



# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

Atena  
Editora  
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 2

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>	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 2 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-430-6 DOI 10.22533/at.ed.306192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</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

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDOS DA ÁGUA E SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO UBERABINHA EM UBERLÂNDIA - MG	
Maria da Graça Vasconcelos	
Luiz Alfredo Pavanin	
Erich Vectore Pavanin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
BATIMETRIA E MEDIÇÃO DE VAZÃO NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ - RO	
Renato Billia de Miranda	
Camila Bermond Ruezzeno	
Bruno Bernardo dos Santos	
Frederico Fabio Mauad	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ENSAIO DE PROVA DE CARGA EM SOLO BASÁLTICO	
Daniel Russi	
Sandra Garcia Gabas	
Giancarlo Lastoria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PAPEL FILTRO E CENTRÍFUGA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E CORRELAÇÕES COM PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	
Ana Carolina Dias Baêso	
Eduardo Souza Cândido	
Roberto Francisco de Azevedo	
Gustavo Armando dos Santos	
Tulyo Diniz Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS DE UM SOLO TROPICAL DA BAIXADA FLUMINENSE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Fernando Benedicto Mainier	
Claudio Fernando Mahler	
Viktor Labuto Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
ELABORAÇÃO DE UMA CARTA DE UNIDADES DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES	
Bruna Xavier Faitanin	
Éder Carlos Moreira	
Altair Carrasco de Souza	
Vitor Roberto Schettino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925066</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>69</b>
ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO SILTE ARENOSO DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA COM CAL PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO	
Wagner Teixeira Eclesielter Batista Moreira João Luiz Rissardi Vanessa Corrêa de Andrade Ronaldo Luis dos Santos Izzo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>80</b>
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA NA RESISTÊNCIA DE SOLOS SEDIMENTARES	
Jair de Jesús Arrieta Baldovino Eclesielter Batista Moreira Ronaldo Luis Dos Santos Izzo Juliana Lundgren Rose Erico Rafael Da Silva Wagner Teixeira Felipe Perretto Roberto Pan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>95</b>
PERFILAGEM DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE APUCARANA-PR COM BASE EM DADOS DE SONDAgens DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT	
Mariana Alher Fernandes Augusto Montor de Freitas Luiz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>104</b>
UTILIZAÇÃO DO PERMEÂMETRO DE TUBO NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE CAMADAS SUPERFICIAIS DE SOLOS	
Marcos Túlio Fernandes Glaucimar Lima Dutra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>116</b>
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS	
Alessandra Lidia Mazon Maytê Pietrobelli de Souza Bianca Penteado de Almeida Tonus André Fanaya	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250611</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 133**

AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE DO SOLO DE CARACTERÍSTICA NÃO LATERÍTICA SOB O ENFOQUE GEOTÉCNICO NAS MARGENS DA TO-222 NO MUNICÍPIO DE ARAGUAÍNA - TO

Glacielle Fernandes Medeiros  
Renata de Moraes Farias  
Palloma Borges Soares  
Ana Sofia Oliveira Japiassu  
Andressa Fiuza de Souza  
Igor Guimarães Matias

**DOI 10.22533/at.ed.30619250612**

**CAPÍTULO 13 ..... 144**

ADAPTAÇÃO DE METODOLOGIA DE HIERARQUIZAÇÃO DE NÍVEIS DE ATENÇÃO UTILIZADA EM MINERAÇÃO PARA TRABALHOS DE MAPEAMENTO DE RISCOS GEOTÉCNICOS EM ÁREA URBANA

Marcelo Corrêa da Silva  
Daiara Luiza Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.30619250613**

**CAPÍTULO 14 ..... 157**

PRODUÇÃO DE CONCENTRADO ÚMIDO FOSFATADO: UMA EXPERIÊNCIA DE ESTÁGIO NA MINERAÇÃO

Matheus Henrique Borges Coutinho  
Ricardo Antonio de Rezende  
Cibele Tunussi  
Marcos Vinicius Agapito Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.30619250614**

**CAPÍTULO 15 ..... 163**

ESTUDO DOS DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUGESTÕES PARA A MINIMIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DOS MESMOS, VISANDO A OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DAS OBRAS E MENORES IMPACTOS AMBIENTAIS

Beatriz Zeurgo Fernandes  
Rafael Bergjohann  
Luiz Carlos de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.30619250615**

**CAPÍTULO 16 ..... 176**

USO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND

Kenyson Diony Souza Silva  
Raduan Krause Lopes  
Fabiano Medeiros Da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250616**



**CAPÍTULO 17 ..... 192**

ESTUDOS PRELIMINARES DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE MINÉRIO DE COBRE SULFETADO NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

Julia Alves Rodrigues  
Dilson Nazareno Pereira Cardoso  
Abel Jorge Rodrigues Ferreira  
Edinaldo José de Sousa Cunha  
Bruno Marques Viegas  
Edilson Marques Magalhães  
José Antônio da Silva Souza

**DOI 10.22533/at.ed.30619250617**

**CAPÍTULO 18 ..... 200**

AValiação DO COMPORTAMENTO DE COMPOSIÇÕES A BASE DE CIMENTO DE ALUMINATO DE CÁLCIO FRENTE AOS MICRORGANISMOS STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI

Renata Martins Parrreira  
Talita Luana de Andrade  
Newton Soares da Silva  
Cristina Pacheco Soares  
Victor Carlos Pandolfelli  
Ivone Regina de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.30619250618**

**CAPÍTULO 19 ..... 209**

UMA TÉCNICA, BASEADA EM PROJETO DE EXPERIMENTOS, PARA OTIMIZAÇÃO DA DOSAGEM DE ARGAMASSA MISTA DE CIMENTO, CAL E AREIA

André Rodrigues Monticeli  
Paulo César Mappa  
Aellington Freire de Araújo  
Emerson Ricky Pinheiro  
Karoline Santos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250619**

**CAPÍTULO 20 ..... 221**

REDUÇÃO DO CONSUMO DE AÇO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS AO ESFORÇO CORTANTE ATRAVÉS DA ESCOLHA DO ÂNGULO DAS BIELAS

Lucas Teotônio de Souza  
Paula de Oliveira Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.30619250620**

**CAPÍTULO 21 ..... 232**

ANÁLISE DE CRONOGRAMA FÍSICO x CRONOGRAMA REALIZADO NA OBRA DO FÓRUM DE RIO NEGRO/PR PARA FINS DE DIMINUIÇÃO DOS ATRASOS

Nathalia Loureiro de Almeida Correa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250621**

**CAPÍTULO 22 ..... 250**

ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO CORRETO DIMENSIONAMENTO DOS VERTEDORES EM BARRAGENS E SUAS INFLUÊNCIAS ECOLÓGICAS E SOCIOECONÔMICAS. ESTUDO DE CASO: USINA HIDRELÉTRICA DE XINGÓ

Jéssica Beatriz Dantas  
Djair Félix da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250622**

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>262</b>
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA ÁREA DA CIDADE DE JOINVILLE/SC	
Adilon Marques dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250623</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>281</b>
ANÁLISE NUMÉRICA DA SENSIBILIDADE DO ALGORITMO IMPLEX APLICADO EM UM CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ESTABILIDADE DE TALUDE VIA TÉCNICA DE DESCONTINUIDADES FORTES	
Nayara Torres Belfort	
Ana Itamara Paz de Araujo	
Kátia Torres Botelho Galindo	
Igor Fernandes Gomes	
Leonardo José do Nascimento Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>294</b>
DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E COM O AUXÍLIO DE UM SOFTWARE COMPUTACIONAL	
Iva Emanuely Pereira Lima	
Vitor Bruno Santos Pereira	
Vinicius Costa Correia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>306</b>
DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE PILARES MISTOS PREENCHIDOS DE AÇO E CONCRETO	
Jéssica Salomão Lourenção	
Élcio Cassimiro Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>325</b>
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	
João Augusto Dunck Dalosto	
Luiz Fernando Hencke	
Jhonatan Conceição dos Santos	
Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>336</b>
APLICAÇÃO DO CPR EM SOLOS MOLES NA REGIÃO DO CAMPO DOS PERDIZES: DUPLICAÇÃO DA BR 135, ENTRE O KM 39,36 E O KM 39,90	
Rodrigo Nascimento Barros	
Larysse Lohana Leal Nunes	
Saymo Wendel de Jesus Peixoto Viana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>348</b>
ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERNO DE UMA TERAPIA INTENSIVA	
Sylvia Katherine de Medeiros Moura	
Antonio Calmon de Araújo Marinho	
Wagner Amadeus Galvão de Souza	
Angelo Roncalli Oliveira Guerra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250629</b>	

<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>357</b>
'ARTENGENHARIA': UMA PONTE TRANSDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HUMANO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO	
Ana Alice Trubbianelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250630</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>371</b>
PROCEDIMENTO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL E NÚMÉRICO DE UMA PONTE EXECUTADA COM PALITOS DE PICOLÉ	
Matheus Henrique Morato de Moraes	
João Eduardo Sousa de Freitas	
Diogo Henrique Morato de Moraes	
Juarez Francisco Freire Junior	
Wellington Andrade da Silva	
Geraldo Magela Gonçalves Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250631</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>383</b>
EXERGIA HÍDRICA EM SISTEMAS REDUTORES DE PRESSÃO	
Conrado Mendes Moraes	
Ângela B. D. Moura	
Eduardo D. P. Schuch	
Eduardo de M. Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250632</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>393</b>

## ESTUDOS PRELIMINARES DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE MINÉRIO DE COBRE SULFETADO NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

### **Julia Alves Rodrigues**

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química  
Belém - PA

### **Dilson Nazareno Pereira Cardoso**

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia  
Belém - PA

### **Abel Jorge Rodrigues Ferreira**

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática  
Marabá - PA

### **Edinaldo José de Sousa Cunha**

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos  
Belém - PA

### **Bruno Marques Viegas**

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia  
Belém – PA

### **Edílson Marques Magalhães**

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos  
Belém - PA

### **José Antônio da Silva Souza**

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia  
Belém - PA

**RESUMO:** O trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas e químicas de argamassas elaboradas com elevada adição de resíduo de beneficiamento de Minério de Cobre Sulfetado, nas proporções de 90, 93 e 95% e, com isso, apresentar um modo de utilização para esse resíduo. Para produção das argamassas, a matriz foi formulada com três traços com a utilização mínima de 5, 7 e 10% de cimento Portland tipo CP II E 32. Após a cura de 28 dias, os corpos de prova foram submetidos a ensaios físicos de absorção, porosidade e ensaio de resistência à compressão. A morfologia dos corpos de prova foi analisada via microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que os traços com teores de 90% de minério de cobre apresentaram melhores resultados de resistência à compressão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Argamassas, Resíduo de minério de cobre sulfetado, Microscopia Eletrônica de Varredura.

PRELIMINARY STUDIES OF THE APPLICATION OF SULPHIDE COPPER ORE RESIDUE IN THE PREPARATION OF LAYING MORTARS AND COATING

**ABSTRACT:** The objective of this work is to evaluate the physical and chemical properties of mortar made with high addition of sulphide

copper ore residue, in the proportions of 90, 93 and 95%, and with this, to present a method of use for this residue. For the production of the mortars, the matrix was formulated with three traces with the minimum use of 5, 7 and 10% Portland cement type CP II E 32. After curing 28 days, the samples were submitted to physical absorption tests, porosity and compressive strength test. The morphology of the samples was analyzed by scanning electron microscopy. The results showed that the traces with 90% of copper ore presented better compressive strength results.

**KEYWORDS:** Mortar, Sulphide copper ore residue, Scanning Electron Microscopy.

## 1 | INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos sólidos urbanos e industriais, para produção de novos materiais de construção, pode contribuir para redução do impacto ambiental, através da diminuição do consumo de recursos naturais, da redução da poluição gerada e do consumo de energia para sua produção. As argamassas colantes são formadas pela composição de agregados, aglomerantes, água e eventualmente adições e aditivos. No estado fresco, assume-se que estas composições são suspensões concentradas de partículas sólidas (agregados) imersas em um líquido viscoso (pasta ou matriz). O cimento é o principal aglomerante presente nas misturas, sendo composto por clínquer e por agregados como filler, calcário, cinza volante ou escória de alto forno, dependendo do tipo comercial do cimento (MOURA *et al.*, 2009; MATTANA *et al.*, 2013).

Os agregados podem ser de origem natural ou industrializada. Os naturais são aqueles que já se encontram em forma particulada na natureza, devido a ação do intemperismo e de abrasão. Já os industrializados, também denominados de artificiais, tem a sua composição particulada obtida por processos industriais (MATTANA *et al.*, 2013; MANSUR *et al.*, 2007).

A proposta deste estudo foi buscar alternativas para reutilizar resíduos minerais, através do seu emprego na indústria da construção civil, empregando-os como substituto de recursos naturais e energéticos tradicionalmente utilizados, sendo uma interessante forma de lhes destinar a uma finalidade adequada, reduzindo o volume de resíduos enviados para aterros industriais e, ao mesmo tempo, minimizando, o consumo dos recursos naturais utilizados e da energia empregada na fabricação de diversos materiais de construção.

Desta forma, o presente trabalho tem como finalidade a avaliação das propriedades mecânicas das argamassas no estado endurecido, com diferentes teores de resíduo de minério de cobre sulfetado (RMCS) e cimento Portland.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo, foram utilizados os seguintes materiais: Cimento Portland tipo CP II E 32 e resíduo de minério de cobre sulfetado (RMCS), para ser

empregado como agregado miúdo, proveniente da mina do Sossego, localizada na província mineral de Carajás no Estado do Pará.

Inicialmente, foi realizada a cominuição do resíduo em moinho de bolas, visando a desagregação do material. Em seguida, foram elaborados três traços das misturas de argamassa, compostos por cimento portland (tipo CP II E 32), nas proporções de 5, 7 e 10%, resíduo de minério de cobre sulfetado, nas proporções de 95, 93 e 90%, e água (23%).

## 2.1 Microscopia Eletrônica de Varredura

A microscopia eletrônica de varredura (MEV), foi realizada em equipamento LEO, modelo 1450VP, acoplado a um sistema de obtenção e identificação de padrões de difração de elétrons retro espalhados, que forneceu através da análise de espectroscopia por dispersão de energia (EDS), obtidos no laboratório de Geociências da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará ([UNIFESSPA](#)).

## 2.2 Análise Granulométrica

A análise granulométrica foi realizada de acordo com a norma NBR 7217, para verificação do diâmetro médio ( $d_{50}$ ) de cada amostra de material utilizado. Após a análise granulométrica do RMCS, foi utilizado na mistura o resíduo passante da peneira 100 *mesh* (149  $\mu\text{m}$ ).

## 2.3 Elaboração dos Corpos de Prova

Com o auxílio de um misturador mecânico, com capacidade de 130 litros, adicionou-se primeiramente os sólidos e em seguida a água. Após a homogeneização da mistura, a argamassa foi adicionada em dez moldes de corpos de prova cilíndricos, com 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, de acordo com a NBR 7215/96, totalizando trinta corpos de prova. Com o preparo dos corpos de prova, teve início o processo de cura, o qual teve duração de 28 dias. A composição da matriz cimentícia utilizada em cada traço está apresentada na Tabela 1.

TR	Cimento (%)	RMCS (%)
01	5	95
02	7	93
03	10	90

Tabela 1: Matriz cimentícia.

## 2.4 Absorção e Porosidade Aparente

Após a cura de 28 dias, foram realizados os ensaios de absorção e porosidade aparente, de acordo com a norma NBR 9778.

## 2.5 Resistência à Compressão

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados na PRENSA EMIC SSH300 pertencente ao Laboratório de Materiais de Engenharia Civil (LEC) da Universidade Federal do Pará.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Microscopia Eletrônica de Varredura

Os resultados obtidos através da microscopia eletrônica de varredura (MEV) estão demonstrados na Figura 1, com relação aos traços TR01, TR02 e TR03.

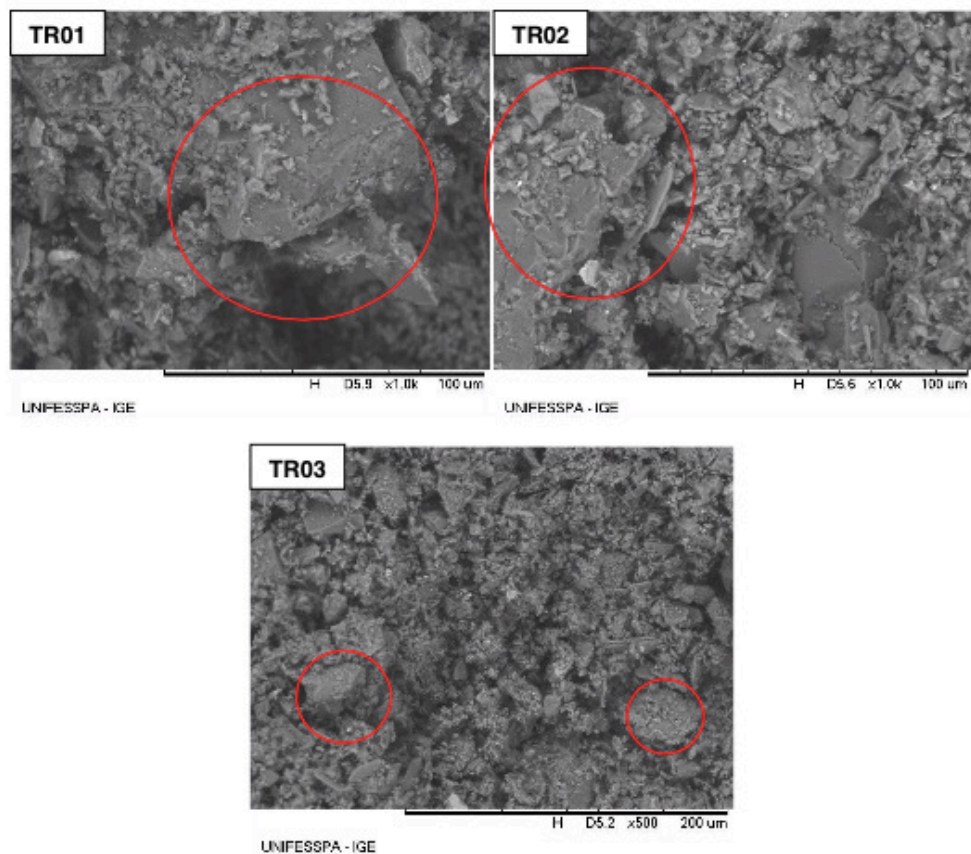


Figura 1: MEV das análises das amostras dos traços das argamassas.

Os resultados apresentados na Figura 1 mostram que as amostras das argamassas possuem partículas de diversos formatos e com formações de aglomerações. Essas aglomerações são formadas devido a granulometria bastante diversificada do RMCS, com partículas de tamanhos variados, podendo influenciar em diversas análises de estado endurecido como também no aumento ou diminuição da trabalhabilidade no estado fresco. Este fato provavelmente resultará em uma menor resistência à compressão.

A análise de EDS, mostrado na Figura 2, realizada durante o ensaio de microscopia, mostra a presença de cálcio, silício e ferro como os principais elementos da composição química das argamassas.

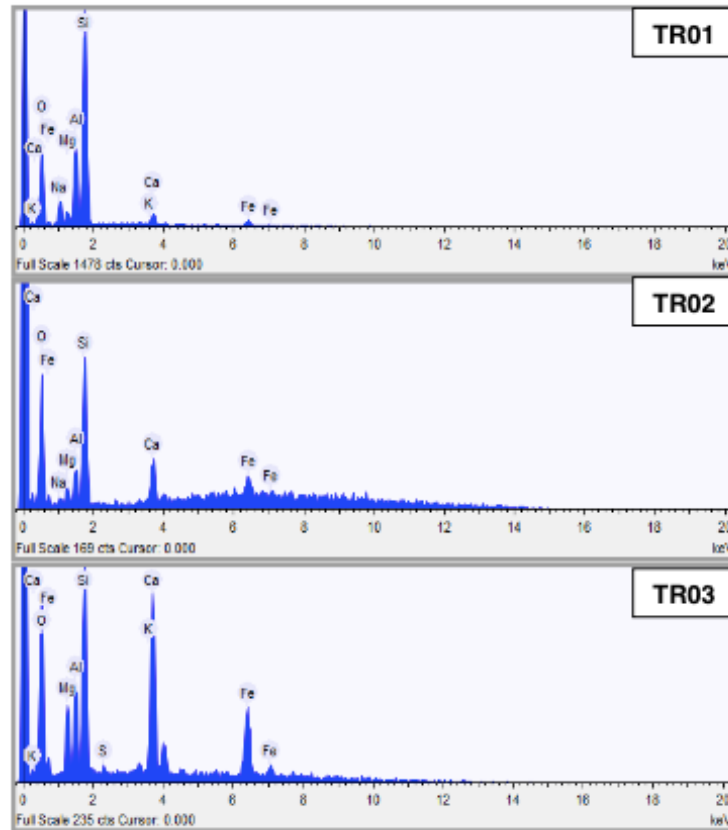


Figura 2: EDS das análises das amostras dos traços TR01, TR02 e TR03.

### 3.2 Análise Granulométrica

De acordo com os resultados demonstrados na Figura 3, referente a análise granulométrica dos materiais utilizados neste trabalho, observou-se que as partículas do RMCS possuem um valor de diâmetro médio ( $d_{50}$ ) no valor 149  $\mu\text{m}$ , e, de acordo com a norma NBR 7217, o resíduo se enquadra como agregado miúdo em argamassas.

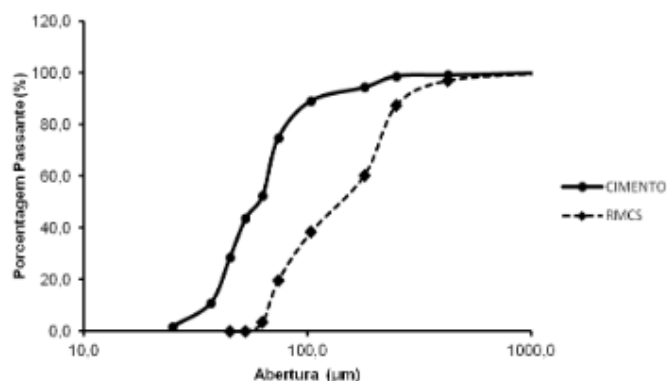


Figura 3: Análise granulométrica dos constituintes das argamassas.



### 3.3 Absorção Aparente

Por meio da análise apresentada na Figura 4, observa-se que ocorreu um aumento acentuado na absorção aparente no traço com menor teor de resíduo. Isto é, verifica-se que, à medida que o teor de cimento aumenta e o de RMCS diminui, ocorre o aumento na absorção. Podendo ser resultado de uma formação incompleta de hidratos, contribuindo para formação de vazios na matriz cimentícia das argamassas em estado endurecido.

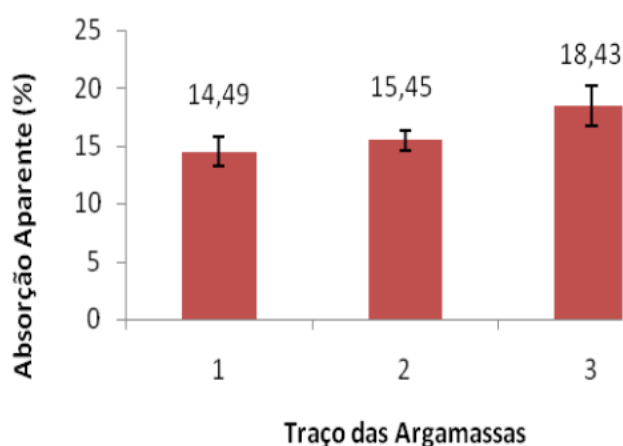


Figura 4: Gráfico de absorção de água dos traços TR01, TR02 e TR03.

### 3.4 Porosidade Aparente

Por meio do gráfico da Figura 5, observa-se que, assim como na análise de absorção, houve um aumento da porosidade aparente à medida em que se reduziu a quantidade de RMCS no traço, podendo ser justificada pelo aumento na quantidade de vazios entre as partículas, formados durante o processo de cura, resultando em uma maior porosidade aparente.

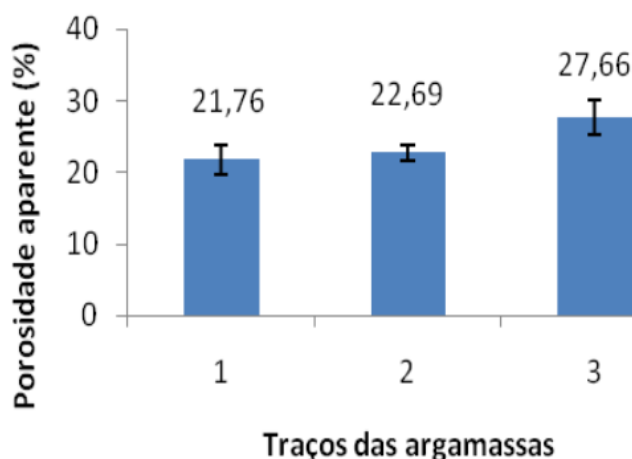


Figura 5: Gráfico de porosidade para os traços das argamassas.

### 3.5 Resistência à Compressão

Observa-se no gráfico da Figura 6, que houve um aumento da resistência no TR03, apresentando um valor médio de 1,745 MPa, enquanto que o TR01 apresentou aproximadamente 1,18 MPa e o TR02 1,35 MPa. Esta diferença de resistências se deve principalmente ao fato do TR03 apresentar um teor maior de cimento e, segundo a literatura, o RMCS apresenta atividade pozolânica, o que atribui um maior reforço na estrutura dos corpos de prova.

Com isso, comparando com argamassas convencionais, os traços fabricados com o teor de 90% de RMCS, apresentam um resultado interessante para o desenvolvimento de mais estudos relacionados à utilização de resíduos em matrizes cimentícias.

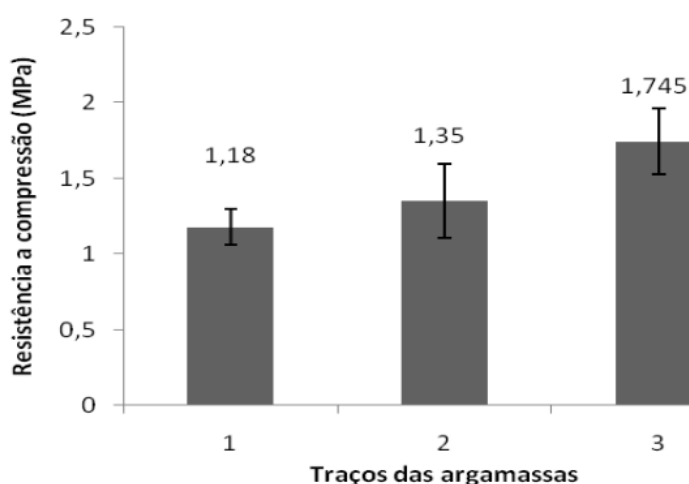


Figura 6: Gráfico da resistência à compressão para os traços das argamassas.

## 4 | CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos dos ensaios de absorção, porosidade, resistência à compressão e MEV, as argamassas com maiores teores de resíduo demonstraram-se mais porosas e, conseqüentemente, mais frágeis.

Segundo a NBR 11578/1991, o corpo de prova padrão elaborado com o cimento CP II-E 32 deve apresentar uma resistência à compressão maior ou igual a 32 MPa. Desta forma, com base nos resultados obtidos, conclui-se que, para se equiparar à argamassa de referência, a argamassa produzida com teores de 90, 93 e 95% de RMCS ainda é bastante frágil, sendo necessário reduzir sua quantidade na matriz.

Entretanto, a fabricação da argamassa com altos teores de RMCS, apresentou resultados bastante promissores, por seu um material com atividade pozolânica, permitindo o desenvolvimento de uma mistura bastante plástica e com boa trabalhabilidade. Demonstrando, portanto, que é possível utilizar RMCS com teores menores na fabricação de argamassas.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará e ao Laboratório de Materiais de Engenharia Civil (LEC) da Universidade Federal do Pará.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 7217: Determinação de composição granulométrica dos agregados**. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 11578: Cimento Portland composto**. Rio de Janeiro, 1991.

MANSUR, A. **Mecanismos Físico-Químicos de aderência na interface argamassa modificada com polímeros/cerâmica de revestimento**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 321 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MATTANA, A.; PEREIRA, E.; COSTA, M. **Influência dos constituintes do revestimento de argamassa do revestimento de argamassa sobre suas propriedades**. *Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.*, Ponta Grossa, 19 (1): 33-44, jan/jun. 2013.

MOURA, W.; GONÇALVES, J.; LEITE, M. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos contendo escória de cobre como agregado miúdo**. *R. Esc. Minas*, Ouro Preto, 62(2): 221-225, abr. jun. 2009.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-430-6



9 788572 474306