

# Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

# Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

I34 Impactos das tecnologias na engenharia de materiais e metalúrgica 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-731-4

DOI 10.22533/at.ed.314211901

1. Metalurgia. 2. Engenharia de Materiais e Metalúrgica. 3. Tecnologias. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.

CDD 669

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

No atual cenário mundial, onde se exige cada vez mais competitividade empresarial, buscar a redução de custos aliadas e a melhoria de qualidade é quase que uma exigência para se manter ativo no mercado. Desta forma a multidisciplinaridade é quase que obrigatória aos profissionais das áreas de engenharia, transitando entre conceito e prática, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber. Apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria contínua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Destaca-se a apresentação das áreas da engenharia de materiais com o desenvolvimento e melhoria de produtos já existentes ou de novos produtos. De abordagem objetiva e prática a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ESTUDO DA CORROSÃO DE AÇO CARBONO EM DIFERENTES MEIOS E O TRATAMENTO POR ELETRÓLISE**

Matheus Assumpção Ventura  
Lorrana Marchon Silva das Neves  
Marlon Demaur Cozine Silva

**DOI 10.22533/at.ed.3142119011**

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS TÉRMICAS DE SOLIDIFICAÇÃO COM DUREZA E MICROESTRUTURA DO LATÃO $\alpha + \beta$ CU- 42% ZN**

Paulo Kazuto Suyama Junior  
Givanildo Alves dos Santos  
Francisco Yastami Nakamoto  
Márcio Rodrigues da Silva  
Vinicius Torres dos Santos  
Antonio Tadeu Rogerio Franco  
Maurício Silva Nascimento  
Antonio Augusto Couto

**DOI 10.22533/at.ed.3142119012**

### **CAPÍTULO 3..... 19**

#### **ANÁLISE DE LIGAS DE COBRE E A INFLUÊNCIA DA INSERÇÃO DE NIÓBIO: UMA REVISÃO**

Anderson do Bomfim Gonzaga  
Eduardo Palmeira da Silva  
Rogério Teram  
Maurício Silva Nascimento  
Vinicius Torres dos Santos  
Márcio Rodrigues da Silva  
Antonio Augusto Couto  
Givanildo Alves dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.3142119013**

### **CAPÍTULO 4..... 27**

#### **FABRICAÇÃO DE REVESTIMENTO SUPER-HIDROFÓBICO EM LIGA DE ALUMÍNIO 5052 E AVALIAÇÃO DA PROPRIEDADE DE AUTOLIMPEZA**

Wagner Daniel Oliveira de Araújo  
Rafael Gleymir Casanova da Silva  
Maria Isabel Collasius Malta  
Magda Rosângela Santos Vieira  
Severino Leopoldino Urtiga Filho

**DOI 10.22533/at.ed.3142119014**

### **CAPÍTULO 5..... 37**

#### **COMPORTAMENTO MECÂNICO EM TRAÇÃO E IMPACTO DE COMPÓSITOS DE**

## **MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIBRAS DE TIMBÓ-AÇU**

José Maria Braga Pinto  
Douglas Santos Silva  
Roberto Tetsuo Fujiyama

**DOI 10.22533/at.ed.3142119015**

## **CAPÍTULO 6..... 49**

### **ROADMAP PROPOSAL: PCB AND NANOFIBERS AS STRATEGY FOR INCREASING PROCESS INTENSIFICATION**

Ana Neilde Rodrigues da Silva  
Neemias de Macedo Ferreira  
Maria Lúcia Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.3142119016**

## **CAPÍTULO 7..... 62**

### **CERÂMICA COM ADIÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO: AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO APÓS FORMAÇÃO DE EFLORESCÊNCIA**

Thayane Pereira da Silva  
Elias Fagury Neto  
Adriano Alves Rabelo

**DOI 10.22533/at.ed.3142119017**

## **CAPÍTULO 8..... 71**

### **SÍNTESE DE CERÂMICAS BIFÁSICAS DE FOSFATOS DE CÁLCIO PELO MÉTODO PECHINI**

Geysivana Késsya Garcia Carvalho  
José Rosa de Souza Farias  
Veruska do Nascimento Simões  
Aluska do Nascimento Simões Braga

**DOI 10.22533/at.ed.3142119018**

## **CAPÍTULO 9..... 82**

### **SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DO ALUMINATO DE ESTRÔNCIO DOPADO COM TÉRPIO ATRAVÉS DO MÉTODO DE POLIMERIZAÇÃO POR EMULSÃO REVERSA E A INFLUÊNCIA DO PH NO POLIMORFISMO**

Talyta Silva Prado  
Paulo Neilson Marques dos Anjos

**DOI 10.22533/at.ed.3142119019**

## **CAPÍTULO 10..... 97**

### **ESTUDO DA ÁREA SUPERFICIAL DA PALIGORSKITA: REVISÃO**

Gilsiane Costa Spíndola  
Érico Rodrigues Gomes  
Gilvan Moreira da Paz  
Jaciel Cleison Pereira dos Santos  
Herivelton de Araujo Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.31421190110**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>107</b>
<b>USO DE PÓ DE ROCHAS SILICÁTICAS COMO FONTE DE NUTRIENTES PARA SOLOS DA AGRICULTURA: REVISÃO</b>	
Vanessa Ribeiro Castro	
Leandro Josuel da Costa Santos	
Érico Rodrigues Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31421190111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>119</b>
<b>A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO RENDIMENTO EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS COMERCIAIS – REVISÃO</b>	
Gustavo Neves Margarido	
Federico Bernardino Morante Trigoso	
Carlos Frajuca	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31421190112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>122</b>
<b>BIOMATERIAIS COMO PRECURSORES DE CARBONOS POROSOS ATIVADOS PARA APLICAÇÃO EM SUPERCAPACITORES – REVISÃO</b>	
Alexandre da Silva Sales	
Érico Rodrigues Gomes	
Gilvan Moreira da Paz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31421190113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>135</b>
<b>TRANSISTOR DE FILME FINO ORGÂNICO <i>BOTTOM GATE – BOTTOM CONTACT</i> PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA</b>	
José Enrique Eirez Izquierdo	
Marco Roberto Cavallari	
Dennis Cabrera García	
Loren Mora Pastrana	
Marcelo Goncalves Honnicke	
Fernando Josepetti Fonseca	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31421190114</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>148</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>149</b>

# CAPÍTULO 11

## USO DE PÓ DE ROCHAS SILICÁTICAS COMO FONTE DE NUTRIENTES PARA SOLOS DA AGRICULTURA: REVISÃO

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 06/10/2020

### **Vanessa Ribeiro Castro**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia do Piauí  
Campus Teresina Central  
Teresina - Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/5322814897463558>

### **Leandro Josuel da Costa Santos**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia do Piauí  
Campus Teresina Central  
Teresina - Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/9893092460153384>

### **Érico Rodrigues Gomes**

Instituto Federal de Educação Ciência e  
Tecnologia do Piauí  
Campus Teresina Central  
Teresina - Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/7804518918824528>

**RESUMO:** Uma das atividades mais importantes para a economia brasileira é o agronegócio. Em 2019, o agro representou 21,4% do PIB do país (CEPEA, 2019). Os solos brasileiros, por serem pobres em nutrientes, exigem o uso de fertilizantes químicos. A demanda por fertilizantes não supre a produção nacional, portanto, faz-se necessário importação do produto. De acordo com dados do Departamento Nacional de Produção Nacional (2018), em 2015 o país investiu aproximadamente US\$-FOB  $2,16 \times 10^9$  com importação de potássio

fertilizante. Diante de valores tão altos, existe uma busca por fontes alternativas para suprimento de nutrientes, como os remineralizadores de solo, estes regulamentados pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), por meio da Instrução Normativa N 5 e pela Lei nº 12.890 de 2013. Esta lei traz a definição de remineralizador como sendo um mineral que sofreu alteração de tamanho de suas partículas por meio de processos mecânicos, moagem por exemplo, e que ainda assim conseguem alterar o índice de fertilidade dos solos, cedendo micro e/ou macronutrientes para as plantas, promovendo melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo. Uma técnica muito utilizada para a obtenção de remineralizadores é conhecida como rochagem. Consiste em usar pó de rocha, aplicando-o no solo. Essa alternativa tem se mostrado satisfatória, fornecendo nutrientes necessários para as plantas. As pesquisas indicam que o uso de algumas rochas silicáticas são favoráveis quanto ao fornecimento de nutrientes para os solos. O objetivo desta revisão foi buscar na literatura, artigos que fundamentem o uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes para os solos agricultáveis, buscando entender sua utilização como remineralizadores. Obteve-se como resultado uma série de publicações da EMBRAPA, CETEM, CPRM, além de diversos artigos nas plataformas Scielo e Periódicos Capes, todos mostrando a importância desta utilização.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Fertilizantes, Remineralizantes, Rochas para Cultivos, Rochas de silicato.

**ABSTRACT:** One of the most valuable activities for the Brazilian economy is agribusiness. In 2019, it represented 21,4% of the country's GDP (CEPEA, 2019). Brazilian soils lack nutrients and require the use of chemical fertilizers. The demand for fertilizers is higher than the national production. Therefore, there is a need for the importation of such products. According to the National Department of National Production (2016), Brazil invested US\$-FOB 2,16x10<sup>9</sup> in the importing of fertilizing potassium in 2015. Because of these high prices, alternatives for these nutrient supplements are under research. Soil remineralizing agents are a viable alternative. MAPA (Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply) regulates these remineralizing agents in accord with the Brazilian normative N 5 and the law of number 12.890 from 2013. This law defines a remineralizing agent as a mineral that suffered alteration on its particles' size through mechanical processes, that are still able to increase the level of fertility of the soil. Releasing macro and micronutrients to the plants and promoting improvements in the physical and chemical properties of the land. A very commonly used technique for remineralizing soil is known as Rocks for Crops. This alternative has been satisfactory in bringing nutrients to the ground. It consists of using rock powder applied directly to the soil. This alternative has been giving satisfactory results. Researches show that the use of silicate rocks has been successful. The objective of this revision is to search in literature articles that presented the use of silicate rocks as a source of nutrients to agricultural lands, with the intent of understanding its use as a remineralizing agent. The research showed a series of articles published by EMBRAPA, CETEM, CPRM, Scielo, and Capes periodicals. That showed the importance of utilizing such substances.

**KEYWORDS:** Fertilizers, Remineralizing agents, Rocks for Crops, Silicate rocks.

## 1 | INTRODUÇÃO

O agronegócio é uma das atividades mais importantes para a economia brasileira. Os solos brasileiros utilizados pela agricultura são pobres em nutrientes e por isso demandam, mais o uso intensivo de fertilizantes. A produção nacional de adubo não supre a demanda exigida. Segundo o Departamento Nacional de Produção Nacional (2018), atual Agência Nacional de Mineração, em 2015, o Brasil gastou cerca de US\$-FOB 2,16x10<sup>9</sup> com importação de potássio fertilizante. Os principais países fornecedores foram Canadá, Bielorrússia, Rússia e Alemanha. Então, o uso de fertilizantes químicos acarreta gastos altos para o país. Daí o interesse em buscar meios alternativos ao uso exclusivo destes fertilizantes, e um deles é a prática da rochagem.

Conforme Teixeira et al (2012), a rochagem é “uma prática de agricultura alternativa que ajuda a recuperar solos pobres e a renovar a fertilização de áreas de exploração agrícola por meio da incorporação de rochas moídas ao solo”. Uma das percussoras dos estudos dessa técnica é a pesquisadora Suzi Huff Theodoro. Theodoro (2000), em suas pesquisas afirma que a rochagem prediz a busca da harmonia do ambiente, pois é uma alternativa que não tem em sua base produtos químicos, é apenas o pó de rocha natural, constituindo a base de uma nova forma de fertilização. Tal técnica será abordada neste estudo de revisão.

O uso de fontes alternativas de nutrientes para os solos agricultáveis é regulamentado pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Há parâmetros e limitações que os materiais precisam atender, por exemplo, em relação às quantidades de  $K_2O$ , às concentrações de elementos potencialmente tóxicos etc. No caso do pó de rocha, é utilizado como remineralizador, que de acordo com a Lei nº 12.890 de 2013, é um mineral que sofreu alteração no tamanho de suas partículas por meio de processos mecânicos, moagem por exemplo, e que seja capaz de alterar o índice de fertilidade dos solos, cedendo micro e/ou macronutrientes para as plantas, e ainda altere positivamente as propriedades físicas e químicas do solo. (BRASIL, 2013).

## 2 | ROCHAS

A NBR 6502/1995 define “rocha” como um material sólido constituído por um ou mais minerais, podendo ser de um mineral ou vários, que apresentam determinadas características mecânicas e físicas comuns para cada tipo, sendo classificadas quanto a sua origem. Elas podem ser ígneas, quando se originam da solidificação do magma; metamórficas, quando são originadas da transformação sofrida por rochas preexistentes, originando novos minerais e texturas, sob a ação de processos endógenos e; sedimentares, quando são formadas pela cimentação de detritos de outras rochas, precipitação química ou atividade bioquímica ou orgânica. (BRASIL, 1995).

A NBR 6502/1995 denomina a rocha ígnea como aquela originária do resfriamento do magma e as classifica de acordo com a profundidade em que foram formadas, e de acordo com esta profundidade, as rochas ígneas apresentam texturas diferentes e características. Essa textura corresponde ao tamanho e arranjo dos minerais da rocha formada. As plutônicas são aquelas em que o magma se resfriou a grandes profundidades e sua textura varia de grossa a média. Exemplos de rochas plutônicas são o gabro e o sienito. Há também as ígneas extrusivas ou vulcânicas, que são formadas quando há extravasamento do magma na superfície. Exemplos delas são o basalto e o tufo. Tem-se ainda as hipoabissais, rochas magmáticas formadas em profundidade média entre as plutônicas e vulcânicas. Nessa classificação tem-se o diabásio, por exemplo (BRASIL, 1995).

## 3 | AGRICULTURA

De acordo com o contexto histórico, segundo Da Conceição e Da Conceição (2014), a evolução da agricultura brasileira aconteceu no período de 1960 até 1980. O crescimento se deu principalmente pela modernização do setor agrícola. Investimentos no crédito rural, por exemplo, foi imprescindível para que isso acontecesse, visto que tal atitude visou a aquisição de máquinas modernas e a substituição de parte das importações. Instituições

de ensino, de pesquisa e de extensão rural foram criadas nas instâncias federal e estadual. Exemplo disso é a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), criada em 1973 e que até hoje muito contribui para que o setor agrícola cresça no país.

A agricultura no Brasil era altamente regulada. A abertura comercial do começo dos anos 1990 e a diminuição dos controles sobre a produção e a exportação de produtos agrícolas foram cruciais para a revolução no agronegócio (VIEIRA FILHO; FISHLOW, 2017).

No período de 1988 a 2010 ocorreu aumento significativo no consumo de fertilizantes no Brasil. Comparando-se os dados de 1988 a 2010, verifica-se que a evolução do consumo total de fertilizantes foi de 151% enquanto que o aumento no consumo dos nutrientes na agricultura aumentou 172% no mesmo período (CUNHA; CASARIN; PROCHNOW, 2011).

A dinâmica de nutrientes nas plantas varia em função da espécie, idade, condições edafoclimáticas e práticas de manejo adotadas (MARQUES et al., 2018). As plantas retiram do solo os nutrientes necessários para seu desenvolvimento. São os macro e micronutrientes. De acordo com CHAVES (2010), as plantas são seres vivos e por isso necessitam de alguns elementos químicos para viver, merecendo destaque o nitrogênio, o fósforo e o potássio, pois são essenciais para a manutenção de suas vidas. Elementos como cálcio e magnésio também são necessários em grande quantidade. Estes elementos que as plantas precisam em maior quantidade, são denominados como macronutrientes. Já os elementos como o zinco, ferro, manganês, boro, molibdênio e cloro são necessários em menores quantidades, portanto são chamados de micronutrientes. Vale destacar que o cálcio, o magnésio e o enxofre também atuam como agentes corretivos de solo.

Além dos citados anteriormente, outros micronutrientes que podem ser considerados são: B, Cu, Fe, Mn, Co, Ni, Se, e Si – embora necessários para o desenvolvimento das plantas, precisam estar disponíveis, mas não necessitam de teores muito elevados, pois a absorção de quantidades relativamente pequenas (miligramas a microgramas) já é suficiente para o desempenho de atividades metabólicas específicas das plantas. A presença dos micronutrientes nos remineralizadores de solos é desejável, mas não obrigatória, pela atual legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (IN 05/2016; Brasil, (2016).

## 4 | FERTILIZANTES

No Brasil, a fiscalização, comercialização e inspeção de fertilizantes é regida pela Lei nº 12.890 de 2013. De acordo com a referida lei, fertilizante é um material orgânico ou mineral capaz de fornecer nutrientes vegetais. E todos aqueles que produzem e/ou comercializam o produto devem ter registro no MAPA (BRASIL, 2013).

Segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2018), a exportação de fertilizantes e formulações NPK em 2015 eram da ordem de 526.173 toneladas, em 2016, 549.444 toneladas, e em 2017, 331.629, apresentando uma queda no último ano. No

mesmo período, o Brasil importou fertilizantes intermediários em quantidade bem superior. No ano de 2015 foram 21.087.299 de toneladas, em 2016, 24.481.089 toneladas e em 2017, 26.305.488 toneladas. Sendo possível observar a quantidade crescente de fertilizante importado. E se for comparar a quantidade trazida de outros países com a quantidade que mandamos para o mercado externo, nota-se a grande diferença nas quantidades. Visto tudo isso, é possível ver que o Brasil é muito dependente da importação, gasta muito com a compra de fertilizantes e produz uma quantidade muito menor, se comparada a quantidade que importa.

## 5 I FONTES ALTERNATIVAS – ROCHAGEM

Theodoro et al. (2012), afirmam que a alternativa da rochagem abre as portas para a prática da agricultura sustentável, pois substitui o uso dos fertilizantes industrializados. Além do alto custo, os fertilizantes ainda causam problemas ambientais, como a eutrofização das águas e o acúmulo de componentes nitrosos na atmosfera. Os autores resumem a técnica como “a tecnologia, que prevê a adição de rochas moídas, que contenham uma ampla variedade de agrominerais, para melhorar os índices de fertilidade dos solos.” A tecnologia é uma boa alternativa para livrar-se da dependência total dos fertilizantes. Porém, há um impasse no uso do pó de rocha, os nutrientes são liberados de forma mais lenta, através do intemperismo.

Grecco et al. (2016) informam que o baixo custo de beneficiamento e a demanda por fontes alternativas de fertilizantes favorecem a prática do uso de rochas moídas aplicadas ao solo. Porém os estudos são ainda limitados, pois não há muitas pesquisas na área e não dá de saber ao certo o tempo de liberação dos nutrientes, visto que cada rocha reage de um modo quanto ao intemperismo, influenciando assim a liberação dos nutrientes.

Segundo Pillon (2016), o Brasil é sustentado pela agricultura. “Em 2015, segundo dados do IBGE, enquanto o agro experimentou 1,8% de crescimento, todos os demais segmentos encolheram”. O país gasta muito com a importação de fertilizantes, logo a busca por fontes alternativas se torna ainda mais importante, pois possibilitaria a redução de tantos gastos com a importação.

Dos Santos et al. (2016) realizaram satisfatória pesquisa sobre a aplicação de pó de rocha juntamente com húmus para a nutrição de milho. Uma das vantagens vistas pelos pesquisadores é o efeito cumulativo dos remineralizadores no solo, pois estes não são lixiviados, visto que a liberação dos nutrientes é mais demorada se comparando a velocidade de liberação dos fertilizantes químicos. Mas apesar de ser uma vantagem, é também uma desvantagem, pois torna o processo mais demorado e exigindo maior quantidade de material sobreposto no solo. No estudo realizado, o pó do sienito foi utilizado como agente remineralizador e as substâncias húmicas do próprio solo, denominadas como “bioestimulantes de crescimento vegetal”. O sienito apresentou teor de  $K_2O$  superior

a 10%, sendo então considerada uma rocha ultrapotássica. O uso associado provocou maior absorção de nutrientes pelas plantas, maior exsudação de ácidos orgânicos e o tratamento com ácido húmico fez com que os teores de  $K^+$  fossem maiores.

Os solos brasileiros são pobres e dependem muito do uso de fertilizantes químicos, o que causa certa dependência e muitos gastos. Surge então a busca por fontes alternativas e a prática da rochagem se apresenta como um caminho. Inclusive, mais um exemplo é o uso da biotita xisto, quando foi verificado o seu uso para a disponibilização de potássio para o solo. O experimento foi realizado na Embrapa Cerrados (Platina - DF) durante um período de sete meses, aplicado sobre um latossolo vermelho amarelo argiloso. O pó de rocha foi aplicado nas dosagens equivalentes a 0, 50, 100, 150, e 300 mg/Kg de Potássio. O experimento corrigiu a acidez do solo, e buscou elevar a saturação por bases (V%) a 60%. Foi realizada incubação com o solo e ao final do estudo verificou-se ganhos com o uso do pó de biotita xisto quando comparado com os tratamentos que omitiram o uso de potássio, calagem e micronutrientes, sendo então possível afirmar que há possibilidade do uso da rochagem na agricultura, ressaltando que deve ser um método complementar, ou seja, seu uso não permite que a aplicação substitua o uso dos fertilizantes. (HURTADO, 2012)

Há algumas pesquisas relacionadas à rochagem, apesar de a técnica ainda não ser muito utilizada na prática da agricultura. Batista et al. (2016), estudaram sobre a utilização de pó de rochas silicáticas, o basalto, que é uma rocha vulcânica básica. Para o estudo, utilizou-se latossolo vermelho amarelo e a cultura de soja seguida de sorgo, na região do sudoeste goiano. O pó de rocha basáltica foi aplicado ao solo em quantidade aleatória, utilizando amostras com e sem a adição de calcário. Nas amostras com a presença de calcário, houve diferença com aumento nos teores de potássio, comparando com as amostragens sem calcário. Além disso, os valores de pH também se mostraram superiores. Já a correção do pH do solo se mostrou inferior quando comparadas com experimentos sem o adicional de calcário. Com isso, foi possível concluir que o uso do pó de basalto se mostra como alternativa ao uso de fertilizantes químicos e ratificou os melhores resultados em relação a neutralização da acidez do solo.

## 6 | REMINERALIZADOR

A Lei nº 12.890 de 2013 alterou alguns termos da Lei nº 6.894 de 1980, incluindo os remineralizadores como categoria de insumo agrícola. Então, conforme a Lei nº 12.980:

remineralizador, o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo. (BRASIL, 2013)

Neste sentido, tendo em vista o que estabelece a alteração de alguns termos da Lei nº 6.894, pela Lei nº 12.890, fica evidente que a normatização a respeito dos remineralizadores permanecem o mesmo em ambas as leis, sendo que a rocha utilizada como remineralizador deve possuir minerais ricos em nutrientes necessários para melhorar as propriedades do solo. E a rocha deve sofrer apenas redução no tamanho de suas partículas sem alterar suas propriedades.

A Instrução Normativa nº 5 do MAPA (2017), define garantias mínimas que os remineralizadores devem apresentar. Por exemplo, o teor de óxido de potássio ( $K_2O$ ), deve ser igual ou superior a 1%; soma de bases ( $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$ ), deve ser igual ou superior a 9% (nove por cento) em peso/peso. Há também restrições: se o teor de  $SiO_2$  livre for maior que 25%, a produção, importação e comercialização no país ficam proibidas. O percentual de  $SiO_2$  não pode ser biodisponibilizado em um número superior a 25%. Outra limitação imposta pela norma é relacionada a quantidade de elementos potencialmente tóxicos. Os limites estão indicados na Tabela 1.

Elemento	Quantidade admitida (ppm)
Arsênio (As)	15
Cádmio (Cd)	10
Mercúrio (Hg)	0,1
Chumbo (Pb)	200

Tabela 1: Limites para os elementos potencialmente tóxicos.

Fonte: MAPA, IN nº 5

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil e a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, têm participação significativa nos estudos sobre remineralizadores de solo. A primeira estuda sobre o potencial das rochas como fonte de nutrientes, enquanto a segunda, sobre os solos, plantas e nutrientes. A CPRM foca nos estudos sobre rochagem, visando, principalmente os descartes das rochas utilizadas na mineração, visando reduzir a quantidade de rejeitos, danos ambientais e abrir portas para investimentos em novos produtos. Exemplos das pesquisas realizadas pelo Serviço Geológico do Brasil foram os estudos do Complexo Vulcânico Apoteri, Roraima, com as rochas alcalinas de Campos Novos e o gabro de Avanavero, entre outras rochas. Destacaram-se as rochas basálticas com grande potencial de disponibilização de Ca e Mg e soma de bases adequada. A região de Roraima, apesar de apresentar grande potencial para remineralização de solos, exhibe certa restrição, pois grande parte do território consiste em áreas indígenas. (BERGMANN, 2016)

A rochagem se constitui em uma técnica denominada de remineralização do solo, que consiste na aplicação de rochas moídas ao solo, especificamente as de origem silicáticas multinutrientes (PEROZINI et al., 2019). Diversos estudos demonstraram resultados positivos do uso de pó de rocha como remineralizadores de solo, onde uma única aplicação pode ser eficaz por até quatro ou cinco anos (MACHADO et al., 2016);

A nutrição adequada para a planta via adubação tem efeito inegável, assim, estudos sobre as influências do uso de pó de rochas na agricultura, possuem grande importância para a ampliação do uso de subprodutos da indústria de mineração (ALOVISI et al., 2020). Segundo Beneduzzi (2011), o pó de rocha é diferente dos adubos químicos por não ser facilmente solubilizado o que pode dificultar a ação da lixiviação. Os nutrientes são liberados vagarosamente na solução do solo após algum tempo de aplicação. Considera-se que a técnica de rochagem é uma alternativa viável para o agronegócio, pois reduz custos e diminui a dependência brasileira de fontes externas de fertilizantes. Outras vantagens do uso de pó de rochas como fertilizante dos solos, são a ampla distribuição de rochas vulcânicas na crosta terrestre (GILL, 2010), podendo ser utilizado como minerado (*in natura*) e não necessitando de processamento químico (SILVA et al., 2013).

## 7 | ROCHAS SILICÁTICAS E SEU EMPREGO NA ROCHAGEM

A forma de fertilização mais usual na agricultura moderna é por meio de fontes industrializadas de nutrientes que são basicamente fertilizantes solúveis como o NPK (mistura de diferentes concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio), além de outros micronutrientes específicos para cada tipo de solo e cultura. Esta adubação tem como principal vantagem a rápida disponibilização de nutrientes para as plantas e possibilitou a produção agrícola em solos tropicais profundos e muito pobres em nutrientes, especialmente a partir da década de 1970 (TOSCANI; CAMPOS, 2017).

Desta maneira, outras técnicas de adubação devem ser testadas e utilizadas. A técnica da rochagem é baseada na utilização de rochas e ou minerais como fornecedores dos nutrientes necessários para as plantas (LEONARDOS et al., 1976). Para esse tipo de fertilização é essencial combinar a mineralogia e geoquímica da rocha selecionada com as exigências do solo e das plantas (SOUZA, 2014).

Segundo pesquisas, o pó de basalto possui ampla faixa de composição mineralógica e ampla distribuição geograficamente, sendo o mais promissor para a agricultura. Silveira (2016) reforça essa afirmação quando enfatiza ainda que as rochas silicáticas envolvem rochas de composição mineralógica complexa, conseqüentemente, existe maior probabilidade de disponibilizar uma grande variedade de nutrientes uma vez que podem destacar os basaltos.

Melo et al. (2012) afirmam que doses de basalto atuam na neutralização da acidez potencial bem como aumenta teores de Zn, Fe e Cu com o tempo de incubação,

sendo o aumento relativamente baixo de Ca e Mg. Barak et al. (1983) utilizaram pós de basalto e tufos para aumentar a quantidade de ferro disponível. Importantes inferências estão relacionadas com a rápida disponibilização do ferro nas bordas dos minerais para as plantas, entretanto devido à oxidação e ou interação com carbonatos, a efetividade é diminuída, sendo necessária aplicação de maiores proporções do material.

Da Silva et al. (2017), destacam que a associação dos pós de rocha com materiais orgânicos que favoreçam a atividade biológica, pode influenciar no processo de alteração dos minerais, contudo é pouco o conhecimento da influência dos materiais sobre a dissolução das rochas moídas com o pó de rocha de basalto.

O uso de pó de rocha basalto puro ou associado, apresenta ação equivalente no desenvolvimento das plantas, no entanto ainda são poucos os estudos sobre o uso de pó de rocha basalto na agricultura, utilizado na forma pura e/ou associado com fontes orgânicas de nutrientes, assim há uma necessidade de ampliação das pesquisas nesta temática (WRITZL et al., 2019).

As pesquisas apontam resultados positivos para o uso de pó de rocha como remineralizadores de solo, tanto que há no mercado produtos registrados pelo MAPA, ou seja, produtos que atendam às exigências da IN nº 5 e são comercializados. Desses produtos, um dos mais conhecidos no mercado, utiliza pó de basalto.

## 8 | CONCLUSÃO

A literatura indica que apesar da lenta liberação de nutrientes, os remineralizadores de solo de mostram rentáveis, tanto por apresentarem baixo custo de produção, visto que a técnica de rochagem consistem em moer as rochas, pulverizando-as, como por cederem quantidades significativas de nutrientes para o solo e não sofrerem lixiviação como os fertilizantes químicos sofrem.

Outro ponto a se destacar quanto ao uso de pó de rocha é o fato de ser um material totalmente natural, um material que não agride o meio ambiente.

Os remineralizadores se mostram também como uma solução para a destinação dos finos produzidos por britadeiras que utilizam como matéria prima rochas da família gabro-basalto. O processo de produção de brita gera grande quantidade de pó. Estes finos nem sempre são utilizados e ou descartados de forma ambientalmente adequada, gerando um problema de acumulação. Então com a opção de utilizar o pó de rocha como fonte alternativa de nutrientes para os solos, tem-se nisso uma forma de resolver um importante passivo ambiental existente nas pedreiras. Amparado pelas pesquisas, é possível identificar a importância das rochas silicáticas nesse novo cenário da agricultura.

## REFERÊNCIAS

ALOVISI, A. A.; LUZ, R. A.; ALOVISI, A. M. T.; TOKURA, L. K.; GOMES, C. F.; CASSOL, C. J. **Silicatagem no solo e na produtividade da cultura do milho**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 9, n. 0, p. 933–950, 29 maio 2020.

ANDA – Associação Nacional para a Difusão de Adubos. **Estatística Indicadores**. Disponível em: <<http://anda.org.br/estatisticas/>>. Acessado em 23 de outubro de 2018.

BARAK P.; CHEN Y.; SINGER A. **Ground basalt and tuff as iron fertilizer for calcareous soils**. Plant Soil, 1983. 73:155-158.

BATISTA, Nayra Thais Ferreira; et al. **Atributos químicos de um latossolo vermelho amarelo sob cultivo de soja e sorgo submetido ao uso de basalto moído**. In: III Congresso Brasileiro De Rochagem, 2016, Pelotas. Anais p 240-247. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. 455 p.: il.

BERGMANN, Magda; **Remineralizadores No Brasil: O Trabalho Da CPRM – Serviço Geológico Do Brasil**. In: III Congresso Brasileiro De Rochagem, 2016, Pelotas. Anais p 71-89. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. 455 p.: il.

BENEDUZZI, E. B. Rochagem: **Agregação das rochas como alternativa sustentável para a fertilização e adubação de solos**. Trabalho de conclusão de curso de Geologia. Instituto de Geociencias. Porto Alegre, RS, 2011. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/55696/000858721.pdf>> Acessado em: 25 de setembro de 2020.

BRASIL. **Sumário Mineral - Departamento Nacional de Produção Mineral/Coordenadores Thiers Muniz Lima, Carlos Augusto Ramos Neves** Brasília: DNPM, 2018. 131 p.: il.; 29 cm. 2018.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502. **Rochas e Solos**. Rio de Janeiro. 1995.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: **Solo - Sondagens de simples reconhecimentos com SPT - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

BRASIL. **Lei nº 12.890**, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Brasília, 10 de dezembro de 2013.

BRASIL. **Lei nº 6894**, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências. Brasília, em 16 de dezembro de 1980.

BRASIL. **Lei nº 12.890**, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Brasília, 10 de dezembro de 2013.

Brasil. MAPA IN 06/2016. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA N.º 06 de 10 de março de 2016**. Altera a instrução normativa 53/2013. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 de março de 2016. Seção 1, p.11-13.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB-AGRO/CEPEA: **PIB do agronegócio encerra 2019 com alta de 3,81%**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-do-agronegocio-encerra-2019-com-alta-de381.aspx#:~:text=Cepea%2C%209%2F03%2F2020,4%25%20do%20PIB%20brasileiro%20total>>.

CHAVES, Arthur Pinto. **Rotas tecnológicas convencionais e alternativas para a obtenção de fertilizantes**. In: CASTILHOS, Z.C.; LUZ, A. B.; FERNANDES, F.R.C.(Orgs.). Agrominerais para o Brasil. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Cap. 3, p. 45-60.

CUNHA, J. F; CASARIN, V; PROCHNOW, L. I. **Balço de nutrientes na agricultura brasileira no período de 1988 a 2020**. International Plant Nutrition Institute-IPNI. 2011. P. 28.

DA CONCEIÇÃO, Cristina Peres R.; DA CONCEIÇÃO, Pedro Henrique Zuchi. **Agricultura: evolução e importância para a balança comercial brasileira**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2014.

DA SILVA, V.A; DA SILVA, L.E.S.F.; DA SILVA, A.J.N. et al. Solubility curve of rock powder inoculated with microorganisms in the production of biofertilizers. **Agriculture and Natural Resources**, v.51, p.142-147, 2017.

DOS SANTOS, Luiz Fernando; et al. **Nutrição de milho após adição de sieno e substâncias húmicas**. In: III Congresso Brasileiro De Rochagem, 2016, Pelotas. Anais p 427-434. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. 455 p.: il.

GRECCO, Matheus Farias; et al. **Dinâmica de liberação de nutrientes em colunas de lixiviação a partir de rocha vulcânica hidrotermalizada, rincão dos francos, Bagé/RS**. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2016, Pelotas. Anais p 173-178. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. 455 p.: il.

GILL, R. **Igneous Rocks and Processes: A Practical Guide**, 1 ed., 2010.

HURTADO, Sandro Manuel Carmelino et al. **Avaliação de uma Rocha Silicática como Fonte de Potássio**. In: FERTBIO, 9., 2012, Maceió. Anais do FERTBIO. Maceió: SBCS, 2012.

LEONARDOS, O.H.; FYFE, W.S.; KRONBERG, B.I. **Rochagem: O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976. Belo Horizonte. 1976, p. 137-145.

MACHADO, R. V.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R.; RIBEIRO, R. C. D. C.; MENDONÇA, E. S.; MESQUITA, L. F. **Characterization of ornamental rock residue and potassium liberation via organic acid application**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 40. 1-13, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbcS20150153>.

MARQUES, L. F; SOUTO, J. S; CAVALCANTE, L. F; MESQUITA, E. F; NASCIMENTO, J. A. M. **Composição mineral e redistribuição de nutrientes em plantas de gravioleira**. Pesquisa Agropecuária Pernambucana, v. 23, n. 1, p. 5, 7 dez. 2018.

MELO V.F.; UCHÔA S.C.P.; DIAS F.O.; BARBOSA G.F. **Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima**, 2012. Acta Amazônica. vol. 42. p. 471 – 476. 2012.

PEROZINI, A. C.; ALMEIDA JUNIOR, J. J.; SMILJANIC, K. B. A.; MATOS, F. S. A.; OLIVEIRA, S. M. A.; CAMARGO, H. A. **Avaliação das características agronômicas da cana-de-açúcar tratada com doses crescentes do condicionador pó de rocha de origem “Basalto Gabro.** II Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar, IV Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. p. 6, 2019.

PILLON, Clenio Naitto. **Dos pós de rocha aos remineralizadores: passado, presente e desafios.** In: III Congresso Brasileiro De Rochagem, 2016, Pelotas. Anais p 15-22. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. 455 p.: il.

SILVA, A. D. A.; SAMPAIO, J. A.; LUZ, A. B. D.; FRANÇA, S. C.; RONCONI, C. M. **Modeling controlled potassium release from phlogopite in solution: exploring the viability of 112 using crushed phlogopite rock as an alternative potassium source in Brazilian soil.** J. Braz. Chem Soc. 24, 1366-1372, 2013. <http://dx.doi.org/10.5935/0103-5053.20130173>.

SILVEIRA, R. T. G. DA. **Uso de rochagem pela mistura de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural de solos tropicais lixiviados.** Brasília, 2016. p. 16. 1 abr. 2016. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.

SOUZA, F.N.S. **O potencial de agrominerais silicáticas como fonte de nutrientes na agricultura tropical.** Brasília, 2014. 144 p. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.

TEIXEIRA, A.M.S. et al. **Avaliação da rocha Fonolito como fertilizante alternativo de potássio.** Holos, Rio Grande do Norte, v.5, n.28, p. 21-33, 2012.

THEODORO, S. C. H.; TCHOUANKOUE, J. P.; GONCALVES, A. O.; LEONARDOS, O. H.; HARPER, J. **A Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, p. 1390-1407, 2012.

TOSCANI, R. G. DA S.; CAMPOS, J. E. G. **Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados.**, São Paulo, UNESP, Geociências, v. 36, n. 2, p. 259 – 274, 2017

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil\_inovação e competitividade.** – Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea 2017. 305 p. Ipea, 2017.

WRITZL, T. C.; CANEPELLE, E.; STEIN, J. E. S.; KERKHOFF, J. T.; STEFFLER, A. D.; SILVA, D. W.; REDI, M. Produção de milho pipoca com uso do pó de rocha de basalto associado à cama de frango em latossolo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 2, 30 jun. 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço carbono 1, 2, 3, 5, 6  
Aluminatos 82, 84, 90, 91, 92, 93, 94, 95  
Ângulo de contato 27, 28, 32, 33  
Ângulo de deslizamento 27, 28, 33  
Autolimpeza 27, 28, 29, 33, 34

### B

Biocerâmicas 71, 74  
Biomateriais 71, 72, 73, 122, 125, 130, 131

### C

Carbono poroso 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129  
Cobre 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 119, 121, 125  
Compósitos poliméricos 37, 38, 39, 40, 44, 47  
Corrosão 1, 2, 6, 7, 9, 11, 20, 21, 22, 26, 28, 125, 138, 148  
Cultivo 116

### D

Descorantes 104  
Dureza 10, 11, 13, 15, 16, 17, 26, 66

### E

Eletrodo 122, 123, 124, 127, 137  
Eletrofiação 49  
Estrôncio 82, 83, 84, 85, 87, 89, 90, 91, 94, 95

### F

Fertilizantes 107, 108, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117  
Fibras de timbó-açu 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

### I

Intensificação de processos 49

### L

Latão 10, 11, 12, 13, 18  
Liga de alumínio 27, 28, 29, 31, 32, 34

Luminescência 82, 83, 95

## **M**

Microestrutura 10, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 24, 25, 26, 67, 68

Morfologia 28, 29, 30, 31, 32, 34, 47, 74, 92, 98, 136

## **N**

Nióbio 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26

## **O**

OTFT 136, 137, 138

## **P**

Paligorskita 97, 98, 101, 102, 103

PBTTT-C14 136, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

PCI 49

Pechini 71, 72, 74, 79, 80, 84

Pó de despoejamento 62, 63, 64, 69, 70

Porosidade 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 100, 123

Processo de fabricação 3, 19

Propriedades 11, 13, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 28, 29, 37, 38, 39, 43, 62, 63, 64, 66, 68, 69, 71, 73, 79, 84, 89, 95, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 107, 109, 112, 113, 117, 124, 130, 146

## **R**

Remineralizantes 107

Roadmap 49, 51, 52, 53, 54, 59, 60, 61

Rochas 73, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116

## **S**

Sensores 135, 136, 137, 139, 140, 145

Silicatos 96, 98

Síntese 25, 71, 74, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 87, 89, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 105, 122, 125, 126, 127, 128, 129, 131

Solidificação 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 109

Sorção 97, 98

Supercapacitores 122, 123, 124, 131

Super-hidrofobicidade 27, 28, 29, 32, 33, 34

## **T**

Terraços 136, 140, 141, 145

Terras-raras 82, 83

# Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica 2

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 