

# 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. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



**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 Morais

**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 11

## 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

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 18/12/2020

### Alfredo Bonini Neto

Universidade Estadual Paulista - UNESP  
Tupã - SP  
<http://lattes.cnpq.br/9898242753869408>

### Jhonatan Cabrera Piazzentin

Universidade Estadual Paulista - UNESP  
Botucatu - SP  
<http://lattes.cnpq.br/0054966741914598>

### Cristina Coutinho de Oliveira

Instituto Federal do Amapá – IFAP  
Macapá – AP  
<http://lattes.cnpq.br/4732177588909084>

### Dilson Amancio Alves

Universidade Estadual Paulista - UNESP  
Ilha Solteira - SP  
<http://lattes.cnpq.br/6566923858579760>

**RESUMO:** A alta intermitência nos atuais sistemas de energia renováveis e o custo proibitivo de atualizar a infraestrutura de rede junto com o crescimento da carga, tornaram a instabilidade de tensão uma ameaça iminente para muitos sistemas de energia. Isso exige maneiras mais rápidas e eficientes de identificar os limites de estabilidade de tensão. Neste contexto, o objetivo deste capítulo foi criar uma técnica para obtenção da margem de carregamento, sem problemas relacionados a matriz Jacobiana (**J**) e com baixo tempo de CPU. Nos resultados, a técnica

mostrou-se eficiente, com uma redução em torno de 7% respectivamente, quando comparado com outras metodologias e uma vantagem em relação a técnica de parametrização local com relação ao tamanho de passo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Curva P-V, Ponto de máximo carregamento, Estabilidade estática de tensão, Fluxo de carga, Parametrização geométrica.

### IMPROVEMENTS IN THE PERFORMANCE OF ELECTRIC POWER SYSTEMS VIA SMALL CHANGES IN THE CONTINUATION POWER FLOW BASED IN THE PLANE DETERMINED BY VARIABLES ANGLE AND VOLTAGE MAGNITUDE

**ABSTRACT:** The high intermittency in current renewable energy systems and the prohibitive cost of upgrading the grid infrastructure along with load growth, have made voltage instability an imminent threat to many energy systems. This requires faster and more efficient ways to identify the limits of voltage stability. In this context, the objective of this chapter was to create a technique for obtaining the loading margin, without problems related to the Jacobian matrix (**J**) and with low CPU time. In the results, the technique proved to be efficient, with a reduction of around 7% respectively, when compared to other methodologies and an advantage in relation to the local parameterization technique in relation to the step size.

**KEYWORDS:** P-V curve, Maximum load point, Static voltage stability, Load flow, Geometric parameterization.

## 1 | INTRODUÇÃO

A demanda de energia elétrica está aumentando dia a dia e a geração por sua vez é limitada. Mercados de eletricidade desregulamentados e o aumento na concorrência entre as empresas de energia devido a privatização das indústrias estatais são um dos principais fatores (ABBOTT, 2007), e é essencial manter uma energia confiável e de boa qualidade no fornecimento de eletricidade. Tudo isso resultou em grandes redes de energia interconectadas que são operadas sob condições de grande carga e estão frequentemente próximas de seus limites de estabilidade. A instabilidade da tensão do sistema de energia é agora um dos problemas desafiadores enfrentados pelas concessionárias.

Os sistemas elétricos de potência que possuem equipamentos mais modernos de gerenciamento de energia têm forte foco no monitoramento da estabilidade de tensão em tempo-real (ZIMA, LARSSON, KORBA, 2005). O objetivo é o de se evitar que o sistema seja levado a operar próximo a uma condição crítica onde, p. ex., um pequeno aumento de carga ou uma contingência possa causar o colapso de tensão. O limite máximo de capacidade de carga da rede de transmissão é um dos índices amplamente utilizados para representar a segurança de tensão de um sistema de potência. É fundamental que as concessionárias acompanhem a proximidade da rede de transmissão, até o limite máximo de carga (ponto de máximo carregamento - PMC), de modo que, em caso de emergência, possam ser tomadas ações de controle adequadas.

A segurança pode ser obtida através de monitoramento apropriado, estimativa e controle do estado atual e analisada por várias técnicas convencionais baseadas em avaliações estáticas (LEE, LIU, CHU, 2014), (GAN *et al.* 2015), (DONG *et al.* 2018) e (BONINI NETO, MAGALHÃES, ALVES, 2018) e avaliações dinâmicas (PANTOS, VERBIC, GUBINA, 2006) e (ACHARJEE, 2012).

Segundo Dobson (1994), a análise de estabilidade estática de tensão, independentemente do comportamento dinâmico em sistemas de energia, ainda apresentam algumas vantagens particulares. Em particular, os modelos de carga dinâmica podem ser reduzidos a equações estáticas e simplificados sem afetar as margens de carregamento e suas sensibilidades. Assim, para se manter o sistema operando de forma segura e evitar-se o colapso de tensão, passou-se a monitorar a estabilidade estática de tensão durante a operação em tempo-real de um sistema elétrico de potência.

As curvas P-V convencionais são amplamente utilizadas pelas concessionárias para determinação do PMC (AJJARAPU, 2006). O método de fluxo de carga continuado (FCC) é frequentemente usado para obter as curvas P-V (AJJARAPU, CHRISTY, 1992) e (BONINI NETO, MAGALHÃES, ALVES, 2016). O limite de capacidade de carga é determinado aumentando a carga do sistema em uma determinada direção, representando o cenário de estresse mais provável.

Neste contexto, o objetivo deste capítulo é criar uma técnica de parametrização

geométrica dentro dos estudos da análise da estabilidade estática de tensão para a obtenção da margem segura de carregamento, bem como do PMC sem os problemas relacionados à singularidade da matriz Jacobiana ( $\mathbf{J}$ ). Para isso, o plano ângulo versus magnitude da tensão da barra que apresentar a maior variação entre as tensões de um ponto atual em relação ao ponto anterior é utilizado. Uma equação da reta é acrescentado ao sistema de equações básicas do fluxo de carga. Esta técnica acarreta em uma trajetória de soluções (TS) com um aspecto linear e com isso, possibilita a remoção da singularidade durante o traçado de toda curva P-V, bem como um número reduzido de iterações e tempo de CPU.

## 2 | METODOLOGIA

As equações convencionais do fluxo de carga continuado (FCC) são:

$$\begin{aligned} \mathbf{G}(\lambda, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{V}) &= \mathbf{0}, \text{ ou} \\ \Delta \mathbf{P} &= \lambda \mathbf{P}^{\text{esp}} - \mathbf{P}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{V}) = \mathbf{0} \\ \Delta \mathbf{Q} &= \lambda \mathbf{Q}^{\text{esp}} - \mathbf{Q}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{V}) = \mathbf{0} \end{aligned} \quad (1)$$

sendo

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_k(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{V}) &= V_k \sum_{m \in \kappa} V_m (G_{km} \cos \theta_{km} + B_{km} \sin \theta_{km}) \\ \mathbf{Q}_k(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{V}) &= V_k \sum_{m \in \kappa} V_m (G_{km} \sin \theta_{km} - B_{km} \cos \theta_{km}) \end{aligned} \quad (2)$$

onde  $\lambda$  representa o fator de carregamento do sistema,  $\mathbf{P}_k$  e  $\mathbf{Q}_k$  representam as equações de potência ativa e reativa injetadas em uma barra  $k$ ,  $\boldsymbol{\theta}$  e  $\mathbf{V}$  são os respectivos vetores de ângulo de fase e magnitude de tensão nodal;  $\mathbf{P}^{\text{esp}}$  é o vetor da diferença entre os vetores de potência ativa, gerada ( $\mathbf{P}_g^{\text{esp}}$ ) e consumida ( $\mathbf{P}_c^{\text{esp}}$ ), especificada para as barras de carga (PQ) e geração (PV); e  $\mathbf{Q}^{\text{esp}}$  é o vetor de potência reativa consumida especificada para as barras PQ.  $G_{km}$  e  $B_{km}$  são os elementos pertencentes às matrizes condutância e susceptância nodal (MONTICELLI, 1983).

A equação (1) assume que o carregamento da rede é proporcional ao do caso base e considera o fator de potência constante. Os vetores  $\mathbf{P}^{\text{esp}}$  e  $\mathbf{Q}^{\text{esp}}$  também podem ser definidos como sendo igual a  $(\mathbf{k}_{Pg} \mathbf{P}_g^{\text{esp}} + \mathbf{k}_{Pc} \mathbf{P}_c^{\text{esp}})$  e  $\mathbf{k}_{Qc} \mathbf{Q}_c^{\text{esp}}$ , respectivamente. Os vetores  $\mathbf{k}_{Pg}$ ,  $\mathbf{k}_{Pc}$  e  $\mathbf{k}_{Qc}$  são parâmetros fixos usados para caracterizar um específico cenário de carga. Utilizando os parâmetros acima mencionados, é possível simular diferentes variações de potência ativa e reativa para cada barramento.

A partir do caso base ( $\lambda = 1$ ), o valor de  $\lambda$  é aumentado gradualmente (passo = 0.05) até um valor para o qual nenhuma solução seja obtida, ou seja, para qual o processo iterativo do fluxo de carga não convirja (considerando um máximo de 10 iterações) ou divirja.

Durante esse processo, a partir do segundo ponto ( $\lambda = 1.05$ ), os valores das magnitudes das tensões de todas as barras são comparados em relação ao seu valor anterior. Quando o fluxo de carga divergir ou não convergir (10 iterações), a magnitude de tensão e o ângulo da barra que apresentar a maior variação em sua magnitude de tensão, entre os dois últimos pontos convergidos, serão utilizados para formar o plano ( $V-\theta$ ) no qual a aplicação do método proposto possibilitará a obtenção dos pontos que serão usados para o traçado da curva P-V. Esta técnica de mudança de plano acarretou em uma trajetória de soluções (TS) com um aspecto bem linear para obtenção da curva P-V (Figura 1(a)) e com isso, possibilitou a remoção da singularidade durante o traçado de toda curva P-V, diferente dos métodos utilizados na literatura, que utilizam a própria curva P-V (não linear) para obtenção da margem de carregamento (Figura 1(b)).

Para o fluxo de carga continuado proposto (FCCP) neste capítulo, foi acrescentado uma equação da reta nas variáveis magnitude das tensões nodais ( $\mathbf{V}$ ) e os ângulos das tensões nodais ( $\boldsymbol{\theta}$ ), neste caso o sistema de equações (1) passa a ser:

$$\begin{aligned} \mathbf{G}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{V}, \lambda) &= \mathbf{0} \\ W(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{V}, \lambda, \alpha) &= \alpha(\theta_k - \theta_k^0) - (V_k - V_k^0) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

onde  $\alpha$  representa o coeficiente angular da reta. Com a solução do caso base obtida com um fluxo de carga convencional (FC) onde  $\lambda^1 = 1.0$ , calcula-se sucessivas soluções do FC até o mesmo não encontrar solução (10 iterações). O valor de  $\alpha$  é obtido a partir do ponto inicial escolhido O ( $\lambda^0, \theta_k^0, V_k^0$ ) e do respectivo valor obtido no último ponto convergido pelo fluxo de carga convencional P ( $\lambda^1, \theta_k^1, V_k^1$ ), conforme Figura 2:

$$\alpha^1 = (V_k^1 - V_k^0) / (\theta_k^1 - \theta_k^0) \quad (4)$$

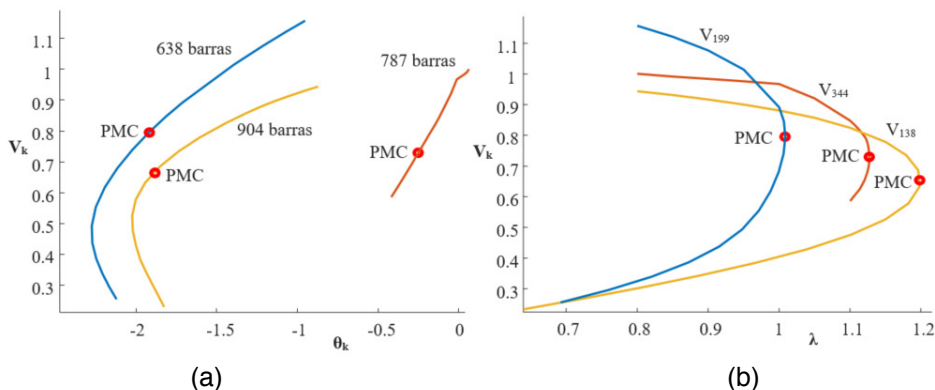


FIGURA 1 – (a) Curvas ( $V-\theta$ ) do método proposto para os três sistemas estudados, (b) Curvas P-V das barras críticas obtidas pelo método proposto dos três sistemas estudados.

Como  $V_k^1 = V_k^0$ ,  $\alpha^1 = 0.0$ . A seguir, o fluxo de carga continuado proposto (FCCP) é utilizado para calcular as demais soluções através dos sucessivos incrementos ( $\Delta\alpha$ ) no valor de  $\alpha$ , Figura 2. Neste trabalho  $\Delta\alpha = 0.001$ . Para  $\alpha = \alpha^1 + \Delta\alpha$ , a solução do sistema de equações (3) fornecerá o novo ponto de operação ( $\lambda^2$ ,  $\theta^2$ ,  $V^2$ ) correspondente a interseção da trajetória de soluções (curva  $\theta$ - $V$ ) com a reta cujo novo valor de coeficiente angular ( $\alpha^1 + \Delta\alpha$ ) foi especificado, Figura 2. O preditor trivial é utilizado (secante de ordem zero). O Método de Newton modificado é utilizado no passo corretor. Neste passo, a equação  $\alpha - \alpha^e = 0$ , onde  $\alpha$  e  $\alpha^e$  correspondem a variável escolhida como parâmetro da continuação e seu respectivo valor estimado, obtido pelo passo preditor. A expansão do sistema de equações (3) em série de Taylor, incluindo somente os termos de primeira ordem, considerando o valor prefixado no valor do parâmetro a calculado para o caso base, resulta em:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{G}_0 & \mathbf{G}_V & \mathbf{G}_\lambda \\ [.,.,.,., \alpha_k, ., ., ., .] & [.,.,.,., -1_k, ., ., ., .] & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\theta \\ \Delta V \\ \Delta\lambda \end{bmatrix} = \mathbf{J}_m \begin{bmatrix} \Delta\theta \\ \Delta V \\ \Delta\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \\ \Delta W \end{bmatrix} \quad (5)$$

onde  $\mathbf{J}_m$  é a matriz Jacobiana modificada do FCC, e  $\mathbf{G}_\theta$ ,  $\mathbf{G}_V$  e  $\mathbf{G}_\lambda$  corresponde à derivada de  $\mathbf{G}$  em relação a  $\theta$ ,  $V$  e  $\lambda$ .  $\Delta P$ ,  $\Delta Q$  e  $\Delta W$  representam os fatores de correção (*mismatches*) das respectivas funções no sistema de equações (3).

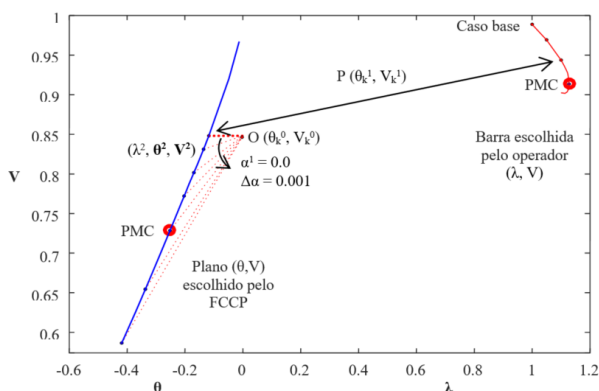


FIGURA 2 – Curva P-V escolhida arbitrariamente pelo operador e a curva (V- $\theta$ ) obtida automaticamente pelo método proposto.

A Figura 3 apresenta o fluxograma da metodologia utilizada neste trabalho.

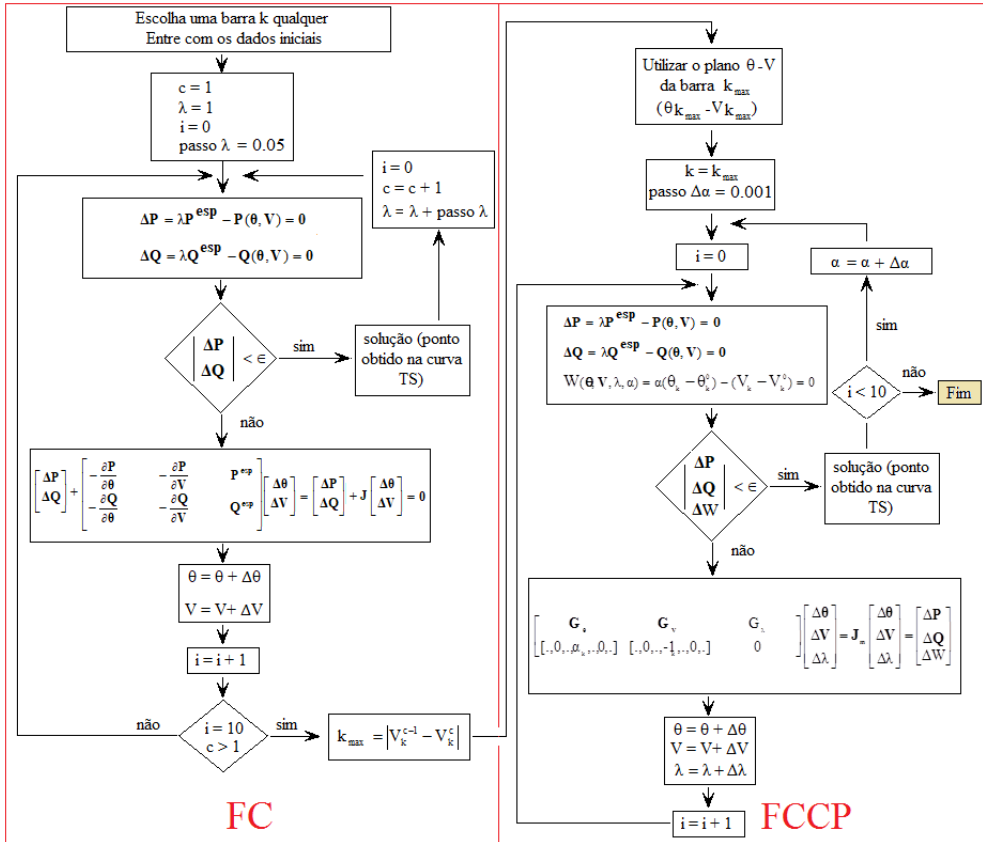


FIGURA 3 – Fluxograma da metodologia utilizada para obtenção das curvas P-V.

### Parametrização local (AJJARAPU, CHRISTY, 1992)

Entre os diversos métodos da continuação descritos na literatura da área de sistemas de potência, o mais amplamente utilizado consiste de quatro elementos básicos: um procedimento de parametrização; um passo predictor; um controle de passo; um passo corretor. A descrição destas etapas segue a forma proposta em (AJJARAPU, CHRISTY, 1992) chamada de parametrização local. A Figura 4 apresenta o predictor tangente e o passo corretor parametrizado pelo fator de carregamento  $\lambda$ . Uma forma de contornar o problema de singularidade consiste na troca do parâmetro próximo ao PMC, (Figura 4(b)). A variável escolhida é aquela que apresentar a maior variação, sendo que  $l$  passa a ser, a partir daí, tratado como variável dependente, enquanto que a variável escolhida passa a ser o novo parâmetro  $p$ , isto é, do conjunto de  $n + 1$  variáveis.

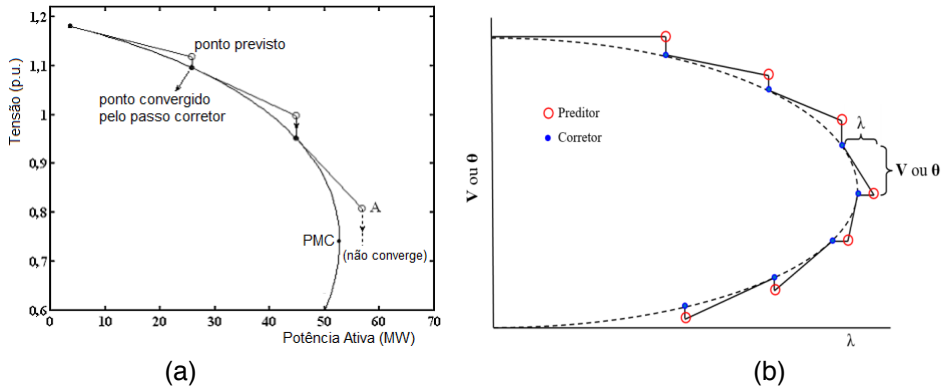


Figura 4 – (a) Método da continuação com o preditor tangente utilizando  $\lambda$  como parâmetro, (b) Técnica de parametrização local.

O novo parâmetro  $p$  será dado por:

$$p \leftarrow \max \left\{ |t_1|, |t_2|, \dots, |t_{n+1}| \right\} \quad (6)$$

### 3 I RESULTADOS

Para todos os testes realizados, a tolerância ( $\varepsilon$ ) adotada para o *mismatch* total de potência foi de  $10^{-5}$  p.u. O controle dos limites de potência reativa (Q) nas barras PV's é o mesmo utilizado no método convencional de FC. Em cada iteração a geração de reativos de cada uma dessas barras é comparada com seus respectivos limites. No caso de violação, ela é alterada para tipo PQ. Estas barras podem voltar a ser PV nas iterações futuras. Os sistemas estudados foram duas configurações do sistema sul-sudeste brasileiro de 638 e 787 barras respectivamente e uma configuração do sistema localizado no sudoeste americano de 904 barras.

A Figura 5 apresenta resultados para o sistema de 638 barras. Como a priori, em um sistema elétrico de potência não se conhece a curva a ser traçada, foi escolhido aleatoriamente uma barra do sistema, neste caso a barra 129 ( $V_{129}$ ), para obtenção da curva P-V. Para  $\lambda=1$ , por meio do fluxo de carga (FC), calcula-se o caso base e os demais pontos com passo de 0.05 até o FC divergir ou não convergir (10 iterações), neste caso, troca-se o plano para o ângulo e magnitude da tensão da barra que apresentar maior variação entre a tensão do ponto atual e anterior.

Para o sistema 638 barras, a barra que apresentou maior variação na tensão foi a crítica 199 ( $V_{199}$ ), essa mudança ocorreu no ponto "a", conforme a Figura 5(a) a seguir. Com passo de 0.001 para  $\Delta\alpha$  obtém-se os demais pontos da curva ( $\theta_{199}-V_{199}$ ), o ponto "b" representa o PMC na curva P-V da barra 129 (1.0087, 0.998) e barra crítica 199 (1.0087, 0.6327) e corresponde ao ponto "c" (-1.9192, 0.6327) na curva ( $\theta_{199}-V_{199}$ ), os quais foram

obtidos armazenando os valores das tensões e do fator de carregamento ( $\lambda$ ) durante o traçado das curvas TS ( $\theta_{199}-V_{199}$ ). Novamente, pode-se observar o aspecto linear dessas curvas em torno do PMC em relação as curvas P-V da barra 129 e 199.

A Figura 5(b) apresenta as curvas P-V da barra escolhida aleatoriamente  $V_{129}$  e da barra crítica  $V_{199}$ , ambas obtida durante o traçado da curva ( $\theta_{199}-V_{199}$ ). O ponto “d” corresponde ao valor mínimo do ângulo  $\theta$  da curva ( $\theta_{199}-V_{199}$ ) e equivale a  $(-2.2737, 0.4937)$ , observando este ponto na barra crítica 199, nota-se que o ponto “d” se encontra bem após o PMC, correspondente a parte de baixo da curva P-V, parte instável da curva.

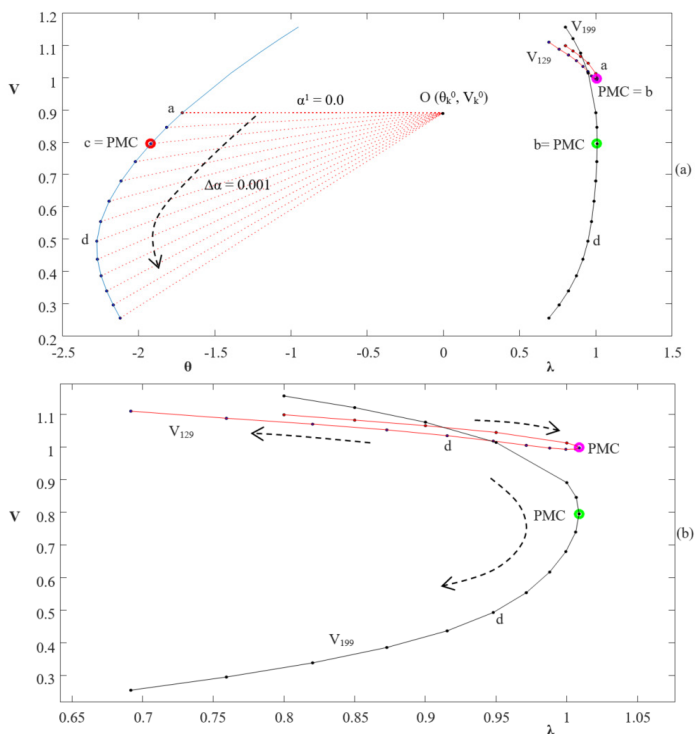


FIGURA 5 – Resultado para o sistema sul-sudeste brasileiro de 638 barras, (a) curva  $\theta_{199}-V_{199}$  do FCCP, (b) curvas P-V obtidas pelo FCCP.

A Figura 6 e 7 apresentam resultados para sistemas maiores, o sul-sudeste brasileiro de 787 barras e o sistema localizado no sudoeste americano de 904 barras respectivamente. Resultados similares ao sistema 638 barras foram obtidos. A barra escolhida a priori para início do teste foi a 359 ( $V_{359}$ ). Ao divergir, a tensão que apresentou maior variação foi da barra crítica 344, mudando para o plano  $q_{344}-V_{344}$  conforme Figura 6(a). O PMC obtido por intermédio dessa nova curva para a barra crítica foi 1.1273 para  $\lambda$  e 0.7285 para tensão. Já para a curva  $\theta_{344}-V_{344}$  foi de -0.2519 para  $\theta_{344}$  e 0.7285 para  $V_{344}$ . As curvas P-V aleatória e



crítica podem ser vistas com maiores detalhes na Figura 6(b).

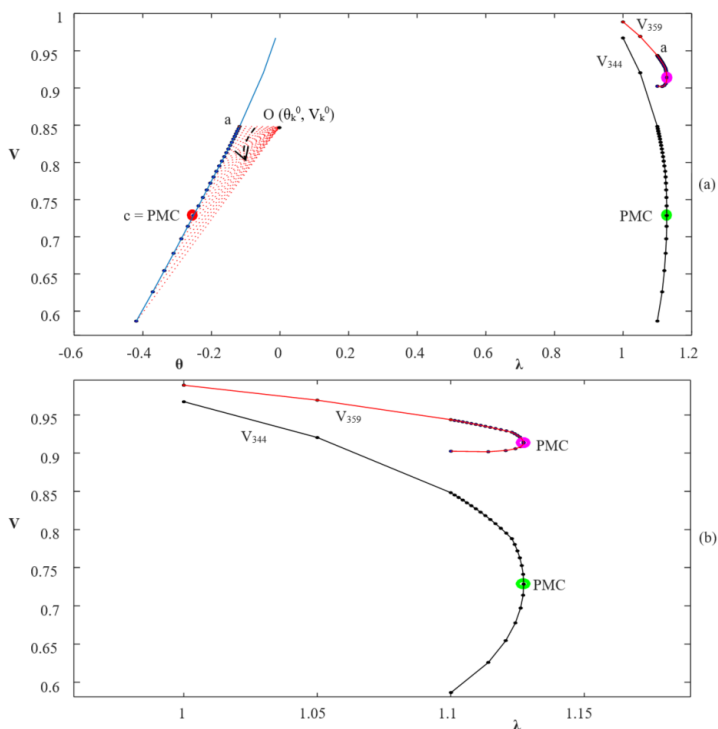


FIGURA 6 – Resultado para o sistema sul-sudeste brasileiro de 787 barras, (a) curva  $\theta_{344}$ - $V_{344}$  do FCCP, (b) curvas P-V obtidas pelo FCCP.

A Figura 7(a) apresenta os resultados utilizando o FCCP para o sistema de 904 barras. A barra escolhida aleatoriamente para o traçado da curva P-V foi a barra 421 ( $V_{421}$ ). Com passo de 0.05 obtêm-se os primeiros 4 pontos da curva P-V da barra 421, até o FC divergir (10 iterações). Neste processo, a tensão identificada para mudança de plano, foi a tensão da barra crítica ( $V_{138}$ ), neste caso, muda-se de plano, ou seja, do plano ( $\lambda$ - $V_{421}$ ) para o plano ( $\theta_{138}$ - $V_{138}$ ). Com passo de  $\Delta\alpha = 0.001$  obtêm-se os demais pontos da curva  $\theta_{138}$ - $V_{138}$ , conforme a Figura 7(a). O ponto “c” que corresponde ao PMC das curvas P-V foi de ( $\theta_{138}$ - $V_{138}$ )= $(-1.9432, 0.6327)$  e não apresenta singularidade nem para  $V$  e nem para  $\theta$ , devido a seu aspecto linear em torno do ponto “c”. O PMC das curvas P-V são (1.1979, 8548) para barra 421 e (1.1979, 0.6327) para a barra crítica 138. A Figura 7(b) apresenta as curvas P-V obtidas armazenando os valores das tensões correspondentes durante o traçado da curva ( $\theta_{138}$ - $V_{138}$ ).

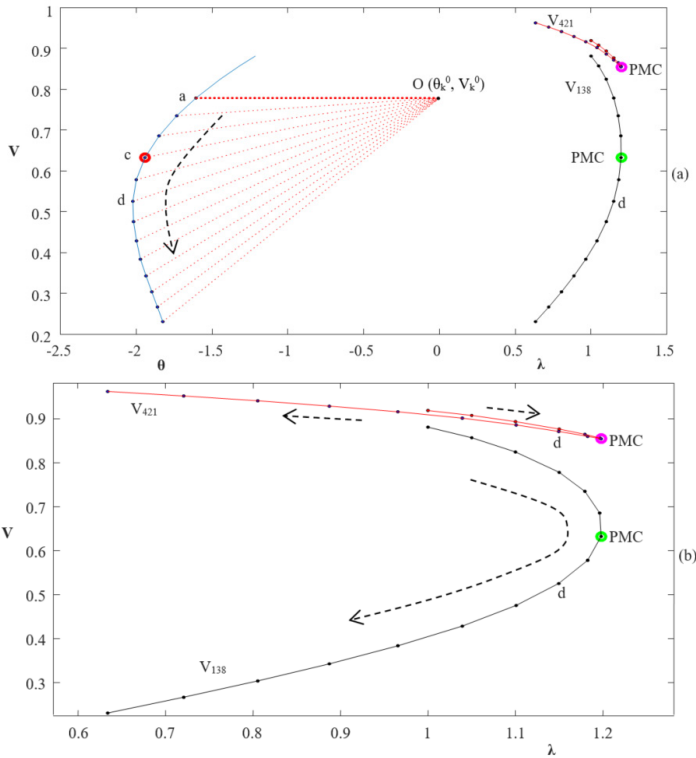


FIGURA 7 – Resultado para o sistema americano de 904 barras, (a) curva  $\theta_{138}$ - $V_{138}$  do FCCP, (b) curvas P-V obtidas pelo FCCP.

### Desempenho do FCCP

No método de FC, os elementos pertencentes à matriz Jacobiana ( $\mathbf{J}$ ) são atualizados a cada iteração. No entanto, após vários estudos realizados concluiu-se que a matriz Jacobiana é importante para a convergência do processo, mas não influencia a solução final. Assim, no tocante a eficiência computacional, um procedimento comumente utilizado nos métodos de fluxo carga é o de não atualizar a matriz Jacobiana a cada iteração, mas somente quando o sistema sofrer alguma mudança significativa (p.ex., quando da mudança no tipo da barra PV para PQ em virtude da violação de seus limites). Esse procedimento, conhecido como *Dishonest Newton Method* (SEMLYEN, LÉON, 2001), muitas vezes possibilita um ganho considerável no tempo de processamento. Assim, o objetivo desse item é o de avaliar as técnica de parametrização proposta (FCCP), comparando seus desempenhos considerando dois procedimentos. No primeiro procedimento (P1) a atualização da matriz Jacobiana é realizada a cada iteração e no segundo (P2), somente quando o sistema sofrer violação de seus limites. Os resultados dessa comparação podem ser vistos na Tabela 1 a seguir. Duas técnicas conhecidas da literatura também foram submetidas ao procedimento P2, a técnica parametrizada pela tensão ( $V$ ) da barra crítica e

a técnica parametrizada pelo ângulo da tensão ( $\theta$ ) também da barra crítica. Essas técnicas foram escolhidas por apresentar o mesmo passo corretor do FCCP (preditor secante de ordem zero). Para ambos os procedimentos P1 e P2, é apresentado o número total de iterações (IC) necessários para o traçado completo da curva P-V, e no caso de P2, também é mostrado o número total de iterações (ATu) para o qual há a atualização da matriz. Os tempos computacionais requeridos pelo FCCP, considerando o procedimento P2, são apresentados na sexta coluna e o ganho em porcentagem (tempo de CPU) do procedimento P2 em relação ao procedimento P1 é mostrado na sétima coluna, nota-se um ganho em média de 43% para o FCCP e 40% para todas as técnicas utilizadas.

A Figura 8 apresenta resultados em termos de número de iterações e tempo de CPU para os três sistemas analisados. Na Figura 8(a) é mostrado os resultados para o sistemas sul-sudeste brasileiro de 638 barras, embora o número de iterações (IC) utilizando o procedimento P2 seja maior (100 iterações) em relação ao procedimento P1 (58 iterações), houve apenas 19 atualizações (Atu) da matriz Jacobiana por P2, sendo que por P1, as 58 iterações houve atualização da matriz **J**, acarretando nos 38,2% a mais no tempo de processamento, ver Tabela 1. O mesmo procedimento ocorre na Figura 8(b) e (c), o ganho computacional utilizando o procedimento P2 em relação ao P1 foram 50% e 40,2% respectivamente para o sistema sul-sudeste brasileiro de 787 barras e 904 barras localizado no sudoeste americano. A mesma metodologia foi aplicada para as técnicas cuja a tensão e o ângulo da tensão ( $\theta$ ) da barra crítica foram utilizados como parâmetro. Em média, o ganho computacional utilizando o procedimento P2 em relação ao P1 foram 40% e 38% respectivamente.

Sistemas	P1		P2			Diferença CPU (%)
	IC	Tempo CPU (pu)	IC	ATu	Tempo CPU (pu)	
638	58	1,000	100	19	0,618	38,2
787	69	1,000	123	13	0,500	50,0
904	56	1,000	67	24	0,598	40,2
638*	59	1,000	102	22	0,636	36,2
787*	71	1,000	127	13	0,560	44,0
904*	59	1,000	78	26	0,613	38,7
638**	59	1,000	105	23	0,679	32,1
787**	70	1,000	126	14	0,570	43,0
904**	61	1,000	74	27	0,634	33,6

ACo – número de atualizações. \* parametrizado por V da barra crítica. \*\* parametrizado pelo  $\theta$  da barra crítica

Tabela 1 – Desempenho das técnicas de parametrização considerando o coeficiente angular ( $\alpha$ ) da reta situada no plano ( $\theta_k - V_k$ ) e das técnicas parametrizado pela tensão e ângulo da barra crítica para os procedimentos P1 e P2.

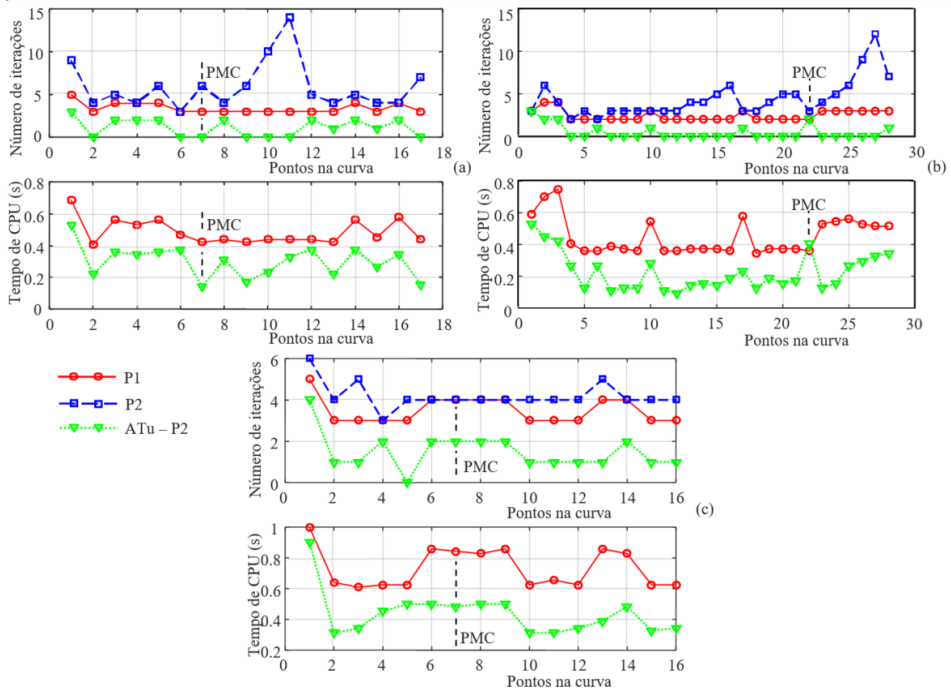


FIGURA 8 – Resultados dos sistemas analisados em termos de número de iterações e tempo de CPU para o FCCP, (a) sistema sul-sudeste brasileiro de 638 barras, (b) sistema sul-sudeste brasileiro de 787 barras, (c) sistema americano de 904 barras.

### Comparação com a técnica de parametrização local (AJJARAPU, CHRISTY, 1992)

A Figura 9 a seguir apresenta os resultados para o sistema americano de 904 barras utilizando o FCCP com passo duplicado de 0.1. Observa-se que não houve problemas na obtenção da curva P-V do sistema analisado. No segundo ponto da curva, correspondente ao ponto “a”, com passo duplicado, já ocorreu a mudança do plano ( $\lambda$ -V) para o plano ( $\theta_{138}$ - $V_{138}$ ) completando o traçado completo da curva P-V, o ponto “c” do plano ( $\theta_{138}$ - $V_{138}$ ) corresponde ao PMC da curva P-V.

A Figura 10 apresenta resultados utilizando a técnica de parametrização local e a técnica proposta (FCCP). O critério utilizado para troca de parâmetro da técnica de parametrização local é baseado na componente que apresentar a maior variação no vetor tangente, conforme a equação (6). O objetivo deste teste é o de comparar o desempenho (número de iterações) dos métodos ou a falha deles dependendo do passo utilizado. Para isso, calculam-se os mesmos pontos da curva P-V utilizando cada um dos métodos, de forma a garantir os mesmos possam ser corretamente comparados. Observa-se que cada ponto da curva P-V corresponde a uma solução do problema de fluxo de carga para um valor especificado de I. Assim, obtiveram-se primeiramente os pontos através do FCCP. A seguir estes valores foram usados para obter os respectivos valores para  $\sigma$  da técnica de

parametrização local de forma a garantir-se que o sistema caminhe de um mesmo estado inicial para o mesmo estado final.

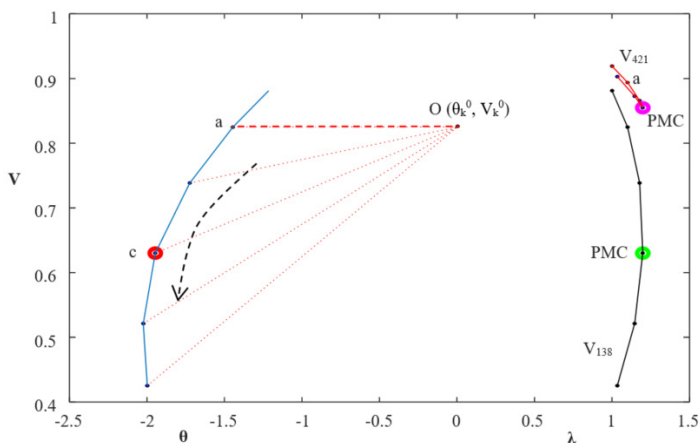


FIGURA 9 – Resultado para o sistema americano de 904 barras, curva  $\theta_{138}$ - $V_{138}$  do FCCP com passo duplicado.

A Figura 10(a) apresenta resultados para ambos os métodos FCCP e parametrização local com passo inicial de 0.05, ambos conseguiram obter toda a curva P-V sem problemas de singularidade da matriz Jacobiana. Pode-se observar para o método de parametrização local, que a troca de parâmetro se dá de  $\lambda$  para a magnitude da tensão da barra 138 (que apresenta a maior variação no vetor tangente), retornando para  $\lambda$  após alguns pontos. O número de iterações está apresentado na Figura 11(a), de onde se constata que tanto o método da parametrização local quanto o proposto apresentam praticamente o mesmo desempenho. Já a Figura 10(b) apresenta o desempenho dos métodos considerando um valor diferente para  $\sigma$ , no caso 0,1 duplicado. Observa-se na Figura 10(b) que o método de parametrização local, considerando o critério utilizado para troca de parâmetro baseado na componente que apresentar a maior variação no vetor tangente, falha antes do PMC. Isso devido ao valor da componente correspondente a variável  $\lambda$  ainda apresenta a maior variação no ponto previsto “d” da Figura 10(b). Assim, com o valor estimado para o parâmetro em questão, no caso  $\lambda$ , verifica-se que a falha do método se deve na realidade à não existência de solução. Entretanto, conforme se pode observar dos resultados apresentados nas Figuras 10(b) e 11(b), o FCCP obtém com sucesso o traçado completo da curva P-V, mesmo para o passo duplicado de 0.1.

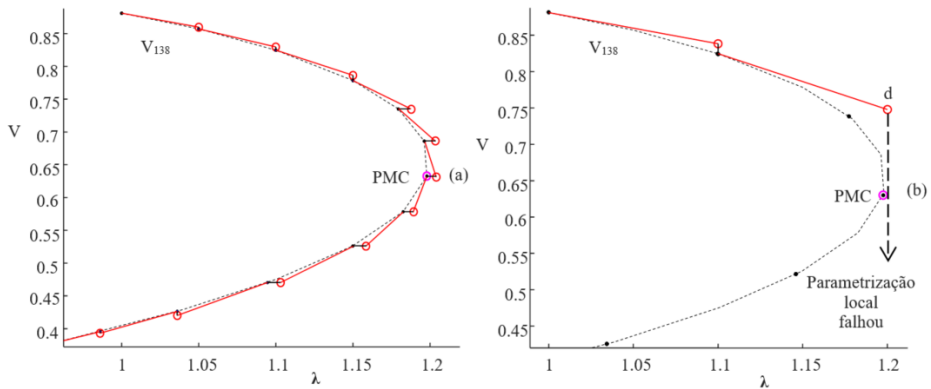


FIGURA 10 – Curva P-V da barra 138 do sistema de 904 barras obtida pelo FCCP e pela técnica de parametrização local, (a) com passo inicial de 0.05, (b) com passo duplicado de 0.1.

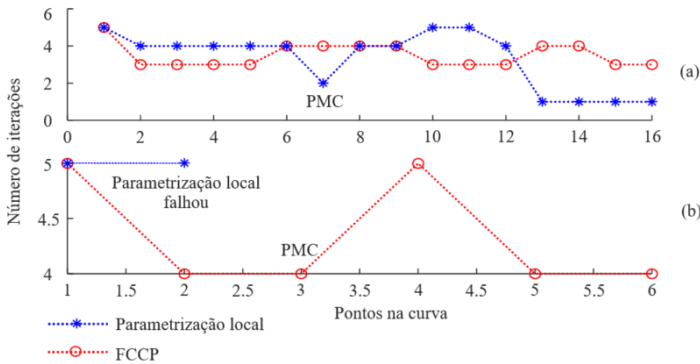


FIGURA 11 – Resultados do sistema 904 barras em número de iterações para o FCCP e a técnica de parametrização local, (a) passo inicial de 0.05, (b) passo duplicado de 0.1.

## 4 | CONCLUSÃO

Neste capítulo foi apresentado uma nova metodologia para traçado das curvas P-V sem problemas numéricos relacionados à singularidade da matriz Jacobiana. A mesma pôde ser removida com uma simples mudança de plano ( $\theta_k - V_k$ ) que apresentou maior variação na tensão. Observa-se que o plano ( $V-\theta$ ) apresenta uma curva com aspecto linear em torno do PMC em relação as curvas P-V convencionais. Para ambos os sistemas estudados, a barra crítica apresentou maior variação na tensão. Foi comparado o tempo de CPU e o número de iterações utilizando a metodologia proposta e a metodologia parametrizada pela tensão e pelo ângulo da barra crítica. Em média, a metodologia proposta apresentou uma redução em torno de 7% a menos no tempo de CPU e 3,5% no número de iterações. Já utilizando o procedimento P2 em relação ao P1, o FCCP reduziu o tempo de CPU em média 39% respectivamente. Outra vantagem acrescentada ao método proposto, foi a possibilidade de utilizar passos maiores se comparado com a técnica de parametrização

local. Ao utilizar o passo duplicado de 0.1, a técnica de parametrização local apresentou falha na obtenção do PMC.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPESP – processo 2018/12353-9 e ao CNPq – processo 408630/2018-3 pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

Abbott, M. Electricity reform and gains from the reallocation of resources. **The Electricity Journal**, Atlanta, v. 20, p. 72-78, 2007.

Acharjee, P. Identification of maximum loadability limit and weak buses using security constraint genetic algorithm. **Int J Electr Power Energy Syst.** v. 36, p. 40–50, 2012.

Ajjarapu, V. **Computational techniques for voltage stability assessment and control** (power electronics and power systems); New York: Springer-Verlag, 2006.

Ajjarapu, V.; Christy, C. The Continuation Power Flow: a Tool for Steady State Voltage Stability Analysis. **IEEE Trans. on Power Systems**, v. 7, n. 1, p. 416-423, February, 1992.

Bonini Neto, A.; Magalhães, E. M.; Alves, D. A. Geometric Parameterization Technique for Continuation Power Flow Based on Quadratic Curve. **Electric Power Components and Systems**, v. 45, p. 1-13, 2018.

Bonini Neto, A.; Magalhães, E. M.; Alves, D. A. Obtaining the Maximum Loading Point of Electric Power Systems using the Decoupled Methods of Newton. **Revista IEEE América Latina**, v. 14, p. 371-379, 2016.

Dobson, I. **The irrelevance of load dynamics for the loading margin to voltage collapse and its sensitivities**. In: Bulk power system voltage phenomena III, voltage stability, security & control, Proceedings of the ECC/NSF workshop, Davos, Switzerland, 1994.

Dong, X.; Wang, C.; Yun, Z.; Han, X.; Liang, J.; Wang, Y. Zhao, P. Calculation of optimal load margin based on improved continuation power flow model. **Electrical Power and Energy Systems**. v. 94, p. 225–233, 2018.

Gan, R.; Luan, Z.; Yang, Y.; Liu, W.; Yang, S. **Static Voltage Stability Analysis Based on Improved Continuous Power Flow**. TENCON 2015 - 2015 IEEE Region 10 Conference. p. 1-4, 2015.

Lee, S. H.; Liu, J. H.; Chu, C. C. Modelling and locating unified power-flow controllers for static voltage stability enhancements. **Int. Trans. Electr. Energ. Syst.**, v. 24, p. 1524-1540, 2014.

Monticelli, A. J. **Fluxo de carga em Redes de Energia Elétrica**, Edgard Blucher, São Paulo, 1983.

Pantos, M.; Verbic, G.; Gubina, F. An improved method for assessing voltage stability based on network decomposition. **Int J Electr Power Energy Syst.** v. 28, n. 5, p. 324–330, 2006.

Semlyen, A.; Léon, F. Quasi-newton power flow using partial Jacobian updates, **IEEE Trans. Power Syst.**, 6, (3), pp. 332–339, 2001.

Zima, M.; Larsson, M.; Korba, P. **Design aspects for wide-area monitoring and control systems.** Proceedings of the IEEE, v. 93, p. 980-996. 2005.



## 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) 