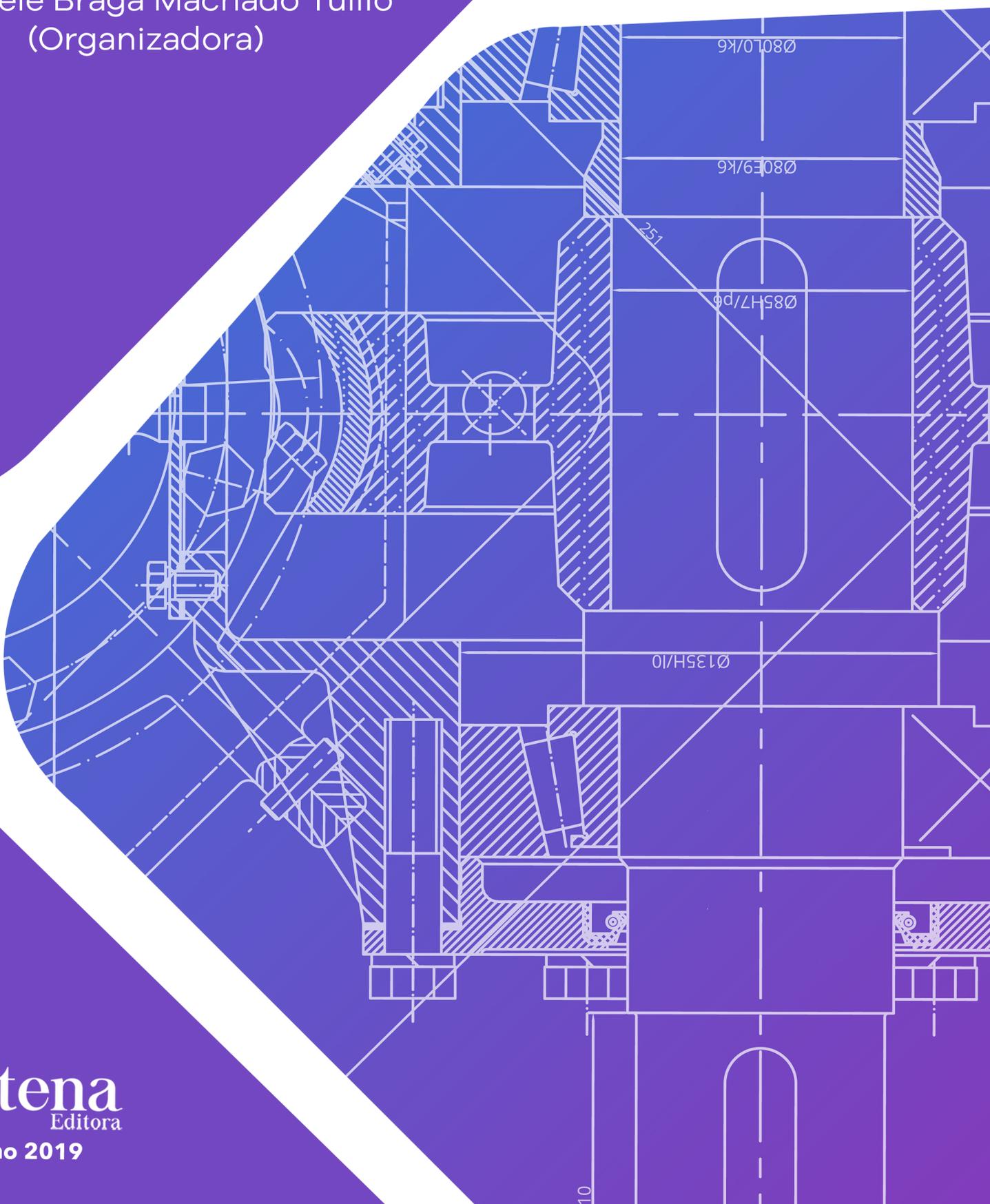


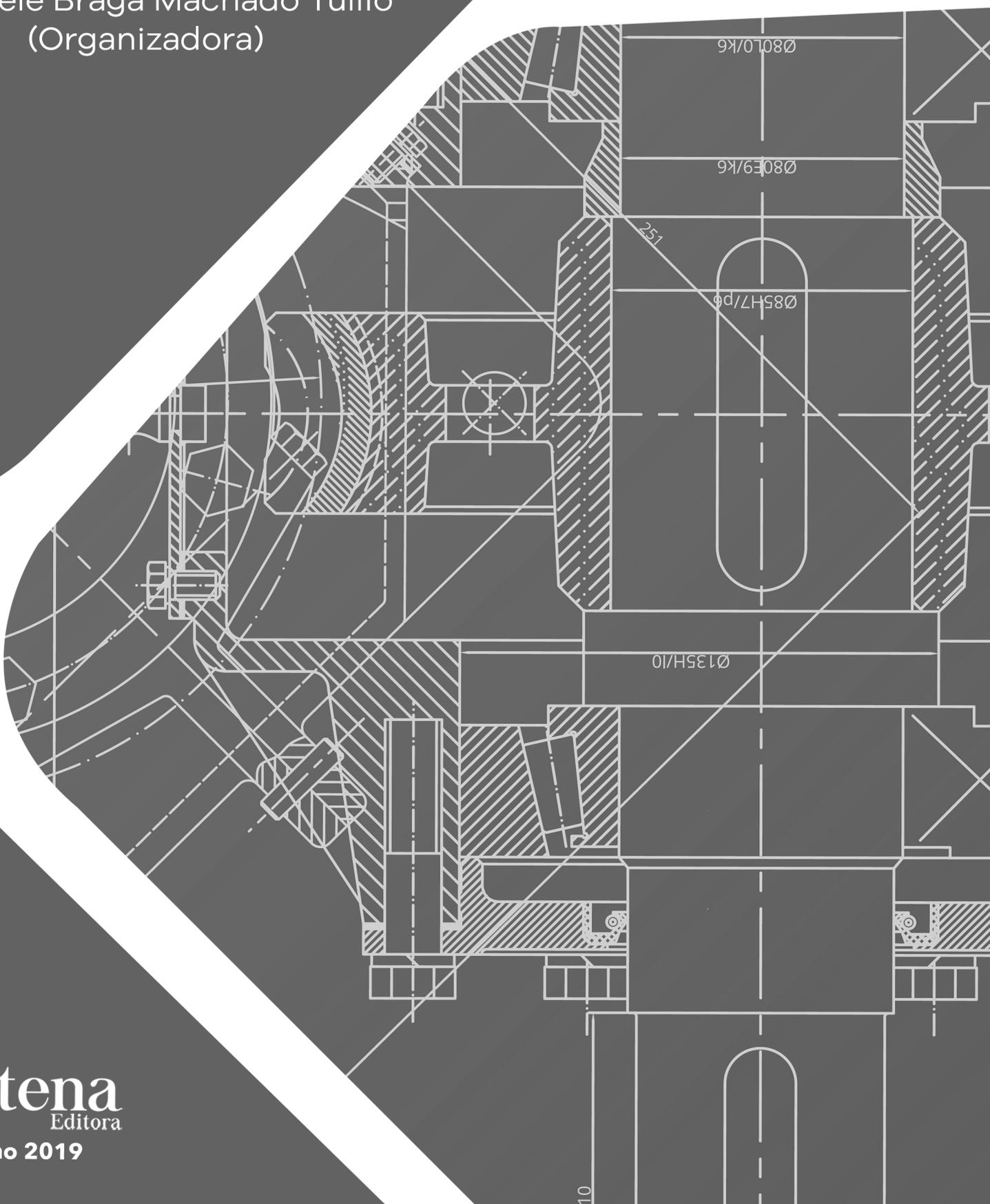
Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 2

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 2

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os 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. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
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
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
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

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa PR: Atena Editora, 2019. – (Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias; v. 2)

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-903-5
 DOI 10.22533/at.ed.035200601

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.
 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 2” contempla vinte e quatro capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas nas diversas áreas de engenharia.

Inovações tecnológicas são promovidas através dos resultados obtidos de pesquisas científicas, e visam permitir melhorias a sociedade através de seu uso nas engenharias.

A utilização racional de energia, consiste em utilizar de forma eficiente a energia para se obter determinado resultado. O estudo sobre novas fontes de energia, e o seu comportamento podem trazer benefícios ao meio ambiente e trazer progresso a diversos setores.

A aplicação de novas tecnologias pode permitir avanços em diversas áreas, como saúde, construção, meio ambiente, proporcionando melhorias na qualidade de vida de diversas comunidades.

Diante do exposto, almejamos que o leitor faça uso das pesquisas aqui apresentadas, permitindo uma reflexão sobre seu uso na promoção de desenvolvimento social e tecnológico.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
EVOLUÇÃO DA SEGURANÇA NO TRABALHO PARA A ATIVIDADE DO SETOR ELÉTRICO	
Humberto Rodrigues Macedo Valci Ferreira Victor Kaisson Teodoro de Souza Paulo Henrique Martins Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.0352006011	
CAPÍTULO 2	10
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: LEGISLAÇÃO REGULATÓRIA E BENEFÍCIOS AOS CONSUMIDORES PELA COMPENSAÇÃO DE ENERGIA	
Neide Alves Dalla Vecchia Ruan Michel Alves Dalla Vecchia	
DOI 10.22533/at.ed.0352006012	
CAPÍTULO 3	20
HIDROENERGIA: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE UMA TURBINA FRANCIS PARA APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO EM PCHS	
Cristine Machado Schwanke Ingrid Augusto Caneca da Silva Vanessa Silva Goulart Suélen Mena Meneses Nathália Dias Imthon Matheus Henrique Baesso Joyce Alves Silva Cruz Ethan Ribas Pereira Perez Matheus Felicio Palmeira dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.0352006013	
CAPÍTULO 4	34
MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE PEDIDOS DE PATENTES RELACIONADOS À UTILIZAÇÃO DAS MICROALGAS	
Kamila Cavalcante dos Santos Jéssica Guimarães Lopes Andréia Alves Costa	
DOI 10.22533/at.ed.0352006014	
CAPÍTULO 5	43
ESTUDO DE AÇÕES PARA A REDUÇÃO DOS CUSTOS DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA GRANDES CONSUMIDORES	
Valci Ferreira Victor Humberto Rodrigues Macedo Adail Pereira Carvalho Lucas Cardoso da Silva Pitágoras Rodrigues de Melo Sobrinho	
DOI 10.22533/at.ed.0352006015	

CAPÍTULO 6	53
PROPOSTA DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E DESPACHO DE MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CONCEITO DE CENTRAIS VIRTUAIS DE ENERGIA	
Rodrigo Regis de Almeida Galvão Thiago José Lippo de França Breno Carneiro Pinheiro Luis Thiago Lucio	
DOI 10.22533/at.ed.0352006016	
CAPÍTULO 7	67
PROTEÇÃO TÉRMICA CONTRA ARCOS ELÉTRICOS: UM ESTUDO DE CASO COM UMA SUBESTAÇÃO DE 13,8 KV	
Herick Talles Queiroz Lemos Humberto Dionísio de Andrade Matheus Emanuel Tavares Sousa Adriano Aron Freitas de Moura Ednardo Pereira da Rocha Ailson Pereira de Moura	
DOI 10.22533/at.ed.0352006017	
CAPÍTULO 8	81
VEÍCULOS ELÉTRICOS E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA PARTIR DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	
Jardel Eugenio da Silva Fabianna Tonin Jair Urbanetz Junior	
DOI 10.22533/at.ed.0352006018	
CAPÍTULO 9	92
ANÁLISE DA CURVA E FATOR DE CARGA COM E SEM PRESENÇA DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA	
Murilo Miceno Frigo Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.0352006019	
CAPÍTULO 10	101
ANÁLISE DE VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE LASER SCANNER TERRESTRE EM MINERAÇÃO DE CALCÁRIO	
Caio Cesar Vivian Guedes Oliveira Luis Eduardo de Souza Luciana Arnt Abichequer	
DOI 10.22533/at.ed.03520060110	
CAPÍTULO 11	114
APLICAÇÃO DA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA NO ESTUDO DE CASO DA PALMILHA SENSORIZADA PARA PÉS DIABÉTICOS	
Luciana Maria de Oliveira Cortinhas Leonara Gonçalves e Silva Pires Anna Patrícia Teixeira Barbosa Jeane Souza Chaves Sidou	

Camila Alves Arede
Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento
Rafael Leite Pinto de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.03520060111

CAPÍTULO 12 127

AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO E REPETIBILIDADE DO SENSOR LEAP MOTION CONTROLLER PARA A SUA UTILIZAÇÃO EM REABILITAÇÃO VIRTUAL

Marcus Romano Salles Bernardes de Souza
Eduardo Apolinário Lopes
Rogério Sales Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.03520060112

CAPÍTULO 13 134

ESTUDO PROSPECTIVO DE ÁCIDO LÁTICO PRODUZIDO POR LEVEDURAS EM GLICEROL BRUTO

Leandro Rodrigues Doroteu
Fabrício de Andrade Raymundo
Rogerio de Jesus Camargo Emidio
Marcilene Cordeiro Gomes
Camila Alves Arede
Eliana Fortes Gris
Grace Ferreira Ghesti
Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento
Nadia Skorupa Parachin
Eduardo Antônio Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.03520060113

CAPÍTULO 14 146

MOUSE AUXILIAR DISTRIBUIDOR DE CARGA DE TRABALHO NA INTERAÇÃO COM UM COMPUTADOR PESSOAL PARA DUAS MÃOS

Fabrício de Andrade Raymundo
Marcelo Borges de Andrade
Marcus Vinícius Lopes Bezerra
Marina Couto Giordano de Oliveira
Sânya Léa Alves Rocha Lopes
Adriana Regina Martin
Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.03520060114

CAPÍTULO 15 163

ÓXIDOS MISTOS A BASE DE TIO_2/ZNO APLICADOS NA DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DA ATRAZINA

Gabriel Maschio de Souza
Gabriela Nascimento da Silva
Luiz Mário de Matos Jorge
Onélia Aparecida Andreo dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.03520060115

CAPÍTULO 16	172
PARADIGMAS TECNOLÓGICOS E REGIMES DE APROPRIABILIDADE: O CASO DA INDÚSTRIA FONOGRAFICA NA ERA DIGITAL	
Sheila de Souza Corrêa de Melo	
Edoardo Sigaud Gonzales	
Natália Bonela de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.03520060116	
CAPÍTULO 17	183
UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS AND AIRSPACE INTERFACES	
Omar Daniel Martins Netto	
Maria Emília Baltazar	
Jorge Miguel dos Reis Silva	
DOI 10.22533/at.ed.03520060117	
CAPÍTULO 18	201
UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA PARA DELINEAR ESTRATÉGIAS DE POSICIONAMENTO DE MERCADO DE EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS DE MONITORAMENTO	
Janaina dos Santos Melo	
Maria Fernanda Mascarenhas dos Santos Melis	
Levi dos Santos	
Sandra Malveira	
Grace Ferreira Ghesti	
Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.03520060118	
CAPÍTULO 19	213
ANALISE COMPUTACIONAL DE VIGAS RETANGULARES DE CONCRETO ARMADO REFORÇADA AO CISALHAMENTO COM PRFC	
Maicon de Freitas Arcine	
Nara Villanova Menon	
DOI 10.22533/at.ed.03520060119	
CAPÍTULO 20	228
ANÁLISE COMPARATIVA DE TÉCNICAS DE INTERPOLAÇÃO APLICADAS À ANÁLISE DE POLUIÇÃO ELETROMAGNÉTICA	
Talles Amony Alves de Santana	
Humberto Dionísio de Andrade	
Herick Talles Queiroz Lemos	
Matheus Emanuel Tavares Sousa	
Adriano Aron Freitas de Moura	
Ednardo Pereira da Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.03520060120	
CAPÍTULO 21	241
ANÁLISE CRÍTICA E PROPOSIÇÕES DE INOVAÇÃO AO MÉTODO DE ENSAIO DE AÇÃO DE CALOR E CHOQUE TERMICO À LUZ DA ABNT NBR 15575 (2013)	
Luciani Somensi Lorenzi	
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.03520060121	

CAPÍTULO 22	254
ESTUDO NUMÉRICO BIDIMENSIONAL DO EFEITO DA PRESENÇA DE UM TUMOR NO CAMPO DE TEMPERATURA DE UMA MAMA	
José Ricardo Ferreira Oliveira	
Vinicius Soares Medeiros	
Jefferson Gomes do Nascimento	
Alisson Augusto Azevedo Figueiredo	
Gilmar Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.03520060122	
CAPÍTULO 23	261
AMBIENTE DE PROJETO DE HARDWARE E SOFTWARE INTEGRADOS PARA APRENDIZADO E ENGENHARIA DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS	
Edson Lisboa Barbosa	
Lucas Fontes Cartaxo	
Cícero Samuel Rodrigues Mendes	
Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo	
DOI 10.22533/at.ed.03520060123	
CAPÍTULO 24	273
UMA PROPOSTA PRÁTICA DE MANUFATURA DE CONCRETO QUE PERPASSA DISCUSSÕES SOBRE SUSTENTABILIDADE E PENSAMENTO CRÍTICO	
Alaor Valério Filho	
Ânderson Martins Pereira	
Carlos Alfredo Barcellos Bellinaso	
Daniela Giffoni Marques	
DOI 10.22533/at.ed.03520060124	
SOBRE A ORGANIZADORA	281
ÍNDICE REMISSIVO	282

HIDROENERGIA: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE UMA TURBINA FRANCIS PARA APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO EM PCHS

Data de aceite: 26/11/2019

Cristine Machado Schwanke

Universidade Federal do Pampa

Grupo de Pesquisa em Energia e Meio Ambiente
– Bio&Energia

Laboratório de Sistemas Térmicos e de Fluido -
Bagé – RS

cristineschwanke@unipampa.edu.br

Ingrid Augusto Caneca da Silva

UNIPAMPA – Grupo Bio&Energia - Bagé – RS

Vanessa Silva Goulart

UNIPAMPA – Grupo Bio&Energia - Bagé – RS

Suélen Mena Meneses

UNIPAMPA – Grupo Bio&Energia - Bagé – RS

Nathália Dias Imthon

UNIPAMPA – Grupo Bio&Energia - Bagé – RS

Matheus Henrique Baesso

UNIPAMPA – Grupo Bio&Energia - Bagé – RS

Joyce Alves Silva Cruz

UNIPAMPA – Grupo Bio&Energia - Bagé – RS

Ethan Ribas Pereira Perez

UNIPAMPA – Grupo Bio&Energia - Bagé – RS

Matheus Felicio Palmeira dos Santos

UNIPAMPA - Bagé – RS

RESUMO: A importância da geração elétrica distribuída vem sendo discutida desde a crise energética de 2001, inserindo novos agentes e abrindo concorrência no setor elétrico

nacional. Há uma crescente inserção de fontes renováveis de energia, devido principalmente as preocupações ligadas à redução do uso de fontes fósseis de energia. Portanto, o paradigma do sistema elétrico brasileiro enfrenta desafios importantes. Observando que a fonte hídrica compõe 65,2% da matriz energética nacional (EPE/BEN, 2018) e que há uma tendência em menores aproveitamentos devido aos impactos ambientais presentes na construção de barragens, o presente trabalho analisa o comportamento de uma turbina do tipo Francis com diferentes cargas e ajustes das palhetas guia para aproveitamento hidrelétrico em Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). A potência entregue pela água, a potência absorvida pela turbina e seus rendimentos máximos foram calculados e comparados com os dados teóricos através das curvas características, permitindo a obtenção de resultados satisfatórios.

PALAVRAS-CHAVE: Geração elétrica distribuída; fonte hídrica; turbinas.

ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF A FRANCIS TURBINE FOR HYDROELECTRIC USE IN SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANTS

ABSTRACT: The importance of distributed electrical generation has been discussed since

the energy crisis of 2001, inserting new agents and opening competition in the national electric sector. There is a growing insertion of renewable energy sources, mainly due to concerns about reducing the use of fossil energy sources. Therefore, the model of the Brazilian electrical system faces important challenges. Noting that the water source composes 65.2% of the national energy matrix (EPE/BEN, 2018) and that there is a towards lower utilization due to the environmental impacts presents in barrage construction, this study presents analyzes the behavior of a Francis type turbine for different loads and adjustments of the guide vane for hydroelectric use in Small Hydroelectric Power Plants (PCHs). The power delivered by water, the power absorbed by the turbine and its maximum yields were calculated and compared the theoretical data of the performance curves, presenting satisfactory results.

KEYWORDS: Distributed electrical generation; Hydric source; Turbines.

1 | INTRODUÇÃO

O setor elétrico em diversos países vem apresentando constantes mudanças em seus mais variados aspectos. No caso do Brasil, não poderia ser diferente. A geração de energia, que inicialmente predominava plantas hidrelétricas e termelétricas, vem ganhando diferentes contornos com a introdução de novas fontes renováveis, tanto no já tradicional modelo centralizado, como em arranjos distribuídos (CORRÊA DA SILVA; DE MARCHI NETO; SILVA SEIFERT, 2016). A evolução dos mercados de energia tem exigido pesquisa e aperfeiçoamento para o desenvolvimento de tecnologias, mas também é de fundamental importância o planejamento em diversos segmentos relativos a questões regulatórias, técnicas, ambientais e sociais, entre outras.

O modelo institucional do setor elétrico brasileiro já passou por diversas transformações que se refletiram no funcionamento da geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica no país (AGUIAR FILHO, 2007; BANDEIRA, 2003; BRASIL, 2004; PIRES, 2000). O modelo vigente desde 2004, proposto pelo Ministério de Minas e Energia (MME), regulamentado pela Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, contempla três objetivos principais: (i) garantir a segurança de suprimento de energia elétrica; (ii) promover a modicidade tarifária, por meio da contratação eficiente de energia para os consumidores regulados; e (iii) promover a inserção social no Setor Elétrico Brasileiro (SEB), em particular pelos programas de universalização de atendimento (BRASIL, 2004; MME, 2003). Dentre as mudanças tecnológicas pelas quais diversos sistemas elétricos pelo mundo enfrentam durante o século XXI, podem-se citar questões como a transição para redes inteligentes, a redução das emissões de carbono, o aumento da geração distribuída (GD), inserção dos veículos elétricos e a necessidade de armazenar energia (ANUTA et al., 2014; BP, 2016; IEA, 2015b; LEE; CHEN; CHEN, 2017; LUND et al., 2012;

MORONI; ANTONIUCCI; BISELLO, 2016; VAHL; RÜTHER; CASAROTTO FILHO, 2013). No Brasil, ainda se tem o desafio de lidar com um grande parque instalado de hidrelétricas, que é muito sensível a crises hídricas, sem contar que há fortes pressões sociais e ambientais que impedem a construção de grandes reservatórios (CORRÊA DA SILVA et al., 2016). Todas essas questões devem ser consideradas no planejamento energético e nas mudanças regulatórias necessárias.

Um grande desafio enfrentado pelo setor elétrico brasileiro é manter o equilíbrio das grandes usinas hidrelétricas com as demais fontes de energia. Em termos de armazenamento, as usinas hidrelétricas brasileiras possuem grandes reservatórios com capacidade de armazenamento que pode chegar até metade do consumo anual de eletricidade do país. Desta forma, o estudo continuado de novas tecnologias e diversificação do portfólio energético são indispensáveis para enfrentamento da próxima década que se inicia em 2021. Para tanto, um estudo de caso foi realizado analisando o comportamento de uma turbina do tipo Francis para aproveitamento hidráulico em Pequenas Centrais Hídricas (PCHS).

2 | TURBINAS HIDRÁULICAS

Máquina de Fluido também conhecida por Turbomáquina e/ou Máquina de Fluxo, na tradução livre do termo em inglês, *Turbomachines* ou *Fluid Machinery*, são usualmente classificadas por Geradora ou Motora. Classificar um equipamento é essencial para determinar e descrever corretamente suas funções e o campo de atuação do dispositivo, para objeto de estudo; neste caso, detém sob a classificação principal a finalidade de expressar o caminho do processo de conversão de energia que remete a capacidade do equipamento de, em termos gerais, suprir ou extrair energia do fluido através do escoamento em um rotor e suas palhetas ou pás (CENGEL E CIMBALA, 2006). Entretanto, a mera classificação de Geradora ou Motora não é suficiente para escolher o equipamento para uma certa finalidade ou estudo de área em si; é necessário mais do que isso, como avaliar as características construtivas do equipamento, do fluido e da sua aplicação (KONRADT et al., 2015). Para tanto, movimentar líquido ou gases, podemos empregar uma variedade de bombas, ventiladores, sopradores e compressores de diferentes pressões. Enquanto, as turbinas hidráulicas, por sua vez, têm como a principal aplicação a geração de energia elétrica por meio de um gerador conectado ao eixo do rotor, onde o fluido escoar em alta pressão e transforma energia de fluido em energia mecânica (CENGEL E CIMBALA, 2006; POTTER, WIGGERT E RAMADAN, 2002).

No que se refere a eficiência, as turbinas hidráulicas ficam em torno de 95%, em comparação com as bombas, que em sua melhor situação chegam próximas

de 90%. As razões para esses valores de eficiência são as características próprias do funcionamento de cada máquina de fluido; por exemplo, as máquinas de fluido geradoras, as quais tendem a operar com altos valores de rotação contrapondo às turbinas; tendo como consequência o aumento de forças cisalhantes e perda por atrito. Já, no caso de turbinas hidráulicas, possuem dimensões muito maiores do que as bombas; assim, em última análise implica na perda por forças viscosas desprezíveis. (ÇENGEL, CIMBALA, 2006)

Em relação a queda d'água para retenção de um certo volume de fluido, a fim de manter níveis mínimos de vazão, a finalidade da aplicação permite determinar a queda, vazão e as potências exigidas e por fim, o modelo a ser usado. Portanto, em certos casos, o campo de atuação possui sobreposição de equipamentos e sua simplificação se dá através da adição de parâmetros, como o risco de cativação e a flexibilidade de operação que explicita condições específicas (POTTER, WIGGERT E RAMADAN, 2002; HENN, 2006).

Quanto a viabilidade para empregar uma turbina hidráulica, partimos da determinação das suas características básicas e em quais condições se deseja operar, serão estes os requisitos com que a máquina de fluido estará subordinada e deverá observar com atenção os seus limites para manter o funcionamento em níveis mínimos de segurança, além de um arranjo físico do sistema de forma que não ocorra cavitação. Geralmente, é possível iniciar a partir de pontos chave de projeto como a altura de queda (H , m), vazão (Q_v , m^3/s ; L/s) e a potência (P , Kw; MW). (HENN, 2006; KHAN, 2015; PENCHE, 1998).

Na tabela 1 pode ser visto a classificação de turbinas hidráulicas de acordo com alguns parâmetros.

Turbina	Classificação	Trajectoria	Queda (m)¹	Queda (m)²	n_{qA}
Pelton	Impulso	Tangencial	$H > 300$	$50 < H < 1300$	8 – 50
Francis	Reação	Misto	$50 < H < 300$	$10 < H < 350$	50 – 250
Kaplan – Hélice		Axial	$H < 50$	$2 < H < 40$	250 – 850

Tabela 1: Classificação de Turbinas Hidráulicas.

Fonte: (¹ KHAN, 2015; ² PENCHE/ESHA, 1998).

A Máquina de Fluido é projetada para operar sob um conjunto de condições; entretanto, na prática é possível que ela seja submetida as condições diferentes das pré-estabelecidas e nessas situações, sua performance precisa ser conhecida para cumprir as exigências mínimas de funcionamento. Uma forma de conhecer o desempenho de uma máquina de fluido é obter as suas curvas características através da aplicação de testes sobre o modelo e/ou protótipo; e, assim, construir um banco de dados para estimar e simular o comportamento de máquinas semelhantes.

(SANTOS et al., 2016)

As máquinas de fluido motoras possuem subclassificação de acordo com a forma dos canais entre as pás do rotor, que são designados pelos termos turbina de ação e de reação.

Na turbina de ação, serão abordados os conceitos relacionados a turbina Pelton, enquanto na turbina de reação, os conceitos referentes a turbina Francis.

Na figura 1 são apresentadas as curvas de desempenho ou também conhecidas como curvas características de máquinas de fluido; neste caso as curvas características de turbinas de ação e reação em função da sua vazão (Q) e velocidade de rotação (n).

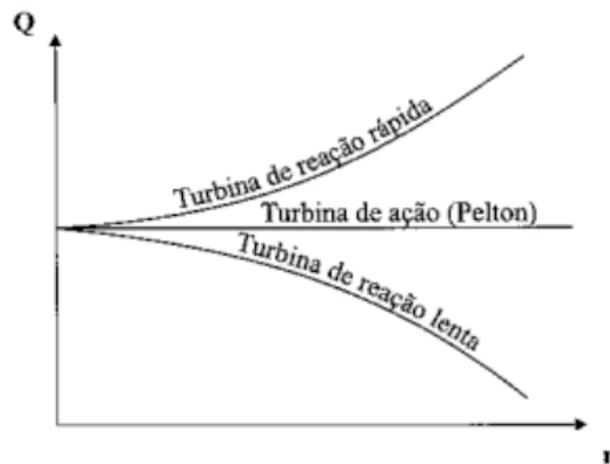


Figura 1: Curva $Q = f(n)$ para Turbinas Hidráulicas. Fonte: HENN, 2006.

A turbina Pelton para a curva tem comportamento linear, pois a sua velocidade e seção de passagem do fluxo na saída do injetor mantêm-se constantes, independente da rotação da turbina. Para o modelo Francis Rápida, a passagem da água no rotor percorre o trajeto radialmente, portanto, corresponde a força centrífuga que aumenta com a velocidade e para Francis Lenta, ocorre a saída do fluido em trajeto radial que tende a agir como uma barreira para a admissão do fluido. (HENN, 2006; KHAN, 2015)

A turbina Francis (Figura 2) possui um arranjo físico denominado caixa espiral ou voluta no qual o fluido percorre e preenche todo o sistema a um determinado nível de energia cinética e de pressão acima da atmosférica; o caminho deste sistema tende a diminuir ao se aproximar da palheta, ocorrendo o consumo da energia de pressão para iniciar o movimento do rotor (CENGEL E CIMBALA, 2006; POTTER, WIGGERT E RAMADAN, 2002; HENN, 2006).

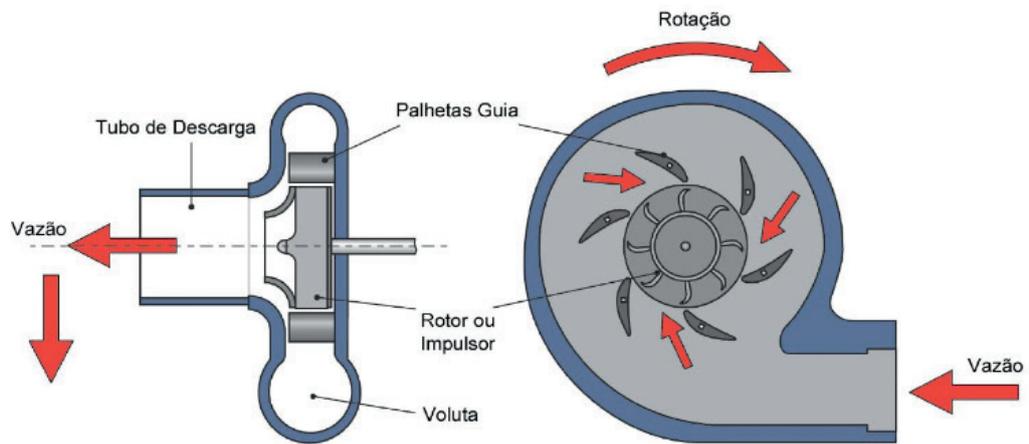


Figura 2: Módulo Turbina Francis com as palhetas guia.

Fonte: Catálogo TecQuipment, 2019.

Finalmente, cabe citar o grau de abertura que remete ao percentual de máxima abertura no qual a Turbina Hidráulica está submetida; quando se refere a Pelton, trata do cursor da agulha do injetor e para o modelo Francis está relacionado com a menor distância entre a cauda de uma pá do sistema diretor e a seguinte. (HENN, 2006; KHAN, 2015)

3 | MÉTODO E RESULTADOS COM SUA ANÁLISE E DISCUSSÕES

A análise do comportamento de um módulo turbina do tipo Francis (Figura 3), com diferentes cargas e ajustes das palhetas guia para aproveitamento hidrelétrico em Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHS) foi realizado.



Figura 3: Módulo Turbina Francis analisada.

Fonte: Catálogo TecQuipment, 2019.

A potência entregue pela água (P_h), a potência absorvida pela turbina (P_m) e seus rendimentos máximos (η_h) foram calculados e comparados com os dados teóricos através das curvas características.

As equações 1, 2 e 3 foram usadas para o cálculo das potências e rendimentos máximos, onde P_m (W) é a potência útil, N (rpm) é a velocidade de rotação, T (N.m) é a carga (torque), Q_v (L/s) é a vazão volumétrica, P_h (W) é a potência hidráulica, p (bar) é a pressão e η_h (%) é o rendimento hidráulico (eficiência), como abaixo segue:

$$P_m = \frac{2\pi NT}{60} \quad (1)$$

$$P_h = \frac{Q_v p}{1000} \quad (2)$$

$$\eta_h = \frac{P_m}{P_h} \times 100 \quad (3)$$

Para o módulo da Turbina Francis, analisou-se o seu comportamento para duas situações, pressão constante (Tabela 2 e Tabela 3) e variável (Tabela 4), variando o grau de abertura das pás guias do sistema diretor em abertura máxima, 66% e 33%, respectivamente. Cabe observar que, os dados foram registrados até que o funcionamento da turbina fosse interrompido, isto é, até a aplicação da carga máxima.

$\Delta p = 0,1 \text{ bar}$												
Grau de Abertura: 100%						Grau de Abertura: 66%						
Vazão, Q_v (L/s)	Vel., N (rpm)	T (N.m)	P_m (W)	P_h (W)	Efic., η_h (%)	Vazão, Q_v (L/s)	Vel., N (rpm)	T (N.m)	P_m (W)	P_h (W)	Efic., η_h (%)	
0,499	831	0	0	4,99	0	0,401	786	0	0	4,01	0,00	
0,631	805	0,01	0,843	6,31	13,36	0,502	777	0,01	0,814	5,02	16,21	
0,662	797	0,02	1,669	6,62	25,22	0,518	757	0,01	0,793	5,18	15,30	
0,674	790	0,03	2,482	6,74	36,82	0,541	756	0,02	1,583	5,41	29,27	
0,726	779	0,03	2,447	7,26	33,71	0,576	739	0,03	2,322	5,76	40,31	
0,77	771	0,04	3,230	7,7	41,94	0,65	709	0,04	2,970	6,5	45,69	
0,828	764	0,05	4,000	8,28	48,31	0,693	648	0,04	2,714	6,93	39,17	
0,856	715	0,06	4,492	8,56	52,48	0,712	639	0,05	3,346	7,12	46,99	
						0,761	610	0,06	3,833	7,61	50,36	
						0,775	594	0,07	4,354	7,75	56,18	
						0,813	531	0,08	4,449	8,13	54,72	
						0,849	484	0,09	4,562	8,49	53,73	
						0,864	445	0,1	4,660	8,64	53,94	

Tabela 2: Dados experimentais da Turbina Francis, à pressão constante para Grau de Abertura, 100% e 66%.

Fonte: Autores, 2019.

Os dados da tabela 2 mostra que a variação da pressão permaneceu constante com as palhetas guia do sistema diretor totalmente abertas (100%, abertura máxima) e 66% (2/3 da abertura máxima), entretanto conforme mostra a tabela 3, quando diminui para 33% (1/3 da abertura máxima) a pressão acusa um pequeno aumento na sua variação de pressão para 0,2 bar, justificando o aumento da velocidade de rotação com a conseqüente redução da vazão.

$\Delta P = 0,2 \text{ bar}$					
Grau de Abertura: 33%					
Vazão, Q_v (L/s)	Velocidade, N (rpm)	Torque, T (N.m)	P_m (W)	P_h (W)	Eficiência, η_h (%)
0,403	970	0	0	8,06	0,00
0,472	886	0,01	0,928	9,44	9,83
0,493	853	0,01	0,893	9,86	9,06
0,515	772	0,02	1,617	10,3	15,70
0,541	730	0,03	2,293	10,82	21,20
0,545	648	0,03	2,036	10,9	18,68
0,583	590	0,04	2,471	11,66	21,20
0,614	554	0,05	2,901	12,28	23,62
0,695	529	0,06	3,324	13,9	23,91
0,725	478	0,07	3,504	14,5	24,17
0,754	383	0,08	3,209	15,08	21,28

Tabela 3: Dados experimentais da Turbina Francis, à pressão constante para Grau de Abertura, 33%.

Fonte: Autores, 2019

A partir dos dados da tabela 2 e tabela 3 obtém as curvas características para os graus de abertura de 100%, 66% e 33%.

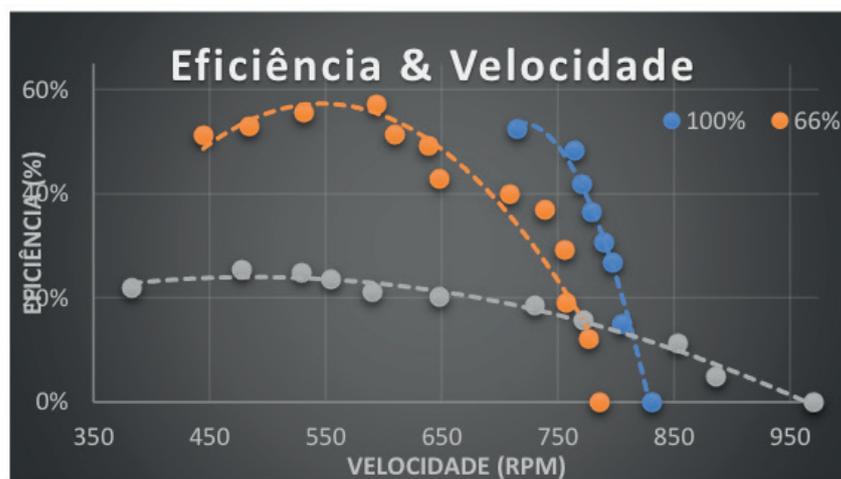


Figura 5: Curvas de desempenho da Turbina Francis, pressão constante, graus de abertura 33%, 66% e 100%, Eficiência (%) vs. Velocidade de rotação (rpm).

Fonte: Autores, 2019.

A figura 5 apresenta as curvas de desempenho de eficiência (η_n , %) em função da velocidade de rotação (n , rpm), enquanto na figura 6 encontra-se as curvas de desempenho da eficiência (η , %) em relação a vazão (Q , L/s), de acordo com os graus de abertura.

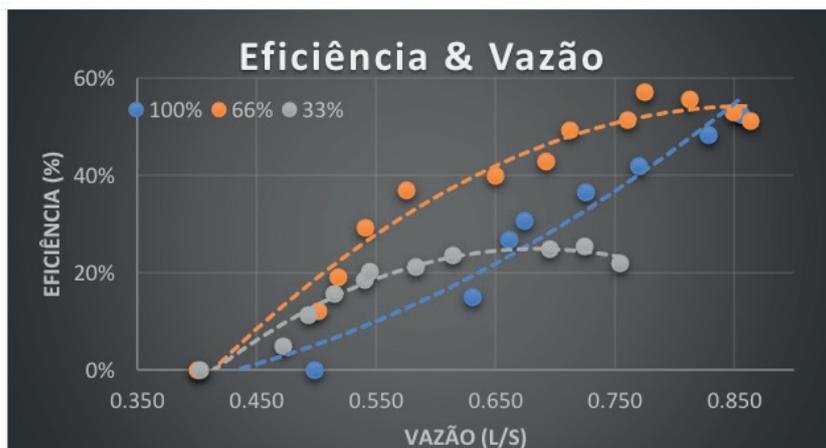


Figura 6: Curvas de desempenho da Turbina Francis, pressão constante, graus de abertura 33%, 66% e 100%, Eficiência (%) vs. Vazão (L/s).

Fonte: Autores, 2019.

As curvas de desempenho das figuras 5 e 6 mostram que a eficiência tem o mesmo comportamento para ambas aberturas de 100% e 66% para vazão e velocidade, atingindo eficiências semelhantes aumentando com a vazão e diminuindo com a velocidade, atingindo em seus pontos máximos uma eficiência em torno de 54%, respectivamente. Já com 1/3 de abertura tem-se baixa eficiência, comparada aos demais graus de abertura cai pela metade; assim, mostra que a partir de um certo grau da abertura das pás guia a eficiência diminui sensivelmente. (ANTUNES et al., 2014)

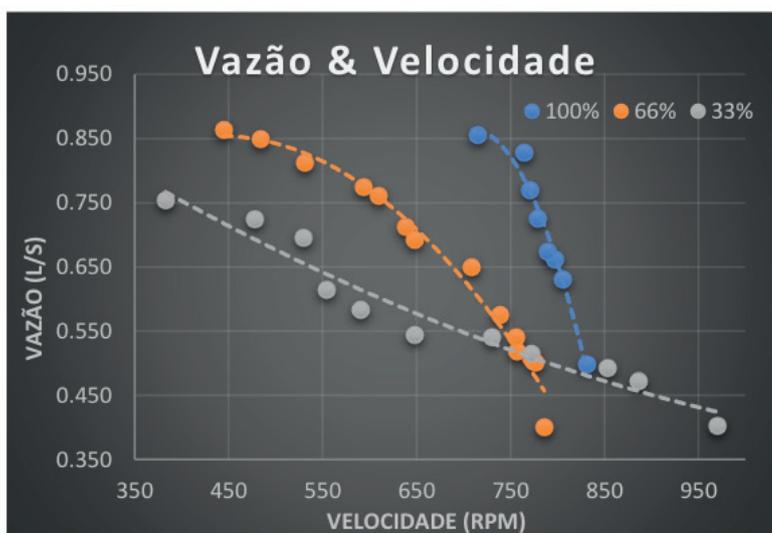


Figura 7: Curvas de desempenho da Turbina Francis, pressão constante, graus de abertura 33%, 66% e 100%, Vazão (L/s) vs. Velocidade de rotação (rpm).

Fonte: Autores, 2019.

A figura 7 demonstra que a velocidade de rotação e a vazão são inversamente proporcionais, isso pode ser observado através do grau de abertura, na medida que este diminui temos menores velocidades de rotação ocorrendo o aumento da vazão.

Os valores para os diferentes graus de abertura 33%, 66% e 100% à pressão variável encontram-se na tabela 4.

Grau de Abertura: 100%					Grau de Abertura: 66%					Grau de Abertura: 33%				
p bar	Qv L/s	V rpm	T Nm	Pm W	p bar	Qv L/s	V rpm	T Nm	Pm W	p bar	Qv L/s	V rpm	T Nm	Pm W
0,2	0,656	1188	0	0	0,23	0,555	1219	0	0	0,35	0,479	1243	0	0
0,19	0,708	1043	0,01	1,09	0,21	0,6	1139	0,01	1,19	0,29	0,538	1071	0,01	1,12
0,15	0,734	1043	0,02	2,18	0,205	0,66	1109	0,02	2,32	0,28	0,542	996	0,02	2,09
0,15	0,743	998	0,02	2,09	0,2	0,671	1071	0,02	2,24	0,275	0,562	1018	0,02	2,13
0,125	0,783	929	0,03	2,92	0,2	0,691	1052	0,02	2,20	0,263	0,586	924	0,03	2,90
0,125	0,799	882	0,03	2,77	0,18	0,685	983	0,03	3,09	0,25	0,595	857	0,03	2,69
0,1	0,829	813	0,04	3,41	0,175	0,678	983	0,04	4,12	0,245	0,606	805	0,04	3,37
0,09	0,845	730	0,06	4,59	0,17	0,67	931	0,04	3,90	0,225	0,647	725	0,05	3,80
0,075	0,864	654	0,06	4,11	0,15	0,742	879	0,05	4,60	0,213	0,661	572	0,06	3,59
0,05	0,892	573	0,07	4,20	0,14	0,763	816	0,05	4,27	0,2	0,667	437	0,08	3,66
0,05	0,892	490	0,08	4,11	0,125	0,79	734	0,06	4,61					
0,05	0,893	386	0,08	3,23	0,125	0,793	724	0,06	4,55					
0,05	0,891	236	0,09	2,22	0,1	0,814	607	0,07	4,45					
					0,1	0,816	553	0,08	4,63					

Tabela 4: Dados experimentais da Turbina Francis mantendo à pressão variável para Grau de Abertura 33%.

Observa que os dados da tabela 4, segue o mesmo comportamento independente do grau de abertura, ou seja, enquanto aumenta a velocidade de rotação cai o torque, portanto como consequência a turbina absorve mais potência. Por outro lado, as curvas de desempenho apresentadas nas figuras 8, 9 e 10 mostram que a abertura das palhetas guia do sistema diretor afetam a potência máxima, porém não como o esperado; sendo que, para o maior grau de abertura não atinge a máximo de potência em todas as condições realizadas de acordo com a variação dos parâmetros realizados, pois a abertura de 2/3 traz melhores resultados do que a máxima abertura.

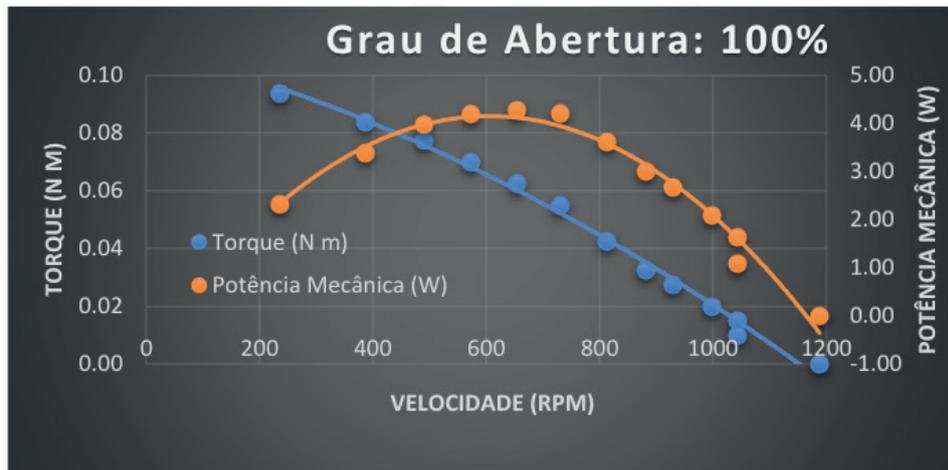


Figura 8: Curvas de desempenho da Turbina Francis, pressão variável, grau de abertura 100%, Torque (N.m) vs. Velocidade de rotação (rpm).

Fonte: Autores, 2019.

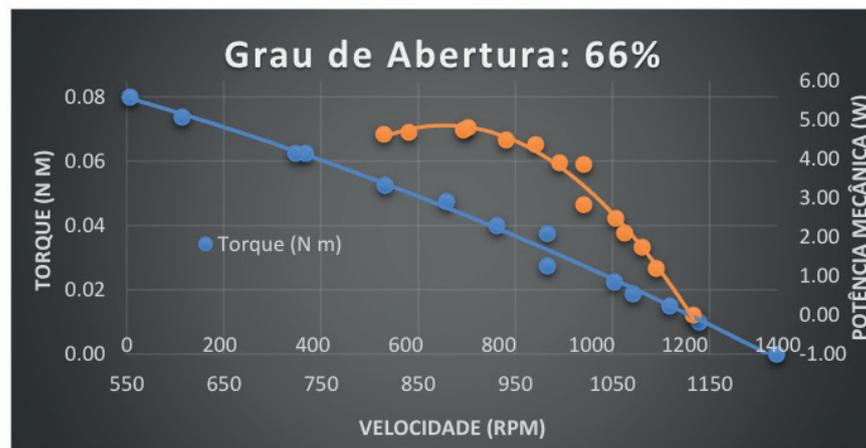


Figura 9: Curvas de desempenho da Turbina Francis, pressão variável, grau de abertura 66%. Torque (N.m) vs. Velocidade de rotação (rpm).

Fonte: Autores, 2019.

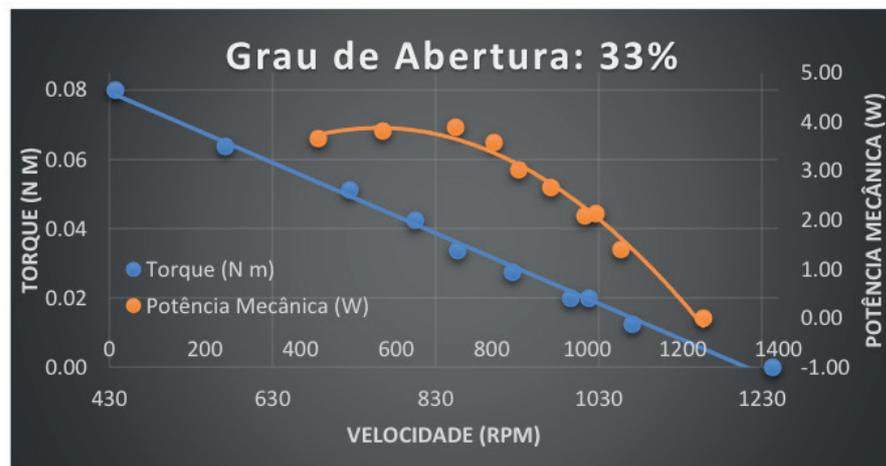


Figura 10: Curvas de desempenho da Turbina Francis, pressão variável, grau de abertura, 33%. Torque (N.m) vs. Velocidade de rotação (rpm).

Fonte: Autores, 2019.

Observa que os dados apresentados nas curvas de desempenho nas figuras 8, 9 e 10, seguiram os encontrados nas curvas de desempenho teóricas, ou seja, a velocidade de rotação aumenta com a carga sobre a turbina; e, conseqüentemente, diminui a potência absorvida.

4 | CONCLUSÕES

Com a análise das curvas de desempenho a pressão constante, pode-se avaliar o ponto de abertura ótimo, ou seja, onde a turbina tem maior e mais eficiência, sendo este com a abertura de 2/3 das pás guia do sistema diretor, atingindo sua máxima eficiência em torno de 54%. As turbinas de grande porte podem alcançar até 90% de eficiência que em comparação a máxima eficiência encontrada neste estudo é 60% maior; isto justifica-se, pois a turbina analisada é uma unidade de pequenas dimensões, onde os resultados encontrados apresentam variações e desvios em relação as unidades de grande porte, isto devido ao maior efeito dos atritos entre as peças móveis e do movimento do fluido (escoamento turbulento) através das pequenas áreas da máquina (unidade de pequeno porte analisada, turbina Francis), o qual constituem-se perdas de carga localizadas as quais estão ligadas a dependência destas com a vazão, que varia uma potência maior que um da vazão, devido as flutuações aleatórias das velocidades do fluido (tensões turbulentas) e a rugosidade das superfícies internas da unidade estudada. Por outro lado, tem-se a limitação da taxa de vazão do sistema estudado, por se tratar de um experimento a nível de laboratório. Nesta mesma pressão, através das curvas de desempenho vazão (Q_v , L/s) vs. velocidade de rotação (n , rpm), conclui-se que a Turbina Francis analisada é do tipo lenta, pois apresenta uma redução de vazão em detrimento do aumento da velocidade de rotação.

Quanto os resultados das curvas de desempenho a pressão variável, mostram que a taxa de vazão máxima obtém a 2/3 de abertura das palhetas guia e os melhores resultados de potência de pico.

Conclui-se, desta forma que os ajustes das palhetas guia do sistema diretor influenciam na faixa de velocidade de rotação útil da turbina (turbina Francis do tipo lenta) e o melhor desempenho desta foi com a abertura de 2/3, independente da pressão ser constante ou variável quando comparada com a os dados das curvas de desempenho teóricas.

5 | AGRADECIMENTOS

Aos técnicos, bolsistas e voluntários do Grupo Bio&Energia. Ao Programa

de Desenvolvimento Acadêmico (PDA) da Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis e Comunitário (PRAEC) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) pelas bolsas institucionais recebidas para a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR FILHO, F. L. **Modelo institucional do setor elétrico brasileiro: análise da capacidade de atração de capital privado para investimentos em geração de energia hidrelétrica**. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ANDRIZ ENGINEERED SUCCESS. **Hydro Small and Mini HydroPower Solutions**. Andritz Hydro. Vienna, 20p. 2018.
- ANTUNES, U. R.; KONRADT, D. D.; SCHWANKE, C. M. **Curvas de desempenho em turbinas hidráulicas de módulo didático através de critérios de projeto experimentais**. In: VI Salão de Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2014, Bagé. Anais do VI Salão de Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, Bagé: UNIPAMPA, 2014.
- ANUTA, O. H. et al. **An international review of the implications of regulatory and electricity market structures on the emergence of grid scale electricity storage**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 38, p. 489-508, 2014.
- BANDEIRA, F. D. P. M. **Análise das alterações propostas para o modelo do setor elétrico brasileiro**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2003.
- BRASIL. **Lei nº 10.848**, Lei de Comercialização de Energia Elétrica de 15 de março de 2004, D.O.U. 16/03/2004, p.2.
- CORRÊA DA SILVA, R.; DE MARCHI NETO, I.; SILVA SEIFERT, S. **Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 59, p. 328-341, 2016.
- CENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications**. Third edition. New York: McGraw-Hill, 2006.
- HENN, É. A. L. **Máquinas de Fluido**. 2ª. ed. Santa Maria: UFSM, 2006.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook Special Report: Energy Climate and Change**. 2015b.
- KHAN, M. K. **Fluid Mechanics and Machinery**. New Delhi: Oxford University Press, 2015.
- KONRADT, D. D.; SCHWANKE, C. M.; SANTOS, M. F. P. **Estudo de caso em máquinas de fluxo geradoras através de critérios de projeto**. In: VII Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2015, Alegrete. Anais do VII Salão de Ensino, Pesquisa e Extensão. Bagé: UNIPAMPA, 2015.
- LEE, A. H. I.; CHEN, H. H.; CHEN, J. **Building smart grid to power the next century in Taiwan**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 68, p. 126-135, 2017.
- LUND, H. et al. **From electricity smart grids to smart energy systems – A market operation based approach and understanding**. *Energy*, v. 42, n. 1, p. 96-102, 2012.
- CATÁLOGO TEcEquipment. **Turbina Francis H18**, Empresa Nova Didacta, 2010. Disponível em:

<www.novadidacta.com.br>. Acesso em: 10 set 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Modelo Institucional do Setor Elétrico**. Brasília, 57 p. 2003.

MORONI, S.; ANTONIUCCI, V.; BISELLO, A. **Energy sprawl, land taking and distributed generation: towards a multilayered density**. Energy Policy, v. 98, p. 266-273, 2016.

PENCHE, C. **Layman's Guidebook - On how to develop a small hydro site**. EUROPEAN SMALL HYDROPOWER ASSOCIATION (ESHA). Second edittion. Bruselas: European Commision, 1998.

PIRES, J. C. L. **Desafios da reestruturação do setor elétrico brasileiro. BNDES, Área de Planejamento**. In: Texto para Discussões No. 76, Rio de Janeiro: Departamento Econômico-DEPEC, 2000.

SANTOS, M. F. P.; KONRADT, D. D.; SILVA, I. A. C.; SCHWANKE, C. M. **Máquinas de fluido: material didático e aplicações**. In: 8º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão (SIEPE), 2016, Uruguaiana. Anais do 8º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão (SIEPE), v.8. Bagé: UNIPAMPA, 2016.

VAHL, F. P.; RÜTHER, R.; CASAROTTO FILHO, N. **The influence of distributed generation penetration levels on energy markets**. Energy Policy, v. 62, p. 226-235, 2013.

SOBRE A ORGANIZADORA

Franciele Braga Machado Tullio - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abaqus 213, 214, 215, 218, 219, 221, 222, 223, 226, 227

Acidente de trabalho 1

Air Traffic Management (ATM) 183

Análise de patentes 41

Apontador 129, 147

Arco elétrico 67, 68, 69, 70, 73, 74, 79, 80

Atrazina 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170

B

Biopolímeros 134, 135

C

Compensação de energia 10, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 54, 100

Corpo 103, 114, 118, 119, 124, 134, 143, 177, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 255

D

Degradação 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 245, 250

Demanda contratada 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51

Diluição 101, 103, 104, 105, 106, 109, 111

Dispositivo 22, 73, 74, 127, 128, 129, 132, 147, 148, 151, 177, 180, 209, 245

Distribuição 1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 40, 41, 54, 73, 76, 90, 92, 93, 100, 117, 119, 138, 140, 147, 160, 161, 173, 174, 178, 180, 182, 206, 226, 229, 233, 234, 236, 247, 248

E

Economia de energia 43, 51

Eletricista 1, 2, 5, 7, 69

Energia elétrica 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 32, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 59, 60, 63, 65, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 92, 97, 98, 100

Energia incidente 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 78, 79

Energia solar fotovoltaica 81

Equipamentos de proteção individual 8, 67, 68

F

Fator de carga 92, 93, 94, 98, 99, 100

Fonte hídrica 20

Fotocatálise 163, 165

G

Geometria de bancada 101

Geração distribuída 10, 11, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 53, 54, 57, 65, 81, 89, 90

Geração elétrica distribuída 20

I

Indústria fonográfica 172, 173, 176, 178, 179, 181, 182

Interpolação 228, 229, 230, 231, 232, 236, 237, 238, 239, 240

J

Jogos sérios 127, 128, 132

L

Leap motion controller 127, 128, 129, 132, 133

Leveduras 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144

M

Método da validação cruzada 228, 230, 237, 238

Microalgas 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 135

Microgeração 15, 17, 18, 53, 55, 56, 57, 63, 64, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100

Mineração de calcário 101, 103, 105, 109

Modelo tridimensional 101, 109

Mouse 146, 147, 148, 149, 150, 155, 159, 160, 161

N

Nr10 1, 2

O

Óxidos mistos 163, 165, 169

P

Palmilha 114, 115, 116, 117, 122, 123, 124, 126

Paradigmas tecnológicos 172, 173

Poli(ácido láctico) 134, 135, 137

Polímeros Reforçados com Fibra de Carbono (PRFC) 213, 214, 218, 223, 225, 226, 227

Poluição eletromagnética 228, 238

Prospecção tecnológica 34, 36, 41, 42, 114, 117, 145, 149, 162, 203, 204

R

Reabilitação virtual 127, 128, 132

Rede de distribuição 14, 15, 76, 92, 93

Reforço ao cisalhamento 213, 215, 216, 227

Regimes de apropriabilidade 172, 173, 174, 175

S

Sap2000 v15 213, 214, 215, 219, 226

Scanner a laser terrestre 101, 102, 103, 104

Sinais bioelétricos 114, 118, 124

Sistemas fotovoltaicos 81, 82, 90, 92, 93, 100

T

Turbinas 14, 20, 22, 23, 24, 31, 32

U

UAS Traffic Management (UTM) 183, 185, 186, 187, 189, 190, 194, 196, 197, 198, 200

Unmanned Aircraft System (UAS) 183, 184, 186, 200

V

Veículo elétrico 81, 84, 86, 88, 89, 90

