

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

---

# Estudos Interdisciplinares nas Ciências e da Terra e Engenharias 4

---

 **Atena**  
Editora  
Ano 2019

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências  
Exatas e da Terra e Engenharias 4

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 4 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 4)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-622-5 DOI 10.22533/at.ed.225191109</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 4º volume 37 capítulos com temáticas voltadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCOS DE INUNDAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE PONTE NOVA – MG	
Anderson Nascimento Milagres Gian Fonseca dos Santos Danilo Segall César Yann Freire Marques Costa Klinger Senra Rezende Alixandre Sanquetta Laporti Luppi Adonai Gomes Fineza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
MUTAGÊNESE DA LEVEDURA <i>Candida viswanathii</i> PARA A PRODUÇÃO DE ENZIMAS LIPOLÍTICAS	
Luiz Renato Lima Silva Miranda Nayra Morgana Lima De Oliveira Erika Carolina Vieira Almeida Adriana Augusta Neto Alex Fernando De Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
A RELAÇÃO ENTRE PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO DE LIDERANÇA E O CAPITAL SOCIAL NAS ORGANIZAÇÕES	
Bruno Henriques Watté Márcio Vieira de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
BRUNIMENTO FLEXÍVEL DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS: AVALIAÇÃO DO EFEITO DA GRANULOMETRIA E DO NÚMERO DE GOLPES DA FERRAMENTA NO PARÂMETRO DE RUGOSIDADE $R_p$	
Guilherme Henrique Caetano Barros Rosenda Valdés Arencibia Luciano José Arantes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>41</b>
ANÁLISE DA ACELERAÇÃO POR EXTRAPOLAÇÃO DA FONTE DE FISSÃO CONSIDERANDO A TEORIA DE DIFUSÃO DE NEUTRONS EM REATORES NUCLEARES	
Andrey Silva Pontes Henrique Matheus Ferreira da Silva Lenilson Moreira Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911095</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>51</b>
ANÁLISE DE DESEMPENHO E AVALIAÇÃO DOS PROTOCOLOS DE REDES DE SENSORES SEM FIO EM <i>SMART GRIDS</i>	
Álison De Oliveira Alves Felipe Denis Mendonça De Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911096</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>64</b>
SÍNTESE DE COMPOSTOS HÍBRIDOS PERILIL-DIHIDROPIRIMIDINONAS ATRAVÉS DA REAÇÃO DE HUISGEN COM FORMAÇÃO DE ANÉIS 1,2,3-TRIAZÓLICOS	
Vinícius Vendrusculo Dennis Russowsky	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911097</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>74</b>
ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICAS DA CASTANHOLA	
Jonas Soares de Mesquita Davi Pereira Araújo Maria Carolina Martins da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911098</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>81</b>
USO DE CATALISADORES DE NÍQUEL PARA A RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS PRIMÁRIAS	
Fernanda Amaral de Siqueira Natália Cavallaro Martins de Sousa Sania Maria de Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2251911099</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>92</b>
AVALIANDO EM MATEMÁTICA: UM ESTUDO DE CASO NO CENTRO-OESTE MINEIRO	
Patrícia Milagre de Freitas Leandro Teles Antunes dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110910</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>102</b>
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO EM TRABALHADORES DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Andre Luis Martins De Souza Renata Evangelista Alexandre Bueno Ronaldo Marques Serigne Ababacar Felipe Rogério Hudson Luis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110911</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 111**

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE UM SOLO RESIDUAL DE GNAISSE MADURO ESTABILIZADO COM LAMA DE CAL

Danilo Segall César  
Yann Freire Marques Costa  
Anderson Nascimento Milagres  
Gian Fonseca dos Santos  
Eduardo Souza Candido  
Klinger Senra Rezende  
Adonai Gomes Fineza

**DOI 10.22533/at.ed.22519110912**

**CAPÍTULO 13 ..... 122**

AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS: ESTUDO DE CASO COM PILHAS ALCALINAS

Pedro Luiz Dias Barroso  
Julia Santos Caetano  
Jean Pierre Sayago  
Joeci Ricardo Godoi  
Rodrigo Souza Banegas  
Letícia Flohr

**DOI 10.22533/at.ed.22519110913**

**CAPÍTULO 14 ..... 132**

CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE FILMES DE PAADDA/PSS E PDDA/PSS PREPARADOS POR LAYER-BY-LAYER

Samanta Costa Machado Silva  
Jorge Amim Júnior  
Ana Lucia Shiguihara

**DOI 10.22533/at.ed.22519110914**

**CAPÍTULO 15 ..... 144**

COMPOSIÇÃO QUÍMICA, FENÓIS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DAS FOLHAS DE *Simaba ferruginea*

Jessica Sara de Sousa Macêdo Oliveira  
Lucivania Rodrigues dos Santos  
Adonias Almeida Carvalho  
Renato Pinto de Sousa  
Gerardo Magela Vieira Júnior  
Ruth Raquel Soares de Farias  
Mariana Helena Chaves

**DOI 10.22533/at.ed.22519110915**

**CAPÍTULO 16 ..... 157**

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS ALCALINAMENTE ATIVADOS PARA MITIGAÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, FÍSICAS E QUÍMICAS

Jocélio Jairo Vieira Filho  
Kelly Cristiane Gomes  
Williamns Tadeu de Oliveira Lins Belo

**DOI 10.22533/at.ed.22519110916**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>183</b>
ESTRUTURA AXIOMÁTICA DO ORIGAMI: UMA ABORDAGEM DOS POLIEDROS REGULARES NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA	
Anita Lima Pimenta Eliane Scheid Gazire	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>193</b>
ESTUDO DO EFEITO DOS PARÂMETROS DE PROJETO DE BICOS EXTRUSORES EM BIOIMPRESSÃO UTILIZANDO FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL	
Patrícia Muniz de Oliveira Isabela Poley Estevam Barbosa Las Casas Marina Spyer Las Casas Janaina Dernowsek	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>205</b>
IMPACTO DA RESOLUÇÃO HORIZONTAL NA SIMULAÇÃO DOS JATOS DE BAIXOS NÍVEIS NA AMÉRICA DO SUL USANDO O MODELO GLOBAL DO CPTEC	
Dayana Castilho de Souza Paulo Yoshio Kubota Silvio Nilo Figueroa Enver Manuel Amador Ramirez Gutierrez Caio Augusto dos Santos Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>218</b>
<i>LESSON STUDY</i> : UMA ADAPTAÇÃO PARA O BRASIL	
Renata Camacho Bezerra Maria Raquel Miotto Morelatti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>226</b>
MICROSCOPIA DE DESFOCALIZAÇÃO COMO UMA FERRAMENTA DE ESTUDO DE PROPRIEDADES MORFOLÓGICAS E MECÂNICAS DE ERITRÓCITOS	
Paula M. S. Roma Luiza C. Mourão Marcelo P. Bemquerer Erika M. Braga Ubirajara Agero	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>232</b>
PENSAMENTO ALGÉBRICO E SUA APLICAÇÃO EM EQUAÇÕES LINEARES	
Fábio Mendes Ramos Fabricia Gracielle Santos Daniel Martins Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110922</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>243</b>
ENSINO DE QUÍMICA VERSUS TICs: RETRATO DE PUBLICAÇÕES BRASILEIRAS	
Eleonora Celli Carioca Arenare	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>253</b>
PREPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE BLENDS DE PHB/PC	
Francielle Schmitz	
Carolina de Andrade	
Ivonete Oliveira Barcellos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>267</b>
RESINAS DE POLIÉSTER INSATURADO E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE EMBARCAÇÕES EM FIBERGLASS	
Patricia Reis Pinto	
Sérgio da Silva Feitosa	
Alaíde de Sá Barreto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>277</b>
APLICAÇÃO DO MÉTODO DA PENALIZAÇÃO ROBUSTA PARA ANÁLISE DE PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO MULTI-OBJETIVO	
Gustavo Barbosa Libotte	
Fran Sérgio Lobato	
Francisco Duarte Moura Neto	
Gustavo Mendes Platt	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110926</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>289</b>
SÍNTESE DE FASE SÓLIDA HÍBRIDA MOLECULARMENTE IMPRESSA PARA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA EM AMOSTRAS ÁGUA SUPERFICIAL	
Fabiana Casarin	
Camila Santos Dourado	
Ana Cristi Basile Dias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110927</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>302</b>
SOLUÇÃO ANALÍTICA DE PROBLEMA BIDIMENSIONAL DE CONDUÇÃO DE CALOR UTILIZANDO FUNÇÕES DE GREEN	
José Aguiar dos Santos Junior	
José Ricardo Ferreira Oliveira	
Eduardo Peixoto de Oliveira	
Guilherme Ramalho Costa	
Jefferson Gomes Do Nascimento	
Alisson Augusto Azevedo Figueiredo	
Gilmar Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110928</b>	

**CAPÍTULO 29 ..... 310**

TAXAS DE FREQUÊNCIA E GRAVIDADE DOS ACIDENTES OCORRIDOS EM UM GRUPO DE PROPRIEDADES CAFEEIRAS CERTIFICADAS

Rafael Augusto Silva Souza  
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior  
Armando Mendes Nogueira  
Raphael Nogueira Rezende  
Agda Silva Prado Oliveira  
Adriano Bortolotti da Silva  
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho

**DOI 10.22533/at.ed.22519110929**

**CAPÍTULO 30 ..... 315**

UM SISTEMA COLABORATIVO DE INCENTIVO A DOAÇÃO DE SANGUE

Alúcio José Pereira  
Fábio Abrantes Diniz  
Elder Gonçalves Pereira  
Francisco Paulo de Freitas Neto  
Elissandra Cheu Pereira do Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.22519110930**

**CAPÍTULO 31 ..... 329**

UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE NÚMEROS DECIMAIS NO 5º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Cristiana Monique Feltes Sivert  
Cassiano Scott Puhl

**DOI 10.22533/at.ed.22519110931**

**CAPÍTULO 32 ..... 339**

ESTUDO DA VIABILIDADE NO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM CULTIVOS DE ORGANISMOS AQUÁTICOS: APLICAÇÃO INICIAL EM VIVEIROS ESCAVADOS

Wilmar Borges Leal Junior  
Fabiano Medeiros Tavares  
Ítalo Cordeiro Silva Lima  
Delfim Dias Bonfim  
Lucyano Campos Martins  
Nailson Martins Dantas Landim  
Haryson Huan Arruda da Silva Santos  
Douglas Ferreira Chaves

**DOI 10.22533/at.ed.22519110932**

**CAPÍTULO 33 ..... 349**

REGRESSÃO POLINOMIAL E REDES NEURAS ARTIFICIAIS NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS

Carlos Augusto Zilli  
Luiz Fernando Palin Droubi  
Norberto Hochheim

**DOI 10.22533/at.ed.22519110933**

**CAPÍTULO 34 ..... 363**

ANALISE DE RECALQUES NO CONTORNO RODOVIÁRIO DA GRANDE FLORIANÓPOLIS

Wagner de Sousa Santos  
Amanda Morlos

**DOI 10.22533/at.ed.22519110934**

<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>376</b>
SIMULAÇÃO DA ESTABILIDADE DE UM TÚNEL EM MACIÇO ROCHOSO	
Yann Freire Marques Costa	
Danilo Segall César	
Gian Fonseca dos Santos	
Anderson Nascimento Milagres	
Klinger Senra Rezende	
Adonai Gomes Fineza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22519110935</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>387</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>388</b>

## BRUNIMENTO FLEXÍVEL DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS: AVALIAÇÃO DO EFEITO DA GRANULOMETRIA E DO NÚMERO DE GOLPES DA FERRAMENTA NO PARÂMETRO DE RUGOSIDADE $R_p$

**Guilherme Henrique Caetano Barros**

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Laboratório de Ensino em Metrologia - LEMETRO

Uberlândia - MG

**Rosenda Valdés Arencibia**

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Uberlândia - MG

**Luciano José Arantes**

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Uberlândia - MG

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho é avaliar por meio de um planejamento fatorial  $2 \times 3$  o efeito da granulometria e do número de golpes da ferramenta empregados durante o processo de brunimento flexível na rugosidade  $R_p$ . O fator granulometria foi investigado em dois níveis (400 e 800 *mesh*) e o número de golpes da ferramenta em três (1, 3 e 5). O brunimento flexível foi aplicado em cilindros de blocos de compressores herméticos previamente usinados pelo brunimento convencional na linha de produção da EMBRACO. O brunimento flexível foi realizado na UFU utilizando uma fresadora CNC e as ferramentas brunidoras flexíveis. A avaliação da qualidade geométrica foi efetuada por meio da medição da rugosidade utilizando um rugosímetro eletromecânico. Para cada mensurando foi estimada sua respectiva

incerteza de medição, aplicando o método GUM. A granulometria da ferramenta e a interação entre estes fatores afetaram de forma estatisticamente significativa os valores de  $R_p$ . Os resultados indicaram que o processo de brunimento flexível utilizando a ferramenta com granulometria de 800 *mesh* e 5 golpes desta proporcionou o melhor acabamento superficial considerado a funcionalidade dos cilindros. Estas condições de corte permitiram a obtenção de superfícies similares às resultantes do brunimento platô, o que pode aumentar o campo de aplicação deste processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** brunimento flexível, flex-hone, rugosidade  $R_p$ ; ANOVA.

### EFFECT OF THE GRAIN SIZE AND THE NUMBER OF TOOL STROKES ON PARAMETERS ROUGHNESS $R_p$ IN FLEXIBLE HONED CYLINDERS

**ABSTRACT:** This work aims to evaluate the effect of the two cutting parameters (grain size and number of tool strokes) on the values of roughness  $R_p$  in flexible honed crankcase cylinder of hermetic compressors. The study was based on a factorial design  $2 \times 3$ , where the grain size factor was investigated on two levels (400 and 800 *mesh*) and the number of tool strokes on three (1, 3 and 5). Flexible honing

was performed after conventional honing. The flexible honing was conducted using a CNC milling machine and the Silicon Carbide flex hone tools. An electromechanical surface roughness tester was used to carry out roughness measurements. The measurement uncertainty was assessed using the GUM method. The Analysis of Variance (ANOVA) technique was applied, and it was observed that the factor tool grain size and interaction between these factors caused statistically significant effects on  $R_p$ . The results indicated that the flexible honing process using 800 *mesh* tool grain size and 5 strokes produced the best surface finish considering the functionality of the cylinders. The application of these cutting conditions allowed for the obtainment of surfaces similar to those that resulted from the plateau honing operation.. This result can increase the field of application of this process.

**KEYWORDS:** Flexible Honing; flex-hone;  $R_p$  Roughness; ANOVA.

## 1 | INTRODUÇÃO

Na crescente busca do desenvolvimento e evolução de seus produtos a indústria de refrigeração e climatização, em particular a de produção de compressores, tem investido constantemente em pesquisas para melhorar a funcionalidade, prolongar a vida útil de seus componentes e, principalmente, aumentar a eficiência energética. Neste contexto, o cilindro do bloco do compressor recíproco alternativo hermético, tem recebido uma atenção especial por parte dos fabricantes e pesquisadores. Este requer elevada exatidão dimensional e geométrica, a fim de evitar dificuldades na montagem, o aparecimento de esforços desgastantes, possíveis vazamentos, e a perda de eficiência do compressor (Rosa, 2012), e com isso diminuir gastos com possíveis retrabalhos ou refugos devidos a erros de fabricação.

O brunimento flexível (BF) é um processo de usinagem utilizado após o brunimento convencional (BC), que atua por intermédio de partículas elásticas e abrasivas de maneira a não alterar as características anteriores da peça, tais como, cilindricidade, coaxialidade, concentricidade e dimensões (Miller, 1993). O brunimento flexível tem por finalidade eliminar os picos e imperfeições das superfícies dos cilindros dos compressores herméticos e melhorar expressivamente o acabamento superficial o qual influi diretamente na vida útil e na eficiência do compressor. A Figura 1 apresenta esquematicamente um perfil de uma superfície cilíndrica antes de realizar a operação de brunimento flexível e após a realização desta.

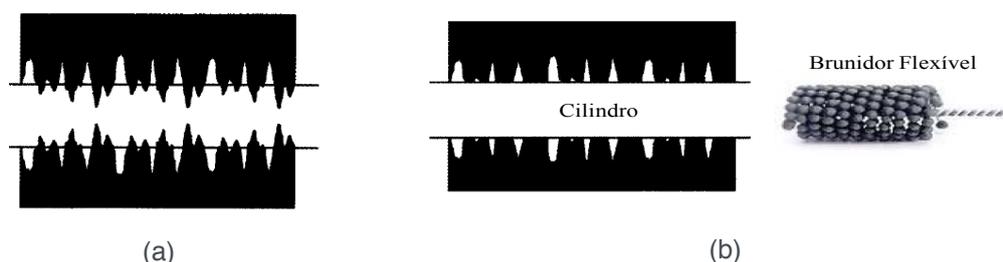


Figura 1 - (a) Representação esquemática do perfil de uma superfície cilíndrica antes do processo de brunimento flexível (b) e após este processo com brunidor flexível (Vertec, 2017)

No brunimento flexível do tipo esferas a ferramenta brunidora possui glóbulos abrasivos com forma esferoidal ligados às pontas de filamentos de nylon flexível. Cada esfera abrasiva é composta de múltiplas camadas, que se degradam a uma taxa prevista e controlada de exposição contínua das arestas cortantes (Miller, 1993).

O tamanho de grão do abrasivo é um fator decisivo na taxa de remoção de material, bem como na qualidade da superfície da peça (Flores, 1998). A dimensão e uniformidade dos grãos são características importantes nos processos de usinagem com abrasivos. O tamanho dos grãos em *mesh* representa o número de fios por polegada linear da peneira do processo de seleção.

## 2 | METODOLOGIA

Neste contexto, objetivando investigar o efeito das variáveis granulometria e número de golpes da ferramenta nos valores do parâmetro de rugosidade  $R_p$  de blocos de compressores herméticos brunidos pelo brunimento flexível aplicado após o brunimento convencional (BF + BC) um planejamento fatorial completo 2 x 3 foi proposto. O fator granulometria foi investigado em dois níveis: 400 *mesh* e 800 *mesh*, e o número de golpes em três níveis: 1, 3 e 5 golpes. A Tabela 1 mostra a matriz experimental e os blocos avaliados em cada experimento.

De acordo com a matriz de planejamento foram executados 6 (seis) testes. Para cada teste foram efetuadas cinco réplicas. Sendo necessário avaliar 30 blocos de compressores herméticos, que foram numerados de forma aleatória de 1 a 30. De acordo com Pereira (2016), cada golpe da ferramenta no cilindro consistiu em quatro movimentos, sendo dois no sentido horário (um de avanço e um de recuo) e dois no anti-horário (um de avanço e um de recuo). Os blocos foram inicialmente usinados pelo brunimento convencional com a ferramenta precidor pela empresa EMBRACO, procedimento realizado em sua linha de produção. O BF dos cilindros em uma máquina fresadora CNC, utilizando a ferramenta brunidora flexível.

Experimento	Fator 1 Granulometria ( <i>mesh</i> )	Fator 2 Número de golpes	Blocos
1	-1 (400)	-1 (1)	30, 29, 28, 27, 26
2	+1 (800)	-1 (1)	05, 04, 03, 02, 01
3	-1 (400)	-0 (3)	25, 24, 23, 22, 21
4	+1 (800)	-0 (3)	10, 09, 08, 07, 06
5	-1 (400)	+1 (5)	20, 19, 18, 17, 16
6	+1 (800)	+1 (5)	15, 14, 13, 12, 11

Tabela 1 - Matriz de planejamento para o experimento fatorial completo 2 x 3.

Para a avaliação da rugosidade foi utilizado um rugosímetro portátil Surtronic 3+, modelo 112/1590, com resolução de  $0,01 \mu\text{m}$ . Este equipamento possui uma ponta de diamante com raio de  $2 \mu\text{m}$ . De acordo com o certificado de calibração a incerteza expandida associada à calibração do rugosímetro é  $0,02 \mu\text{m}$  para  $k$  igual a 2,23 e probabilidade de abrangência de 95 %. Cinco ciclos de medição foram efetuados. O comprimento de amostragem foi definido como  $0,8 \text{ mm}$  de acordo a NBR ISO 4288 (ABNT, 2008). Cinco comprimentos de amostragem foram considerados. O filtro de Gauss foi aplicado no perfil bruto para retirada das ondulações.

Os blocos e o rugosímetro foram posicionados na mesa de medição da máquina de medir por coordenadas de forma a minimizar o efeito das vibrações transmitidas pelo solo. As medições foram conduzidas a temperatura ambiente de  $20,0 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Para o monitoramento da mesma foi utilizado um termo-higrômetro digital, com resolução de  $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$  e faixa nominal de  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Este equipamento possui incerteza associada à calibração de  $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$  para  $k$  igual a 2,00 e probabilidade de abrangência de 95,45 %.

A incerteza de medição foi avaliada por meio da aplicação do método GUM proposto no BIPM et al. (2008). O tratamento dos dados foi efetuado utilizando-se a técnica estatística de Análise de Variância (ANOVA), por meio do *software* Statistica 7.0.

### 3 | RESULTADOS

A Figura 2a mostra os valores médios do parâmetro  $R_p$  para os cilindros usinados pelo BC e BC+BF nas seis condições de corte investigadas, com barra de erros associada à incerteza expandida (95 %). Por sua vez a Fig. 2b mostra a diferença entre os valores médios de  $R_p$  obtidos antes e após o brunimento flexível para cada experimento. Observa-se na Fig. 2a que os valores de  $R_p$  são significativamente menores após o BC+BF em todas as condições investigadas, bem como os valores de incerteza expandida associados. Os valores de incerteza expandida associados ao  $R_p$  diminuíram de forma significativa com a aplicação do BC+BF, indicando uma maior repetibilidade. Isto pode ser justificado pelo fato de que com o processo do brunimento flexível os valores das ordenadas dos picos do perfil ficaram mais homogêneos em decorrência da eliminação de picos isolados e da redução da altura dos picos.

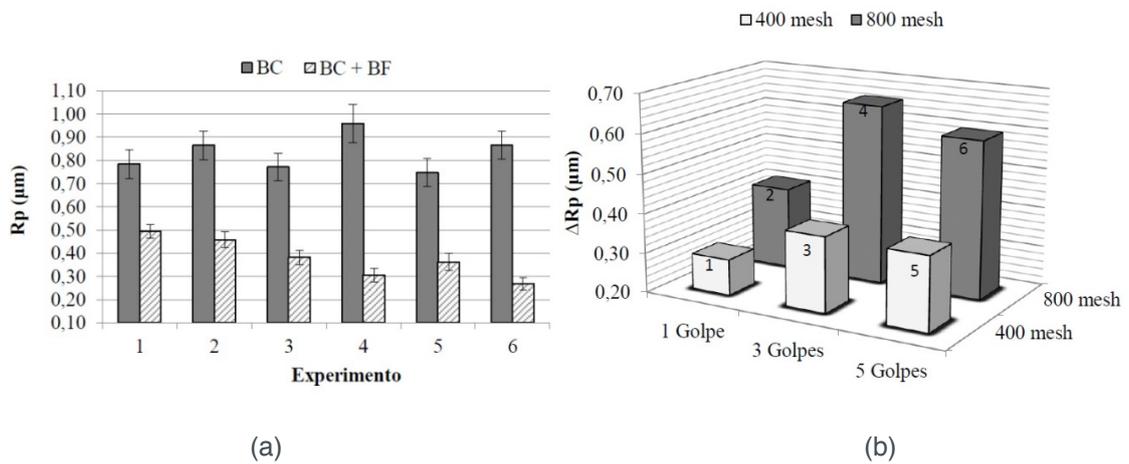


Figura 2 - (a) Valores médios do parâmetro  $R_p$  para os cilindros usinados pelo BC e BC+BF nas seis condições de corte investigadas, com barra de erros associada à incerteza expandida (95 %) e (b) Diferença entre os valores médios de  $R_p$  obtidos antes e após o brunimento flexível para cada experimento.

A partir da Fig. 2b se conclui que o Experimento 1 foi o que resultou na menor diferença percentual, sendo em média de 37,0 % (0,290  $\mu\text{m}$ ). Para este parâmetro foi observado que o Experimento 6 mostrou a maior evolução dos valores médios de  $R_p$ , com as condições de usinagem de granulometria da ferramenta de 800 *mesh* e 5 golpes da ferramenta brunidora flexível, em média de 68,9 % (0,597  $\mu\text{m}$ ). O Experimento 4 mostrou uma evolução significativa, com as condições de usinagem de granulometria da ferramenta de 800 *mesh* e 3 golpes da ferramenta brunidora flexível, sua diferença percentual entre os valores médios de  $R_p$  entre os dois processos foi de 68,1 % (0,653  $\mu\text{m}$ ).

A Tabela 2 mostra o resultado da ANOVA para as diferenças encontradas entre os valores do parâmetro  $R_p$  obtidos antes e após o BF. Nesta tabela pode ser observado que o fator granulometria da ferramenta (GR) e a interação entre os dois fatores (GRxNG) produziram efeitos estatisticamente significativos na variável resposta  $R_p$  para uma confiabilidade estatística de 95 %. Dentre eles, o fator de maior contribuição foi a granulometria da ferramenta (GR). A diminuição das dimensões dos grãos abrasivos da ferramenta brunidora flexível reduziu o parâmetro de rugosidade  $R_p$ , conforme observado na Fig. 2b. Isto pode ser justificado devido a que menores partículas abrasivas tendem a deixar menores marcas e produzem um acabamento superficial melhor, e consequentemente menores alturas.

$R_p$	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F	$p$
Granulometria (GR)	0,311223	1	0,311223	19,9587	0,000161
Nº de golpes (NG)	0,040459	2	0,020229	1,2973	0,291748
GR x NG	0,127508	2	0,063754	4,0885	<b>0,029647</b>
Erro	0,374240	24	0,015593		

Tabela 2 - ANOVA da diferença do parâmetro  $R_p$  de rugosidade dos cilindros antes e após brunimento flexível.

Para os cilindros de compressores herméticos é desejável que o parâmetro  $R_p$  seja o menor possível, uma vez que os picos isolados presentes na superfície podem ser desgastados ou quebrados no início do funcionamento do compressor. As partículas desgastadas são misturadas com o fluido lubrificante, tornando-o abrasivo, o que pode diminuir a vida útil do compressor. Esses picos podem levar à existência de contato metal-metal no par tribológico cilindro-pistão, gerando aquecimento e pior desempenho. Ainda, a redução dos picos atribui ao compressor uma condição de amaciamento aumentando sua eficiência.

## 4 | CONCLUSÕES

O fator granulometria da ferramenta e a interação entre este e o fator número de golpes da ferramenta provocaram efeitos estatisticamente significativos nos valores de  $R_p$ . Os menores valores de  $R_p$  foram observados na condição de usinagem com granulometria da ferramenta de 800 *mesh* e 5 golpes da ferramenta. A aplicação destas condições de corte possibilitou a obtenção de perfis muito similares aos obtidos por meio do brunimento platô o que pode aumentar o campo de aplicação do BC+BF.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia e à EMBRACO pelo fornecimento dos blocos.

## 6 | DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO 4288, “Especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil-regras e procedimentos para avaliação de rugosidade”. Rio de Janeiro, Brasil, 2008, 10p.

BIPM, IEC, IDCC, ILAC, ISO, IUPAC, OIML, JCGM 100:2008 **Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement**, 2008. 90p.

Flores, G. **Diamond and CBN honing technology**. Society of Manufacturing Engineers. 1998, 9p.

Miller, M. L. “Flexible Honing. A study of cylinder wall microstructure. **Proceedings Understanding. The Basics of Honing, SME - Society of Mechanical Engineers**”, 1993. 9p.

Pereira, L. C. “Influência das Condições de Usinagem do Brunimento Flexível na Qualidade

**Geométrica de Cilindros de Blocos de Compressores Herméticos**". Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

Rosa, V. A. O. "**Investigação da Operação de Alargamento dos Furos Usinados em Pistões de Ferro-Carbono Sinterizado**". Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

Vertec. "**Manual Flex-Hone**", 02 de maio de 2017 < [www.vertec.com.br/produtos/flex\\_hone.pdf](http://www.vertec.com.br/produtos/flex_hone.pdf) >

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEBERTON CORREIA SANTOS-** Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber\_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acidentes 109, 310, 311, 312, 313, 314

Aminas primárias 81, 84, 85

Atividade antioxidante 144, 146, 151, 152, 153, 155, 156

### B

Bioimpressão 193, 194, 195, 196, 199

### C

Castanhola 74, 75, 79

Compostos multifuncionais 64, 67

Compressores Herméticos 34, 35, 36, 39, 40

Construção Civil 102, 105, 112, 113, 157, 179, 363

CPTEC 205, 206, 207, 208, 217

### E

Equações lineares 45, 233, 236, 237, 238, 239, 240, 353

Estrutura axiomática 183, 186, 189

### F

Fonte de fissão 41, 42, 44, 45, 47, 48, 49

### G

Geoprocessamento 1, 2

### H

Hemocentro 317, 322, 323, 324, 326

Hibridização 64, 65, 67, 68, 69, 71

### L

Lesson Study 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225

Leveduras 8

### M

Mapeamento 1, 2, 3, 4, 6, 7, 181, 280

Mecânicas de eritrócitos 226

Multi-objetivo 277, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 287

Mutagênese 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18

## **P**

PHB/PC 253, 254, 257, 261, 262, 264

Protocolos de redes 52

## **R**

Redes neurais 349, 350, 351, 354, 356, 358, 359, 360, 361, 362

Risco de inundação 1, 3, 4, 5, 6, 7

## **S**

Smart Grids 51, 52, 53, 61

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-622-5

