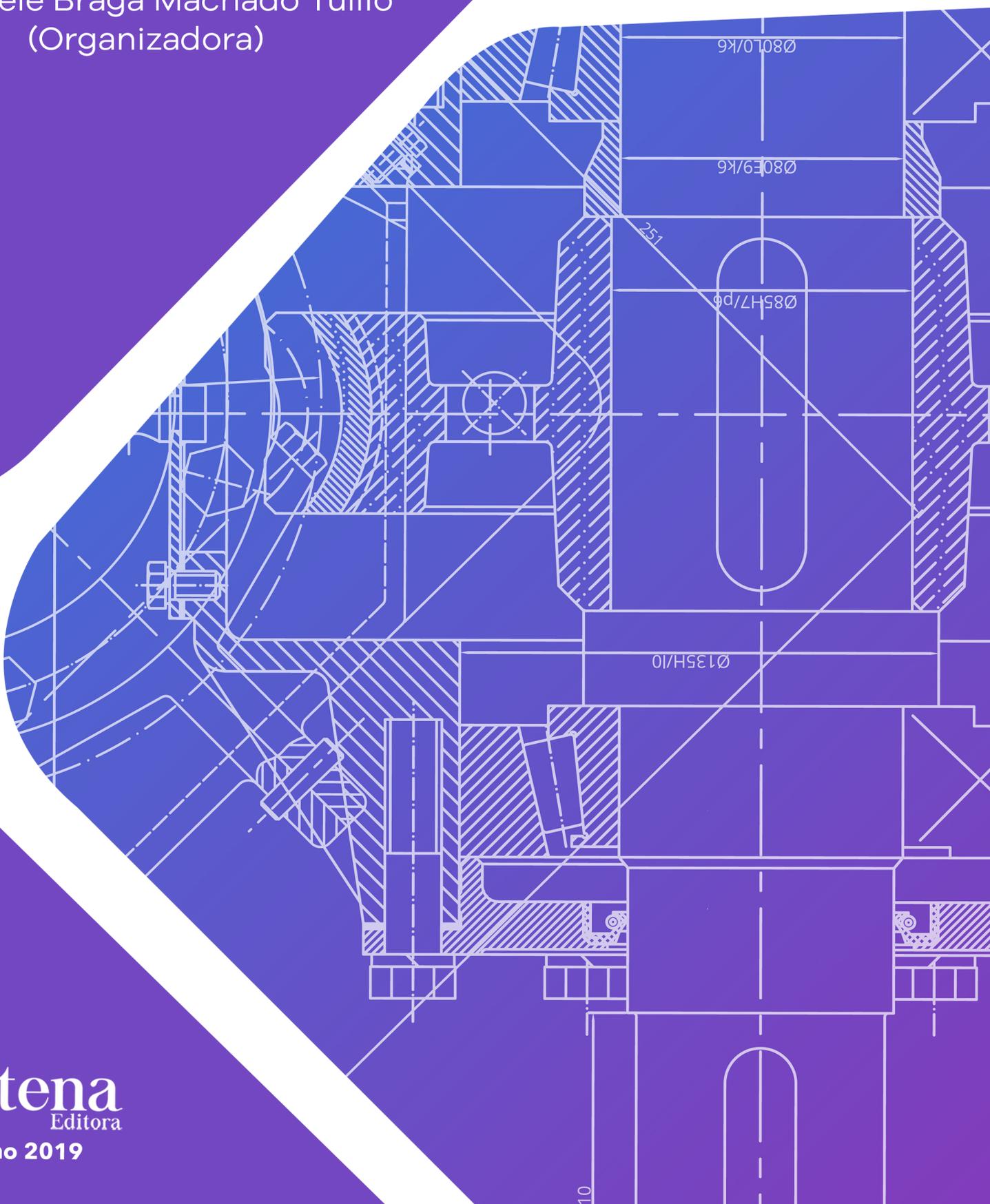


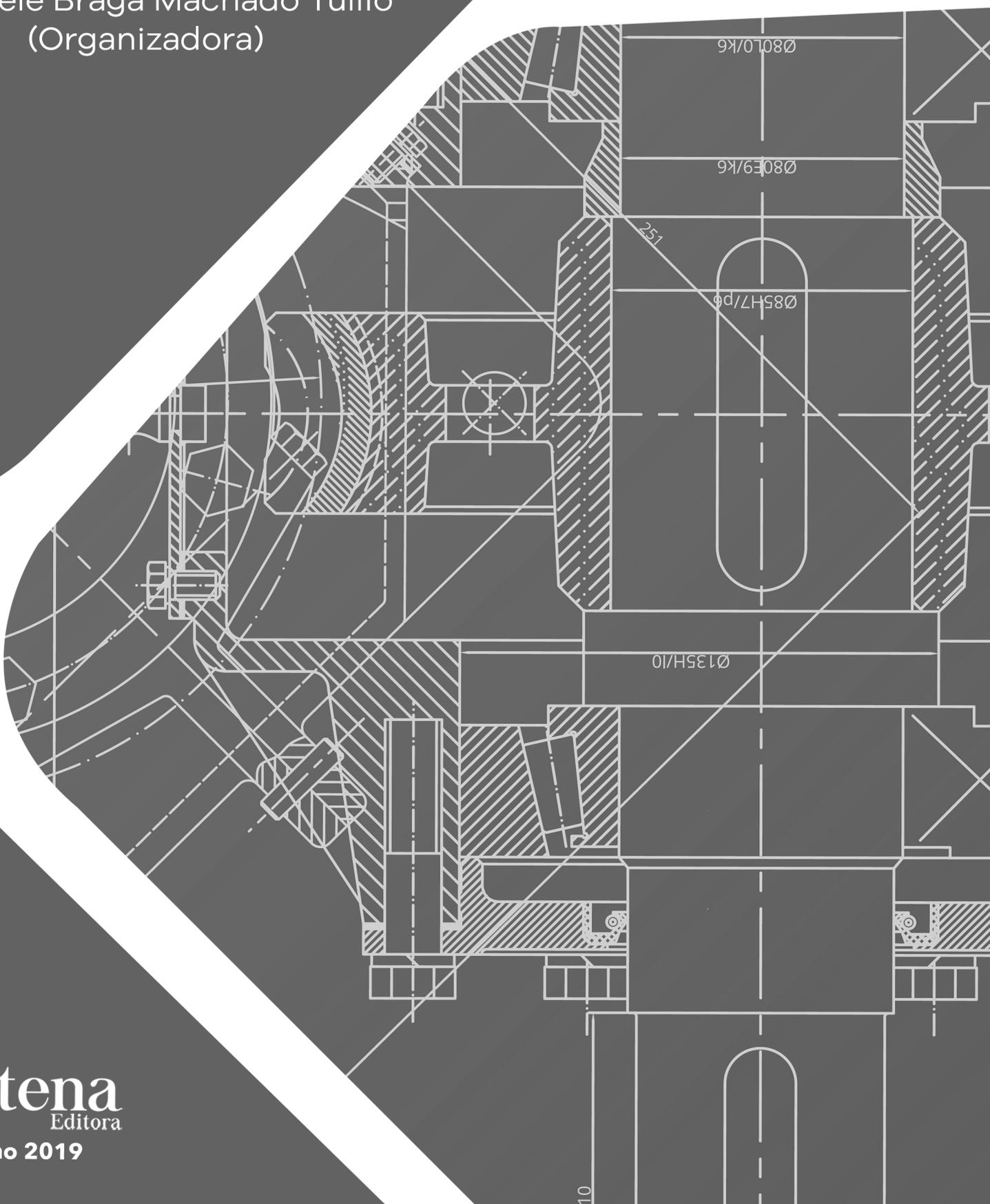
# Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 2

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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> 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](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0352006011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: LEGISLAÇÃO REGULATÓRIA E BENEFÍCIOS AOS CONSUMIDORES PELA COMPENSAÇÃO DE ENERGIA	
Neide Alves Dalla Vecchia Ruan Michel Alves Dalla Vecchia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0352006012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>20</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0352006013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE PEDIDOS DE PATENTES RELACIONADOS À UTILIZAÇÃO DAS MICROALGAS	
Kamila Cavalcante dos Santos Jéssica Guimarães Lopes Andréia Alves Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0352006014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>43</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0352006015</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>53</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0352006016</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>67</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0352006017</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>81</b>
VEÍCULOS ELÉTRICOS E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA PARTIR DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	
Jardel Eugenio da Silva Fabianna Tonin Jair Urbanetz Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0352006018</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>92</b>
ANÁLISE DA CURVA E FATOR DE CARGA COM E SEM PRESENÇA DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA	
Murilo Miceno Frigo Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0352006019</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>101</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.03520060110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>114</b>
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  $\text{TiO}_2/\text{ZNO}$  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**

<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>172</b>
PARADIGMAS TECNOLÓGICOS E REGIMES DE APROPRIABILIDADE: O CASO DA INDÚSTRIA FONOGRÁFICA NA ERA DIGITAL	
Sheila de Souza Corrêa de Melo Edoardo Sigaud Gonzales Natália Bonela de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.03520060116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>183</b>
UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS AND AIRSPACE INTERFACES	
Omar Daniel Martins Netto Maria Emília Baltazar Jorge Miguel dos Reis Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.03520060117</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>201</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.03520060118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>213</b>
ANALISE COMPUTACIONAL DE VIGAS RETANGULARES DE CONCRETO ARMADO REFORÇADA AO CISALHAMENTO COM PRFC	
Maicon de Freitas Arcine Nara Villanova Menon	
<b>DOI 10.22533/at.ed.03520060119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>228</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.03520060120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>241</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.03520060121</b>	

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>254</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.03520060122</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>261</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.03520060123</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>273</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.03520060124</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>281</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>282</b>

## ÓXIDOS MISTOS A BASE DE $\text{TiO}_2/\text{ZnO}$ APLICADOS NA DEGRADAÇÃO FOTOCATÁLÍTICA DA ATRAZINA

Data de aceite: 26/11/2019

### Gabriel Maschio de Souza

Universidade Estadual de Maringá, Centro de  
Tecnologia  
Maringá – Paraná

### Gabriela Nascimento da Silva

Universidade Estadual de Maringá, Centro de  
Tecnologia  
Maringá – Paraná

### Luiz Mário de Matos Jorge

Universidade Estadual de Maringá, Centro de  
Tecnologia  
Maringá – Paraná

### Onélia Aparecida Andreo dos Santos

Universidade Estadual de Maringá, Centro de  
Tecnologia  
Maringá – Paraná

**RESUMO:** A atrazina (2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-s-triazina), um agroquímico altamente tóxico e de difícil degradação natural, tem sido frequentemente encontrado no monitoramento de solos, alimentos e águas fluviais ou subterrâneas, devido ao uso excessivo no meio ambiente. Neste sentido, o uso de fotocatalisadores para a descontaminação de águas contendo materiais orgânicos se mostra como uma alternativa eficiente devido as suas propriedades oxidativas. O processo envolve a

ativação, por luz solar ou artificial, de um material semicondutor, ocasionando a mineralização total ou parcial desses contaminantes. Neste contexto, o presente trabalho visa à degradação da atrazina, por fotocatalise, utilizando óxidos mistos a base de  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$  como catalisadores. Os catalisadores foram preparados por impregnação úmida com excesso de solvente e caracterizados por medidas de adsorção/dessorção de  $\text{N}_2$ , difração de raios X (DRX) e análises termogravimétricas (ATG). As reações fotocatalíticas foram conduzidas num reator descontínuo tipo batelada, e as amostras da reação foram analisadas por cromatografia líquida de alta resolução e espectrofotometria UV-Vis a um comprimento de onda de 221nm para avaliar o comportamento da atrazina ao longo da reação. O resultado mostrou que o catalisador contendo 10% de  $\text{ZnO}/\text{TiO}_2$  foi mais eficiente que os catalisadores  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$  puros comerciais, apresentando uma degradação completa da atrazina e uma mineralização parcial dos produtos após 60 minutos de reação. A degradação da atrazina na presença de 10%  $\text{ZnO}/\text{TiO}_2$  já nos primeiros 2 minutos de reação foi de 79%, enquanto utilizando os catalisadores de  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$  foi obtido 47% e 51% de degradação, respectivamente, para o mesmo tempo reacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** fotocatalise, degradação, atrazina, óxidos mistos.

**ABSTRACT:** Atrazine (2-chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-s-triazine), a highly toxic and difficult to naturally degrade agrochemical, has often been found in monitoring soil, food and river or groundwater due to overuse. In the environment. In this sense, the use of photocatalysts for the decontamination of waters containing organic materials is an efficient alternative due to their oxidative properties. The process involves the activation, by sunlight or artificial light, of a semiconductor material, causing the total or partial mineralization of these contaminants. In this context, the present work aims at the degradation of atrazine by photocatalysis using TiO<sub>2</sub> and ZnO mixed oxides as catalysts. The catalysts were prepared by wet impregnation with excess solvent and characterized by measurements of N<sub>2</sub> adsorption / desorption, X-ray diffraction (XRD), thermogravimetric analysis (TGA). The photocatalytic reactions were conducted in a batch-type reactor, and the reaction samples were analysed by high performance liquid chromatography and UV-Vis spectrophotometry at a wavelength of 221nm to assess atrazine behaviour throughout the reaction. The result showed that the catalyst containing 10% ZnO/TiO<sub>2</sub> was more efficient than commercial pure TiO<sub>2</sub> and ZnO catalysts, showing complete atrazine degradation and partial product mineralization after 60 minutes of reaction. Atrazine degradation in the presence of 10% ZnO/TiO<sub>2</sub> within the first 2 minutes of reaction was 79%, while using the TiO<sub>2</sub> and ZnO catalysts, 47% and 51% degradation, respectively, were achieved for the same reaction time.

**KEYWORDS:** photocatalysis, degradation, atrazine, mixed oxides.

### 1 | INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produção de alimentos tem impulsionado o uso de agroquímicos nas plantações, a fim de evitar pragas e possibilitar maior produtividade. Por conseguinte, tem havido um aumento significativo na geração de resíduos perigosos, o que vem causando impactos negativos na saúde e no ambiente, destacando em particular o resíduo de pesticidas (MOREIRA et al., 2012; BRASIL, 2013; MARTINS, 2011). A aplicação de herbicidas em solos agrícolas é uma prática estabelecida para controlar o crescimento de ervas daninhas. Os derivados de triazinas representam um grupo notável, cuja utilização aumentou em muitos países nas últimas décadas.

A atrazina é um herbicida usado para o pré-controle de ervas daninhas e pós-emergência (USEPA 2007; JAVARONI et al., 1999), causando contaminação ambiental devido à capacidade de sorção e dessorção do solo e alta persistência (NAKAGAWA & ANDREA 2000; COELHO et al., 2012), especialmente na água, onde o tempo de persistência pode ser superior a 4 anos (DELLAMATRICE et al., 2012). Os problemas de contaminação pela atrazina têm acarretado em uma preocupação

mundial cada vez maior, pois além de apresentar alta solubilidade em água, este herbicida é altamente resistente aos métodos convencionais de tratamento de água e esgoto, e de difícil biodegradação, exacerbando os problemas de poluição ambiental.

A exposição prolongada de seres humanos ao herbicida atrazina foi investigada por Cragin e colaboradores resultando em dados alarmantes que advertem sobre os riscos deste à saúde. Por essa razão é considerado um desregulador endócrino, apresentando riscos de afetar a qualidade do sêmen e fertilidade nos homens, bem como de aumentar a probabilidade do câncer de mama em mulheres (CRAGIN et al., 2011). Devido ao efeito nocivo da atrazina nos seres humanos e nos ecossistemas, a Organização Mundial da Saúde (OMS) fixou 0,1 mg/L como sendo a concentração máxima desse herbicida admissível na água potável (OMS, 2011).

Neste sentido, a fotocatalise heterogênea, um processo oxidativo avançado (POA), vem atraindo grande interesse da comunidade científica, como uma forma alternativa para degradar compostos orgânicos. Esse processo visa à degradação do poluente por meio da neutralização do contaminante, sem deixar resíduos perigosos ao meio ambiente (PARRA et al., 2004). De acordo com a literatura (RICHARD et al., 1997), os semicondutores  $\text{TiO}_2$  e o  $\text{ZnO}$  vem sendo amplamente utilizados, pois ambos se encontram com grande disponibilidade, baixo custo e não apresentam toxicidade. Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho consiste em avaliar o desempenho de catalisadores a base de óxidos mistos  $\text{TiO}_2\text{-ZnO}$ , contendo 10% em massa de  $\text{ZnO}$  na composição, e catalisadores  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$  puros, na degradação fotocatalítica da atrazina.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Preparação e Caracterização dos Fotocatalisadores

Na preparação dos catalisadores a base de titânio contendo diferentes cargas de zinco, pelo método da impregnação com excesso de solvente, foram utilizados  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$  comerciais puros, das marcas Synth e Dinâmica respectivamente. O método consiste basicamente em misturar o  $\text{TiO}_2$  com água desionizada, deixar essa mistura resultante, sob lenta agitação, adicionar óxido de zinco, previamente dissolvido em água desionizada, na quantidade necessária para preparar o material na composição desejada (10% em massa de Zinco).

Em seguida, a solução foi submetida à agitação por 12 horas, tempo necessário para ocorrer à impregnação do  $\text{TiO}_2$  com o  $\text{ZnO}$ , imediatamente depois o excesso de solvente foi eliminado por evaporação a vácuo, em evaporador rotatório, com ligeiro aquecimento de 80°C. Posteriormente, foi mantido na estufa a 100°C por 24 horas para o término da secagem (SANTOS, 1999). Subsequentemente a este processo, os

catalisadores, suportados e os comerciais, passaram por análise termogravimétrica (ATG) para estabelecer a melhor temperatura de calcinação. Por fim, tanto os catalisadores sintetizados quanto os comerciais foram submetidos à calcinação em mufla, em atmosfera oxidante (ar), por 4 horas na temperatura determinada após a análise termogravimétrica e caracterizados por medidas de adsorção/dessorção de N<sub>2</sub> (área superficial específica, volume específico e diâmetro médio de poros) e difração de raios X (DRX).

## 2.2 Caracterização dos catalisadores

Para as análises termogravimétricas dos compostos foram utilizados o Analisador Termogravimétrico Shimadzu modelo TGA-50M e uma micro balança Analítica Mettler Toledo modelo MX5. Para tanto foi utilizada cerca de 1g de amostra armazenada em um cadinho de alumínio. As condições de análises foram: vazão 50 mL/min de N<sub>2</sub>, desde a temperatura ambiente até 1273 K e velocidade de aquecimento de 10°C/min.

As análises de medidas de adsorção/dessorção de N<sub>2</sub>, área superficial específica, volume específico e diâmetro médio de poros foram determinados no equipamento Quanta Chrome modelo Nova 1200, utilizando adsorção de N<sub>2</sub> a 77 K. Antes das análises, as amostras calcinadas foram submetidas a um tratamento térmico a 460 K, sob vácuo por 8 horas, com o propósito de eliminar água e materiais adsorvidos nos poros das amostras durante a manipulação das mesmas.

Por sua vez, os difratogramas foram obtidos em um difratômetro de raios X, D8 Advance da Bruker, utilizando radiação CuK $\alpha$ , (V= 40 KV, I= 35 mA). Os parâmetros utilizados foram: ângulo ( $2\theta$ ) entre 20 e 80°; passo de 0,01°; velocidade de 0,28°/min. Os dados foram analisados com o programa X 'Pert HighScore e com os padrões publicados pela JCPDS (1995).

## 2.3 Testes Fotocatalíticos

A atividade catalítica dos materiais foi avaliada em reator batelada na presença de 1 mg/L de atrazina previamente dissolvida em 750 mL de água desionizada. Na solução contendo o herbicida foram adicionados 10mg do catalisador e a mistura resultante foi mantida sob agitação constante durante a reação (período de 1 hora). A fonte de luz UV consistiu em uma lâmpada de vapor de mercúrio de 250 W, desprovida do bulbo e protegida por um tubo de quartzo, a qual ficou submersa na solução durante todo o processo.

Para avaliar a degradação da atrazina alíquotas foram retiradas em intervalos regulares (0, 2, 5, 10, 20, 30 e 60min) e filtradas com membrana Millipore de 0,45  $\mu$ m para retirada dos catalisadores. As leituras foram realizadas por cromatografia em fase líquida de alta eficiência, com detector UV a 221nm, Coluna C18, 5 $\mu$ ,

comprimento 250 mm e diâmetro 4,6 mm, vazão de  $1\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  e fase móvel composta de uma solução aquosa de acetonitrila com 55% em volume (PARRA et al., 2004; MOURÃO et al., 2010).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização dos Catalisadores

Os resultados obtidos com a análise de difração de raios X mostraram que no catalisador suportado  $10\%\text{ZnO}/\text{TiO}_2$  foram encontrados picos referentes ao  $\text{TiO}_2$ , na fase anatase em  $25,4^\circ$ ,  $38,6^\circ$  e  $48,1^\circ$  e, picos referentes ao ZnO em  $31,8^\circ$ ,  $36,3^\circ$  e  $47,5^\circ$ , mesmos picos encontrados para os óxidos puros. Isso indica que a síntese por impregnação com excesso de solvente foi eficiente e manteve as características dos óxidos puros. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Nirmala et. al., 2010, e Souza et. al, 2013.

A análise textural, por sua vez, determinada por medidas de adsorção/dessorção de  $\text{N}_2$  mostraram que o óxido misto ( $10\%\text{ZnO}/\text{TiO}_2$ ) apresenta uma estrutura mesoporosa, com área superficial específica de  $7,17\text{ m}^2/\text{g}$ , volume específico de poros de  $7,887 \times 10^{-3}\text{ cm}^3/\text{g}$  e diâmetro médio de poros de aproximadamente  $22\text{ \AA}$ . Tanto os valores de área superficial quanto os de volume específico se mostraram superiores aos encontrados para os  $\text{TiO}_2$  e ZnO comerciais, os quais apresentaram  $16,8$  e  $13\text{ m}^2/\text{g}$  como área superficial e  $0,02177$  e  $0,01053\text{ cm}^3/\text{g}$  de volume específico, respectivamente.

#### 3.2 Testes Fotocatalíticos

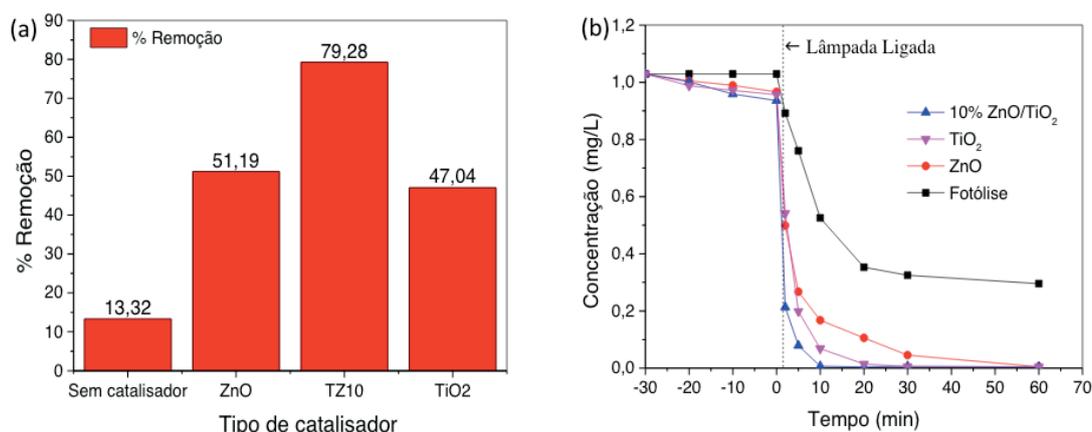


Figura 1 – Degradação da atrazina na presença de  $10\%\text{ZnO}/\text{TiO}_2$ : a) Em 2 min de reação; e b) Em 60 min de reação

A eficiência do catalisador suportado ( $10\%\text{ZnO}/\text{TiO}_2$ ), bem como dos óxidos comerciais puros (ZnO,  $\text{TiO}_2$ ) foi avaliada na degradação da atrazina, conforme apresentado na figura 1. Por meio da figura 1a, pode ser observado uma degradação

significativa do contaminante na presença tanto dos catalisadores comerciais ZnO e TiO<sub>2</sub> puros quanto do catalisador suportado (preparado pelo método de impregnação contendo 10% de ZnO em TiO<sub>2</sub>) já nos primeiros dois minutos de reação, apresentando uma degradação de 51%, 47% e 79% respectivamente, neste tempo reacional. Desta forma, pode-se observar um efeito sinérgico com a impregnação dos dois óxidos.

A fim de verificar se o herbicida alvo foi degradado no processo fotocatalítico heterogêneo, realizaram-se experimentos na ausência de luz e na presença do catalisador (teste de adsorção), mostrado na figura 1b. Os ensaios realizados em condições escuras não evidenciaram qualquer atividade de degradação, sendo observado somente uma diminuição da concentração de atrazina de aproximadamente 9% durante os primeiros 20 minutos do ensaio e permaneceu praticamente inalterada nos 10 minutos restantes, indicando que o equilíbrio de adsorção do herbicida na superfície do catalisador foi atingido após 30 minutos de ensaio. Após este período, a solução foi irradiada com luz UV, dando-se início à reação fotocatalítica propriamente dita.

Além disso, foi realizado teste de controle adicional na presença da atrazina, em que o fotorreator foi irradiando pela lâmpada de vapor de mercúrio na ausência de fotocatalisador (reação de fotólise). Embora o sistema fotolítico tenha atingido cerca de 70 % de degradação da atrazina, o nível residual deste poluente após 60 minutos de tratamento (aproximadamente 0,3 mg/L) estava acima do limiar humano de 0,1 mg/L permitido pela OMS (Oms, 2011), em concordância com o que foi apresentado na figura 1b.

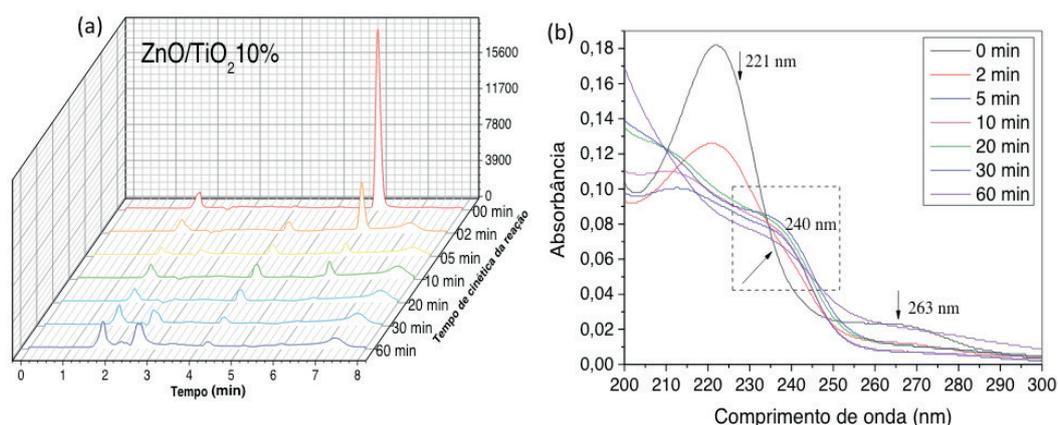


Figura 2 – Degradação da atrazina na presença de 10%ZnO/TiO<sub>2</sub>: a) Cromatogramas das amostras após 60 min de reação; e b) Varreduras espectrais ao longo de 60 min.

Por meio da figura 2a observa-se que a atrazina apresenta um tempo de retenção dentro da coluna cromatográfica de aproximadamente 6 minutos. Neste tempo torna-se visível a diminuição da quantidade de herbicida presente no meio com o desenvolvimento da reação. Desta forma, observa-se que a atrazina degradou totalmente após os 30 minutos de reação. Contudo, verifica-se ainda o surgimento

de pequenos picos em outros tempos de retenção, o que pode indicar a possível formação de intermediários como subprodutos da reação.

Com a análise em espectro UV-Vis nota-se uma mudança no formato e na intensidade das curvas obtidas, indicando o desaparecimento total do herbicida e o surgimento de um novo pico em 240 nm, na região delimitada no gráfico. De acordo com Moreira et al. (2016), o composto que aparece no comprimento de onda de 240 nm é a Atrazina-2-hidroxi, um dos subprodutos mais comuns da atrazina e, possivelmente, menos tóxico devido a hidroxilação do anel triazinico junto ao carbono halogenado. Ao que tudo indica e conforme a literatura, o aumento do pico Atrazina-2-hidroxi, também conhecida como Hidroxiatrazina foi procedido da queda do pico da atrazina (SILVA et al., 2017).

#### 4 | CONCLUSÃO

As análises de caracterização evidenciam que a deposição de zinco em superfície da titânia ocasionou um aumento nas áreas superficiais e nos volumes específicos de poros, tornando assim a superfície dos catalisadores mais acessível à luz ultravioleta. Foi também observado um efeito sinérgico na degradação da atrazina com o uso do catalisador de óxidos mistos 10% ZnO/TiO<sub>2</sub>, por demonstrar uma porcentagem de remoção superior aos obtidos com os catalisadores comerciais, já nos primeiros 2 minutos de reação. Além da completa remoção do contaminante após 30 minutos reacionais. O monitoramento do comportamento da degradação da atrazina por meio da espectroscopia UV/Vis, permitiu identificar a formação de um pico no comprimento de onda de 240 nm, correspondente a um possível intermediário na reação, confirmando a degradação do herbicida.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa PIBIC/CNPQ-Fundação Araucária-UEM, ao DEQ e ao Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP), pelo suporte oferecido para a realização deste projeto.

#### REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Monitoramento de agrotóxicos na água para consumo humano no Brasil**, 2011, n. 44, 2013.

COELHO ERC, VAZZOLER H, LEAL W. P., **Using activated carbon for atrazine removal from public water supply**. Revista Engenharia Sanitária, v. 17, n. 4, p.421–428, 2012.

- CRAGIN, L. A.; KESNER, J. S.; BACHAND, A. M.; BARR, D. B.; MEADOWS, J. W.; KRIEG, E. F., 2011, **Menstrual cycle characteristics and reproductive hormone levels in women exposed to atrazine in drinking water**. *Environmental Research*, 111, 1293-1301, DOI: 10.1016/j.envres.2011.09.009.
- DELLAMATRICE, P. M., COSTA, L. S., MARQUES, A. S., VIANA, M. S., ARAÚJO R. S., **Degradação de agrotóxicos por fungos Basidiomicetos em solo agrícola contendo altos níveis de três produtos diferentes**. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, v. 22, p. 7–16, 2012.
- JAVARONI, A. C. R.; LANDGRAF, D. M.; REZENDE, O. O. M. **Comportamento dos Herbicidas Atrazina e Alaclor aplicados em solo preparado para o cultivo de cana-de-açúcar**. *Química Nova*, v. 22, n. 1, 1999.
- MARTINS, L. M., **ESTUDO DA APLICAÇÃO DE PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS VISANDO O SEU REÚSO**. Dissertação de Mestrado – Desenvolvimento e Meio Ambiente. *Universidade Federal do Piauí, Teresinha*, 2011.
- MOREIRA, A. J., PINHEIRO B. S., ARAÚJO A. F., FRESCHI G. P. G., 2016, **Evaluation of atrazine degradation applied to different energy systems**, *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 18502-18511.
- MOREIRA, J. C., PERES, F., SIMÕES, A.C., PIGNATI, W. A., DORES, E. C., VIEIRA, S. N., STRUSSMAN, C., MOTT, T., **Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso**, *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, p. 1557– 1568, 2012.
- MOURÃO, H. A. J. L.; MALAGUTTI, A. R.; RIBEIRO, C. **Synthesis of TiO<sub>2</sub>-coated CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> photocatalysts applied to the photodegradation of atrazine and rhodamine B in water**. *Applied Catalysis A: General*, v. 382, n. 2, p. 284 - 292, 2010.
- NAKAGAWA, L. M., DE ANDRÉA, M. M., **Degradação e formação de resíduos não-extraíveis ou ligados do herbicida atrazina em solo**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.8, p.1509-1515, ago. 2000.
- NIRMALA, M., NAIR, M. G., REKHA, K., ANUKALIANI, A., SAMDARSHI, S. K., NAIR, R. G., 2010, **Photocatalytic activity of ZnO nanopowders Synthesized by DC Thermal Plasma**, *African Journal of Basic & Applied Sciences*, 2, 161-166.
- OMS (Organização Mundial da Saúde), 2011. **Guidelines for drinking-water quality - 4th ed.** <apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151\_eng.pdf> accessed 20.12.2016.
- PARRA, S.; STANCA, S. E.; GUASAQUILL, I.; THAMPI, K. R. **Photocatalytic degradation of atrazine using suspended and supported TiO<sub>2</sub>**. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 51, n. 2, p.107 - 116, 2004.
- RICHARD, C.; BOSQUET, F.; PILICHOWSKI, J. **Photocatalytic transformation of aromatic compounds in aqueous zinc oxide suspensions: effect of substrate concentration on the distribution of products**. *Journal Of Photochemistry And Photobiology A: Chemistry*, v. 108, n. 1, p.45-49, 1997.
- SANTOS, O. A. A. **Hidrogenação seletiva do ácido oléico em catalisadores de rutênio**. 1999. 229f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós- Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- SILVA G. N., SOUZA G. M., NETO A. F. A., JORGE L. M. M., SANTOS O. A. A., 2017, **Influence of ZnO Content in Mixed Oxides Catalysts Applied in the Photocatalytic Degradation of Atrazine**.
- SOUZA, D. A. R., GUSATTI M., SANCHES C., MOSER, V., M., KUHNEN N. C., RIELLA H. G., 2013,

**Initial studies of photocatalytic discolouration of methyl orange by using zno nanostructures,** Chemical Engineering Transactions, 32, 2275-2280. DOI: 10.3303/CET1332348.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. Chemical Summary, Atrazine, U.S. EPA, **Toxicity and Exposure Assessment for Children's Health**, 2007.

## **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

