se a Figura 3 onde se vê o fluxograma da função *fitness*. Segundo esse algoritmo é calculado o impulso total da manobra.

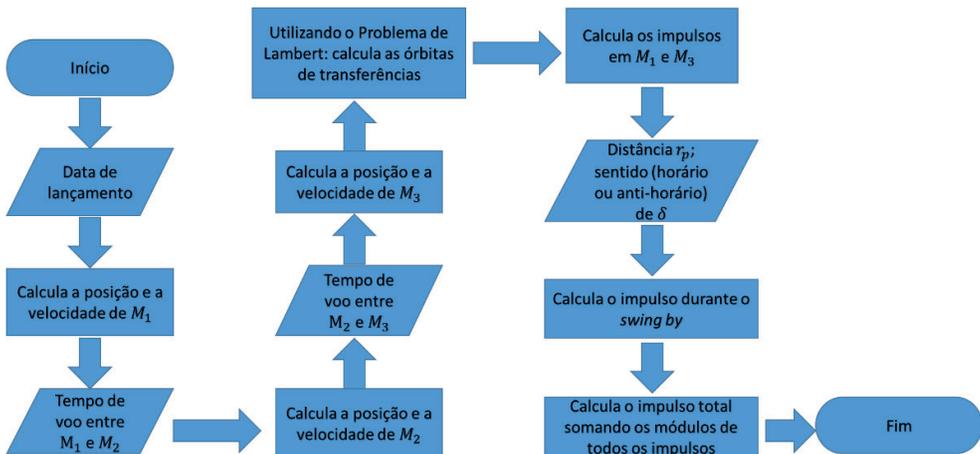


Figura 3. Fluxograma da função *fitness* utilizada pelo AG

Para teste da funcionalidade do algoritmo foi estudada uma missão de envio de uma sonda até Marte com um *swing by* em Vênus (EVMGA). As soluções encontradas foram comparadas com a manobra de Hohmann entre Terra e Marte.

Os domínios das variáveis aleatórias foram:

- Data de lançamento: 1-jan-2021 a 30-dez-2025;
- Tempo entre M_1 e M_2 e tempo entre M_2 e M_3 : 10 dias a 1440 dias (4 anos);
- Distância r_p : 40000 km a 600000 km;
- Sinal de δ : 0 (positivo) ou 1 (negativo).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sabe-se que o AG pode encontrar soluções otimizadas que convergiram para regiões de mínimos locais e não globais, para visualizar se isso estava ocorrendo o AG foi executado 5 vezes com os mesmos domínios das variáveis aleatórias e o resultado está ilustrado na Figura 4. Pode-se observar que todas as 5 vezes o AG convergiu para valores de ΔV_{total} semelhantes, contudo para se ter certeza de que se trata de uma mesma região de valores é necessário analisar os valores das variáveis aleatórias para os quais o AG convergiu.

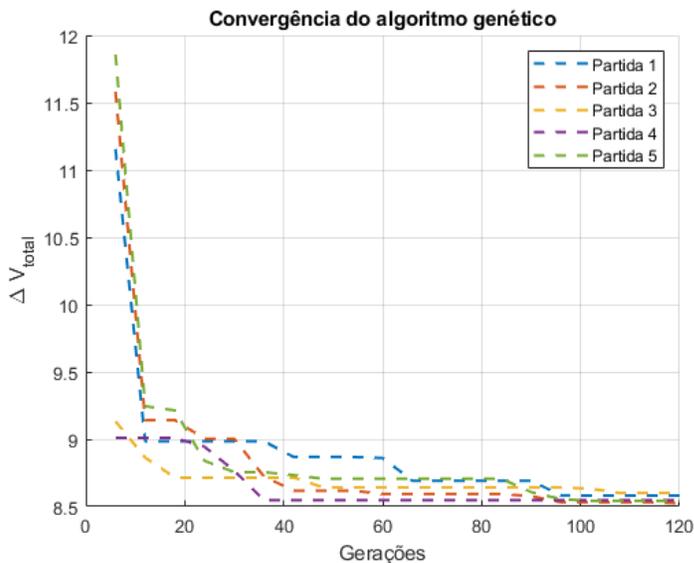


Figura 4. Convergência do AG para EVMGA.

Analisando então a Tabela 1 verifica-se que a data de lançamento e os tempos de voo entre os planetas exerce uma maior influência na solução, pois esses valores convergiram para uma única região (23-out-2021; 160 dias entre M_1 e M_2 ; 170 dias entre M_2 e M_3) enquanto que o valor de r_p não demonstrou o mesmo comportamento. Diante disso adotou-se uma estratégia que se consiste em delimitar o domínio das variáveis aleatórias data de lançamento e tempos de voo para as regiões que os mesmos convergiram e deixar

o domínio de r_p e do sinal de δ inalterados.

| Lançamento | $M_1 - M_2$ (dias) | $M_2 - M_3$ (dias) | r_p (km) | Sinal de δ | ΔV_{total} |
|-------------|--------------------|--------------------|------------|-------------------|--------------------|
| 21-out-2021 | 161,89 | 176,05 | 98191,65 | Positivo | 8,5815 |
| 26-out-2021 | 158,03 | 173,37 | 85542,69 | Positivo | 8,5241 |
| 26-out-2021 | 157,81 | 176,58 | 137849,09 | Positivo | 8,6003 |
| 23-out-2021 | 161,50 | 175,81 | 96301,06 | Positivo | 8,5472 |
| 28-out-2021 | 156,72 | 169,20 | 76548,87 | Positivo | 8,5424 |

Tabela 1. Variáveis aleatórias e ΔV_{total}

Dessa vez analisando a Tabela 2 se nota que houve uma convergência dos valores de r_p para uma região próxima de $55000km$ com um sentido de rotação de δ positivo ou anti-horário. Na Figura 5 é mostrado a transferência interplanetária otimizada encontrada pelo AG.

| Lançamento | $M_1 - M_2$ (dias) | $M_2 - M_3$ (dias) | r_p (km) | Sinal de δ | ΔV_{total} |
|-------------|--------------------|--------------------|------------|-------------------|--------------------|
| 27-out-2021 | 157,55 | 174,36 | 56366,37 | Positivo | 8,4980 |
| 26-out-2021 | 158,07 | 174,55 | 53727,78 | Positivo | 8,4974 |
| 25-out-2021 | 158,80 | 175,75 | 57757,08 | Positivo | 8,4984 |
| 24-out-2021 | 159,46 | 174,95 | 58848,40 | Positivo | 8,4992 |
| 25-out-2021 | 159,25 | 173,59 | 55963,84 | Positivo | 8,4983 |

Tabela 2. Variáveis aleatórias e ΔV_{total} encontrados para EVMGA diminuindo os domínios das variáveis aleatórias

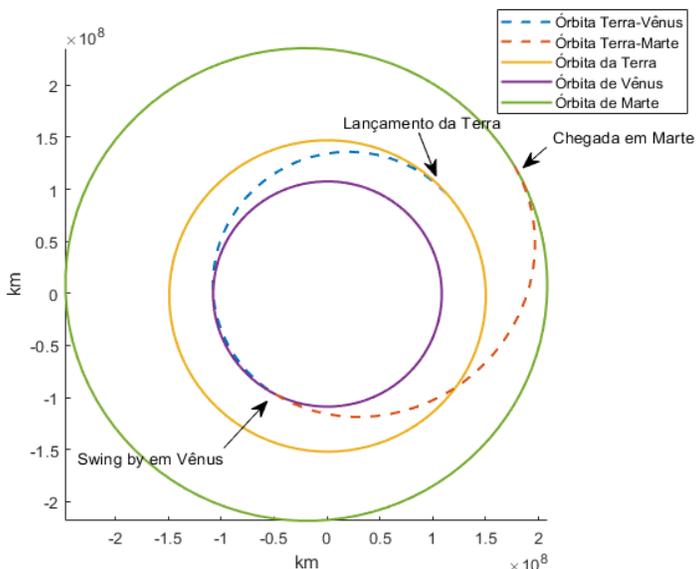


Figura 5. Manobra EVMGA otimizada, encontrada através do AG implementado.

Para o menor ΔV_{total} encontrado para EVMGA

$$\Delta V_{total} = 8,4974 \text{ km/s}$$

tem-se:

- Impulso durante o lançamento da Terra: 2,8327 km/s
- Impulso durante o *swing by* em Vênus: 0,3873 km/s
- Impulso durante a chegada em Marte: 5,2775 km/s

Como o estudo é sobre o envio de uma sonda da Terra até Marte pode-se calcular a manobra de Hohmann entre esses dois planetas e comparar o resultado encontrado com essa manobra clássica.

A manobra de Hohmann entre a Terra e Marte apresenta um impulso total de $\Delta V_{total} = 5,5935 \text{ km/s}$, sendo um impulso inicial de 2,9446 km/s saindo da Terra e um impulso final de 2,6488 km/s e o tempo gasto nessa manobra corresponde a 258,86 dias.

Pode-se agora comparar o impulso total e o tempo total gasto da transferência encontrada com a manobra de Hohmann entre Terra e Marte.

| | EVMGA | Hohmann |
|--------------------|-------------|-------------|
| ΔV_{total} | 8,4974 km/s | 5,5935 km/s |
| Tempo total | 330 dias | 258,86 dias |

Tabela 3. Comparação entre a transferência com manobra gravitacionalmente assistida e uma manobra de Hohmann entre Terra e Marte

Na Tabela 3 é evidenciado que a melhor estratégia para o envio de uma sonda da Terra até Marte é uma transferência direta entre os dois planetas, sem a utilização de um *swing by* em Vênus.

4 | CONCLUSÕES

Percebe-se que a estratégia adotada encontrou de maneira satisfatória a solução otimizada para um problema de mecânica celeste encontrando o menor impulso total de uma transferência interplanetária com a utilização de manobras gravitacionalmente assistidas.

Sabe-se que o resultado encontrado com o AG é uma região otimizada como foi demonstrado ao longo do trabalho, essa metodologia pode ser aplicada em um problema de otimização para indicar uma solução inicial que pode ser acometido a algoritmos determinísticos, melhorando o processo.

AGRADECIMENTOS

Trabalho vinculado aos projetos FAPESP #2018/18811-9 e #2017/04643-4.

REFERÊNCIAS

FELIPE, G., PRADO, A.F.B.A. **Classification of out of plane swing-by trajectories.** J Guid Control Dyn, v. 22, n. 5, p. 643-649, 1999.

FELIPE, G. **Transferências orbitais envolvendo órbitas do tipo halo.** 2005. 212p. Tese (Doutorado em engenharia e tecnologias espaciais/mecânica espacial e controle) - INPE, São José dos Campos, 2005.

PRADO, A.F.B.A. **Optimal transfer and swing-by orbits in the two- and three-body problems.** 1993. 240p. Thesis (Ph.D.) - Dept. of Aerospace Engineering and Engineering Mechanics. University of Texas, Austin, 1993.

PRADO, A.F.B.A. **Close-approach trajectories in the elliptic restricted problem.** J Guid Control Dyn, v. 20, n. 4, p. 797-802, 1997.

PRADO, A.F.B.A. **Delta-v estimate for Jupiter swing-by trajectories.** Applied. Mechanics in the Americas, v. 6, p. 263-266, 1999.

SANTOS, D. P. S.; PRADO, A. F. B. A.; COLASURDO, G. **Four-Impulsive Rendezvous Maneuvers for Spacecrafts in Circular Orbits Using Genetic Algorithms.** Math Probl Eng, v. 2012, p. 1-16, 2012.

SANTOS, D. P. S.; PRADO, A. F. B. A. **Minimum Fuel Multi-Impulsive Orbital Maneuvers Using Genetic Algorithms.** Advances in the Astronautical Sciences, v. 145, p. 1137-1150, 2012.

SANTOS, D. P. S.; PRADO, A. F. B. A.; TEODORO, A. R. B. **Rendezvous maneuvers using genetic algorithm.** J. Phys.: Conf. Ser, v. 465, p. 012005, 2013.

SANTOS, D. P. S.; FORMIGA, J. K. S. **Application of a genetic algorithm in orbital maneuvers.** Comp. Appl. Math. V. 34, p. 437-450, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo genético 152, 155, 156

Amido 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127

Análise de incerteza 161

Anelamento 117, 119, 120, 125

Assinatura espectral 94

Avaliação de modelo 161

B

Bacia do Rio São Francisco 57, 58, 61, 63

Biodiesel 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

C

Cell planning 128

Celulose recalcitrante 112, 113, 114, 115

Circuito de Chua 79, 81, 84, 87, 88, 89, 91, 92

Classificação dos solos 94

D

Design e sustentabilidade 101, 107

E

Economia circular 101, 102, 103, 104, 107

Engenharia de agrimensura e cartográfica 66, 68, 69, 77, 78

Esmeraldas 20, 21, 42

Esterificação 43, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 119

G

Geossistema 1, 2, 3, 5, 6

I

IMC 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Inclusões 20, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42

Indoor environments 128, 142

Influências 7, 8, 10, 12, 13

L

Licenciatura em química 15, 16, 17, 19

M

Manobras orbitais 152

Mapeamento digital 94

Matriz curricular 15, 16, 17

Modelagem matemática 112

Mudança climática 161, 162

Multidisciplinariedade 1

N

Nióbio 43, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55

O

Otimização 152, 159

P

Paisagem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 100

Palha de cana-de-açúcar 112, 113, 114, 116

Pêndulo duplo 79, 81, 84, 85, 87, 91

Perdas de água 57, 58, 60, 61, 63, 64

Pesquisa e metodologia do design 101

Pindobaçu 20, 21, 22, 23, 28, 41

Políticas públicas 57, 58, 63, 64, 143, 144, 150

Preservação 11, 57, 62, 63, 103

Pré-tratamento hidrotérmico 112, 113, 114, 116

Projeção climática 161

Propagation measurements 128

Propagation models 128, 129, 141

Propriedades físicas 27, 117

Q

Qualidade de vida 143, 144, 146, 150, 151

Química inorgânica 15, 16, 17, 18

R

Ray tracing method 128, 133, 141

Reaproveitamento de resíduos 101

S

Saúde 7, 8, 10, 11, 13, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Saúde e meio ambiente 7, 8, 10, 13

Sensor Aisafenix 94

Sistemas caóticos 79, 80, 81, 83

Sistemas não-lineares 79, 81, 92

Soja transgênica 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Swing by 152, 153, 154, 155, 156, 159

T

Terras raras 43, 47, 51, 52, 53, 54

Têxteis 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 110

Transesterificação 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 facebook.com/atenaeditora.com.br

Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 facebook.com/atenaeditora.com.br

Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2