



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 3

 **Atena**
Editora
Ano 2020



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 3

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

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 4.0 Internacional (CC BY 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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 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
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 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
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. 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
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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
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. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
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. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
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. 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
Profª Ma. Lillian 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
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
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)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A526 Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-389-7

DOI 10.22533/at.ed.897201709

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Kanashiro, Rennan Otavio.

CDD 620

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

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

PROPOSAL OF A CONCEPT FOR MODELING SMALL WIND TURBINES

Heitor Andrade Porto

Arthur José Vieira Porto

Carlos Alberto Fortulan

DOI 10.22533/at.ed.8972017091

CAPÍTULO 2..... 14

PROPOSTA DE ALGORITMO PARA REGRAS DE CIRCULAÇÃO DE TRENS EM FERROVIA SINGELA COM PONTOS DE CRUZAMENTO EM MODELO DE SIMULAÇÃO BASEADA EM EVENTOS DISCRETOS OU AGENTES

Rafael Buback Teixeira

Luiz Henrique Lima Faria

Afonso Celso Medina

Augusto Cesar Pereira

Frederico Augusto Coelho Vieira da Costa

Luiz Antonio Silveira Lopes

Ivan Ronei Herzog Mação Campos

Lucas Corteletti Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.8972017092

CAPÍTULO 3..... 31

OTIMIZAÇÃO NÃO LINEAR E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS: FERRAMENTAS NA LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

Simone Aparecida Rocha

Thiago Gomes de Mattos

Rodrigo Tomás Nogueira Cardoso

Eduardo Gonzaga da Silveira

DOI 10.22533/at.ed.8972017093

CAPÍTULO 4..... 47

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE APROVEITAMENTO COM GERAÇÃO HÍBRIDA HIDRÁULICO-FOTOVOLTAICO

Marianna Aranda Lima

DOI 10.22533/at.ed.8972017094

CAPÍTULO 5..... 59

DIAMOND INTEGRATED COATING BY ELECTROPLATING PROCESS - AN OVERVIEW

Regina Bertília Dantas de Medeiros

Janary Martins Figueiredo Filho

Meysam Mashhadikarimi

Uilame Umbelino Gomes

DOI 10.22533/at.ed.8972017095

CAPÍTULO 6..... 70

TECNOLOGIA ASSISTIVA: PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO PARA ESTÍMULO SENSORIAL

INTENSIVO

Mauro Fonseca Rodrigues
Diane Johann
Leonardo Rafael Willers
Gracieli Cristina Scherer
Kelly Gabriela Poersch

DOI 10.22533/at.ed.8972017096

CAPÍTULO 7..... 83

OBTENÇÃO DE NANOFERRITA DE MANGANÊS PELO MÉTODO DE COMBUSTÃO EM SOLUÇÃO (SCS) PARA APLICAÇÃO EM BIONANOCOMPOSITO

Ana Clara Ferreira de Sousa
Débora Albuquerque Vieira
Mireli Tomazi Fidelis
Anderson Souza Silva
Ana Cristina Figueiredo de Melo Costa

DOI 10.22533/at.ed.8972017097

CAPÍTULO 8..... 94

TRATAMENTO DE METAIS PESADOS PRESENTES EM RESÍDUOS SÓLIDOS PERIGOSOS POR ESTABILIZAÇÃO E SOLIDIFICAÇÃO EM MATRIZ DE CIMENTO

Eder Saulo de Freitas Galindo
André Luiz Fiquene de Brito

DOI 10.22533/at.ed.8972017098

CAPÍTULO 9..... 109

ESTUDO DA COMPACTAÇÃO E SINTERIZAÇÃO DE PÓS CERÂMICOS DE ZnO (ÓXIDO DE ZINCO) OBTIDOS POR REAÇÃO DE COMBUSTÃO COM POTENCIAL PIEZOELÉTRICO

Verônica Barbosa da Silva
Débora Albuquerque Vieira
José Bruno Silva Gomes
Sara Paulina Noronha Lima
Herbert Fonseca da Silva
Ana Cristina Figueiredo de Melo Costa

DOI 10.22533/at.ed.8972017099

CAPÍTULO 10..... 122

INFLUÊNCIA DO USO DE AGENTE MODIFICADOR DE IMPACTO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO COPOLÍMERO RANDÔMICO DE POLIPROPILENO

Jesus Rogério Damé Pereira
Carmen Iara Walter Calcagno
Ruth Marlene Campomanes Santana

DOI 10.22533/at.ed.89720170910

CAPÍTULO 11..... 134

INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DE SORBITOL E PROPILENOGLICOL NAS

CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE FILMES DE QUITOSANA

Letícia Pereira Almeida

Francisco Fábio Oliveira de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.89720170911

CAPÍTULO 12..... 140

O QUE FAZER COM OS REEE DO CESC E CESC?

Fernando Wesley Pinheiro Brito

Railane dos Santos de Sousa

Ana Sávia Constâncio da Silva

Maria de Fátima Salgado

DOI 10.22533/at.ed.89720170912

CAPÍTULO 13..... 152

LEVANTAMENTO SOCIOAMBIENTAL DOS MUNICIPIOS PERTENCENTES AO COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SANTA TEREZA E SANTO ANTÔNIO

Walberisa Magalhães Gregório

Maria Cristina Bueno Coelho

Mauro Luiz Erpen

Maurilio Antônio Varavallo

Juliana Barilli

Asafe Santa Bárbara Gomes

Marcos Vinicius Giongo Alves

Marcos Vinícius Cardoso Silva

Yandro Santa Brigida Ataíde

DOI 10.22533/at.ed.89720170913

CAPÍTULO 14..... 160

REGRESSÃO MÚLTIPLA COMO INSTRUMENTO DE EXPLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VIOLÊNCIA NO BRASIL EM 2014

Afonso Fonseca Fernandes

Américo Matsuo Minori

Heber José de Moura

DOI 10.22533/at.ed.89720170914

SOBRE OS ORGANIZADORES 173

ÍNDICE REMISSIVO..... 174

CAPÍTULO 4

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE APROVEITAMENTO COM GERAÇÃO HÍBRIDA HIDRÁULICO-FOTOVOLTAICO

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 12/06/2020

Marianna Aranda Lima

Universidade Positivo

Curitiba – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/6253270895401592>

RESUMO: A energia elétrica se tornou uma das principais necessidades da sociedade moderna, e atualmente, no Brasil, a energia elétrica é gerada majoritariamente a partir de fontes hídricas por apresentar excelentes resultados quanto ao seu caráter sustentável. Porém, por ser um recurso necessário para a manutenção da vida na Terra é necessário que haja uma gestão dos recursos hídricos para o desenvolvimento territorial e econômico, tornando-se um componente estratégico de grande relevância. Os usos múltiplos e competitivos se acentuam e colocam pressões adicionais sobre a quantidade e qualidade da água. À medida que a economia se desenvolve e se diversifica, maior é a necessidade de uma gestão eficiente e participativa, contribuindo, assim, para o gerenciamento do estresse hídrico, regulando a demanda e compartilhando os usos múltiplos, além de receber destaque pela sua característica sazonal, aonde a geração enfrenta períodos sem precipitação, comprometendo, muitas vezes, o acúmulo de energia na forma potencial. Com isso, uma solução desenvolvida é o conceito de usinas híbridas hidráulico-fotovoltaicas com vistas a

diminuir os impactos das mudanças climáticas nos regimes hidrológicos de determinados rios, avaliando a possibilidade do restabelecimento de seus potenciais de armazenamento, a partir da integração de usinas fotovoltaicas a aproveitamentos hídricos. O estudo analisou dois aproveitamentos, a usina hidrelétrica de Sobradinho e do Foz do Areia, que apresentaram resultados favoráveis, quando analisados na forma de geração híbrida, demonstrando a possibilidade do armazenamento de água na forma potencial nos reservatórios.

PALAVRAS-CHAVE: Geração Híbrida Hidráulico-Fotovoltaica, Recomposição de Reservatório, Sistemas Fotovoltaicos.

ANALYSIS AND DIMENSIONING OF USE WITH HYBRID-PHOTOVOLTAIC GENERATION

ABSTRACT: Electricity has become one of the main needs of modern society, currently electricity is generated mainly from water sources because it presents excellent result in terms of its sustainable character. However, because it is a necessary to have a management of water resources for territorial and economic development, becoming a strategic component of great relevance. Multiple and competitive uses accentuate and place additional pressures on the amount of water quality. As the economy develops and diversifies, the greater the need for efficient and participatory management, thus contributing to the management of water stress, regulating demand and sharing multiple uses, as well as being highlighting by its seasonal character, where the generation faces periods

of no precipitation, often compromising the accumulation of energy in the potential form. A solution developed is the concept of hydro-photovoltaic hybrid plants with a view to reducing the impacts of climate change on the hydrological regimes of certain rivers, evaluating the possibility of reestablishing their storage potentials, from the integration of photovoltaic plant to water resources. The study analyzed two uses, the Sobradinho and Foz do Areia hydroelectric power plant, which presented favorable results when analyzed in the form of hybrid generation, demonstrating the possibility of storing water in the potential form in the reservoirs.

KEYWORDS: Hybrid hydro-photovoltaic generation, Reservoir Replenishment, Photovoltaic Systems.

1 | INTRODUÇÃO

Na sociedade, a energia elétrica tornou-se bem indispensável à sobrevivência humana (BARBOSA, 2015), porém para suprir essa demanda é necessário investir na construção de novas usinas, linhas de transmissão e distribuição, bem como fomentar e investir em fontes alternativas de energia (FIGUEIREDO, 2014).

O crescimento populacional, a industrialização, a ocupação territorial desordenada e a expansão da agricultura nos últimos séculos vêm acarretando problemas de escassez e degradação dos recursos hídricos. Com isso, a competitividade vem ligada aos usos múltiplos da água que buscam exigir quantidade e qualidade na água. A Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OECD) (OECD, 2012) afirma que cerca de 40% da população do mundo vive em condições de estresse hídrico, ou seja, quando a demanda por água é maior do que a sua disponibilidade e capacidade de renovação em determinada localidade. Com isso fica claro que o gerenciamento das águas passa a fazer parte constante de discussões políticas, sociais, econômicas e acadêmicas (CASTRO, 2012).

Dessa forma, pode-se pensar em combinar duas fontes de geração de energia, para que assim haja complementariedade na geração, além de estratégias que visem formas de compensação. A disponibilidade de recursos hídricos e solar existente permite a operação integrada destas fontes, de uma fonte solar com uma hidráulica, buscando maximizar a geração de energia (PENNING; TIMM; FINKLER, 2019).

Assim, pretende-se estudar o conceito de usinas híbridas hidráulico-fotovoltaico com vistas a diminuir os impactos das mudanças climáticas nos regimes hidrológicos de determinados rios, avaliando a possibilidade do restabelecimento de seus potenciais de armazenamento. Para tal, é necessário realizar uma modelagem do sistema híbrido, partindo inicialmente dos conceitos utilizados em aproveitamentos híbridos com energia armazenada, vazão sanitária, usos múltiplos da água, entre outros. Posteriormente será modelada a geração híbrida, considerando sistemas hidráulicos e fotovoltaicos, buscando o dimensionamento adequado para recomposição do reservatório.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Usinas Hidrelétricas

Em relação à utilização dos recursos hídricos para geração de energia elétrica, o Brasil destaca-se como um país com grande potencial hidrelétrico. Um gerador hidrelétrico funciona em função da força gerada por um líquido em escoamento. Este escoamento quando estrangulado aumenta sua velocidade, aumentando suas forças que fazem com que exista a movimentação de máquinas motrizes hidráulicas, produzindo o conjunto do motor (NETO; CARVALHO, 2013).

A energia hidrelétrica, adquire um comportamento instável devido à ocorrência de anos mais ou menos chuvosos. No entanto, ganha grande importância no contributo para o balanço energético no país, sendo claramente o recurso que mais se destaca no contributo para o balanço energético do país (CASTRO, 2015).

A quantidade de água armazenada em rios e nos reservatórios das usinas hidrelétricas representam o estoque de energia disponível e, desta forma, o nível médio dos reservatórios passa ser um item muito importante para a matriz energética do Brasil, sendo essencial seu monitoramento (LIMA, 2012).

O reservatório conta com alguns níveis pré-determinados para que se possa realizar o controle mais rigoroso da situação do nível de água, como:

- Nível d'água mínimo operacional;
- Volume morto
- Nível d'água máximo operacional
- Volume útil
- Volume de espera
- Nível d'água máximo maximorum

A vazão sanitária, definida pelos órgãos ambientais, visa manter as condições mínimas necessárias para sobrevivência da fauna e flora no referido trecho de desvio, que é aquele compreendido entre a barragem e o canal de fuga da central, onde a vazão turbinada é devolvida ao leito do rio.

Os reservatórios têm por finalidade acumular parte das águas disponíveis nos períodos chuvosos para compensar as deficiências nos períodos de estiagem, exercendo um efeito regularizados das vazões naturais.

2.2 Energia Solar

O aproveitamento de energia solar, seja como fonte de calor, seja como fonte de luz e uma das alternativas energéticas mais promissoras para solucionar parte dos problemas de escassez de energia enfrentadas pela população mundial. A energia solar fotovoltaica é

obtida pela conversão direta da luz em eletricidade, denominada de efeito fotovoltaico e é realizada pelos dispositivos fotovoltaicos (FV).

A radiação solar é um elemento meteorológico fundamental para diversos tipos de desenvolvimentos, a determinação de sua disponibilidade local e/ou regional é importante para o planejamento e condução das diferentes atividades.

A irradiância solar global inclui dois componentes, a radiação direta, que depende da latitude do local, hora do dia e dia do mês, e a radiação difusa, que depende da concentração de gases e partículas da atmosfera, nebulosidade, elevação do terreno adjacente à estação, edificações e árvores (TIBA, 2000).

O ciclo diurno da irradiância solar é resultante de fatores meteorológicos combinados a aspectos astronômicos tais como ângulo de incidência do sol que é função da latitude, hora do dia e dia do mês. A irradiância solar global é a quantidade de energia por unidade de área e unidade de tempo que incide sobre a superfície da Terra.

O dimensionamento de uma instalação fotovoltaica tem de ser efetuado de uma maneira muito criteriosa, considerando os custos relativamente elevados dos sistemas em relação à sua capacidade de produção de energia, é importante que sejam adotados critérios de dimensionamento adequados. Instalações superdimensionadas levam a custos de instalações muito altos que podem inviabilizar o projeto. Ao contrário, instalações subdimensionadas levam ao descrédito da tecnologia (FREITAS, 2008).

Segundo Serrão (2010), o procedimento que deve ser seguido envolve alguns processos de avaliação das características que envolvem o sistema, como a avaliação da localidade geográfica, longitude e latitude, a avaliação das necessidades energéticas para alimentar as cargas, a análise do espaço disponível, orientação e ângulo de inclinação, o desenvolvimento conceptual do sistema, a avaliação da radiação solar disponível de forma detalhada, o dimensionamento dos principais componentes do sistema, a seleção dos componentes e a revisão do projeto e dimensionamento do sistema.

2.3 Geração Híbrida

Conforme descrito por Li e Qui (2015), o complemento de geração a partir de hidrelétricas pode se tornar uma opção muito interessante tendo em vista a possibilidade de rápido ajuste da potência gerada e da estabilidade de geração proporcional pela operação conjunta com as turbinas hidráulicas.

Quando a energia fotovoltaica é interconectada à rede, as variações de carga devem ser compensadas pela energia hidráulica a fim de atender os picos e flutuações de demanda compensando assim a geração renovável do tipo fotovoltaica e tendo um papel fundamental na estratégia de operação do sistema nacional (ALENCAR, 2018).

Em comparação com a energia fotovoltaica, a energia hidráulica promove uma energia confiável, de fácil despacho e flexível. Sua geração, entretanto, depende da disponibilidade de água nos reservatórios e por consequência, da ocorrência de períodos

chuvosos recorrentes que permite o reestabelecimento dos níveis normais de operação destes reservatórios.

Conforme descrito por An et al. (2015), a compensação de energia fotovoltaica a partir da energia hidráulica pode ser caracterizada nas fases descritas, primeiramente a partir de uma regulação rápida em menor escala das palhetas do distribuidor, amenizando as variações bruscas inerentes da energia solar, sequencialmente a quantidade de energia potencial armazenada no reservatório e a flexibilidade da geração hidráulica.

A integração de fontes intermitentes em larga escala surge como uma solução viável, em particular, a complementariedade das fontes solar e hidráulica, pois traz um potencial significativo para permitir o controle de geração a partir da possibilidade de rápido ajuste da energia em função da demanda de carga e do aumento da capacidade de geração por mais tempo, trazendo uma maior segurança e confiabilidade para a operação do sistema elétrico (ALENCAR, 2018).

A implantação de usinas solares com potência altas pode operar em paralelo com a usina hidrelétrica, compartilhando a estrutura de interligação na rede, atendendo assim a demanda de forma estável, despachável e confiável. E permitindo tanto uma economia de água do reservatório como a estabilização da curva de geração fotovoltaica a partir da atuação rápida das turbinas hidráulicas (AN et al., 2015).

A geração fotovoltaica no decorrer do dia permite a economia de água nos reservatórios para assim ser utilizada durante o período noturno, e ou armazenamento para recomposição do leito do rio, conseqüentemente reduzindo o consumo de água para tal.

Dentro deste contexto, o estudo da operação ou projeto de usinas híbridas hidráulico-fotovoltaico permite uma utilização otimizada destes recursos hídricos, seja a partir do dimensionamento de um reservatório otimizado ou do consumo mais reduzido da água de um reservatório já construído onde se integra uma usina fotovoltaica.

3 | METODOLOGIA DA PESQUISA

A presente pesquisa tem como finalidade desenvolver uma pesquisa aplicada referente ao tema geração híbrida hidráulico-fotovoltaica, através da coleta de dados quantitativos em relação aos objetivos descritos. Posteriormente, serão realizadas simulações no Excel, a fim de verificar e ilustrar a recomposição do leito do rio quando aplicado o sistema de usinas híbridas.

O estudo de caso proposto avaliou dois aproveitamentos hidrelétricos situados nos estados da Bahia e do Paraná. As usinas de Sobradinho e Foz do Areia (Governador Bento Munhoz da Rocha Netto) estão instaladas no Rio São Francisco e no rio Iguaçu, respectivamente. Estas usinas não possuem somente a função de gerar energia elétrica, mas também de prover recursos hídricos para as regiões em torno, como a regularização de recursos hídricos, abastecimento de água, fornecimento de água para irrigação e agropecuária.

O aproveitamento hidrelétrico de Sobradinho está situado no Estado da Bahia, a aproximadamente 40 km das cidades de Juazeiro na Bahia e de Petrolina em Pernambuco. A usina está instalada no rio São Francisco, principal rio da região nordestina, com uma bacia hidrográfica da ordem de 630.000 km² e de extensão de 3.200 km.

O reservatório de Sobradinho é dito de acumulação possuindo cerca de 360 km de extensão e uma área superficial de 4.214 km². Sua capacidade de armazenamento gira em torno de 34 bilhões de metros cúbicos ao se considerar sua cota nominal de 392,50 metros. A casa de força compreende 6 (seis) unidades geradoras acionadas por turbinas tipo Kaplan com potência unitária de 175 MW, totalizando 1.050 MW. A vazão turbinada de casa turbina corresponde a 710 m³/s considerando a queda líquida nominal de cada máquina igual a 27,2 metros.

A Usina de Foz do Areia, conhecida também por “Usina Governador Bento Munhoz da Rocha Netto” (COPEL, 1995), está situada no rio Iguaçu, um dos principais afluentes do rio Paraná. Desde suas nascentes, ao pé da serra do mar, próximas à cidade de Curitiba, até sua foz, no rio Paraná, possui uma área de drenagem total de 70.799 km², dos quais mais de 80% em território paranaense e o restante do estado de Santa Catarina.

Na usina hidrelétrica de Foz do Areia, no trecho médio do rio Iguaçu, a área de drenagem da bacia incremental a montante do aproveitamento é de aproximadamente 29.900 km², possui uma potência instalada de 1.674 MW, sendo quatro turbinas Francis de 418,5 MW cada uma, com possibilidade de ampliação para um total de 2.509 MW. O aproveitamento compreende uma barragem de enrocamento com fase de concreto com uma altura máxima de 160 m, comprimento de crista de 828 m, estrutura de tomada d’água com sete comportas e um vertedouro. reservatório, criado pela barragem, tem uma área inundada de 153 km² no nível correspondente à cota 744 m, o volume útil do reservatório é de 4,3 bilhões de metros cúbicos.

Os dados reais de geração consolidados, que contemplam estas variáveis, foram obtidos do histórico de operação da usina disponibilizado pelo ONS e tratados para serem analisados. Sendo assim foi obtida a média mensal da capacidade útil do volume do reservatório desde 1999 para a usinas de Sobradinho e desde 2013 para a usina de Foz do Areais, para a validação do modelo serão analisados dados referentes aos anos de 2013 a 2017.

O modelo de geração híbrida hidráulica-fotovoltaica busca integrar fontes intermitentes a fim de maximizar a geração de energia, partindo da minimização das flutuações da potência de geração fotovoltaica para a mínima utilização da água do reservatório criando uma estabilização na geração de forma global. Toda vazão de água necessária a geração hidráulica de uma turbina corresponde a geração fotovoltaica a ser armazenada em forma de energia potencial no próprio reservatório (FANG et al., 2017).

Se uma usina hidrelétrica está localizada próxima a uma usina fotovoltaica, estas fontes tem a possibilidade de operar de forma combinada, aumentando assim a qualidade

de geração como um todo, em que estas características de complementariedade de fontes e flexibilidade de geração proporcionam vantagens competitivas entre as outras fontes intermitentes.

A capacidade da hidrelétrica compensar a usina fotovoltaica e capacidade do parque híbrido de regular o pico da demanda, está relacionado com a distribuição de cargas entre a usina hidrelétrica e a usina fotovoltaica. Leva-se em conta os níveis mínimos e máximos do reservatório da usina hidrelétrica, bem como a vazão mínima necessária para garantir a vazão natural do rio.

A curto prazo a energia hidráulica auxilia na compensação da geração intermitente e variável da energia fotovoltaica. A médio e longo prazo quando há economia de água do reservatório em função da geração fotovoltaica durante o dia para permitir o atendimento aos picos de demanda da forma mais planejada (ALENCAR, 2018).

O projeto e dimensionamento de sistemas fotovoltaicos conectados à rede para uma usina hidrelétrica existente dependem essencialmente das condições apresentadas a seguir:

- do espaço disponível, sua orientação e ângulo de inclinação;
- localização geográfica, longitude e latitude;
- temperatura do local;
- incidência solar;
- das especificações técnicas dos equipamentos.

A principal condição que limita a potência instalada é a área disponível para instalação, bem como sua angulação e coordenadas geográficas, estes critérios precisam ser levados em consideração para que os dados de radiação solar correspondam de forma efetiva a localidade da instalação, levando-se em consideração a melhor angulação e posicionamento para a planta.

Tendo em vista que a potência do sistema fotovoltaico é pré-determinado, o critério adotado para a escolha das usinas hidrelétricas que fariam parte do sistema de geração híbrido se deu na busca de um reservatório de acumulação de grande porte (Sobradinho) e uma usina que possuísse um reservatório de acumulação menor (Foz do Areia).

4 | DESENVOLVIMENTO

Foram escolhidos dois aproveitamentos um na região Nordeste e outro na região Sul. O estudo de caso proposto avaliou dois aproveitamentos hidrelétricos de Sobradinho e Foz do Areia.

Tendo em vista a disponibilidade destes reservatórios a aplicação do complemento das fontes solar e hidráulica traz consigo o conceito da geração fotovoltaica ser vista como

uma vazão adicional ao reservatório. Este complemento dependerá de fatores como a variação dos recursos e a disponibilidade de operação da unidade geradora (MARGENTA; GLASNOVIC, 2011).

Dados reais de geração foram utilizados para a execução do projeto, estes contemplam variáveis existentes nestes aproveitamentos hidráulicos e foram obtidos a partir do histórico de operação das usinas disponibilizado pelo ONS. Dentre estes dados foram obtidas informações mensais de capacidade útil do volume do reservatório, nível de montante, volume útil, vazão afluyente, defluente, turbinada e vertida.

Foram analisados dados para a usina de Sobradinho desde o ano de 1999, já na usina de Foz do Areia os dados analisados foram a partir do ano de 2013, para a validação do modelo em relação a quantidade de energia armazenada em água, serão apresentados dados referentes aos anos de 2013 a 2017.

No que diz respeito a geração fotovoltaica seguiu-se a metodologia, bem como os dados dos reservatórios, foi considerado uma radiação solar, HSP, de acordo cada localidade e os respectivos valores por mês.

Com este modelo, verificou-se a disponibilidade hídrica, avaliando-se o balanço entre a demanda de carga e a energia gerada para um determinado período, a recomposição do reservatório, bem como seu volume útil, partindo de uma nova queda líquida a partir da compensação da geração das fontes hidráulica e fotovoltaica.

5 | RESULTADOS

Os reservatórios de Sobradinho e Foz do Areia apresentam características distintas quando comparados, não só pelo tamanho, mas também quanto ao volume de precipitação. Com isso a disponibilidade destes e a aplicação do complemento das fontes solar e hidráulica traz consigo o conceito da geração fotovoltaica ser vista como uma vazão adicional ao reservatório. Este complemento dependerá de fatores como a variação dos recursos e a disponibilidade de operação da unidade geradora (MARGENTA; GLASNOVIC, 2011).

Dados reais de geração foram utilizados para a execução do projeto, estes, contemplam variáveis existentes nestes aproveitamentos hidráulicos e foram obtidos a partir do histórico de operação das usinas disponibilizado pela ONS. Dentre estes dados foram obtidas informações mensais da capacidade útil do volume do reservatório, nível de montante, volume útil, vazão afluyente, defluente, turbinada e vertida. Os dados hídricos analisados para as usinas tiveram variação de período, por este motivo optou-se pela análise dos dados referentes aos anos de 2013 a 2017, para a validação do modelo.

No que diz respeito a geração fotovoltaica que integra o sistema de geração híbrido proposto, estipulou um valor médio de 96 MWh de geração mensal, variante de acordo com quantidade de dias do mês, bem como a irradiação do mês em questão de acordo com a

localidade. Este valor médio estimado levou em consideração o período de aproveitamento dos módulos fotovoltaicos.

Ao final da análise referente aos anos de 2013 a 2017 na usina de Sobradinho o volume de água armazenada corresponde a 40.765.078.760 m³ de água ao final deste período, a recomposição foi equivalente a 0,1218% do volume total do reservatório. Na usina de Foz do Areia este valor foi correspondente a 31.568.130.761 m³ de água no final do mesmo período, a recomposição foi equivalente a 0,4927% do volume total do reservatório.

O acréscimo percentual calculado ao volume útil considerando os dados históricos mensais para todos os dados coletados pode ser observado na gráfico da Figura 1 ilustra as curvas no período entre 2013 e 2017 do volume útil real do reservatório em comparação com o volume útil simulado estimado a partir do armazenamento adicional de água em função da geração fotovoltaica integrada a usina hidrelétrica.

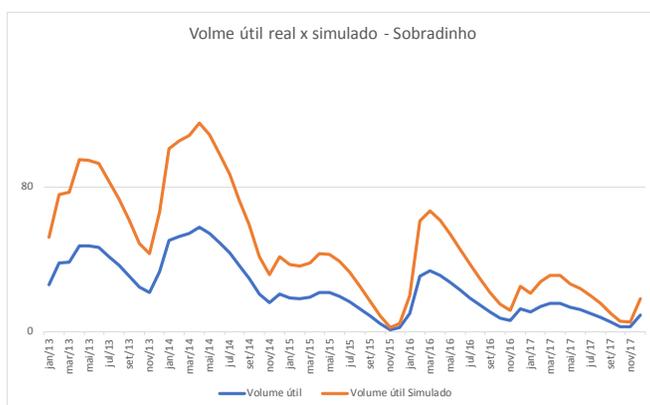


Figura 1 - Volume real x simulado – Sobradinho (Autora, 2019)

Nota-se na Figura 1 o deslocamento da reta contida o volume útil simulado acima da reta do volume útil real, este fato ilustra o enchimento do reservatório a partir do armazenamento de água simulado com a integração das fontes solar e hidráulica, pois neste período de 60 meses um volume significativo de água foi poupado de geração hidráulica e compensado em geração de energia a partir da fonte fotovoltaica.

A Figura 2 mostra o gráfico referente ao mesmo período para a usina de Foz do Areia, onde as duas retas ilustram o armazenamento de água.

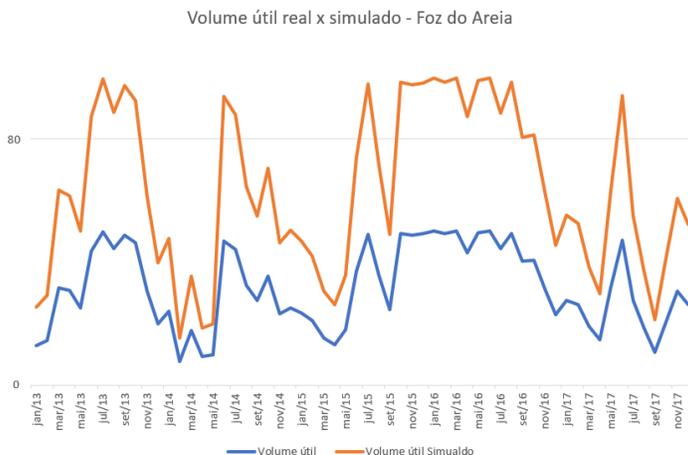


Figura 2 - Volume útil real x simulado - Foz do Areia (Autora, 2019)

Apesar de se mostrarem relativamente pequenos, fazem referência ao volume de todo o reservatório que representam quantidade significativas de armazenamento adicional de água.

6 | CONCLUSÃO

O modelo de geração híbrida hidráulica-fotovoltaica proposto demonstrou a funcionalidade do sistema de geração a partir da compensação de duas fontes renováveis de energia, sendo uma intermitente e a outra influenciável pelo sistema climático e de precipitação.

O armazenamento de energia a partir do volume de água não turbinado garante a segurança energética do aproveitamento, possibilitando o reservatório a ter continuidade de geração de energia elétrica e dos usos múltiplos, mesmo em períodos críticos, como no período de seca.

O sistema simulado para as usinas de Sobradinho e Foz do Areia, apresentaram resultados significativos quando comparados com a usina sem a geração híbrida, este fato fica notório ao se analisar os dados de volume útil real e os dados de volume útil simulados, estes dados tem como base o volume total do reservatório.

A solução apresentada conta com vantagens e desvantagens, o sistema de integração de fontes possibilita o escoamento da energia gerada a partir da fonte fotovoltaica pela mesma linha de transmissão contida na usina hidráulica, diminuindo assim os custos quanto a instalada em outra localidade, bem como a facilitação no aumento da potência. Outro ponto interessante no que diz respeito a integração das fontes se dá pela facilidade de instalação da fonte solar, tendo em vista a área disponível nas usinas hidráulicas.

Para a amplificação do sistema de geração de energia atual, pode-se pensar na construção de novas usinas hidráulicas, porém estes aproveitamentos possuem a necessidade de grandes construções e conseqüentemente de áreas alagadas. Com isso a integração das fontes surge como uma oportunidade de aumentar a geração e o armazenamento de água nos reservatórios já existentes, porém o custo do projeto e instalação do sistema fotovoltaico, pode acabar por inviabilizar o projeto, porém este não foi o enfoque do trabalho, e sim a visualização da recomposição dos leitos dos rios a partir da geração híbrida.

REFERÊNCIAS

AN, Y.; FANG, W.; MING, B.; HUANG, Q. **Theories and methodology of complementary hydro/photovoltaic operation: Applications to short-term scheduling**. Journal of Renewable and Sustainable Energy, vol. 7, 063133, pp. 1-13, 2015.

ALENCAR, C. A. **Impacto de geração híbrida hidráulica-fotovoltaica no Brasil**, 2018. Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

BARBOSA, B. M. C., **Avaliação do potencial hidroelétrico - uso de SIG na bacia do rio Lima**. 138 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Energias Renováveis) - Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal, 2015.

CASTRO, N. **Perspectivas para a energia eólica no Brasil**. 18. Ed. Rio de Janeiro: GESEL/IE/UFRJ, 2012.

COPEL - Companhia Paranaense de Energia, 1995, **Usina Hidrelétrica Foz do Areia**, rio Iguaçu, Paraná, Brasil: memória técnica. Curitiba : COPEL, 280 páginas.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Grupo de Trabalho de Energia Solar - GTES. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, CRESESB, 2004.

FANG, W.; HUANG, Q.; HUANG, S.; YANG, J.; MENG, E.; LI, Y. **Optimal sizing of utility scale photovoltaic power generation complementarily operating with hydropower: A case study of the world's largest hydro-photovoltaic plant**, Energy Conversion and Management, vol. 136, pp. 167-172, 2017.

FIGUEIREIDO, F. de S. **Geração e transmissão de energia elétrica: um olhar pela sustentabilidade**. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

FREITAS, S. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Instituto Politécnico de Bragança. Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Bragança, São Paulo, 2008.

LI, F. F., QUI, J., **Multi objective optimization for integrated hydrophotovoltaic power system**, Applied Energy, pp. 1-08. 2015.

NETO CARVALHO, R. M., **Uso do balanço hídrico climatológico para subsidiar tomadas de decisões quanto ao manejo de bacias hidrográficas**. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

OECD, **OECD Environmental Outlook to 2050 - The consequences of inaction**. OECD Publishing, Paris. <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

PENNING, A. J.; TIMM, E. A.; FINKLER, R., **Energia solar: estudo de caso de uma residência na cidade de Caxias do Sul/RS**. Centro Universitário Instituição FSG, 2019.

TIBA, C., **Atlas solarimétrico do Brasil: Banco de dados terrestre**, 1. Ed. UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo 1, 14, 15, 21, 24, 25, 27, 28, 29, 32, 35, 38, 39, 45, 46, 70, 74, 76, 77

B

Bacia Hidrográfica 52, 152, 153, 154, 156, 158, 159

Brasil 14, 34, 47, 49, 57, 58, 72, 81, 86, 97, 142, 150, 160, 161, 162, 171

C

CESC 140, 141

CESCD 140, 141

Cimento 94, 95, 96, 97, 98, 103, 106, 108

Combustão 83, 84, 85, 86, 87, 88, 91, 92, 93, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 120

Compactação 96, 109, 110, 111, 113, 114, 117, 118, 119, 120

Concept 1, 3, 8, 48

D

Desenvolvimento 15, 16, 17, 47, 48, 50, 53, 71, 80, 84, 95, 97, 109, 142, 143, 150, 152, 156, 159

Dimensionamento 47, 48, 50, 51, 53, 57

Dispositivo 70, 71, 77, 81, 92, 143, 146

E

Estímulo Sensorial 70, 71, 82

F

Ferramentas 31, 59, 67, 147

Ferrovia 14, 18, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29

Filmes 134, 135, 136, 137, 138, 139

Fotovoltaico 47, 48, 50, 51, 53, 57

G

Geração 21, 32, 39, 42, 43, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 95, 149, 150

L

Linhas de Transmissão 31, 32, 42, 44, 45, 48

M

Manganês 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91

Materiais 59, 72, 73, 79, 83, 85, 86, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 103, 106, 109, 110, 111,

120, 123, 124, 127, 130, 133, 135, 141, 143, 147, 149, 162, 173

Metais Pesados 94, 95, 96, 99, 100, 103, 106, 107, 108, 141, 142

Modeling 1, 3, 6, 8, 11, 29, 30

Municípios 152, 154, 156, 158

N

Nanoferrita 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91

O

Óxido de Zinco 109, 110, 111, 112, 114, 116, 118, 120

P

Piezoelétricos 111, 150

Polipropileno 122, 123, 124, 128, 129, 130, 132, 133

Pontos de Cruzamento 14, 15, 16

Process 6, 10, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 71, 84, 108, 110

Projeto 1, 50, 51, 53, 54, 57, 70, 73, 78, 80, 81, 97, 140, 141, 142, 147, 148, 149, 151, 157, 158

Propilenoglicol 134, 135, 138

Propriedades 83, 84, 85, 91, 96, 109, 110, 111, 120, 122, 123, 124, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 150, 158

Protótipo 70, 71, 76, 78, 79, 81, 150

R

Redes Neurais 31

REEE 140, 141, 142, 143, 150, 151

Regressão 98, 160, 161, 162, 163, 168, 170, 172

Resíduos Sólidos 94, 95, 97, 106, 142, 158

S

Simulação 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 42, 43, 81

Sinterização 92, 109, 110, 111, 114, 117, 118, 119, 120

Socioambiental 152

Solidificação 94, 95, 97, 99, 103, 106, 108

Sorbitol 131, 133, 134, 135, 138

T

Tecnologia Assistiva 70, 71, 72, 81

Tratamento 46, 70, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 85, 92, 94, 95, 97, 109, 114, 163

Turbines 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 12

V

Violência 160, 161, 162, 171, 172

W

Wind 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13

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

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 3


Ano 2020

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

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 3


Ano 2020