

Subtemas e Enfoques na Sustentabilidade 2



Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)

Subtemas e Enfoques na Sustentabilidade 2



Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)

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 Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de 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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. 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
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
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 Alborno – 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
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Maria Elanny Damasceno Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S941 Subtemas e enfoques na sustentabilidade 2 / Organizadora
Maria Elanny Damasceno Silva. – Ponta Grossa - PR:
Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-659-1

DOI 10.22533/at.ed.591201012

1. Sustentabilidade. I. Silva, Maria Elanny Damasceno
(Organizadora). II. Título.

CDD 363.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

O livro *“Subtemas e Enfoques na Sustentabilidade 2”* contém 15 capítulos que abordam pesquisas oriundas de subtemas que enfatizam a temática da sustentabilidade e resoluções de problemas ambientais diversos.

Inicia-se com o importante diagnóstico propício à gestão pública para avaliar os motivos das migrações pendulares de trabalhadores de Goiás. Em seguida, tem-se a abordagem da Extrafiscalidade como instrumento do desenvolvimento socioeconômico à sustentabilidade. A certificação de eficiência energética em edificações possibilita ao consumidor a melhor tomada de decisão no momento da compra do imóvel.

Apresentam-se estudos com uso do método Monte Carlo em uma instalação de sistema fotovoltaico conectado à rede; modelagem e simulação de sistema fotovoltaico trifásico conectado ao sistema elétrico, bem como o gerenciamento de redes de energia inteligentes por modelo de redes modulares expansíveis de instrumentação. Uma avaliação numérica e experimental é divulgada na utilização de geração de vapor para saunas.

É apresentado o cenário de geração de resíduos industriais nos anos de 2014 e 2015 na Serra Gaúcha. O descarte de óleo residual de fritura em São Paulo é analisado com viés de construção de política ambiental integrada para destinação correta do resíduo. Em outra pesquisa é evidenciado a reciclagem de óleos comestíveis como matéria prima em um Laboratório universitário de Gastronomia.

Problemas ambientais em rios é tema de revisão sistemática que visa conhecer os contaminantes mais comuns e o monitoramento das águas do rio São Francisco. O lodo das Estações de Tratamentos de Águas é averiguado quanto a destinação em aterro sanitário ou compostagem. A Pegada Hídrica Verde é utilizada em uma fazenda paraense para produção de pastagem para pecuária.

O sistema consorciado de produção orgânica de milho, feijão e mandioca é utilizada como auxiliar juntamente com outras técnicas de cultivo. E por fim, tem-se o estudo da criação de um cosmético natural para tratar melasma.

Excelente leitura.

Maria Elanny Damasceno Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DIAGNÓSTICO DAS MIGRAÇÕES PENDULARES DE TRABALHADORES ENTRE OS MUNICÍPIOS DE MORRINHOS, RIO QUENTE E CALDAS NOVAS EM GOIÁS	
Déborah Yara de Castro Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5912010121	
CAPÍTULO 2	16
A EXTRAFISCALIDADE COMO INSTRUMENTO INDUTOR DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	
Luciana Oliveira de Souza	
André Alves Portella	
DOI 10.22533/at.ed.5912010122	
CAPÍTULO 3	27
IMPORTÂNCIA E DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE CERTIFICAÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, O SUCESSO EUROPEU E AS PRÓXIMAS ETAPAS DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES	
Jaime Francisco de Sousa Resende	
Andrea Lucia Teixeira Charbel	
Teresa Cristina Nogueira Bessa Assunção	
DOI 10.22533/at.ed.5912010123	
CAPÍTULO 4	41
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE USANDO O MÉTODO DE MONTE CARLO APLICADA À INSTALAÇÃO DE UM SFCR	
Bruno Polydoro Cascaes	
Letícia Jenisch Rodrigues	
Paulo Smith Schneider	
DOI 10.22533/at.ed.5912010124	
CAPÍTULO 5	52
MODELAGEM E SIMULAÇÃO EM PSCAD DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA DE LARGA ESCALA	
Alysson Augusto Pereira Machado	
Nicole Campos Foureaux	
Igor Amariz Pires	
Sidelmo Magalhães Silva	
Braz de Jesus Cardoso Filho	
José Antônio de Souza Brito	
DOI 10.22533/at.ed.5912010125	
CAPÍTULO 6	66
GERENCIAMENTO DE REDES DE ENERGIA INTELIGENTES (REI) EMPREGANDO ANÁLISE POR MODELO PREDITIVO EMPREGANDO REDES MODULARES	

EXPANSÍVEIS DE INSTRUMENTAÇÃO

Elói Fonseca
Diego Henrique do Amaral
Bruna Malaguti
Gabriel de Souza Cordeiro
Felipe Emanuel Sales
Victor Hugo Paezane dos Anjos
Naiara de Souza Lima

DOI 10.22533/at.ed.5912010126

CAPÍTULO 7..... 80

ANÁLISE NUMÉRICA E EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DE COLETORES EVACUADOS DO TIPO WATER-IN-GLASS PARA GERAÇÃO DE VAPOR PARA USO EM SAUNAS

Maryna Fernanda Ferreira Melo
Paulo Fernando Figueiredo Maciel
César Augusto Fernandes de Araújo Filho
Edson Alves Souza

DOI 10.22533/at.ed.5912010127

CAPÍTULO 8..... 95

A SERRA GAÚCHA EM TONELADAS – GERAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS NOS ANOS DE 2014 E 2015

Francine Zanatta
Henrique Di Domenico Ziero
Thiago de Castilho Bertani
Clódis de Oliveira Andrades Filho
Rejane Maria Candiota Tubino
Ana Carolina Tramontina

DOI 10.22533/at.ed.5912010128

CAPÍTULO 9..... 103

ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM MODELO ESPACIAL DE COLETA DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO – SP

Gustavo Morini Ferreira Gândara
Magda Adelaide Lombardo

DOI 10.22533/at.ed.5912010129

CAPÍTULO 10.....114

RECICLAGEM DE ÓLEOS COMESTÍVEIS: CENÁRIOS SUSTENTÁVEIS DE UM LABORATÓRIO UNIVERSITÁRIO DE GASTRONOMIA

Gerson Breno Constantino de Sousa
Carlos de Araújo de Farrapeira Neto
Iury de Melo Venancio
Camila Santiago Martins Bernardini
Leonardo Schramm Feitosa
Ana Vitória Gadelha Freitas

Ingrid Katelyn Costa Barroso
Rui Pedro Cordeiro Abreu de Oliveira
André Luís Oliveira Cavaleiro de Macedo
Danielle Sousa Lima
Raquel Jucá de Moraes Sales

DOI 10.22533/at.ed.59120101210

CAPÍTULO 11..... 126

METAIS PESADOS, PARÂMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS EM UM TRECHO DO RIO SÃO FRANCISCO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Carla Linardi Mendes de Souza
Milena da Cruz Costa
Alexsandra Iarlen Cabral Cruz
Juliana dos Santos Lima
Madson de Godoi Pereira

DOI 10.22533/at.ed.59120101211

CAPÍTULO 12..... 139

LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA: COMPOSTAGEM OU DESTINAÇÃO EM ATERRO SANITÁRIO?

Gislayne de Araujo Bitencourt
Regina Teresa Rosim Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.59120101212

CAPÍTULO 13..... 149

PEGADA HÍDRICA VERDE DA CADEIA PRODUTIVA DA PECUÁRIA EM UMA FAZENDA NO MUNICÍPIO DE ALENQUER, REGIÃO OESTE DO PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL

Ilze Caroline Gois Braga Pedroso
Ildson de Souza Tenório
Lucas Meireles de Sousa
Urandi João Rodrigues Junior

DOI 10.22533/at.ed.59120101213

CAPÍTULO 14..... 159

SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICO DE MILHO, FEIJÃO E MANDIOCA CONSORCIADOS EM SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR

João Paulo Apolari
Gislayne de Araujo Bitencourt

DOI 10.22533/at.ed.59120101214

CAPÍTULO 15..... 170

DESENVOLVIMENTO DE UMA FORMULAÇÃO COSMÉTICA CONTENDO SUBSTÂNCIAS ATIVAS NATURAIS PARA O TRATAMENTO DE MELASMA

Micaela dos Santos Fernandes Lima
Ariana Ferrari
Daniele Fernanda Felipe

DOI 10.22533/at.ed.59120101215

SOBRE A ORGANIZADORA.....	178
ÍNDICE REMISSIVO.....	179

MODELAGEM E SIMULAÇÃO EM PSCAD DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA DE LARGA ESCALA

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 30/09/2020

Alysson Augusto Pereira Machado

Instituto Federal do Espírito Santo
Linhares – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/5711591914075115>

Nicole Campos Foureaux

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9024089358237613>

Igor Amariz Pires

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9412048303683562>

Sidelmo Magalhães Silva

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/4356279128408928>

Braz de Jesus Cardoso Filho

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/8287627098176443>

José Antônio de Souza Brito

Grupo Neoenergia (COELBA, Celpe, Consern)
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/8543891208493048>

RESUMO: Este artigo descreve modelagem e simulação de um sistema fotovoltaico trifásico conectado ao sistema elétrico. Dados reais

disponíveis da instalação da usina São Lourenço da Mata foram utilizados para a modelagem e validação do sistema. Um sistema de controle da potência ativa/reactiva injetada na rede pelo conversor baseado em coordenadas d-q é descrito. Utilizando o modelo de simulação desenvolvido na plataforma PSCAD/EMTDC®, foi realizado o cálculo da energia em kWh para um período de tempo no terceiro ano de operação da usina. Os resultados são comparados com a saída de energia estimada no software PVSYST® durante a etapa de projeto da usina. Para a planta utilizada percebeu-se desvios da energia estimada na etapa de projeto. A plataforma de simulação proposta é uma ferramenta auxiliar de análise, que pode ser utilizada tanto na etapa de projeto para se obter resultados mais precisos, quanto durante a operação do sistema, permitindo estudos mais aprofundados das condições de operação.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar, Modelo PSCAD, Viabilidade econômica de usina fotovoltaica.

PSCAD MODELING AND SIMULATION OF A LARGE SCALE PHOTOVOLTAIC PLANT

ABSTRACT: This paper describes the modeling and simulation of a three-phase connected photovoltaic system. Real data available from São Lourenço da Mata installation power plant was the basis for model construction and validation. A control system of active/reactive power injected into the grid based on dq-component is presented. Using the simulation model developed in the PSCAD/EMTDC® platform, the energy in kWh of four months of operation was calculated

for this power plant. These results were compared with the estimated energy provided by PVSYST® during the power plant design stage. For the power plant understudy, a deviation in the estimated energy in the design stage was observed. The proposed simulation platform is an auxiliary analysis tool that can be used either in the design stage to obtain accurate results or during the system operation enabling in-depth studies of the operation conditions.

KEYWORDS: Solar Energy, PSCAD model, Economic viability of photovoltaic plant.

1 | INTRODUÇÃO

Plantas fotovoltaicas (PV) têm gerado grande interesse nas últimas décadas. A energia limpa e o avanço das smart-grids são umas das razões para o crescimento da utilização da energia fotovoltaica e a inserção da geração distribuída na matriz energética.



Figura 1- Vista aérea da usina fotovoltaica
São Lourenço da Mata.

O Brasil possui uma localização geográfica com grande incidência solar, possuindo assim grande potencial de geração fotovoltaica. Próximo ao estádio Arena Pernambuco em Recife, a usina fotovoltaica São Lourenço da Mata com capacidade instalada de aproximadamente 1 MWp, mostrada na Fig. 1, foi inaugurada no final de 2013. Ela é dividida em uma planta de 890 kW de capacidade instalada e outra experimental de 50 kW. O estudo realizado neste trabalho está concentrado na maior planta, composta por 3360 painéis de 265 Wp Yingli Solar®, modelo YL265C-29b (Yingli Solar, 2010).

O conversor utilizado é o Ingecon Sun® 850M360 Indoor de 917 kW, composto por quatro inversores, cada um possuindo um algoritmo MPPT (Maximum Power Point Tracking) independente (Ingeteam, 2012). Os 3360 painéis são divididos

entre os quatro inversores, cada um contendo 42 strings. As strings são conectadas em paralelo, sendo cada uma constituída de 20 painéis em série. As saídas dos inversores são conectadas em paralelo em um transformador de 360 V/13,8 kV de 1000 kVA que faz a interface para a rede de média tensão. A Tab. 1 resume as características das conexões nos inversores.

Sistema PV instalado						
	# de strings	Pmpp [W]	Vmpp [V]	I _{mp} [A]	Voc [V]	I _{sc} [A]
Entrada DC de cada inversor	42	222,6 k	620	359,1	780	375,1
Informações de catálogo do conversor						
Entrada DC de cada inversor	DC Power [W]		Vmpp [V]	MPP Tracker	Entradas paralelas	
	233 - 273 k		524 - 820	1	4	
Lado AC	P _{nominal} AC [W]		V _{nominal} [V]	I _{max} [A]	Conexão no grid	
	917 k		360	1,4 k	IT System	

Tabela 1 - Especificações técnicas.

2 I MODELAGEM DOS ELEMENTOS DA USINA FOTOVOLTAICA

2.1 Modelagem do painel fotovoltaico e da string

A Tab. 2 contém os parâmetros elétricos e térmicos do painel YL265C-29b em condições padrão (STC). Os fabricantes de painéis fotovoltaicos fornecem apenas alguns parâmetros elétricos e térmicos que guardam parcialmente as características do painel. Por se tratar de um conjunto de elementos não lineares, as curvas características de potência em função da temperatura e radiação solar são não lineares.

O circuito equivalente de uma célula fotovoltaica é representado na Fig. 2. Diversos estudos de modelos para células fotovoltaicas existem na literatura. Em Villalva et. al. (2009a) e Villalva et. al. (2009b) foi proposto um algoritmo de modelagem que se baseia apenas nos parâmetros de datasheet e que alcança boas aproximações iterativamente. A relação entre a tensão e corrente da célula em diferentes condições de irradiação solar e temperatura pode ser expressa com base na Eq. (1) (Rahman et. al., 2011):

$$I = I_{ph} - I_0 \left[e^{\frac{q(V + IR_s)}{nkTn_s}} - 1 \right] + \frac{V + IR_s}{n_s R_p} \quad (1)$$

onde V e I são a tensão e corrente de saída da célula fotovoltaica, respectivamente. O parâmetro n_s é o número de células em série, R_s é a resistência equivalente série da célula expressa em ohm, k é a constante de Boltzmann, n é o fator de idealidade do diodo, q é a carga do elétron em 'eV', R_p é a resistência shunt em paralelo expressa em ohm e T é a temperatura da célula. Na Eq. (1), a fotocorrente I_{ph} é uma função da irradiação solar G e da temperatura:

$$I_{ph} = I_{ph(STC)} \left[1 + K_i (T - T_r) \right] \frac{G}{G_{STC}} \quad (2)$$

onde na Eq. (2) $I_{ph(STC)}$ é a fotocorrente de referência nas condições padrão (STC), K_i é o coeficiente de temperatura da corrente de curto-circuito, T_r é temperatura de referência e G_{STC} é irradiação solar de referência da célula.

O PSCAD possui em sua biblioteca um componente de fonte fotovoltaica, em que são configurados os parâmetros de modelo da célula fotovoltaica, mostrado na Fig. 3. Com os dados de *datasheet* do painel e com os parâmetros de resistência série e shunt estimados, facilmente se obtém modelos da curva característica V-I de um painel ou um arranjo de painéis fotovoltaicos. O componente apresenta uma interface gráfica, onde se pode alterar em tempo de simulação dados de irradiação solar e temperatura.

2.2 Algoritmo MPPT

Em aplicações fotovoltaicas, a máxima potência que pode ser extraída do módulo depende da irradiação solar e da temperatura, pois estas duas variáveis alteram o ponto de operação na curva V-I que corresponde ao ponto máximo da curva de potência. Desta forma, a tensão nos terminais do painel ou arranjo fotovoltaico precisa ser ativamente controlado para que durante a operação se mantenha o ponto de máxima potência.

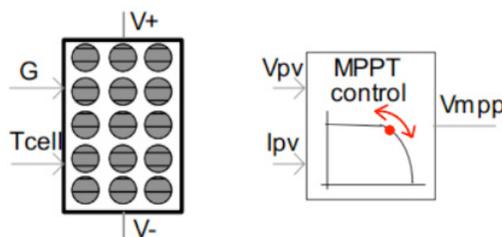


Figura 3- Componentes PV da biblioteca do PSCAD.

Ao longo das últimas décadas, vários algoritmos foram propostos (Hsiao e Chen, 2002), se diferenciando na velocidade de rastreamento, quantidade de sensores, complexidade e capacidade de rastreamento real do ponto de máxima potência (MPP). O PSCAD possui também em sua biblioteca mais recente um componente MPPT, mostrado na Fig. 3, que implementa ambos os algoritmos ‘perturba e observa’ (P&O) e ‘condutância incremental’ (Rajapakse e Muthumuni, 2009). A referência de tensão da saída do algoritmo MPPT é utilizada como referência na malha de controle do conversor. Por meio do controle da potência injetada na rede é possível manter-se o MPP.

Potência de saída	265	[W]
Eficiência do módulo	16,2	[%]
Tensão no MPP (V_{MPP})	31,0	[V]
Corrente no MPP (I_{MPP})	8,55	[A]
Tensão de circuito aberto (V_{OC})	39,0	[V]
Corrente de curto-circuito (I_{SC})	8,93	[A]
Tensão máxima	1000	[V]
Coefficiente de temperatura beta de ISC	0,04	[%/K]
Coefficiente de temperatura alpha de VOC	-0,33	[%/K]

Tabela 2 - Parâmetros do painel fotovoltaico em STC (1000 W/m² e 25°C).

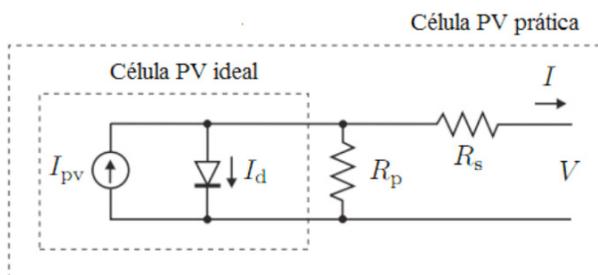


Figura 2- Modelo de um único diodo de uma célula fotovoltaica ideal e prática (Villalva, 2009a).

2.3 Conversor Trifásico

A operação do conversor é em modo de controle de corrente em coordenadas dq . A Transformação de Park permite controlar de forma desacoplada a potência

ativa e reativa, que em regime permanente é obtida de acordo com a Eq. (3) e Eq. (4).

$$P_s(t) = \frac{3}{2}[V_{sd}i_d(t)] \quad (3)$$

$$Q_s(t) = \frac{3}{2}[-V_{sd}i_q(t)], \quad (4)$$

onde P_s e Q_s são a potência ativa e reativa, respectivamente, V_{sd} é tensão da rede no eixo d , e i_d e i_q são as correntes do conversor no eixo d e q , respectivamente.

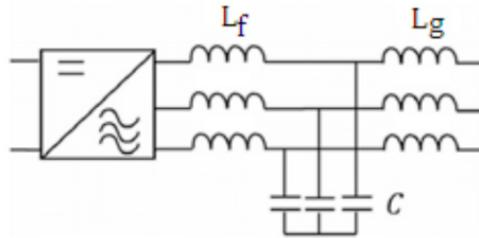


Figura 4- Filtro LCL na saída do conversor.

Um filtro LCL, representado na Fig. 4, é comumente utilizado. O filtro LCL proporciona melhor eficiência na atenuação de componentes harmônicas de alta frequência, além de redução de custo e volume. Porém, o projeto do filtro e o controle do conversor são mais complexos devido aos cuidados para se evitar ressonâncias que causem problemas de estabilidade (Chen e Liu, 2009; Agorreta et. al., 2011).

Em baixa frequência, a influência do capacitor pode ser desprezada, e o filtro LCL é tratado como um filtro L, composto pela soma da indutância dos dois indutores L_f e L_g e etapas de projeto para um filtro L convencional podem ser adotadas, segundo Chen e Liu (2009). Entretanto, na região da frequência de chaveamento a frequência de ressonância do filtro LCL deve ser levada em consideração na escolha da capacitância C , aplicando-se técnicas adequadas de atenuação de ressonância, seja de forma passiva ou ativa (Zhang et. al., 2014). A Fig. 5 mostra o sistema de controle completo do conversor. Controladores PI são comumente utilizados na malha de corrente, e tendo-se uma indutância equivalente L com resistência equivalente R no filtro de saída, os parâmetros do controlador podem ser obtidos por (Yazdani e Iravani, 2010):

$$k_p = L/\tau_i, \quad (5)$$

$$k_i = R/\tau_i, \quad (6)$$

onde τ_i é a constante de tempo do sistema em malha fechada a ser escolhida. O valor da constante de tempo depende da velocidade requerida do sistema de

controle de corrente em malha fechada, bem como de uma adequada faixa de passagem. Valores entre 0,5 – 5 ms são tipicamente utilizados. A Eq. (7) determina a função de transferência em malha fechada considerando os controladores PI calculados pela Eq. (5) e Eq. (6).

$$\frac{i_d(s)}{I_{dref}(s)} = G_p(s) = \frac{1}{\tau_i s + 1} \quad (7)$$

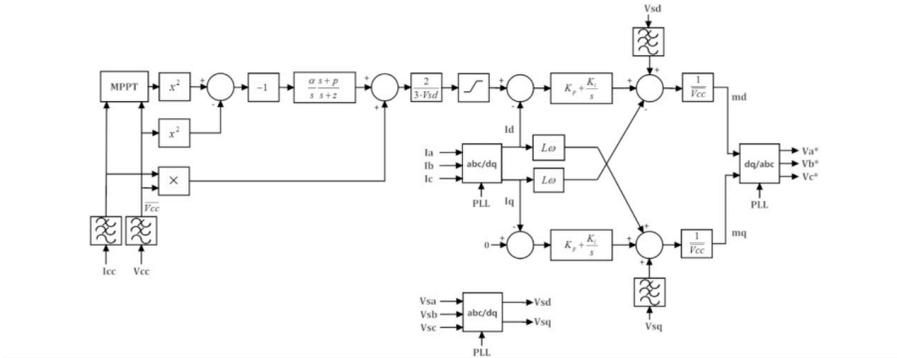


Figura 5- Malha de controle do sistema.

O controle da tensão do barramento c.c. é importante, pois possui relação direta com o ponto de operação. Dependendo da irradiação e da temperatura o MPP se desloca, implicando em um novo valor de tensão. O algoritmo MPPT rastreia essa tensão, gerando uma referência para a malha de controle que regula a tensão do barramento c.c..

A dinâmica do barramento c.c, descrita por Iazdani e Iravani (2010), é composta por $G_p(s)$ da Eq. (7) e por $G_v(s)$, definido na Eq. (8),

$$G_v(s) = \frac{V_{CC}^2(s)}{P_s(s)} = -\left(\frac{2}{C}\right) \frac{\tau s + 1}{s}, \quad (8)$$

onde a constante de tempo τ é

$$\tau = \frac{2LP_{ext}}{3V_{sd}^2}. \quad (9)$$

O ganho de malha é descrito pela Eq. (10):

$$L(s) = -K_v(s)G_p(s)G_v(s), \quad (10)$$

onde $G_p(s)$ e $G_v(s)$ são dados pelas equações Eq. (7) e Eq. (8), respectivamente. Adicionando também um compensador por avanço de fase com integrador, a estrutura completa do compensador é descrita pela Eq. (11).

$$K_v(s) = \frac{\alpha s + z}{s s + p} \quad (11)$$

O integrador garante erro nulo em regime permanente, enquanto a estrutura de avanço de fase permite aumentar a margem de fase, e com isso garantir estabilidade em todos os pontos de operação da planta. Deve-se calcular os parâmetros do compensador de modo a garantir uma margem de fase adequada para o sistema em malha fechada.

2.4 Transformador Trifásico

A conexão da saída dos conversores no ponto de acoplamento comum (PCC) na rede de média tensão via transformador elevador de 360 V/13,8 kV. A potência nominal do transformador é de 1 MVA. Dados de placa do transformador foram utilizados no modelo computacional do PSCAD. A Tab. 3 resume as características do transformador.

Características elétricas			Enrolamento primário		
Potência nominal	1000	[kVA]	Tensão nominal	13800	[V]
Número de fases	3	-	Tensão máxima	15000	[V]
Frequência	60	[Hz]	Enrolamento secundário		
Perdas em vazio a 75 °C	2000 (máximo)	[W]	Tensão nominal	360	[V]
Perdas em carga a 75 °C, referidas às tensões nominais	12000 (máximo)	[W]	Tensão máxima	600	[V]
Corrente de excitação a 75 °C	1,2 (máximo)	%			
Ligação (primário/ secundário)	Estrela/Triângulo	-			

Tabela 3 - Características do transformador

3 I RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

Baseado na planta real da usina, uma simulação no ambiente PSCAD foi desenvolvida. A Fig. 6 mostra uma visão geral da estrutura da simulação. Os principais blocos da simulação são os arranjos fotovoltaicos, os conversores trifásicos com filtro LCL, o sistema de controle de cada conversor com seu MPPT e malha de controle descrita na seção 2, a PLL para sincronismo com a rede e o transformador trifásico para conexão com a rede em 13,8 kV. O arranjo fotovoltaico de um dos conversores foi modelado de forma expandida para simular situações de sombreamento parcial.

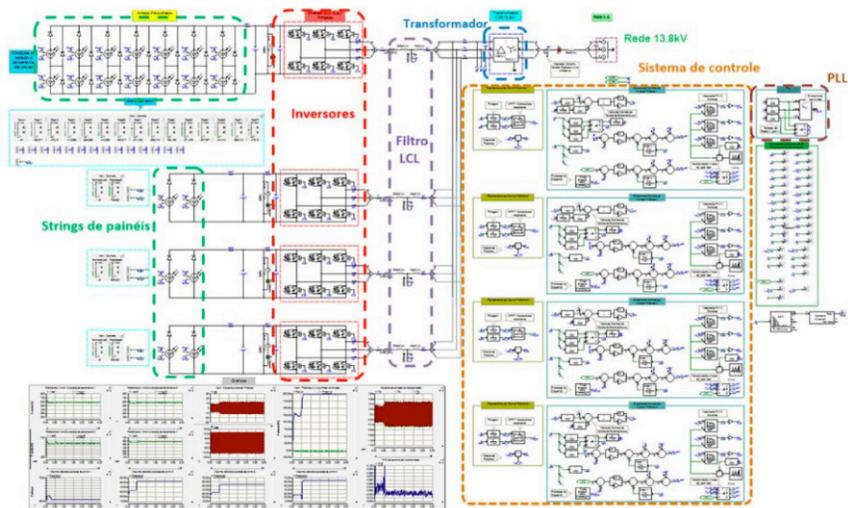


Figura 6- Organização da simulação da usina no PSCAD.

3.1 Operação com sombreamento parcial

Com este cenário, foi simulado a operação do sistema sob condições de sombreamento parcial nas strings e variações aleatórias ou seguindo um perfil histórico na irradiação, que emulam uma situação de alta nebulosidade. A temperatura dos painéis é de 50 °C. Os resultados são mostrados na Fig. 7.

O sistema de controle mantém o sistema estável ao longo de todas as variações nas condições de operação. A medida que a potência injetada diminui percebe-se um aumento da taxa de distorção harmônica total (THD) na corrente injetada na rede. Barote, e Marinescu (2014) realizaram um estudo da influência da potência reativa com a qualidade de energia em sistemas de geração distribuída conectados à rede. O controle da potência reativa e a compensação de harmônicos são fundamentais para cumprimento da norma IEEE 1547.1, que regulamenta o conteúdo harmônico máximo para injeção de potência na rede, em toda a extensão de irradiação solar.

Em um painel solar prático, para um certo número de células solares, existem um diodo conectado em paralelo, denominado diodo de bypass. Ele é necessário justamente nesta condição de sombreamento parcial, pois a máxima corrente ficaria limitada pela célula ou grupo de células com menor irradiação, diminuindo drasticamente a potência extraída, que não condiz com a irradiação média recebida. Esses diodos foram externamente adicionados no modelo das strings. Porém, mesmo com o diodo, perde-se capacidade de operar em pontos de máxima potência como o da Fig. 8, pois a tensão deste ponto é muito próxima ou até mesmo inferior à tensão de pico do ponto de acoplamento comum. Com isso, a utilização eficiente

da planta solar é comprometida em condições de sombreamento parcial ou baixa radiação global.

4 | VALIDAÇÃO DO MODELO

afim de validar o modelo de simulação desenvolvido no PSCAD/EMTDC, dados reais de irradiação solar e temperatura obtidos de uma estação solarimétrica da usina foram utilizados. Os resultados de potência injetada na rede do sistema de supervisão (SCADA) foram comparados com dados de potência injetada em simulação. A temperatura do painel (T_{pv}) é influenciada pela irradiação solar, sendo aproximada pelo fator de correção da Eq. (12).

$$T_{pv} = T_{ambiente} + (NOCT - 20) * \frac{S}{800} \quad (12)$$

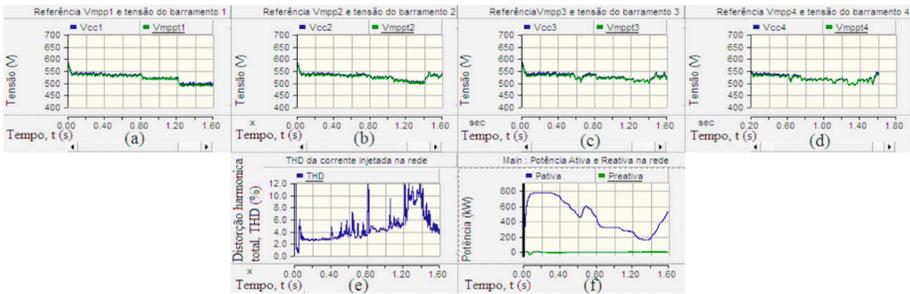


Figura 7- (a) – (d) Tensão do barramento CC dos conversores. (e) THD da corrente injetada na rede. (f) Potência ativa e reativa injetada na rede.

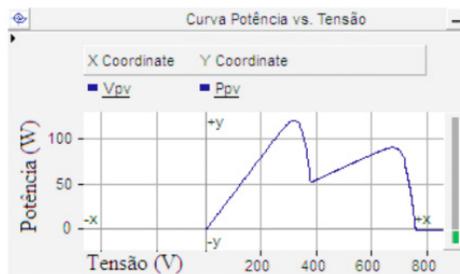


Figura 8- Curva característica potência versus tensão do painel devido a sombreamento parcial.

onde S é a irradiação solar em W/m^2 , $T_{ambiente}$ é a temperatura média do ar, e $NOCT$ é a temperatura de $46\text{ }^\circ\text{C}$ obtida pelo catálogo do fabricante do painel.

O resultado de um dos dias é mostrado na Fig. 9 e Fig. 10. Foi observado que

nos dados do SCADA havia uma limitação de potência injetada na rede (P_{ac}) em 100 kW, configurado manualmente no conversor por questões de sobretemperatura enfrentadas no container onde o conversor está instalado. O intervalo de amostragem do sistema SCADA é de 1 minuto, que é representado na simulação do PSCAD 0,5 segundos. Este procedimento foi necessário para tornar viável o tempo total de simulação. É importante evidenciar que esta compressão de dados introduz erros. Considerando os pontos abaixo da limitação de potência, o erro quadrático médio entre dados de simulação e dos dados reais é de 16,5 %. Foi desconsiderado também o efeito de sombreamentos devido à algumas árvores e arbustos existentes em uma das extremidades da usina, descrito a seguir.

Através de resultados de simulação para outros dias, notou-se uma diferença entre a simulação e os dados SCADA ao final do dia, como pode ser notado na Fig. 10. Após verificação no local da usina, constatou-se que esta diferença é proveniente do efeito de “*near shading*”, sombra próxima em tradução livre, ocasionado por vegetação e elevação de terreno externo a usina. A posição do sensor e um único ponto de sensoriamento da irradiação não permite uma modelagem mais precisa de cenários como esse de sombreamento parcial causando imperfeições na contabilização da energia gerada. Felizmente, nenhum outro anteparo faz sombra aos painéis.

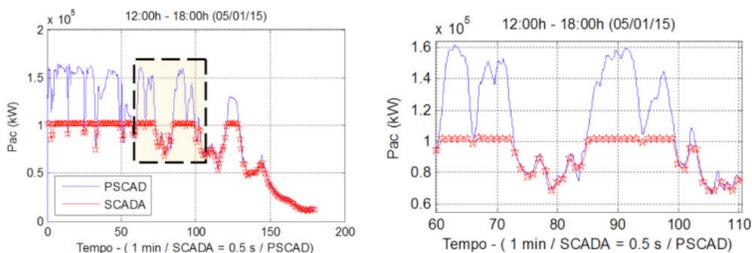


Figura 9- (a) Comparação entre os dados reais (SCADA) e de simulação (PSCAD) de potência injetada na rede. (b) Zoom da região marcada na fig. (a).

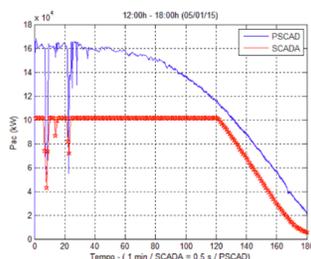


Figura 10- Comparação entre os dados reais (SCADA) e de simulação (PSCAD) de potência injetada na rede.

5 | COMPARAÇÃO DE DADOS DO MODELO COM DADOS DO PVSYS

Durante o projeto da usina, são realizados ensaios em softwares apropriados para estimação da geração da mesma. Esses dados são cruciais na verificação da viabilidade econômica da usina e muitas vezes definitivos para a escolha entre investimentos. Para a usina em estudo, dados PVSYS foram obtidos para estimar a geração da mesma levando em consideração o posicionamento da mesma na época de implantação e com dados do local de instalação, como irradiação equivalente em horas equivalentes de sol mensais obtidas de estações apropriadas em localidades próximas.

Após 3 anos de operação, dados reais da estação solarimétrica da usina foram obtidos e, utilizando a simulação validada (apresentada nas seções anteriores), simulou-se a usina dos meses de março a setembro. A Fig. 11 apresenta os dados comparativos de ambas as simulações. Para essa simulação, as perdas do transformador e dos painéis após três anos de operação conforme dados do fabricante.

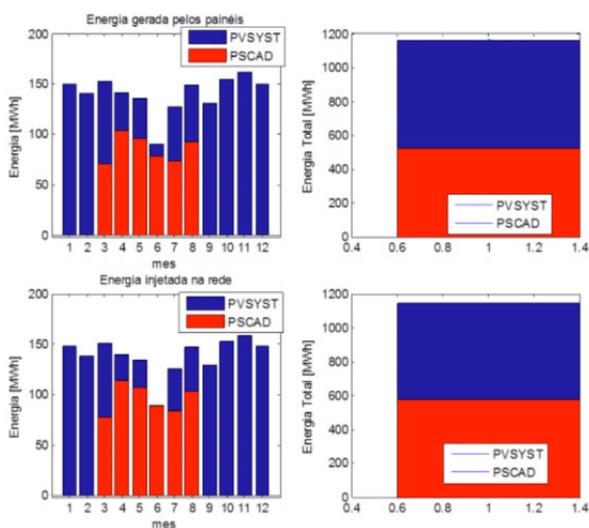


Figura 11- Comparação entre a geração de energia obtida no PVSYS com a obtida em simulação no PSCAD.

A energia gerada é, no máximo, 52 % da estimada inicialmente. Isto pode afetar significativamente os estudos de retorno de investimento da usina. Alguns parâmetros podem ser citados para explicar a discrepância entre a geração esperada e a geração real de energia, como, por exemplo, a utilização de dados de irradiação estimada do local incorretos. Os dados normalmente utilizados são provenientes de

médias históricas muito longas e não necessariamente representam o ano medido pela estação solarimétrica contida na usina. Incorreções nas medidas da estação solarimétrica foram desconsideradas uma vez que, no período analisado dos dados provenientes da estação, uma equipe de manutenção preventiva tem realizado todos os procedimentos de limpeza e calibração sugeridos por norma. Outro ponto que pode ter levado a essa diferença é a contabilização de perdas não inclusas no estudo com PVSYST, como depreciação dos painéis, considerada linear e anual a partir de dados do fabricante. Influências de “near shading” não foram contabilizadas na simulação de energia e, portanto, não podem ter causado essa diferença.

6 | COMPARAÇÃO DE DADOS DO MODELO COM DADOS DO PVSYST

As usinas solares estão em foco dos investimentos em energia solar renovável nos últimos anos. Entender e comparar os resultados já obtidos em instalações reais faz-se crucial para investimentos econômicos na área, como apresentado neste trabalho. Dados de simulação foram validados através de dados de geração reais da usina e então comparados a dados iniciais de análise do investimento. A discrepância entre valores estimados e reais encontrada foi notória e o retorno do investimento calculado pode estar muito aquém do desejável.

A simulação desenvolvida permite obtenção de curvas de geração mais precisas quanto maior for o detalhamento de informações do sistema, sendo uma ferramenta auxiliar eficaz para estudos de viabilidade econômica. Desta forma, em etapa de projeto é possível ter resultados dinâmicos de geração por meio de base de dados de irradiação solar e temperatura, acrescentando maior grau de liberdade para a análise de viabilidade. Está prevista uma análise mais detalhada das perdas desse sistema, o que indicará uma situação ainda mais próxima do estimado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à COELBA o suporte financeiro através do programa de P&D da ANEEL “Chamada ANEEL: 013/2011”, Número PD-0047-0060/2011.

REFERÊNCIAS

AGORRETA, Juan Luis; BORREGA, Mikel, LÓPEZ, Jesús, MARROYO, Luiz. **Modeling and control of N-paralleled grid-connected inverters with LCL filter coupled due to grid impedance in PV plants.**, IEEE Trans. on Power Electronics, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 770-785, mar. 2011.

BAROTE, Luminita., MARINESCU, Corneliu. **Reactive power influence on power quality for grid connected converter in DPGS applications**, Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM), Bran, pp. 748 – 755, mar. 2014.

CHEN, Yun; LIU, Fei. **Design and control for three-phase grid-connected photovoltaic inverter with LCL filter**, IEEE Circuits and Systems International Conference on Test and Diagnosis, Chengdu, pp. 1 – 4, abr. 2009.

HSIAO, Ying-Tung; CHEN, China-Hong. **Maximum power point tracking for photovoltaic power system**, in Conf. Record 37th IAS Annu. Meeting Ind. Appl. Conf., Pittsburgh, pp. 1035 – 1040, dez. 2002.

Ingeteam Power Technology, **INGECON SUN PowerMax Installing manual**, Espanha: Madrid, 2012. Disponível em: http://www.ingeteam.com/Portals/0/Productos/Documentos/PTD158__Installation%20Manual.pdf

RAHMAN, Shah Arifur; VARMA, Rajiv. K. **PSCAD/EMTDC model of a 3-phase grid connected photovoltaic solar system**, North American Power Supply Symposium (NAPS), Boston, pp. 1-7, ago. 2011.

RAJAPAKSE, Athula D.; MUTHUMUNI, Dharshana. **Simulation tools for photovoltaic system grid integration studies**, IEEE Electrical Power & Energy Conference (EPEC), Montreal, pp. 1-5, out. 2009.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael; FILHO, Ernesto Ruppert. **Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays**, IEEE Trans. On Power Electronics, vol. 24, no. 5, pp. 1198 – 1208, mar. 2009a.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael; FILHO, Ernesto Ruppert. **Modeling and circuit-based simulation of photovoltaic Arrays**, Brazilian Journal of Power Electronics, Bonito, vol. 14, no. 1, pp. 35 – 45, out. 2009b.

YAZDANI, Amirnaser, IRAVANI, Reza. **Voltage source converters in power systems: modeling, control and applications**. Toronto: Wiley-Interscience Press, 2010. 541 p.

Yingli Solar, **Panda 265 series datasheet**, China: Baoding, 2012. Disponível em: <http://www.affordablesolar.com/site/doc/Panda%20265%20Series%20Data%20Sheet.pdf>

ZHANG, Chi; DRAGICEVIC, Tomislav; VASQUEZ, Juancho C.; GUERRERO, Josep M. **Resonance damping techniques for grid-connected voltage source converters with LCL filters – A review**, In Proc. of the IEEE International Energy Conference (ENERGYCON), Cavtat, pp. 169 – 176, mar. 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ação despigmentante 170, 172

Água tratada 139, 140

Alimentação do gado 149, 154, 157

B

Baixas temperaturas 81

Biomassa residual 159, 163, 164, 165

C

Cadeia de soluções 95

Certificações de eficiência energética 27, 28, 31

Coletores solares evacuados 81

Companhia Energética de São Paulo 66, 67, 68, 69, 70

Compensação em créditos 41, 45, 47

Contaminação de rios 114

Corpos d'água 107, 124, 126, 127, 130, 133

Cosméticos sustentáveis 170

Crescimento populacional 114, 116, 126, 127

D

Desenvolvimento econômico 16, 20, 24, 95, 96, 100

Destinação do lodo 139

E

Edificações 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 67, 112

Eficiência energética 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 66, 68, 69

Estabelecimentos comerciais 103

Estações de tratamento de água 139, 147

G

Gestão de resíduos 95, 101, 114, 124

Gramínea Brachiaria 149, 154, 155

I

Impacto de mudanças 41, 43, 49

Instrumento de indução 16

Interdisciplinar 16, 23, 125

L

Laboratório de gastronomia 115, 117

Legislação 24, 27, 95, 130, 178

Locais inapropriados 103

M

Mensuração 118, 149, 152, 153

Metrópoles 2, 14, 139

Monocultivo 159

O

Óleo residual de fritura 103, 106, 108, 111

P

Parâmetros físico-químicos 126, 131, 134

Plantio consorciado 159, 160

Plataforma PSCAD/EMTDC 52

Política nacional de resíduos sólidos 95, 96, 101, 141, 144, 147

Política pública 103

Problemas ambientais 126, 127

Produção de pastagem 149, 152, 157

R

Racionalização 27, 123

Reforma tributária 16, 22

S

Saunas úmidas 82

Sistema fotovoltaico trifásico 52

Sistema solar 80, 82, 85, 90

Software 79

Software PVSYST 52

Software @Risk 41

Substâncias ativas naturais 170, 172, 175

T

Técnicas de cultivo 159

Tecnologia PEM 66

Testes de controle 67

Transbordo de esgoto 114

Tratamento de manchas na pele 170

Tributação ambiental 16, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26

V

Variáveis independentes 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

Subtemas e Enfoques na Sustentabilidade 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Subtemas e Enfoques na Sustentabilidade 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 