

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

3

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro  
(Organizadores)

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

# 3

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro  
(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

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

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

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

Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª 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

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  
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. Alexandro 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. Liliansi 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



**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
 Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** João Dallamuta  
 Henrique Ajuz Holzmann  
 Rennan Otavio Kanashiro

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

E57 Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 3 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-5706-893-9  
 DOI 10.22533/at.ed.939211603

1. Engenharia. I. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Kanashiro, Rennan Otavio (Organizador). IV. Título.

CDD 620

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](mailto: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

Caro(a) leitor(a)

Como definir a engenharia? Por uma ótica puramente etimológica, ela é derivada do latim *ingenium*, cujo significado é “inteligência” e *ingeniare*, que significa “inventar, conceber”.

A inteligência de conceber define o engenheiro. Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia e a multidisciplinaridade.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos em áreas variadas da engenharia e tecnologia. Ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Atena Editora. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar no constante aprendizado que a profissão nos impõe.

Boa leitura!

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
Rennan Otavio Kanashiro

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **SUMARIZAÇÃO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE TIPO MILITAR NO BRASIL PARA ADAPTÁ-LO A PRODUTOS ESPACIAIS**

Daniel Rondon Pleffken

Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

**DOI 10.22533/at.ed.9392116031**

### **CAPÍTULO 2..... 11**

#### **ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE PROBABILÍSTICA DE SEGURANÇA NO LICENCIAMENTO DE CENTRAIS NUCLEARES EM ÂMBITO NACIONAL E MUNDIAL**

Jônatas Franco Campos da Mata

Amir Zacarias Mesquita

Bárbara Luísa Nunes Pereira Mendes

Bianca dos Santos Vales

Eliane Alves Souza

Emanuel Henrique Alves Azevedo

Enis de Campos Maciel Sobrinho

Ianca Alberta Caires Vieira

Jackson Ramon Silva Alcântara

Luiza Souza Vilane

Matheus Jesus Soares

Pedro Henrique Gomes do Nascimento

Thalles Rômulo Silva Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.9392116032**

### **CAPÍTULO 3..... 20**

#### **PROPOSTA DE UM CUBESAT UNIVERSITÁRIO PARA DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS ESPACIAIS NACIONAIS**

Eduardo Henrique da Silva

João Luiz Dallamuta Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.9392116033**

### **CAPÍTULO 4..... 29**

#### **ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO NA LOCALIZAÇÃO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO PARA O CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA – MA**

Michelle Carvalho Galvão da Silva Pinto Bandeira

Marcelo Xavier Guterres

Anderson Ribeiro Correia

Paulo Cesar Marques Doval

**DOI 10.22533/at.ed.9392116034**

### **CAPÍTULO 5..... 46**

#### **TWO-PHASE TANK EMPTYING AND BURNBACK COUPLED INTERNAL BALLISTICS PREDICTION ON HYBRID ROCKET MOTORS**

Maurício Sá Gontijo

Renato de Brito do Nascimento Filho

**DOI 10.22533/at.ed.9392116035**

**CAPÍTULO 6.....57**

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO CABO COBERTO DUPLA CAMADA NAS REDES COMPACTAS DA CEMIG D: GESTÃO EFICIENTE DO ATIVO – CAPEX/OPEX**

Edmilson José Dias

Willian Alves de Souza

Fabio Lelis dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.9392116036**

**CAPÍTULO 7.....77**

**ANÁLISE DA SEGURANÇA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE UMA EDIFICAÇÃO LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE TEÓFILO OTONI-MG**

Nadson Coimbra Amaral

Keytiane Iolanda Moura

**DOI 10.22533/at.ed.9392116037**

**CAPÍTULO 8.....87**

**A MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO E OS SEUS REQUISITOS MÍNIMOS REGULATÓRIOS**

Tito Ricardo Vaz da Costa

Isabela Sales Vieira

Thompson Sobreira Rolim Júnior

Felipe Gabriel Guimarães de Sousa

Saulo Rabelo de Martins Custódio

José Moisés Machado da Silva

Clarissa Melo Lima

**DOI 10.22533/at.ed.9392116038**

**CAPÍTULO 9.....99**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA ARTICULADA PARA SIMULAÇÃO DE MOVIMENTO DE VEÍCULO AUTOMOTOR**

Douglas Lucas dos Reis

João Vitor da Costa da Silva

Diego Tiburcio Fabre

Périson Pavei Uggioni

**DOI 10.22533/at.ed.9392116039**

**CAPÍTULO 10.....112**

**MÉTODO HÍBRIDO PARA DETECÇÃO E REMOÇÃO DE SOMBRAS EM IMAGENS**

Marcos Batista Figueredo

Eugenio Rocha Silva Junior

**DOI 10.22533/at.ed.93921160310**

**CAPÍTULO 11.....120**

**MELHORIAS NO DESEMPENHO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA VIA PEQUENAS MUDANÇAS NO FLUXO DE CARGA CONTINUADO BASEADO NO PLANO**

## DETERMINADO PELAS VARIÁVEIS ÂNGULO E MAGNITUDE DA TENSÃO

Alfredo Bonini Neto  
Jhonatan Cabrera Piazentin  
Cristina Coutinho de Oliveira  
Dilson Amancio Alves

**DOI 10.22533/at.ed.93921160311**

## **CAPÍTULO 12..... 136**

### UMA REVISÃO SOBRE AS TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE SINAL E CLASSIFICADORES INTELIGENTES UTILIZADOS PARA A DETECÇÃO DE ILHAMENTO NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Viviane Barrozo da Silva  
Ghendy Cardoso Júnior  
Gustavo Marchesan  
Júlio Cesar Ribeiro  
Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão  
Hebert Sancho Linhares Garcez Militão  
Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira  
Inarê Roberto Rodrigues Poeta e Silva

**DOI 10.22533/at.ed.93921160312**

## **CAPÍTULO 13..... 170**

### SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE ESTABILIDADE E INÉRCIA DA REDE ELÉTRICA E DE CAIXA DE ENGRENAGENS DE AEROGERADORES COM TRANSMISSÃO CVT MAGNÉTICA

Antonio Carlos de Barros Neiva  
Fabricio Lucas Lório  
George Alves Soares

**DOI 10.22533/at.ed.93921160313**

## **CAPÍTULO 14..... 187**

### ANÁLISE DA OBTENÇÃO DE RESULTADOS DE UMA REDE MALHADA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM UM BAIRRO NA CIDADE DE CACOAL/RO UTILIZANDO O EPANET E PLANILHA ELETRÔNICA

Renato Gomes Lima  
Jhonata Silva Nink  
Caciano Batista Pacheco  
Klinsman Enggleston Emerick Franco  
Martina Tamires Lins Cezano  
Helton Pires Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.93921160314**

## **CAPÍTULO 15..... 198**

### CORRELAÇÃO CRUZADA NA APRENDIZAGEM MOTORA: UM ESTUDO COM SINAIS DE EEG (ELETROENCEFALOGRAFIA) VIA ESTATÍSTICA DE SINAIS

Florêncio Mendes Oliveira Filho  
Gilney Figueira Zebende  
Juan Alberto Leyva Cruz

Arleys Pereira Nunes de Castro  
Everaldo Freitas Guedes  
Aloísio Machado da Silva Filho  
Andrea de Almeida Brito  
Basílio Fernandez Fernandez

**DOI 10.22533/at.ed.93921160315**

**CAPÍTULO 16.....206**

**DESENVOLVIMENTO DE MÓDULOS DIDÁTICOS DE INSTRUMENTAÇÃO**

Luis Fernando Tolentino de Brito

**DOI 10.22533/at.ed.93921160316**

**CAPÍTULO 17.....218**

**GESTÃO DO CONHECIMENTO EMPREGANDO BPMN E PRÁTICAS DO GUIA PMBOK:  
ESTUDO DE CASO NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO PATRIMONIAL**

Marcelo Ferreira Albano

Pablo Dantas Evangelista dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.93921160317**

**CAPÍTULO 18.....233**

**OS DESAFIOS NO TRANSPORTE DE CARGAS INDIVISÍVEIS NO TRAJETO ANCHIETA/  
IMIGRANTES AO PORTO DE SANTOS**

Rafael Martins Gomes

Daniel Henrique Godoy Michel

Igor Alexandre de Carvalho Bonifácio

Kethely Vytória Rodrigues de Sousa

Noemi Damasceno de Santana

Yan Lima dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.93921160318**

**CAPÍTULO 19.....242**

**UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVO IDR EM FERRAMENTAS ELÉTRICAS DE BAIXA  
POTÊNCIA, EXTENSÕES E MÁQUINAS DE SOLDA**

Marco Antonio Munhoz Sagasetta

Francisco de Assis da Silva Junior

**DOI 10.22533/at.ed.93921160319**

**CAPÍTULO 20.....251**

**VOICE TRAINING: DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA TREINAMENTO DA  
AVALIAÇÃO PERCEPTIVA-AUDITIVA DA VOZ**

Adilson Franke Neia Júnior

Maria Eugenia Dajer

Nathan Antônio Guerreiro

**DOI 10.22533/at.ed.93921160320**

**CAPÍTULO 21.....260**

**VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS POR LUMINÁRIAS**

**LED NO SETOR INDUSTRIAL**

Bruno Sousa de Castro

Antonio Manoel Batista da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.93921160321**

**CAPÍTULO 22.....274**

**CROWDFUNDING: O CASO DA CLOUD IMPERIUM GAMES CORPORATION**

Luciane Ribeiro Dias Pinheiro

Matheus Ferreira Cardoso

**DOI 10.22533/at.ed.93921160322**

**SOBRE OS ORGANIZADORES .....289**

**ÍNDICE REMISSIVO.....290**



# CAPÍTULO 4

## ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO NA LOCALIZAÇÃO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO PARA O CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA – MA

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 30/12/2020

### **Michelle Carvalho Galvão da Silva Pinto Bandeira**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)  
São José dos Campos - SP  
<http://lattes.cnpq.br/8988187129672006>

### **Marcelo Xavier Guterres**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)  
São José dos Campos – SP  
<http://lattes.cnpq.br/5229070595111885>

### **Anderson Ribeiro Correia**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)  
São José dos Campos – SP  
<http://lattes.cnpq.br/1043712269063192>

### **Paulo Cesar Marques Doval**

Instituto Federal do Maranhão (IFMA)  
São Luís - MA  
<http://lattes.cnpq.br/9007320533980751>

**RESUMO:** A grande necessidade de um terminal de portuário de cargas para servir ao Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), é considerada uma das principais necessidades logísticas para o desenvolvimento da base, principalmente para o seu desempenho no País e no Mundo. É de extrema importância que uma localização portuária adequada esteja de acordo com estes objetivos. Diante disso, este estudo visa contribuir com o processo decisório sobre a localização de um terminal portuário para o CLA, com base nos

critérios de decisão formulados e suas avaliações quantitativas e qualitativas por meio de aplicação do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Por meio do método AHP é possível abordar de forma prática as várias possibilidades para esse estudo de localização que consideraram critérios de avaliação portuária e critérios de segurança para obter o melhor resultado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Centro de Lançamento de Alcântara (CLA); Localização; Terminal portuário; AHP.

### ANALYSIS OF MULTICRITERIA DECISION IN THE LOCATION OF A PORT TERMINAL FOR THE LAUNCH CENTER OF ALCÂNTARA - MA

**ABSTRACT:** The great need for a cargo port terminal to serve the Alcântara Launch Center (CLA) is considered one of the main logistical needs for the development of the base, mainly for its performance in the country and in the world. It is extremely important that an adequate port location is in accordance with these objectives. Therefore, this study aims to contribute to the decision process on the location of a port terminal for the CLA, based on the decision criteria formulated and their quantitative and qualitative assessments through the application of the AHP method (*Analytic Hierarchy Process*). Through the AHP method, it is possible to approach in a practical way the various possibilities for this location study that considered port evaluation criteria and security criteria to obtain the best result.

**KEYWORDS:** Alcântara Launch Center (CLA); Location; Port terminal; AHP.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), localizado no Estado do Maranhão, apresenta um alto grau estratégico para o lançamento de veículos aeroespaciais reunindo características requeridas para um centro de lançamento de grande porte, onde se desenvolvem operações de considerável risco e em condições de vantajosa competição no cenário mundial. Exerce as atividades operacionais necessárias ao cumprimento das missões de lançamento e rastreamento de engenhos aeroespaciais, além de coleta e processamento de dados de suas cargas úteis, bem como a execução de testes e experimentos de interesse da Aeronáutica, relacionados com a política nacional de desenvolvimento aeroespacial.

Somado às vantagens naturais, a perspectiva de se alcançar padrões excelentes de disponibilidade, flexibilidade operacional e de segurança, que possibilitam lançamentos em qualquer época do ano, constituem atrativos únicos que atestam a viabilidade comercial do Centro de Lançamento de Alcântara. Porém, para que o CLA desponte no cenário internacional como alternativa viável, satisfazendo plenamente os rígidos requisitos operacionais dos clientes e oferecendo serviços de qualidade, dentro dos prazos e custos exigidos pelo mercado, vários fatores necessitam serem abordados com presteza e eficácia, requerendo para a implementação, a aplicação de recursos humanos e materiais (Silva Filho, 1999).

Em linhas gerais, uma operação de lançamento inicia-se pelos trabalhos de transporte de diversos módulos, estágios e sistemas do veículo, e da carga útil a ser embarcada, dos meios de solo auxiliares e do pessoal especializado para o centro de lançamento. Dada a influência que as características dessa operação pode exercer no desenrolar das atividades subsequentes, é de elevada importância que ela seja feita de acordo com os requisitos de responsabilidade, compromisso, confiabilidade e segurança.

Desde 2003, após o trágico acidente ocorrido na torre móvel de integração do CLA, várias ações estão sendo desenvolvidas no âmbito do programa nacional de atividades espaciais (PNAE), com especial atenção, no tocante, a Alcântara. Há necessidade de mudanças nos aspectos operacional, técnico e social, a fim de dotar o Centro e a região de toda a infraestrutura logística e operacional necessária às atividades de lançamento espacial. Dentro desse contexto é que se deseja analisar a melhor localização de um terminal portuário de cargas no município de Alcântara de forma a contribuir para melhorar as atividades de ponta do CLA.

O município de Alcântara (Figura 1) limita-se ao Norte com o Oceano Atlântico, ao Oeste com os municípios de Bacurituba, Guimarães, Bequimão e Peri-Mirim, ao Sul com o município de Cajapió, e ao Leste com os municípios de Cajapió e São Luís, separado deste último, pela baía de São Marcos a uma distância de 22 Km, por via marítima, e de 425 km, por via terrestre. Este é, sem dúvida, um dos fatores mais relevantes para as necessidades logísticas de transportes de cargas, já que por via marítima se consegue um transporte

mais seguro, rápido, eficaz e econômico comparado a grande distância por via terrestre.



Figura 1: Município de Alcântara, Estado do Maranhão, Brasil

Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maranhao\\_Municip\\_Alcantara.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maranhao_Municip_Alcantara.svg)

Um outro fator importante é que o Estado do Maranhão apresenta um complexo portuário intenso que reúne as melhores características frente às necessidades portuárias: a posição geográfica e a profundidade do porto do Estado dão a ele um nível de competitividade sem comparação no País, além de águas profundas e marés altas. Além disso, a relação de todas as cidades litorâneas brasileiras com o mar, onde existem terminais portuários, está intimamente ligada ao papel histórico da economia brasileira com os portos, cuja origem é de aproximadamente 1800. Em 1808, foram “abertos às nações amigas”, e vem sendo considerado até hoje como um setor que gera riqueza para o País.

Decorrente das necessidades logísticas das operações de lançamento projetadas à médio e longo prazos, nasce a decisão da escolha dos meios de transporte mais adequados, praticáveis e aceitáveis – termos de custo e prazo, para cada tipo de carga que será utilizada na operação de lançamento ou na implantação dos meios terrestres do Centro de Lançamento de Alcântara. Para carga, deve-se definir e priorizar quais são os meios mais adequados para a otimização do processo logístico. Assim, os meios marítimos,

terrestres e aéreos terão o seu papel definido na logística da operação.

Os meios marítimos naturalmente são os preferenciais para as cargas mais volumosas e de maior peso, oriundas de portos distantes e, em especial, das cargas perigosas, dos granéis líquidos (combustíveis e comburentes), bem como cargas em containers marítimos. Aos meios aéreos cabem as cargas de alto valor agregado e sensíveis, cujo volume, peso e segurança sejam compatíveis com o transporte aéreo. O transporte terrestre é, em princípio, o adequado quando há curtas ligações até o destino final.

A predefinição do tipo de modal a utilizar é influenciada pelos custos, urgência e existência de meios de apoio – terminais marítimos, aéreos e terrestres, assim como vias de acesso compatíveis. A frequência máxima prevista para as operações de lançamento determinará o dimensionamento e a viabilidade dos terminais, ante o custo de implantação e operação. No caso do CLA, inexistente o terminal marítimo.

O lado “mar” de um porto é configurado com os parâmetros carga-tipo marítima – que definirá a tonelagem máxima, dimensões e calado das embarcações a receber, e a frequência máxima projetada das operações no terminal marítimo – no caso do CLA, uma função da cadência máxima de lançamentos projetados. Esses, entre outros da ambiência marítima, são elementos fundamentais para a escolha do local e o dimensionamento do terminal – canal de acesso, área de manobras e berço(s) com calado mínimo compatíveis.

No lado “terra” (área retro portuária), a configuração será dependente das instalações e facilidades de carga e descarga, de pátios adequados, da armazenagem e estocagem (caso seja definido estocar e armazenar no porto) e do espaço para a implantação das vias de acesso e transporte requeridas e compatíveis, para implantar estradas, dutovias e ferrovias. Vale ressaltar que a área do retroporto deve ser compatível com as distâncias mínimas de proteção requeridas, em caso de acidente ou incidente (derramamento, vazamento, incêndio) com combustíveis e materiais perigosos, para os assentamentos populacionais e vias de trânsito da população. A segurança de terceiros deve orientar todos os aspectos da locação, delimitação de área, estocagem e armazenamento e operações logísticas de materiais perigosos. Os *Centros de Lançamento* são os órgãos que têm por missão garantir a segurança de terceiros, em todas as fases das operações de lançamento.

De modo geral, o meio de transporte aéreo é bastante usual para as operações logísticas do CLA. No entanto, pode ser considerado é um meio de transporte mais caro que o modal marítimo ou terrestre. O modal marítimo soma a facilidade de ter uma distância linear menor até o continente, aproximadamente 20 km por mar. O que torna essa escolha interessante. Desse modo, determinar uma região nas proximidades de Alcântara que atenda essa necessidade local exigirá a avaliação de várias variáveis espaciais. O estudo limita a aplicação ao uso do terminal do CLA a SLZ-Alcântara-SLZ. Entretanto, vale ressaltar a importância da localização de um terminal portuário, uma vez que esta infraestrutura poderá receber cargas de qualquer porto do mundo.

Para a estruturação desses problemas de localização, os métodos de análise

multicritério têm se adequado bem aos processos de tomada de decisão (Zambon *et al*, 2005). Dessa forma, o método de análise de decisão que encontra grande aplicabilidade na área de transporte é o Método de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process – AHP*) (Saaty, 1990; Caixeta Filho, 2002).

Diante do exposto, este estudo visa contribuir com o processo decisório sobre a localização de um terminal portuário para o CLA, com base nos critérios de decisão formulados e suas avaliações quantitativas e qualitativas por meio de aplicação do método AHP.

## 2 | AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE DECISÃO

O método AHP tem como um dos objetivos representar os modelos de modo mais realista incluindo todas as medidas importantes tangíveis ou intangíveis, fatores quantitativamente mensuráveis ou qualitativos (Saaty, 1980). O método consiste das quatro etapas básicas: desenvolvimento dos níveis de hierarquia de decisão dos elementos inter-relacionados, determinação de preferências através de comparações paritárias, síntese e determinação de prioridade relativa ou peso de cada elemento de decisão em um, dado nível usando o método do autovalor ou outro método de aproximação e a agregação das prioridades relativas para a escolha final (Jansen, 2004). A escala de comparações paritárias para o AHP é a apresentada na Tabela 1.

1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou o juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra, com o mais alto grau de segurança
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Tabela 1: Escala Fundamental

Fonte: Saaty (1980)

Os critérios de decisão para o problema foram formalizados em: condições portuárias e condições de segurança. Para as condições portuárias, foram determinadas as principais características relevantes na decisão de uma instalação portuária: o acesso marítimo, que envolve a trajetória da embarcação entre um ponto e outro, que sejam favoráveis à navegabilidade (ventos, marés, profundidade da plataforma); e o acesso à estrada municipal e/ou estadual, que sejam favoráveis à dirigibilidade do terminal ao CLA e o tempo gasto envolvido no deslocamento.

Já para as condições de segurança, temos a segurança social que está diretamente voltada para a comunidade local, pois qualquer contato da carga transportada (propelentes líquidos, motores carregados com propelentes sólidos, ambos reativos e explosivos, hidrogênio, oxigênio) com a comunidade local pode ser catastrófico, seja no ambiente ou diretamente com pessoas. E por fim, a segurança das instalações, de cunho militar, que tem o objetivo de zelar pela segurança da carga, das informações contidas nela e da responsabilidade pelo seu perfeito estado e vigília.

Existem quatro localizações favoráveis à análise, onde chamaremos de localização A, B, C e D respectivamente. Apesar desses pontos estarem relativamente próximos, os critérios citados tornam-se conflitantes devido às condições de segurança e acesso. Para cada localização um diâmetro de 1 km pode ser a área que melhor corresponde à identificação de cada local selecionado, conforme a Figura 2. As áreas destacadas estão descritas a seguir.

A **localidade A** está próximo ao aeroporto, a E dos limites S do CLA, fora da área restrita. O aeroporto de Alcântara (ICAO: SNCW), é um aeródromo não comercial, pertencente ao Centro de Lançamento de Alcântara e possui uma pista com superfície de asfalto e 2.600 metros de extensão, podendo receber aviões de grande porte como o Boeing 747;

A **localidade B** está no Porto do Jacaré. Esta infraestrutura é relativamente simples, um cais inicialmente construído para suprir principalmente a demanda turística da cidade histórica com embarcações de passageiros de Alcântara ao cais da Praia Grande em São Luís, junto ao centro histórico (e vice-versa). A viagem leva em torno de 1h30.

A **localidade C** está no Porto do Cujupe, que é um porto localizado em frente à ilha do Cajual. O Cujupe é um terminal que recebe embarcações vindas do terminal local de ferry-boat da Ponta da Espera, em São Luís, realizando a Travessia São Luís-Alcântara. Apesar de obter algum infraestrutura já instalada, é o ponto mais longe para a logística de cargas até o CLA, principalmente para cargas especiais;

A **localidade D** está na região de Igarapé do Cujupe, localizado em frente à ilha do Cajual, próximo ao Porto do Cujupe. Região que pode servir como extensão da localidade C apoiando a logística de cargas e serviços logísticos.



Figura 2: Imagem das localidades do estudo mapeadas em Google Maps/Google Earth

Fonte: Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2020

Os dados para avaliar a melhor localidade foram obtidos baseados na pesquisa da região, das informações sobre as necessidades logísticas de pessoal e produtos para o CLA e consulta a especialistas engenheiros do setor naval e militar. Diante do exposto, a Figura 3 mostra o desenvolvimento dos níveis de hierarquia de decisão dos elementos interrelacionados para o problema (Gomes, 2004).



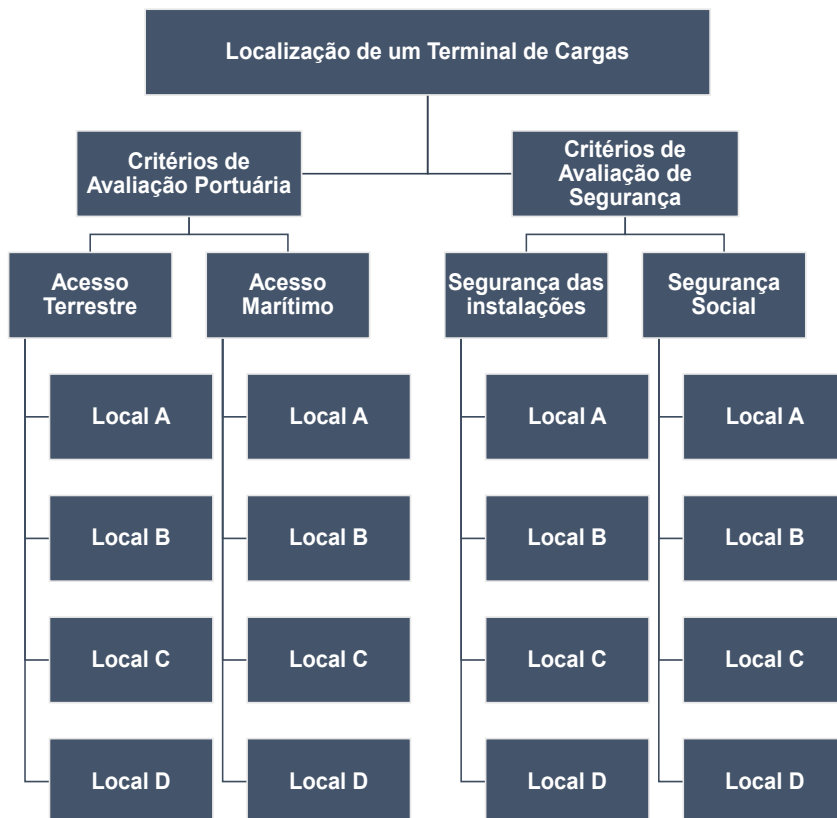


Figura 3: Critérios para a análise de localização de um terminal de portuário de cargas

Fonte: Autores

O método AHP consiste numa matriz quadrada  $n \times n$ , onde as linhas e as colunas correspondem aos  $n$  critérios analisados para o problema em questão. Assim, o valor  $a_{ij}$  representa a importância relativa do critério da linha  $i$  face ao critério da coluna  $j$ . Como esta matriz é recíproca, apenas a diagonal principal assume valores iguais a 1.

Com a hierarquia construída, podemos agora preencher as matrizes dominantes, nas quais são comparados par a par, os alternativos em relação a cada critério e os critérios de um determinado nível em relação ao critério do nível imediatamente superior (Gomes *et al*, 2004). As equações (1) e (2) seguintes, fazem as ponderações para cada critério avaliado.

$$\varpi_i(C_i) = \frac{C_{ij}}{\sum_{i=1}^m C_{ij}} \quad (1)$$



$$\varpi(C_i) = \sum_{j=1}^m \frac{\varpi_j(C_i)}{m} \quad (2)$$

Onde:  $j = 1, \dots, m$

$\varpi$  = vetor

C = critério

$m$  = nº de critérios de um mesmo nível

Para os critérios do segundo nível, as condições de segurança apresentam uma importância muito grande em relação às portuárias, conforme a Tabela 2.

	Condições de Segurança	Condições Portuárias
Condições de Segurança	1	7
Condições Portuárias	1/7	1

Tabela 2: Matriz de comparação dos critérios de segundo nível

Fonte: Autores

Segundo as equações (1) e (2), obtivemos as seguintes ponderações: 0,125 para condições portuárias e 0,875 para condições de segurança, ou seja, as condições de segurança são mais importantes em relação às condições portuárias.

Para os subcritérios do primeiro nível de condições portuárias temos que o acesso à estrada tem importância levemente maior que ao acesso ao mar, como mostra a Tabela 3.

	Acesso Estrada	Acesso Mar
Acesso Estrada	1	6
Acesso Mar	1/6	1

Tabela 3: Matriz de comparação dos subcritérios de primeiro nível de condições portuárias

Fonte: Autores

Segundo as equações (1) e (2), obtivemos as seguintes ponderações: 0,8077 para o acesso à estrada e 0,1923 para o acesso ao mar, o que mostra o maior grau de importância para a escolha na opção acesso à estrada.

Para os subcritérios do primeiro nível de condições de segurança há uma importância pequena entre a segurança das instalações e a social, como mostra a Tabela 4.

	<b>Instalações</b>	<b>Social</b>
<b>Instalações</b>	1	2
<b>Social</b>	1/2	1

Tabela 4: Matriz de comparação dos subcritérios de primeiro nível de condições de segurança

Fonte: Autores

Segundo as equações (1) e (2), obtivemos as seguintes ponderações: 0,6667 para a segurança das instalações e 0,3333 para a segurança social, o que mostra um grau de importância um pouco mais elevado para a segurança das instalações.

### 3 I RESULTADOS DA COMPARAÇÃO NORMALIZADA DOS CRITÉRIOS

Para cada localidade (A, B, C e D) vamos temos os vetores de prioridades das alternativas, segundo cada critério, que foram calculados aplicando as equações (3) e (4).

$$v_i(A_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3)$$

$$v_k(A_i) = \sum_{j=1}^n \frac{v_i(A_j)}{n} \quad (4)$$

Onde:  $i = 1, \dots, n$

$j = 1, \dots, n$

$v$  = valor de impacto

$A$  = matriz de decisão

$m = n^\circ$  de alternativas ou elementos comparados

Com base nessas informações e com as matrizes de comparação das alternativas de cada critério, podemos calcular os vetores de prioridade das alternativas de localidades. As matrizes estão representadas nas Tabelas 5a, 6a, 7a e 8a.

	<b>Localidade A</b>	<b>Localidade B</b>	<b>Localidade C</b>	<b>Localidade D</b>
<b>Localidade A</b>	1	4	3	7
<b>Localidade B</b>	1/4	1	1/2	6
<b>Localidade C</b>	1/3	2	1	5
<b>Localidade D</b>	1/7	1/6	1/5	1

Tabela 5a: Matriz de comparação das alternativas segundo o acesso à estrada

Fonte: Autores

Normalizando essa matriz segundo a equação (3), temos a Tabela 5b normalizada.

	Localidade A	Localidade B	Localidade C	Localidade D
Localidade A	84/145	24/43	30/47	7/19
Localidade B	21/145	6/43	5/47	6/19
Localidade C	28/145	12/43	10/47	5/19
Localidade D	12/145	1/43	2/47	1/19

Tabela 5b: Matriz de acesso à estrada normalizada

Fonte: Autores

Assim, usando a equação (4), obtivemos o vetor de prioridades, conforme os cálculos a seguir:

$$v_k = (A) = 2,144168/4 = 0,5360$$

$$v_k = (B) = 0,706534/4 = 0,1766$$

$$v_k = (C) = 0,948097/4 = 0,2370$$

$$v_k = (D) = 0,201199/4 = 0,0502$$

Portanto, a ordem das alternativas segundo o critério  $C_k$  é: A, C, B e D.

	Localidade A	Localidade B	Localidade C	Localidade D
Localidade A	1	1/3	1/7	1/6
Localidade B	3	1	1/3	1/4
Localidade C	7	3	1	2
Localidade D	6	4	1/2	1

Tabela 6a: Matriz de comparação das alternativas segundo o acesso ao mar

Fonte: Autores

Normalizando essa matriz segundo a equação (3), temos a Tabela 6b normalizada.

	Localidade A	Localidade B	Localidade C	Localidade D
Localidade A	1/17	1/25	6/86	4/82
Localidade B	3/17	3/25	14/86	6/82
Localidade C	7/17	9/25	42/86	48/82
Localidade D	6/17	12/25	24/86	24/82

Tabela 6b: Matriz de acesso ao mar normalizada

Fonte: Autores

Assim, usando a equação (4), obtivemos o vetor de prioridades, conforme os cálculos a seguir:

$$v_k = (A) = 0,217371/4 = 0,0543$$

$$v_k = (B) = 0,532432/4 = 0,1331$$

$$v_k = (C) = 1,845502/4 = 0,4613$$

$$v_k = (D) = 1,404693/4 = 0,3511$$

Portanto, a ordem das alternativas segundo o critério  $C_k$  é: C, D, B e A.

	Localidade A	Localidade B	Localidade C	Localidade D
Localidade A	1	2	7	8
Localidade B	1/2	1	4	5
Localidade C	1/7	1/4	1	3
Localidade D	1/8	1/5	1/3	1

Tabela 7a: Matriz de comparação das alternativas segundo a segurança das instalações

Fonte: Autores

Normalizando essa matriz segundo a equação (3), temos a Tabela 7b normalizada.

	Localidade A	Localidade B	Localidade C	Localidade D
Localidade A	56/99	40/69	21/37	8/17
Localidade B	28/99	20/69	12/37	5/17
Localidade C	8/99	5/69	3/37	3/17
Localidade D	7/99	4/69	1/37	1/17

Tabela 7b: Matriz de segurança das instalações normalizada

Fonte: Autores

Assim, usando a equação (4), obtivemos o vetor de prioridades, conforme os cálculos a seguir:

$$v_k = (A) = 2,183522/4 = 0,5458$$

$$v_k = (B) = 1,191125/4 = 0,2977$$

$$v_k = (C) = 0,410082/4 = 0,1027$$

$$v_k = (D) = 0,214528/4 = 0,0536$$

Portanto, a ordem das alternativas segundo o critério  $C_k$  é: B, C, A e D.

	Localidade A	Localidade B	Localidade C	Localidade D
Localidade A	1	4	7	9
Localidade B	1/4	1	5	6
Localidade C	1/7	1/5	1	3
Localidade D	1/9	1/6	1/3	1

Tabela 8a: Matriz de comparação das alternativas segundo a segurança social

Fonte: Autores

Normalizando essa matriz segundo a equação (3), temos a Tabela 8b normalizada.

	Localidade A	Localidade B	Localidade C	Localidade D
Localidade A	252/379	120/161	21/40	9/19
Localidade B	63/379	30/161	15/40	6/19
Localidade C	36/379	6/161	3/40	3/19
Localidade D	28/379	5/161	1/40	1/19

Tabela 8b: Matriz de segurança social normalizada

Fonte: Autores

Assim, usando a equação (4), obtivemos o vetor de prioridades, conforme os cálculos a seguir:

$$v_k = (A) = 2,408933/4 = 0,6022$$

$$v_k = (B) = 1,043351/4 = 0,2608$$

$$v_k = (C) = 0,365148/4 = 0,0913$$

$$v_k = (D) = 0,182566/4 = 0,0456$$

Portanto, a ordem das alternativas segundo o critério  $C_k$  é: A, B, C e D. Dessa forma, os pesos atribuídos aos critérios e às alternativas pelo método AHP clássico são apresentados hierarquicamente, conforme a Figura 4.

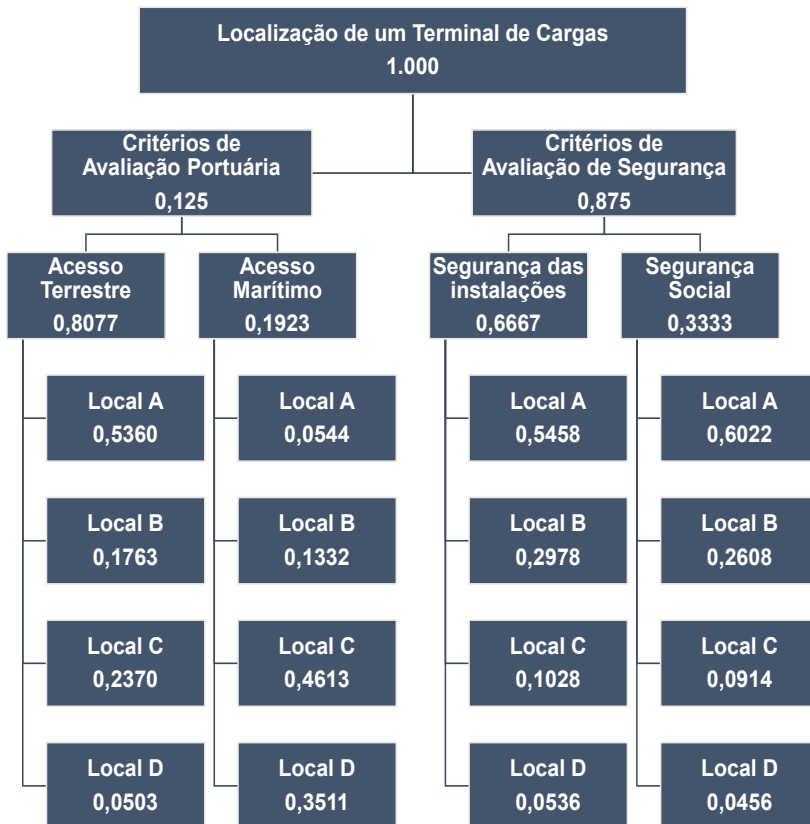


Figura 4: Pesos obtidos para o problema de localização de um terminal portuário de cargas

Fonte: Autores.

Para obter os valores finais de cada alternativa, temos da equação (5), um processo de agregação que permite gerar os valores finais das alternativas.

$$f(A_j) = \sum_{i=1}^m \varpi(C_i) \times v_i(A_j) \quad (5)$$

Onde:  $j = 1, \dots, n$

$n = n^\circ$  de alternativas

$v =$  valor de impacto

$A =$  matriz de decisão

$\varpi =$  vetor

$C =$  critério

Então, com a equação (5), multiplicamos todos os pesos obtidos em cada passo e somamos os resultados dos diferentes passos. Designamos as pontuações para cada localidade, obtemos para cada uma os valores apresentados na Tabela 9.

Pontuação da Localidade A	=	$0,125 \times 0,8077 \times 0,5360 + 0,125 \times 0,1923 \times 0,054 + 0,875 \times 0,6667 \times 0,5458 + 0,875 \times 0,3333 \times 0,6022 =$	$0,0541 + 0,0014 + 0,3185 + 0,1756 = 0,5496$
Pontuação da Localidade B	=	$0,125 \times 0,8077 \times 0,1767 + 0,125 \times 0,1923 \times 0,1332 + 0,875 \times 0,6667 \times 0,2978 + 0,875 \times 0,3333 \times 0,2608 =$	$0,0178 + 0,0032 + 0,1738 + 0,0760 = 0,2708$
Pontuação da Localidade C	=	$0,125 \times 0,8077 \times 0,2370 + 0,125 \times 0,1923 \times 0,4613 + 0,875 \times 0,6667 \times 0,1028 + 0,875 \times 0,3333 \times 0,0914 =$	$0,0239 + 0,0110 + 0,0600 + 0,0267 = 0,1216$
Pontuação da Localidade D	=	$0,125 \times 0,8077 \times 0,0503 + 0,125 \times 0,1923 \times 0,3511 + 0,875 \times 0,6667 \times 0,0536 + 0,875 \times 0,3333 \times 0,0456 =$	$0,0051 + 0,0084 + 0,0313 + 0,01330 = 0,0580$

Tabela 9: Pontuação final de cada localidade

Fonte: Autores

Observando os resultados, temos que a ordem de prioridade das alternativas segundo o peso, é: localidade A, localidade B, localidade C e localidade D.

## 4 I CONCLUSÃO

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é um dos métodos de análise de decisão mais usuais do mundo, pois sua facilidade em obter dados relativos às informações geradas pelo decisor, tornam o problema mais prático de ser analisado. Por meio desse método, foi possível quantificar os critérios de análise para o problema de localização de uma infraestrutura portuária.

As melhores localizações encontradas foram os pontos A (0,5496) e B (0,2708), ambas são mais próximas do Centro de Lançamento de Alcântara, onde as distâncias até a base são menores, dessa forma, também menores os tempos percorridos e consequentemente menores os custos econômicos do transporte e pessoal.

Apesar de a localidade A ter sido o local com maior peso, a infraestrutura da localidade B pode ser aproveitada para uma expansão ou melhorias que possam se adequar às necessidades logísticas do CLA, enquanto a localidade A necessitará de um projeto de implantação completamente novo. Um estudo de avaliação de custo-benefício de projetos entre essas localidades deve ser feito, como proposta de extensão desta análise. Dessa forma será possível concluir que investimento é mais adequado nessa escolha.

Em relação aos critérios de avaliação portuária, percebe-se uma nítida preferência para as localidades C e D, pois as direções de marés e a rota marítima são bem mais tranquilas e adequadas para a navegabilidade comparadas às localidades A e B.

Vale destacar que o estudo apresenta limitações quanto às características de

projeto, como por exemplos o tipo de terminal e a capacidade de operação. Esses itens podem ser adicionados à análise para obter uma melhor resposta frente às necessidades do tipo de operação praticada na logística de cargas especiais para o CLA. Adicionalmente, para uma maior aproximação dos resultados, seria importante fazer uma análise de custos de transportes e de pessoal para cada uma das localidades. De certa forma, os custos de implantação seriam os mesmos, portanto não influenciariam diretamente no resultado.

É importante perceber, que os critérios de segurança tanto de cargas, quanto à terceiros tomam a maior parte da decisão, principalmente o fator segurança das instalações. Critério extremamente importante para a imagem do Centro de Lançamento de Alcântara, por ser destaque nacional e internacional no campo aeroespacial e militar. Além disso, existe uma preocupação com o *security* com relação à carga transportada, tanto no seu bom estado de chegada, quanto à questão de sabotagem e carga extraviada, fatores essenciais para a execução de serviços de segurança nacional do País.

O critério condições portuárias é simples e objetivo, fácil de ser traduzido em parâmetros quantitativos. Já o critério Segurança é essencialmente subjetivo. Porém, a segurança é em realidade abrangente e imanente a todas as atividades, inclusive a marítima. Divide-se em “Segurança das Instalações” e “Segurança Social”. A Segurança das Instalações não é exclusivamente militar e é provida, no caso dos portos, por civis designados pela Autoridade Portuária. A chamada Segurança Social é a Segurança de Terceiros, que previne a terceiros quaisquer danos, em decorrência de uma operação de lançamento. Inclui-se neste subcritério a Segurança Ambiental, pois esta é decorrente de parâmetros intrínsecos às cargas e seu manuseio.

Para minimizar os riscos decorrentes, a sugestão seria considerar a área retro portuária uma zona de trânsito de cargas, em especial as de alto valor, de risco ou perigosas. Ao reduzir-se o tempo de permanência nesse local, minimizam-se as probabilidades de acidentes e incidentes danosos a terceiros. O conhecimento prévio das cargas prováveis e seus riscos permitirá o estabelecimento de zonas de proteção a terceiros, em caso de acidentes ou incidentes. A armazenagem e estocagem ideal seria no interior do CLA, onde podem ser reunidas as condições ideais de manuseio e proteção.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) pela honrosa colaboração, em especial ao Cel. Aviador José Celso Cutrim Lauande, pelas informações referentes às características da região e revisão do estudo.

## REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. (2001). **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Planejamento, Organização e Logística Empresarial**. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman.



CAIXETA FILHO, J. V. (2002). **Gestão Logística do Transporte de Cargas**. São Paulo: Ed. Atlas.

GOMES, C. F. S. (2005). **Using MCDA methods thor in an application for outranking the ballast water management options**. Pesquisa Operacional, v.25, n.1, p.11 - 28.

GOMES, L. F. A. M. et al, (2004). **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério de decisão**. São Paulo: Ed. Thomson.

JANSEN, L. K. C. (2004). **Uma análise de investimentos considerando fatores intangíveis**. XXIV ENEGEP - Florianópolis, SC, Brasil.

RODRIGUES, F. H. et al, (2002). **Gestão Logística do Transporte de Cargas: O processo de decisão baseado em múltiplos objetivos**. São Paulo; Ed. Atlas.

SAATY, T.L. (1980). **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill. New York.

SAATY, T.L. (1990). **Na exposition of the AHP in reply to the paper remarks on the analytic hierarchy process**. Management Science, v. 36, n]3, p. 259-268.

SILVA FILHO, D. H., (1999). **Considerações sobre a Comercialização do Centro de Lançamento de Alcântara**. Espaço e desenvolvimento. Parcerias Estratégicas - número 7 - Out.

ZAMBON, K. L.; CARNEIRO, Adriano A. de F. M.; SILVA, A. N. R. da; NEGRI, J. C. (2005). **Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando GIS**. Pesquisa Operacional, v.25, n.2, p.183-199.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aerogerador 170, 171, 174, 175, 176, 177, 178, 181

Aeronavegabilidade 1, 2, 9, 10

AHP 29, 33, 36, 41, 43, 45

Análise probabilística 11, 12, 14

Aviação militar 1, 2, 10

### B

Blowdown 46, 48, 50, 54

### C

Centrais nucleares 11, 12

Centro de lançamento de alcântara (CLA) 29, 30, 44

Certificação 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10

Cock-pit articulado 99

Confiabilidade 2, 9, 12, 30, 59, 63, 75, 91, 97, 98, 159, 160, 174, 230, 274

Cubesat 20, 28

Curva P-V 120, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133

### D

Desenvolvimento 2, 4, 5, 8, 11, 14, 18, 20, 21, 22, 26, 28, 29, 30, 33, 35, 45, 57, 58, 59, 88, 93, 99, 100, 101, 102, 147, 170, 175, 177, 181, 183, 191, 200, 204, 206, 212, 223, 225, 247, 251, 252, 253, 255, 260, 261, 275, 276, 279, 280, 281, 282, 283, 284

Detecção de sombras 112, 113, 115, 116

Dimensionamento 28, 32, 77, 78, 79, 80, 178, 187, 189, 192, 193, 196, 197, 261

Dispositivos de segurança 77, 78, 80

### E

Epanet 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197

Estabilidade de rede 170, 182

### F

Fluxo de carga 120, 121, 122, 123, 124, 126, 131, 134

### G

Garantia do produto 1, 3, 6, 7, 10

Geração distribuída 136, 137, 138

## H

HSV 112, 113, 114, 118

## I

Ilhamento 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 164, 165, 168

Instalações elétricas 77, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 242, 243, 250

## L

Localização 29, 30, 32, 33, 34, 36, 42, 43, 45, 151, 152, 153

## M

M-CVT 170, 171, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183

Método hardy-cross 187

## O

Óxido nitroso 46

## P

Parametrização geométrica 120, 121

Parcela variável 87, 89

PDD 170, 178, 181, 182

Processos 1, 3, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 33, 79, 88, 93, 112, 188, 206, 212, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233

Projeto elétrico 77, 78, 79, 82, 84, 86

Propulsão híbrida 46

Proteção 2, 12, 14, 32, 44, 61, 63, 64, 66, 67, 77, 79, 80, 82, 85, 136, 144, 145, 151, 168, 176, 242, 243, 244, 245, 250, 278

## R

Rede básica 87, 89, 92, 93, 95, 96, 97

Rede malhada 187, 189, 196

Regressão 46

Regulação responsiva 87

Remoção de sombras 112, 113, 116, 118

Risco nuclear 12

## S

Segurança 1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 38, 40, 41, 44, 58, 59, 63, 74, 77, 78, 79, 80, 82, 85, 86, 88, 100, 101, 111, 121, 136, 159, 172, 173, 176, 206,

207, 215, 235, 237, 240, 243, 244, 245, 246, 250, 254, 277

Segurança operacional 12, 172

Simuladores 99, 100, 101, 111

## **T**

Tecnologia 2, 11, 20, 27, 58, 59, 60, 170, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 197, 221, 222, 230, 231, 251, 258, 274, 289

Terminal portuário 29, 30, 32, 33, 42

## **U**

Universidades 20, 22, 27, 259

## **V**

Vernier 170, 178, 179, 180, 182, 186

Visão computacional 112, 113

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

# 3

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

3

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 