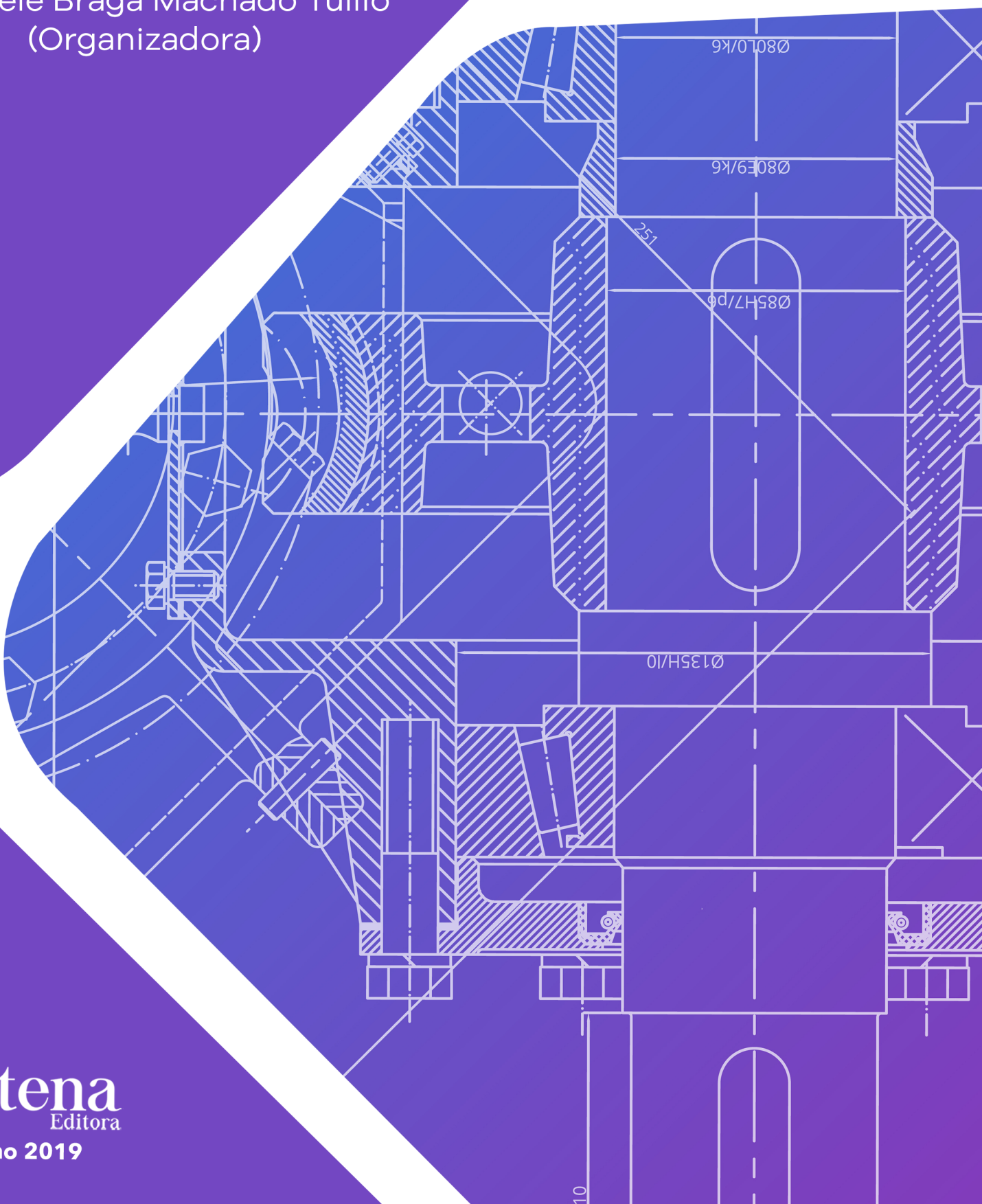


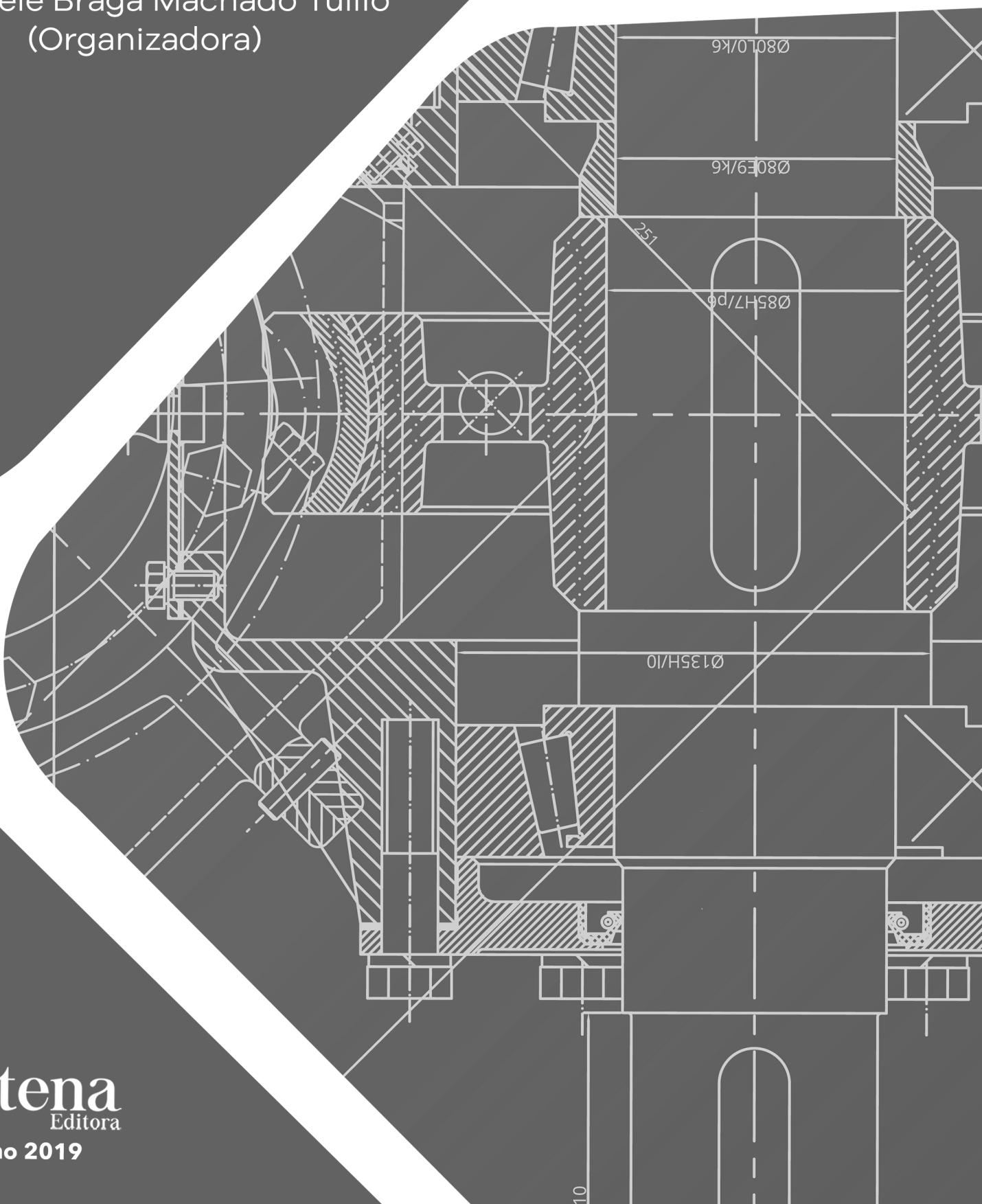
Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 2

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. Eloí 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 Areda
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 Areda
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
Sânia 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 Amomy 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

ANÁLISE COMPARATIVA DE TÉCNICAS DE INTERPOLAÇÃO APLICADAS À ANÁLISE DE POLUIÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Data de aceite: 26/11/2019

Talles Amony Alves de Santana

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Ceará
Itapipoca - CE

Humberto Dionísio de Andrade

Universidade Federal Rural do Semiárido
Mossoró – RN

Herick Talles Queiroz Lemos

Universidade Federal Rural do Semiárido
Mossoró – RN

Matheus Emanuel Tavares Sousa

Universidade Federal Rural do Semiárido
Mossoró – RN

Adriano Aron Freitas de Moura

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – RN

Ednardo Pereira da Rocha

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – RN

RESUMO: Este trabalho propõe uma análise comparativa de desempenho de três técnicas de interpolação por meio das diferenças entre os valores medidos e estimados de dados baseados em valores de campo elétrico, magnético e densidade de potência medidos em 200 pontos, considerando-se a faixa de 10 MHz até 8 GHz, adotando-se a metodologia proposta

pela Resolução 303 da ANATEL, com objetivo de investigar a poluição eletromagnética na zona urbana da cidade de Mossoró – RN, Brasil, sendo utilizado o método da validação cruzada para determinação da técnica de interpolação mais adequada. O método da validação cruzada mostrou que as técnicas de interpolação diferem com relação ao erro médio absoluto e ao erro quadrático médio para o caso estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição eletromagnética; Método da validação cruzada; Interpolação.

COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERPOLATION TECHNIQUES APPLIED TO ELECTROMAGNETIC POLLUTION ANALYSIS

ABSTRACT: This work proposes a comparative performance analysis of three interpolation techniques by means of differences between the measured and estimated values of data based on electric field, magnetic field and power density measured at 200 points, considering the 10 MHz band. up to 8 GHz, adopting the methodology proposed by ANATEL Resolution 303, with the objective of investigating electromagnetic pollution in the urban area of the city of Mossoró - RN, Brazil, using the cross-validation method to determine the most appropriate interpolation technique. The cross-validation method showed that the interpolation techniques differ in relation to the absolute mean error and the mean square

error for the case studied.

KEYWORDS: Electromagnetic Pollution; Cross-validation Method; Interpolation.

1 | INTRODUÇÃO

O avanço da indústria de telecomunicações com relação à tecnologia de comunicações móveis favoreceu o aumento do número de estações rádio base (ERB) nos ambientes urbanos e altamente povoados. Dessa forma, de acordo com Linhares *et al.* (2013), os órgãos regulatórios preocupam-se com possíveis efeitos à saúde das pessoas que residem nas proximidades das ERBs e conseqüentemente estão expostas à radiação eletromagnética provenientes das ERBs. A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca que o cansaço, fadiga e dor de cabeça são alguns dos efeitos negativos que a exposição à radiação eletromagnética pode causar.

A preocupação em diminuir os impactos desse tipo de exposição fez com que órgãos nacionais e internacionais estabelecessem limites máximos de exposição a campos eletromagnéticos aos quais as pessoas podem estar submetidas, recomendando avaliações de efeitos biológicos e também métodos para determinar se os valores de intensidade dos campos eletromagnéticos estão dentro do limite aceitável para a região em estudo. Lewick (2009) destaca duas formas de realizar a avaliação do nível de intensidade dos campos eletromagnéticos: utilização de medições de campo e utilização de modelos teóricos. Cada uma das formas possui especificidades tornando-se adequadas de acordo com o modelo de análise.

Para as medições de campo, podem ser utilizados medidores que trabalhem em uma frequência selecionada específica ou em uma faixa que considere a soma das contribuições individuais em todas as direções e polarizações (LINHARES *et al.* 2014). A escolha dos pontos onde as medições serão realizadas é de suma importância para uma avaliação correta da exposição aos campos eletromagnéticos, porém para uma avaliação mais completa da influência que os campos exercem em uma determinada área é necessário que se conheça de que forma esses campos estão distribuídos espacialmente nessa área (SANTANA *et al.* 2017).

Essa distribuição é feita com o auxílio de técnicas de interpolação espacial capazes de estimar valores em locais não amostrados através de equações específicas, onde a correta escolha do método de interpolação faz com que a superfície gerada represente de forma mais real os dados amostrados (AZPURUA e DOS RAMOS, 2010).

Este trabalho tem como objetivo avaliar e comparar o desempenho das técnicas de interpolação Inverso Ponderado da Distância, Krigagem e Função de Base Radial com utilização de dados provenientes de medições da radiação eletromagnética, por meio das curvas de distribuição espacial dos campos elétrico, magnético e densidade

de radiação obtidas por meio do *software Golden Surfer*[®], na região urbana da cidade de Mossoró - RN, Brasil, considerando-se a faixa de 10 MHz até 8 GHz.

2 | TÉCNICAS DE INTERPOLAÇÃO

A estimativa de valores de uma variável em locais em que os pontos de amostragem não estão disponíveis é possível, de acordo com Andriotti (2005), por meio de um método ou função matemática denominada interpolação, logo, é possível representar esses dados pontuais de modo contínuo por meio de um mapa. Através dessas técnicas, também é possível avaliar a variabilidade espacial de uma grandeza, utilizando um conjunto de dados disponíveis em uma região (KAMINSKA E GRZYWNA, 2014). São exemplos de métodos de interpolação: inverso ponderado da distância (IDP – *inverse distance to a power*), krigagem (KG – *kriging*) E função da base radial (RBF – *radial basis function*).

Cada um desses métodos possui aplicações adequadas a determinadas características de um conjunto de dados, desse modo não há um que possa ser considerado melhor do que o outro (LENNON e TUNNER, 1995). A determinação da técnica mais adequada para um dado conjunto de dados pode ser verificada por meio da aplicação do Método da Validação Cruzada, que é, de acordo com Luo *et al.* (2008) um procedimento que consiste em retirar do conjunto de dados cada valor e então, por meio de interpolação, estimar seu valor a partir de dados remanescentes, repetindo-se o processo para cada uma das amostras do conjunto de dados.

O erro absoluto médio (MAE – *mean absolut error*) e o erro quadrático médio (RMSE – *root mean square error*) são dois importantes parâmetros utilizados para avaliar o desempenho das técnicas de interpolação e são resultantes da aplicação do Método de Validação Cruzada, que relaciona valores medidos com valores estimados. As técnicas de interpolação IDP, Kringagem e RBF, de acordo com Santana *et al.* (2017), apresentam desempenho mais satisfatório e menores erros para o conjunto de dados analisados. As Equações 1 e 2 apresentam, respectivamente, o cálculo dos parâmetros MAE e RMSE.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\hat{z}(s_i) - z(s_i)] \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\hat{z}(s_i) - z(s_i)]^2} \quad (2)$$

Nas Equações 1 e 2, $\hat{z}(s_i)$ são os valores estimados, enquanto $z(s_i)$ são os

valores medidos e N é o número de amostras.

2.1 Krigagem

A Krigagem utiliza os dados amostrais e a relação espacial que os dados têm entre si, que é a variação quadrática esperada dada uma distância. Essa relação é chamada de semivariograma. Além disso, a Krigagem leva em consideração o valor médio dos dados, chamado de tendência. Utilizando essas duas informações, tendência e semivariograma, a Krigagem realiza a interpolação através de uma média ponderada dos dados amostrais de forma que o erro esperado seja minimizado (FAZIO, 2013).

Trata-se de um modelo estatístico e, assim como o método do inverso da distância ponderada, associa a variabilidade de um dado com base na distância existente entre um par de pontos através da utilização de uma combinação linear de pesos nos pontos conhecidos para estimar os valores nos locais desconhecidos (GALLARDO, 2006).

A Equação 3 apresenta a expressão matemática para o valor estimado considerando-se o método Krigagem.

$$\hat{z}(x) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i) \quad (3)$$

Na Equação 3, $\hat{z}(x)$ é o valor estimado, $z(x_i)$ é o valor medido e λ_i são as soluções de um sistema de equações lineares associadas a cada um dos valores medidos.

2.2 Inverso Ponderado da Distância

Método de interpolação multivariada que estima o valor da variável ao longo de uma área atribuindo um peso maior a pontos mais próximos, diminuindo esse peso à medida que a distância aumenta, ou seja, quanto mais próximo o ponto a qual se quer estimar o valor maior será o peso atribuído ao ponto de amostra (JIMENEZ e DOMECCQ, 2008). O peso atribuído a cada um dos pontos é função do coeficiente de potência, onde quanto maior o valor desse coeficiente, maior será a influência dos pontos próximos aos valores estimados, o valor mais comum para o parâmetro é 2 (ZONETE, 2009). As Equações 4 e 5 apresentam o cálculo dos valores estimados por meio do método Inverso Ponderado da Distância.

$$\hat{z}(x) = \frac{\sum_{k=0}^N W_k(x) z_k}{\sum_{k=0}^N W_k(x)} \quad (4)$$

$$W_k(x) = \frac{1}{d(x, x_k)^p} \quad (5)$$

Em que $\hat{z}(x)$ representa o valor estimado, z_k é um valor conhecido, $d(x, x_k)$ é a distância entre o valor conhecido e o estimado, N é o número de amostras e p é o peso do parâmetro.

2.3 Função de Base Radial

De acordo com Fasshauer (2007), uma função é radial caso exista uma função, de um único argumento, $\varphi: [0, \infty) \rightarrow R$ tal que:

$$\phi(x) = \varphi(r) \quad (6)$$

Onde $r = \|x\|$ e $r = \|\cdot\|$ refere-se à Norma Euclidiana.

Segundo Wong *et al.* (2002), o processo de interpolação de funções de múltiplos argumentos pode ser generalizado através da utilização de funções de base radial. Matematicamente, o valor estimado $\hat{z}(x)$ pode ser calculado por meio das Equações 7 e 8.

$$\hat{z}(x) = \sum_{j=1}^N \alpha_j \phi(x - x_j) \quad (7)$$

$$\begin{aligned} (f(x_1) : f(x_n)) \\ = (\phi(x_1 - x_1) \cdots \phi(x_1 - x_n) : \vdots \\ : \phi(x_n - x_1) \cdots \phi(x_n - x_n)) (\alpha_1 : \alpha_n) \end{aligned} \quad (8)$$

Onde $\phi(x - x_j)$ é uma função de base radial positiva e α_j são coeficientes desconhecidos que são determinados por meio da Equação 8.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, utilizando dados da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) que indicam a existência de ERBs em uma região, foi determinada a localização das principais fontes de radiação não ionizantes presentes na região de análise, estações de radiodifusão e estações de rádio base. Após essa etapa, a zona de interesse foi dividida em quatro regiões de acordo com a quantidade de torres espalhadas por esses locais, onde foram escolhidos 50 pontos por cada região contemplando um total de 200 pontos espalhados pelo município. Após a realização das medições nos 200 pontos escolhidos, fez-se um tratamento computacional nos dados obtidos de modo a determinar qual método de interpolação, dentre os métodos analisados, apresentou resultados mais satisfatórios para a criação de uma

superfície que represente a distribuição espacial desses campos em função de suas coordenadas.

A área de estudo foi definida na região urbana da cidade de Mossoró, município situado na região Oeste do estado do Rio Grande do Norte, que possui uma população estimada de 297.378 habitantes (IBGE 2019). O município de Mossoró está subdividido em 27 bairros, sendo o bairro do Abolição com uma população de 24.741, o que representa 9,5% da população total da cidade, o bairro mais populoso seguido pelos bairros de Barrocas, Santo Antônio, Alto de São Manoel e Aeroporto. A Figura 1 mostra a distribuição populacional nos maiores bairros de Mossoró.

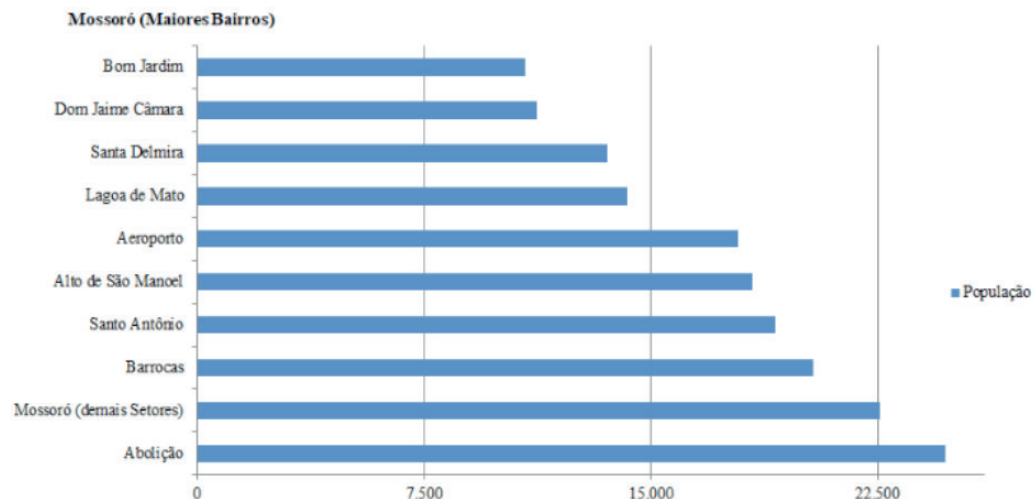


Figura 1. Distribuição populacional nos maiores bairros de Mossoró

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010

Para a determinação dos pontos onde foram realizadas as medições, fez-se necessário primeiramente identificar a localização das principais fontes de emissão de radiação eletromagnética não ionizante na cidade, as estações de rádio base e de radiodifusão. Segundo dados da ANATEL, existem, na zona urbana de Mossoró, 95 estações de rádio base e 11 estações de TV (incluindo repetidoras) espalhadas por 20 bairros. Com esses dados foi possível determinar a distribuição espacial dessas estações em base cartográfica através da utilização de imagens obtidas pelo Google Earth, sendo necessário ressaltar que o número de torres é menor do que a quantidade de estações, pois em muitos casos a estrutura de diferentes tecnologias é compartilhada entre várias operadoras. Na Figura 2 é ilustrada essa distribuição.

A região em estudo foi dividida em quatro zonas, de acordo com a localização geográfica e a quantidade torres presentes em cada uma dessas áreas, sendo os limites de cada uma dessas zonas delimitados pelas torres ali presentes. A divisão das zonas está ilustrada na Figura 3, com cada cor representando uma área de análise.

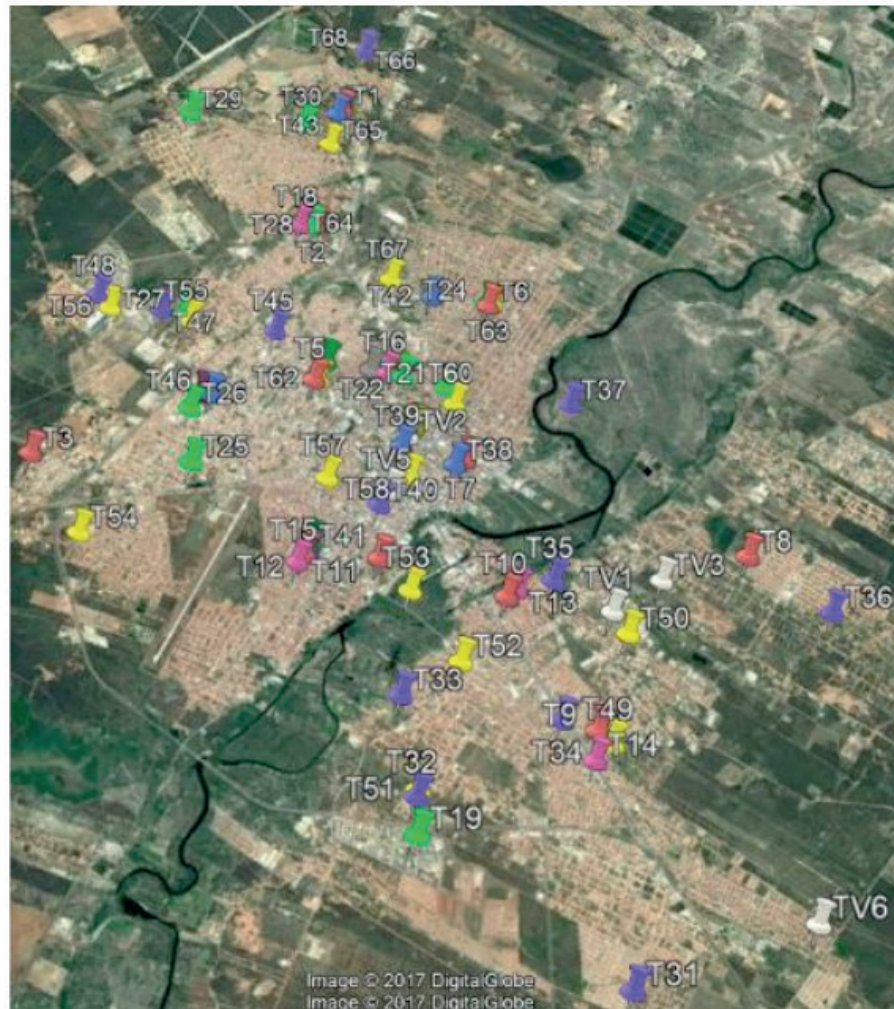


Figura 2. Distribuição espacial por bairros das torres de estação de rádio base e radiodifusão (cada cor uma operadora)

Fonte: Adaptado de *Google Earth*®, 2017

Na Figura 3 é possível visualizar a separação entre cada uma das zonas, a Zona 01, representada pela cor verde, engloba a região central da cidade, a Zona 02, representada na Figura 21 pela cor azul, engloba a região sul da cidade, a Zona 03, representada pela cor vermelha, abrange a região oeste, enquanto que a Zona 04 que está caracterizada pela cor amarela engloba a região norte da cidade. Em cada uma dessas zonas foram determinados 50 pontos de medição resultando num total de 200 pontos. As principais informações referentes às quatro zonas analisadas estão mostradas na Tabela 1.

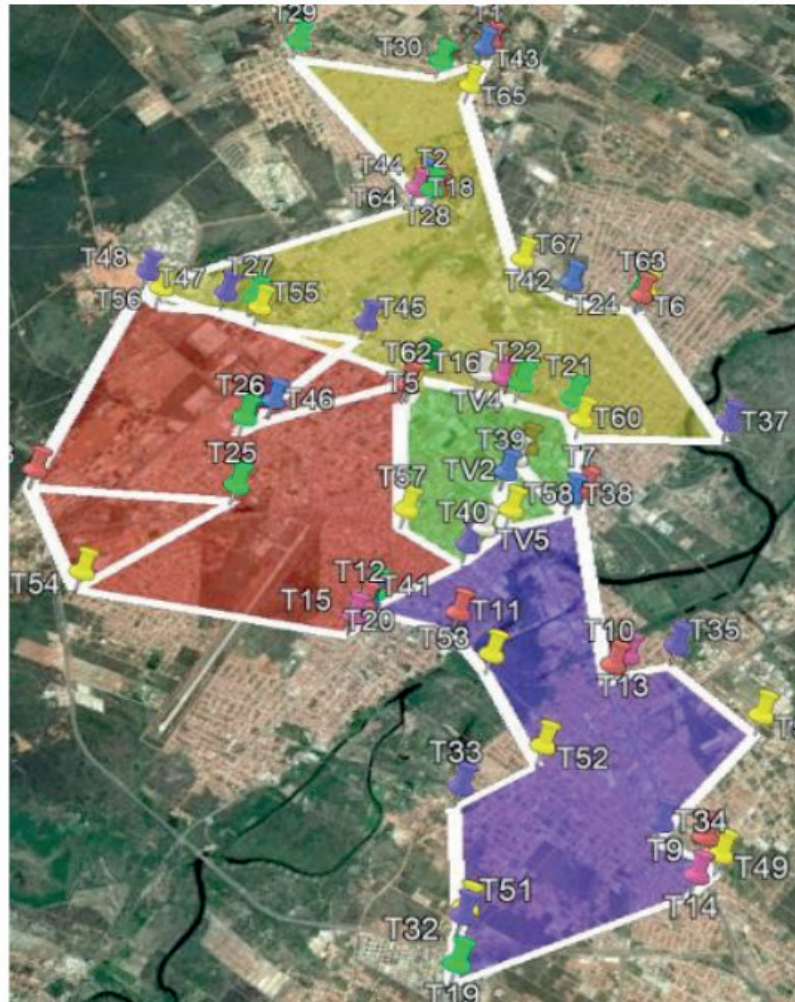


Figura 3. Representação das quatro zonas de análise

Fonte: Adaptado de *Google Earth*®, 2017

Zona	Área (km ²)	Quantidade de torres	Distância média entre os pontos de medição e o centroide (m)	Intervalo de distância entre os pontos de medição
01	2,0	18	615	187 a 1000 m
02	5,7	21	1067	116 a 2060 m
03	8,4	21	1080	185 a 2056 m
04	7,7	25	1200	305 a 2600 m

Tabela 1. Principais características referentes às quatro zonas de análise

Fonte: Autoria própria.

Para a realização das medições das intensidades de campo elétrico, campo magnético e densidade de potência, o instrumento utilizado foi o medidor de campo eletromagnético multibanda isotrópico de três eixos da Tenmars modelo TM-196. Esse medidor é projetado para medir e monitorar a intensidade dos campos eletromagnéticos em radiofrequência em uma faixa de medição que se estende de 8 MHz a 10 GHz, possuindo a capacidade de expressar esses valores referentes

aos três eixos de medição ou a cada um deles separadamente. Seu funcionamento baseia-se no princípio da indução eletromagnética sendo capaz de indicar os valores instantâneos, médio ou máximo da grandeza a qual está analisando (TENMARS, 2009). Na Figura 4 o medidor utilizado é mostrado.



Figura 4. Medidor Tenmars TM-196

Fonte: Tenmars, 2016

As medições das intensidades de campo elétrico, campo magnético e densidade de potência foram realizadas nos 200 pontos seguindo metodologia apresentada na Resolução 303 da ANATEL de 2002 que define um período de 6 minutos como o tempo necessário para se calcular a média temporal da exposição contínua aos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequência. As medições foram realizadas no período de segunda à sexta-feira entre as 08:00 e 11:00 horas e das 14:00 às 17:00 horas. Os valores obtidos nessas medições são resultados das contribuições dos componentes dos campos em todas as direções.

Com o objetivo de diminuir as influências do operador durante as medições de campo elétrico, o instrumento de medição foi posicionado sobre um tripé de modo que a sonda do medidor esteja localizada a 1,5 m de altura do solo. Essa altura foi baseada na distância média entre o solo e a linha do abdômen de um adulto médio no Brasil.

Além da obtenção dos valores da intensidade de campo elétrico, campo magnético e densidade de potência nos 200 pontos de medição, também foi determinada a localização das coordenadas desses pontos através da latitude e longitude, pois os valores dessas coordenadas são necessários para, por meio da utilização de técnicas de interpolação, realizar a distribuição espacial dos dados de medição e assim estimar de que forma esses campos se distribuem sobre a região

de análise em função de suas coordenadas. A Figura 5 mostra o sistema de medição montado nas quatro zonas de análise para a realização das medições.

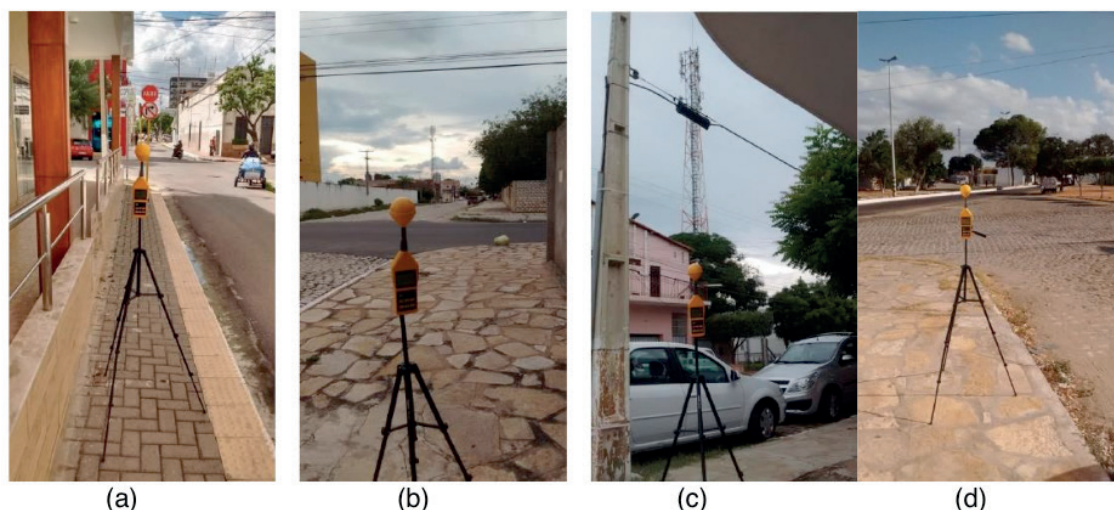


Figura 5. Sistema de medição (a) Zona 01 (b) Zona 02 (c) Zona 03 (d) Zona 04

Fonte: Autoria Própria

Com o objetivo de verificar de que forma os campos eletromagnéticos se distribuem espacialmente nas regiões sob análise, utilizou-se uma técnica de interpolação que consiste em um método matemático que ajusta os valores de uma função em um determinado ponto não amostrado, de acordo com os valores existentes nos pontos amostrados. Desse modo, é possível estimar os valores das intensidades de campo elétrico, campo magnético e densidade de potência em lugares onde as medições não foram realizadas em função dos 200 pontos medidos.

Como cada um dos métodos de interpolação possui características e utilizações distintas, comparou-se, através da técnica de validação cruzada, o desempenho dos interpoladores Inverso Ponderado da Distância, Krigagem e Função de Base Radial aplicados ao conjunto de dados obtidos pela campanha de medição. Desse modo, foi possível calcular a eficiência de um método de interpolação quando comparado com outro, fazendo com que o método escolhido represente de forma mais adequada o conjunto de dados obtido através das medições.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da aplicação do método da validação cruzada nas técnicas de interpolação Inverso Ponderado da Distância (IDP), Krigagem (KG) e Função de Base Radial (RBF) foram obtidos os parâmetros erro médio absoluto (MAE) e erro quadrático médio (RMSE) apresentados na Tabela 2.

Método de Interpolação	Erro Médio Absoluto (V/m)	Erro Quadrático Médio (V/m) ²
IDP	0,57	0,82
KG	0,45	0,72
RBF	0,52	0,79

Tabela 2. Resultados dos parâmetros estatísticos para as técnicas de interpolação.

Fonte: Autoria própria

Através da análise dos dados presentes na Tabela 2, foi possível observar que, dentre os três métodos de interpolação comparados, o método da krigagem foi o que apresentou desempenho mais satisfatório para estimar o valor do campo elétrico em vários pontos a partir de um conjunto de dados, já que foi o método que apresentou os menores valores para os parâmetros erro médio absoluto (MAE) e erro quadrático médio (RMSE) obtidos através do método da validação cruzada. A Figura 6 mostra a variação dos valores medidos e dos valores estimados pelo método da krigagem em função dos 200 pontos.

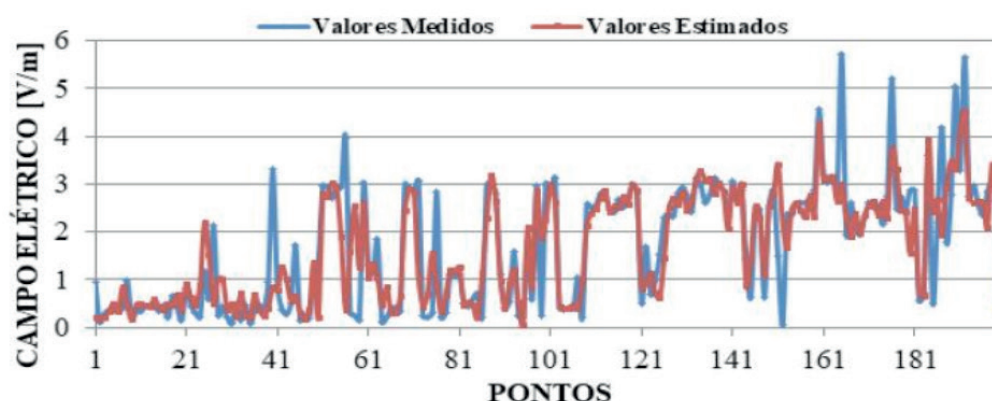


Figura 6. Gráfico comparativo entre os valores medidos e estimados através do método da krigagem.

Fonte: Autoria Própria.

5 | CONCLUSÃO

A etapa inicial de realização desse trabalho se deu pelo conhecimento da região em que seria realizada a análise dos níveis de radiação eletromagnética, sendo identificadas e localizadas as principais fontes de emissão de poluição eletromagnética na faixa de frequências de 10 MHz a 8 GHz, que é ocasionada principalmente por torres de radiofusão e rádio base espalhadas pelas regiões da cidade.

Com a localização georreferenciada dessas torres foi possível criar subzonas de análise na qual foram escolhidos pontos específicos para a realização dessas medições. Os pontos foram determinados baseando-se na distância média entre as

torres e o ponto central de cada uma dessas áreas, desse modo 200 pontos foram selecionados espalhados pela região urbana da cidade.

A campanha de medição foi realizada com um medidor modelo Tenmars TM-196 seguindo metodologia proposta pela ANATEL através de sua resolução 303 de 2002, onde em cada um dos 200 pontos foi obtido o valor médio das grandezas analisadas no intervalo de 6 minutos.

Com os valores medidos nesses pontos, determinou-se, através da técnica de validação cruzada, que o método de interpolação krigagem apresentou resultados mais satisfatórios para estimar o valor dessas grandezas em localidades não medidas para que assim, pudesse ser criada uma superfície que representasse espacialmente como esses campos se distribuem pela região de análise.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). **Resolução 303: Regulamenta o Limite de Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequência entre 9 kHz e 300 GHz**. Brasil, 02 de julho de 2002.

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. 2ª ed. Porto Alegre: Unisinos, 2005.

AZPURUA, M.; DOS RAMOS, K. **A Comparison of Spatial Interpolation Methods for Estimation of Average Electromagnetic Field Magnitude**. Progress In Electromagnetic Research M, Vol. 14, Iss. 14, p. 135 – 145. 2010.

FASSHAUER, G. E. **Meshfree Approximation Methods with MATLAB**. 1ª ed. Singapura, 2007.

FAZIO, Vinicius Sousa. **Interpolação Espacial: Uma Comparação Analítica entre Redes RBF e Krigagem**. 2013. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/107339/320781.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 ago. 2019.

GALLARDO, A. **Geostadística**. Ecosistemas, Vol. 15, Iss. 3, p. 1 – 11. 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>. Acesso em: Ago. 2019.

JIMENEZ, K. Q.; DOMECCQ, F. M. **Estimação de chuva usando métodos de interpolação**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

KAMINSKA, A. GRZYWNA, A. **Comparison of deterministic interpolation methods for the estimation of groundwater level**. Journal of Ecological Engineering, Vol. 15, Iss. 4, p. 55-60, 2014.

LENNON, J. J.; TURNER, J. R. G. **Predicting the spatial distribution of climate: Temperature in Great Britain**. Journal of Animal Ecology, Vol. 64, Iss. 3, p. 370 – 392. 1995.

LEWICKI, F. **Comparison between measurement and calculations – EMF – Estimator**. ITU-T Technical Session on EMF, Genebra, 2009.

LINHARES, A.; TERADA, M. A. B.; SOARES, A. J. M. **Estimating the Location of Maximum Exposure to Electromagnetic Fields Associated with a Radiocommunication Station.** Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications, Vol. 12, Iss. 1, 2013.

LINHARES, A.; SOARES, A. J. M.; TERADA, M. A. B. **Determination of Measurement Points in Urban Environments for Assessment of Maximum Exposure to EMF Associated with a Base Station.** International Journal of Antennas and Propagation, Vol. 2014, Iss. 2014, 2014.

LUO, W.; TAYLOR, M. C.; PARKER, S. R. **A Comparison of spatial interpolation methods to estimate continuous wind speed surfaces using irregularly distributed data from England and Wales.** International Journal of Climatology, Vol. 28, p. 947 – 959. 2008.

SANTANA, T. A. A. de.; ANDRADE, H. D. de.; QUEIROZ JÚNIOR, I. S.; SILVA, I. B. T. da. **Comparison of spatial interpolation methods to determine exposure ratio to electric fields in urban environments.** Electronics Letters, Vol. 53, Iss. 18, p. 1250–1252, 2017

TENMARS ELECTRONICS Co. Ltd. **User's Manual.** Tenmars (TM-196). Taiwan, 2009.

WONG, S. M.; HON, Y. C.; GOLBERG, M. A. **Compactly supported radial basis functions for shallow water equations.** Applied Mathematics and Computation, Vol. 127, Iss. 1. p. 79-101, 2002.

ZONETE, M. C. C. **Avaliação do uso de Técnicas de Interpolação para estimativa de Volume em Florestas Clonais de Eucalyptus sp.** Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais da USP. Piracicaba, 2009.

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

