

# CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

## A Nova Produção do Conhecimento



Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

**A Nova Produção do Conhecimento**



Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**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 Cremo

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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
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> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional 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. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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



## Ciência, tecnologia e inovação: a nova produção do conhecimento

**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:** Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

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

C569 Ciência, tecnologia e inovação: a nova produção do conhecimento / Organizador Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-849-6

DOI 10.22533/at.ed.496210903

1. Conhecimento. I. Almeida Junior, Edson Ribeiro de Britto de (Organizador). II. Título.

CDD 001

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

## 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

A coleção “Ciência, Tecnologia e Inovação: A Nova Produção do Conhecimento” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio dos trabalhos que compõem seus capítulos. O volume abordará, de forma categorizada e interdisciplinar, resultados de pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam no pluralismo conceitual e epistemológico da Ciência, da Tecnologia e da Inovação.

O objetivo central do livro é apresentar, de forma categorizada e clara, estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do Brasil e de outros países sul-americanos. Partindo do pressuposto que a Tecnologia não se limita ao uso de equipamentos digais, todos os trabalhos manifestam a Tecnologia como uma forma de conhecimento que emerge da atividade humana em busca do desenvolvimento e da melhoria de sua qualidade de vida. Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres, doutores e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela inovação do conhecimento por meio do conhecimento científico e tecnológico.

Na obra, contamos com trabalhos que discutem desde a trajetória da linguagem fundamentada pela filosofia contemporânea até o conceito de Inteligência Artificial. A importância da inovação também é ressaltada por meio de trabalhos que discutem os impactos da tecnologia na segurança pública, na contabilidade ambiental, na caracterização de mercados e até mesmo em empresas construtoras. Há trabalhos que apresentam os benefícios emergentes do aprimoramento de novas técnicas para o desenvolvimento de pasta geopolimérica e para o reaproveitamento de Rejeito e Estéril. Outros capítulos discutem os benefícios provenientes das inovações, como a conservação de recursos hídricos e outras conscientizações ambientais. Em relação à conceitos vinculados à Ciência e Tecnologia de Alimentos, há capítulos que discutem a imobilização de lipases, que são enzimas que catalisam a quebra de gorduras, e o estudo da utilização de Plantas Alimentícias Não Convencionais. Os demais capítulos debatem a respeito das potencialidades, das tecnologias computacionais, para o desenvolvimento de novos exames médicos, de novos combustíveis para aviação e também para o georrefenciamento de doenças em épocas pandêmicas.

Deste modo, essa leitura proporcionará um repertório de trabalhos bem fundamentados e com resultados práticos, obtidos por diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1 .....1**

INTELIGÊNCIA DIGITAL: ESTRUTURAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NAS EMPRESAS, LITERACIA EM TECNOLOGIAS E ADAPTAÇÃO INDIVIDUAL DO SER HUMANO

Vitor Lellis Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.4962109031**

### **CAPÍTULO 2 ..... 7**

A TRAJETÓRIA DO SER E DA LINGUAGEM EM *TERRA SONÂMBULA* DE MIA COUTO COM BASE EM MARTIN HEIDEGGER

Angélica Maria Alves Vasconcelos

**DOI 10.22533/at.ed.4962109032**

### **CAPÍTULO 3 ..... 21**

SEGURANÇA PÚBLICA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: UMA ANÁLISE DOS GASTOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Francisco Teixeira Pereira

Isabel Cristina dos Santos

Cristiane Santana Teles Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.4962109033**

### **CAPÍTULO 4 ..... 37**

A CONTABILIDADE AMBIENTAL COMO FATOR DE PROTEÇÃO AO ECOSISTEMA E GERAÇÃO DE VALOR AGREGADO

Mayrla Cristhina Freire Moraes

Wilson Maciel Corrêa Filho

Iara Sônia Marchioretto

**DOI 10.22533/at.ed.4962109034**

### **CAPÍTULO 5 ..... 57**

CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DO AEROPORTO MÁRIO DE ALMEIDA FRANCO - UBERABA, MINAS GERAIS

Caroline Gobbo Almeida

Ailton Cícero dos Santos Junior

Viviane Adriano Falcão

**DOI 10.22533/at.ed.4962109035**

### **CAPÍTULO 6 ..... 69**

INCIDENCIA DE LA INNOVACIÓN Y LA GESTIÓN TECNOLÓGICA EN LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS

Giordano Rendina

**DOI 10.22533/at.ed.4962109036**

### **CAPÍTULO 7 ..... 95**

AVALIAÇÃO DA INSERÇÃO DE FIBRAS DE SISAL CURTAS NA OTIMIZAÇÃO DA

## PRODUÇÃO DE PASTA GEOPOLIMÉRICA

Lorayne Cristina da Silva Alves  
Rondinele Alberto dos Reis Ferreira  
Leila Aparecida de Castro Motta

**DOI 10.22533/at.ed.4962109037**

## **CAPÍTULO 8 .....107**

### **SOBRE A TEMÁTICA DO REAPROVEITAMENTO DE REJEITOS E ESTÉRIL**

Rafaela Baldi Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.4962109038**

## **CAPÍTULO 9 .....112**

### **ADEQUABILIDADE DAS TERRAS DO RIBEIRÃO DAS AGULHAS – BOTUCATU (SP), VISANDO A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Ana Paola Salas Gomes Duarte Di Toro

Sérgio Campos

Marcelo Campos

Thyellenn Lopes de Souza

Edéria Pereira Gomes Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.4962109039**

## **CAPÍTULO 10 .....120**

### **BREVES CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE BIOPROSPECÇÃO NA AMAZONIA LEGAL**

Leonardo Marcelo dos Reis Braule Pinto

Michele Lins Aracaty e Silva

Therezinha de Jesus Pinto Fraxe

**DOI 10.22533/at.ed.49621090310**

## **CAPÍTULO 11 .....130**

### **AGENDA AMBIENTAL DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (A3P): CAPACITAÇÃO E GERENCIAMENTO PARA AÇÕES RESPONSIVAS NA REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO DO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Sílvia Cristina de Souza Trajano

**DOI 10.22533/at.ed.49621090311**

## **CAPÍTULO 12 .....138**

### **IMOBILIZAÇÃO DE LIPASES: UMA VISÃO GERAL DOS MÉTODOS DE IMOBILIZAÇÃO E APLICAÇÕES**

Marta Maria Oliveira dos Santos Gomes

Márcia Soares Gonçalves

Marise Silva de Carvalho

Polyany Cabral Oliveira

Luiz Henrique Sales de Menezes

Adriana Bispo Pimentel

Ozana Almeida Lessa

Iasnaia Maria de Carvalho Tavares

Julietta Rangel de Oliveira

Adriano Aguiar Mendes

Marcelo Franco

**DOI 10.22533/at.ed.49621090312**

**CAPÍTULO 13 .....149**

**PANC COM POTENCIAL GASTRONÔMICO: EXPERIÊNCIA DO CENTRO DE REFERÊNCIA EM AGROECOLOGIA DO IFAM-CMZL**

Andrea Paula Menezes de Almeida

Ana de Souza Lima

Marluce Silva dos Santos

Nailson Celso da Silva Nina

Rosana Antunes Palheta

**DOI 10.22533/at.ed.49621090313**

**CAPÍTULO 14 .....170**

**PARALELIZAÇÃO DO PROBLEMA DE ORDENAÇÃO COM O USO DE OPENCL**

Heleno Pontes Bezerra Neto

**DOI 10.22533/at.ed.49621090314**

**CAPÍTULO 15 .....183**

**GERAÇÃO DE DOMÍNIO E MALHA PARA O ESTUDO FLUIDODINÂMICO COMPUTACIONAL DE VASOS SEPARADORES HORIZONTAIS TRIFÁSICOS**

Vittor Jorge Santos Marcelo

Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.49621090315**

**CAPÍTULO 16 .....199**

**SELEÇÃO DE *SOFTWARES* PARA O ENSINO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**

Marcelo Salvador Celestino

Vânia Cristina Pires Nogueira Valente

**DOI 10.22533/at.ed.49621090316**

**CAPÍTULO 17 .....218**

**EQUIPAMENTO DE FOTOBIMODULAÇÃO PARA APLICABILIDADE EM ODONTOLOGIA COM PARÂMETROS ASSOCIADOS: PATENTE**

Luis Gustavo Franco Lessa

Hideo Suzuki

Aguinaldo Silva Garcez Segundo

**DOI 10.22533/at.ed.49621090317**

**CAPÍTULO 18 .....238**

**ESTUDO COMPARATIVO DE DIFERENTES BIOMASSAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE BIOQUEROSENE DE AVIAÇÃO**

Carolina Silva e Silva

Caroline de Souza Costa

Natasha Gouveia de Moraes

Luciene Santos de Carvalho

Leila Maria Aguilera Campos

**DOI 10.22533/at.ed.49621090318**

<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>256</b>
<b>PREJUÍZO NAS FUNÇÕES EXECUTIVAS RELACIONADAS AO USO ABUSIVO DE</b>	
<b>ÁLCOOL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA</b>	
João Paulo Moreira Di Vellasco	
Rejane Soares Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.49621090319</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>277</b>
<b>MANUSEIO DE FERRAMENTA <i>ONLINE</i> PARA PROCESSO DE GEORREFENCIAMENTO</b>	
<b>DOS CASOS DE DENGUE EM MEIO A PANDEMIA DA COVID-19</b>	
Vitória Alves de Moura	
Antonia Elizangela Alves Moreira	
Maurício Lima da Silva	
Helvis Eduardo Oliveira da Silva	
Fernanda Guedzya Correia Saturnino	
Renata Torres Pessoa	
Pedro Carlos Silva de Aquino	
Sandra Nyedja de Lacerda Matos	
Hudday Mendes da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.49621090320</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>285</b>
<b>AS TECNOLOGIAS <i>mHEALTH</i> COMO ESTRATÉGIA DE COMUNICAÇÃO ENTRE</b>	
<b>ENFERMEIROS E LACTANTES</b>	
Claudia Cristina Dias Granito Marques	
Alice Damasceno Abreu	
Laion Luiz Fachini Manfroi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.49621090321</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>325</b>
<b>AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL E FATORES RELACIONADOS EM</b>	
<b>CRIANÇAS COM ALERGIA À PROTEÍNA DO LEITE DE VACA (APLv) NO MUNICÍPIO</b>	
<b>DE IGUATU - CE</b>	
Nielly Coelho Alexandre	
Cicero Jordan Rodrigues Sobreira da Silva	
Yasmim Mota de Moraes Pontes	
Luana Bezerra Mangueira	
Francisco Wellington de Sousa Junior	
Camila Venancia Guerra Andrade	
Thayná Bezerra de Luna	
Maria Iris Lara Saraiva de Figueirêdo	
Roberta Larissa Rolim Fidelis	
Antônia Jaíne Gomes Barboza	
Juliana Alves de Moraes	
Cicero Jonas Rodrigues Benjamim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.49621090322</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>335</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>336</b>

## AVALIAÇÃO DA INSERÇÃO DE FIBRAS DE SISAL CURTAS NA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE PASTA GEOPOLIMÉRICA

Data de aceite: 26/02/2021

Data de submissão: 04/02/2021

### Lorayne Cristina da Silva Alves

Universidade Federal de Uberlândia  
Faculdade de Engenharia Civil  
Uberlândia – MG  
<http://lattes.cnpq.br/2685736187149216>

### Rondinele Alberto dos Reis Ferreira

Universidade Federal de Uberlândia  
Faculdade de Engenharia Química  
Uberlândia – MG  
<http://lattes.cnpq.br/3621010663786980>  
ORCID: 0000-0002-5492-5557

### Leila Aparecida de Castro Motta

Universidade Federal de Uberlândia  
Faculdade de Engenharia Civil  
Uberlândia – MG  
<http://lattes.cnpq.br/3604233375792763>  
ORCID: 0000-0002-1597-2297

**RESUMO:** Analisando a indústria da construção civil, nota-se um aumento, a cada ano, do consumo de concreto e, conseqüentemente, percebe-se o crescimento do emprego de cimento Portland, cujo processo de fabricação gera emissão de grandes quantidades de CO<sub>2</sub> na atmosfera. O uso de geopolímero, com adição de fibras, pode configurar uma forma mais sustentável de material cimentício, já que, no processo de fabricação, podem ser utilizados resíduos industriais como material base. Assim, o objetivo do trabalho foi produzir e caracterizar

compósitos geopoliméricos à base de metacaulim ativados com solução de silicato de sódio e hidróxido de sódio, reforçados com fibras de sisal curtas, otimizando o processo de produção com o uso de técnicas estatísticas como planejamento composto central e superfície de resposta. As variáveis independentes utilizadas no estudo foram o teor de fibras de sisal (0 a 2,95%), relação solução ativadora/metacaulim (0,352 a 0,748) e tempo de cura (1 a 28 dias), para o estudo do comportamento da variável módulo de ruptura. O comprimento das fibras de sisal estudado foi de 1,5 cm. De acordo com o planejamento composto central, as melhores condições (otimizadas) das variáveis, alcançando um valor médio de 2,66 MPa para o módulo de ruptura, foram com os valores nos pontos centrais para as três variáveis, ou seja, 1,4% de fibras de sisal, relação solução ativadora/metacaulim de 0,55 e tempo de cura de 14,5 dias. Com relação à interação fibra-matriz, observou-se nas análises de microscopia uma boa aderência, com sinal de ruptura da fibra, o que mostra que o comprimento crítico foi atendido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fibras naturais; Metacaulim; Módulo de ruptura; Otimização.

### EVALUATION OF THE INSERTION OF SHORT SISAL FIBERS IN THE OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION OF GEOPOLIMERIC PASTE

**ABSTRACT:** Analyzing the construction industry, there is an increase, every year, in the consumption of concrete and, consequently, there is an increase in the use of Portland cement, whose manufacturing process generates



the emission of large amounts of CO<sub>2</sub> in the atmosphere. The use of geopolymer, with the addition of fibers, can configure a more sustainable form of cementitious material, since, in the manufacturing process, industrial waste can be used as the base material. Thus, the objective of the work was to produce and characterize geopolymers composites based on metakaolin activated with sodium silicate and sodium hydroxide solution, reinforced with short sisal fibers, optimizing the production process with the use of statistical techniques such as central composite design and response surface. The independent variables used in the study were the sisal fiber content (0 to 2.95%), activator solution/metakaolin ratio (0.352 to 0.748) and cure time (1 to 28 days), to study the behavior of the modulus of rupture variable. The length of the sisal fibers studied was 1.5 cm. According to the central composite design, the best (optimized) conditions for the variables, reaching an average value of 2.66 MPa for the modulus of rupture, were with the values at the central points for the three variables, that is, 1.4 % sisal fibers, 0.55 activator solution/metakaolin ratio and 14.5 days cure time. Regarding the fiber-matrix interaction, a good adherence was observed in the microscopy analyzes, with a sign of fiber breakage, which shows that the critical length was reached.

**KEYWORDS:** Natural fibers; Metakaolin; Modulus of rupture; Optimization.

## 1 | INTRODUÇÃO

Observando a indústria da construção civil, observa-se que o consumo de concreto, que empregam cimento Portland como material de base, vem aumentando a cada ano. Para fabricação de uma tonelada de clínquer (material base do cimento Portland) são emitidos, aproximadamente, uma tonelada de CO<sub>2</sub> na atmosfera, bem como são necessárias grandes quantidades de recursos naturais para sua produção, o que gera diversos problemas ao meio ambiente. Uma das alternativas para conter esses problemas é o uso de concretos geopoliméricos, que configuram uma forma mais sustentável através da utilização de resíduos industriais como material aglomerante (Alves et al., 2019; Lloyd e Rangan, 2010a).

A ativação alcalina, presente na concepção do geopolímero, vem ganhando destaque devido ao potencial de redução de emissão de CO<sub>2</sub> em comparação com materiais a base de cimento Portland (Provis, 2014). McLellan et al. (2011) estudaram a produção de cimento geopolimérico à base de cinzas volantes e concluíram que houve uma diminuição de 44 a 64% nas emissões de gases estufa se comparado ao cimento Portland. Entretanto, os autores ressaltaram que essa porcentagem varia conforme o material base utilizado para produção.

O termo geopolímero é usado para retratar ligantes de aluminossilicato com baixo teor de cálcio ativados alcalinamente. Esta definição abrange o uso de pozolanas e escórias de alto forno como materiais precursores, mas o cimento Portland ainda pode ser adicionado, no entanto, em quantidades menores (Provis, 2018).

Pode-se citar, como aplicações do geopolímero, a utilização em concreto armado e simples, em peças pré-fabricadas reforçadas ou não, em concretos leves, tubos, matrizes para imobilização de resíduos tóxicos e argamassas. Destaca-se que a elevada

alcalinidade dos ligantes se mostra propícia à proteção do aço no concreto armado (Provis, 2018).

Uma alternativa para melhora das propriedades mecânicas no geopolímero é o uso de fibras naturais, por exemplo, o sisal e o algodão, como reforço a resistência à flexão. Compósitos ecológicos podem ser produzidos com boas características mecânicas, através da utilização de resíduos industriais e recursos renováveis (Korniejenko et al., 2016).

Para avaliar a significância de diferentes fatores em um estudo, algumas técnicas estatísticas são muito utilizadas, tais como o planejamento composto central (PCC) que, de acordo com Machado et al. (2020), Alves et al. (2019) e Ferdosian e Camões (2017), permite fazer a análise da interferência das variáveis estudadas, estimando os efeitos principais de cada variável de forma linear, quadrática e a interação entre elas. Já com relação à metodologia de superfície de resposta (MSR), esta técnica tem como objetivo modelar dados experimentais otimizando resultados diretamente correlacionados às variáveis de resposta. A MSR, em comparação com outras técnicas, apresenta diversos benefícios, tais como geração de grande quantidade de informações a partir de um pequeno número de experimentos e a possibilidade de avaliar o efeito da interação entre as variáveis na resposta (Ferreira et al., 2020; Santana et al., 2010).

Diante do exposto, esta pesquisa tem por objetivo produzir e caracterizar compósitos geopoliméricos à base de metacaulim ativados com solução de silicato de sódio e hidróxido de sódio, reforçados com fibras de sisal curtas, otimizando o processo de produção com o uso de técnicas estatísticas como planejamento composto central e a superfície de resposta.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Características dos materiais - fibras de sisal, metacaulim e ativadores**

As fibras de sisal (densidade de 1,511 g/cm<sup>3</sup>) foram adquiridas da empresa Sisalsul Indústria e Comércio Ltda, localizada na cidade de São Paulo. O metacaulim (Met) utilizado foi doado pela empresa Metacaulim do Brasil Indústria e Comércio Ltda., localizado na cidade de Jundiaí, no estado de São Paulo. O silicato de sódio (NaSi) foi comprado da empresa Una-Prosil - Usina Nova América, com nome Silicato de sódio alcalino em pó 2.0 com relação entre os óxidos (SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O) de aproximadamente 2. O hidróxido de sódio (98%) foi adquirido da empresa Dinâmica Química Contemporânea Ltda.

### **2.2 Planejamento Composto Central - PCC**

Os ensaios com fibras de sisal curtas dispersas na matriz geopolimérica foram realizados conforme PCC apresentado na Tabela 1, possuindo quatro réplicas no ponto central e três variáveis independentes, resultando em 18 experimentos. A primeira variável independente consistiu no teor de fibras de sisal, valor este adotado entre 0%,

correspondente a matriz sem reforço, e 2,95% (~ 3,0%), valor escolhido devido a ensaios preliminares. A segunda variável equivaliu a relação NaSi/Met onde, através de ensaios preliminares e consulta à literatura, foi possível obter os intervalos de 0,352 a 0,748. Finalmente, o tempo de cura, equivalente a terceira variável estudada, possui intervalo mínimo de 1 dia e máximo de 28 dias, condizendo com os valores adotados na prática da engenharia civil. O processo de moldagem consistiu na mistura das fibras ao metacaulim e posteriormente, adição do hidróxido de sódio e silicato de sódio. A variável resposta analisada foi o módulo de ruptura (M.R.).

Para a produção dos geopolímeros, alguns parâmetros foram previamente definidos: molaridade do silicato de sódio foi adotada com valor de 12 M e do hidróxido de sódio equivalente a 15 M, sendo a relação mássica entre o primeiro e segundo ativador, respectivamente citados, igual a 2,5. Além disso, a relação água/aglomerante (a/agl) e a espessura do corpo de prova, possuem valores fixados em 0,7 e 0,6 cm, respectivamente.

Codificação	Sisal no compósito – $x_1$ (%)	Relação NaSi/Met – $x_2$	Tempo de cura – $x_3$ (dias)
-1	0,3	0,41	5
0	1,4	0,55	14,5
1	2,5	0,69	24
- $\alpha$ (-1,41421)	0	0,352	1
+ $\alpha$ (+1,41421)	2,95	0,748	28

Tabela 1. Planejamento composto central para fibras de sisal curtas

### 2.3 Moldagem dos geopolímeros

Para moldagem dos geopolímeros, as fibras, foram cortadas com comprimento igual a 1,5 cm, pesadas e saturadas pelo período de 24 h, sendo posteriormente adicionadas gradativamente ao material seco e misturadas manualmente até obter uniformidade. Os ativadores alcalinos foram então pesados e dissolvidos em água destilada, obtendo concentrações diferentes de soluções alcalinas para cada ativador. A solução de hidróxido de sódio foi acrescentada primeiramente na mistura seca e misturada, para posterior inserção da solução de silicato de sódio. Foi feita a homogeneização da mistura, os CPs (corpos de prova) foram colocados em formas de madeira e, posteriormente, vibrados em uma mesa de vibração durante 10 s, selados com plástico filme e curados à temperatura ambiente ( $25 \pm 5^\circ \text{C}$ ). As idades dos ensaios alternaram de 1 a 28 dias (Tabela 1).

## 2.4 Caracterização dos geopolímeros

### 2.4.1 Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV

Todos os corpos de prova ensaiados foram submetidos à análise por MEV após ruptura por flexão. Os corpos de prova rompidos eram cortados, com o uso de uma serra circular e amostras de dimensões de 1 cm x 1 cm foram obtidas. As amostras foram então impregnadas com uma resina epóxi da marca Avipol, com proporção resina/endurecedor de 100/15 e cura do material por 72 h, conforme empregado por Francklin et al. (2019). A superfície submetida ao MEV foi lixada com emprego de lixas d'água de granulação 80 a 3000. Posteriormente, para análise no MEV, a metalização dos corpos de prova foi realizada com ouro. As micrografias foram realizadas no Laboratório de Multiusuários do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, e também foram realizadas análises no aparelho de Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) acoplado ao MEV (modelo Vega3 e marca Tescan), com o intuito de verificar a composição da matriz.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Planejamento Composto Central – Análise global

A influência da porcentagem de fibra de sisal, da relação ativador/metacaulim e do tempo de cura foi estudada na otimização de geopolímero à base de metacaulim ativados com uma solução de hidróxido de sódio e silicato de sódio. Os resultados do módulo de ruptura para os 18 experimentos realizados estão apresentados na Tabela 2.

A análise global foi realizada através de regressão múltipla para obtenção dos parâmetros relativos às variáveis isoladas, às interações e aos termos quadráticos.

E*	Codificação			Sisal (%)	Descodificação		Resposta M.R. (MPa)
	$x_1$	$x_2$	$x_3$		NaSi/Met	Tempo de cura (dias)	
1	-1	-1	-1	0,3	0,41	5	1,81
2	-1	-1	1	0,3	0,41	24	2,55
3	-1	1	-1	0,3	0,69	5	1,11
4	-1	1	1	0,3	0,69	24	0,95
5	1	-1	-1	2,5	0,41	5	1,24
6	1	-1	1	2,5	0,41	24	0,78
7	1	1	-1	2,5	0,69	5	1,38
8	1	1	1	2,5	0,69	24	1,60
9	-1,41421	0	0	0	0,55	14,5	3,05

10	1,41421	0	0	2,95	0,55	14,5	2,35
11	0	-1,41421	0	1,4	0,352	14,5	0,91
12	0	1,41421	0	1,4	0,748	14,5	0,80
13	0	0	-1,41421	1,4	0,55	1	1,36
14	0	0	1,41421	1,4	0,55	28	2,26
15	0	0	0	1,4	0,55	14,5	2,63
16	0	0	0	1,4	0,55	14,5	2,50
17	0	0	0	1,4	0,55	14,5	2,90
18	0	0	0	1,4	0,55	14,5	2,62

\*E: experimentos.

Tabela 2. Planejamento composto central para fibras de sisal curtas com os módulos de ruptura (M.R.)

### 3.1.1 Módulo de ruptura – M.R.

A equação empírica obtida, referente à variável independente M.R., é mostrada na equação 1:

$$M.R. = 2,64 - 0,201x_1 + 0,044x_1^2 - 0,125x_2 - 0,88x_2^2 + 0,134x_3 - 0,40x_3^2 + 0,41x_1x_2 - 0,103x_1x_3 - 0,028x_2x_3 \quad (1)$$

Onde:  $x_1$  = porcentagem de fibra sisal (%);  $x_2$  = relação NaSi/Met;  $x_3$  = tempo de cura (dias).

Como pode ser observado na Tabela 3 (quadro de ANOVA –  $p < 0,10$ ) a variável isolada de porcentagem de fibras ( $x_1$ ), a variável quadrática da relação NaSi/Met ( $x_2^2$ ) e o tempo de cura ( $x_3^2$ ) foram significativas, bem como, a interação ( $x_1$ ) ( $x_2$ ). O parâmetro da análise de variância resultante ( $F^2$ ) foi equivalente a 0,88735, com nível de confiança de 90%.

	Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado médio	F	Valor $p$	Significância (I.C.: 90%)
$x_1$	0,48399	1	0,483988	5,79694	0,042662	Significante
$x_1^2$	0,01561	1	0,015606	0,18691	0,676914	Não significativa
$x_2$	0,18639	1	0,186393	2,23251	0,173490	Não significativa
$x_2^2$	6,17176	1	6,171756	73,92184	0,000026	Significante
$x_3$	0,21676	1	0,216758	2,59621	0,145785	Não significativa
$x_3^2$	1,28534	1	1,285339	15,39507	0,004396	Significante
$x_1 x_2$	1,32845	1	1,328450	15,91143	0,004011	Significante
$x_1 x_3$	0,08405	1	0,084050	1,00670	0,345073	Não significativa

$x_2x_3$	0,00605	1	0,006050	0,07246	0,794596	Não significativa
----------	---------	---	----------	---------	----------	-------------------

G.L.: grau de liberdade; F: estatística F; I.C.: Intervalo de confiança.

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) para o modelo quadrático de superfície de resposta para o módulo de ruptura (M.R.)

A Figura 1 apresenta a superfície de resposta da porcentagem de fibras de sisal curtas ( $x_1$ ) e da relação NaSi/Met ( $x_2$ ) para um tempo de cura no nível central ( $x_3=0$ ).

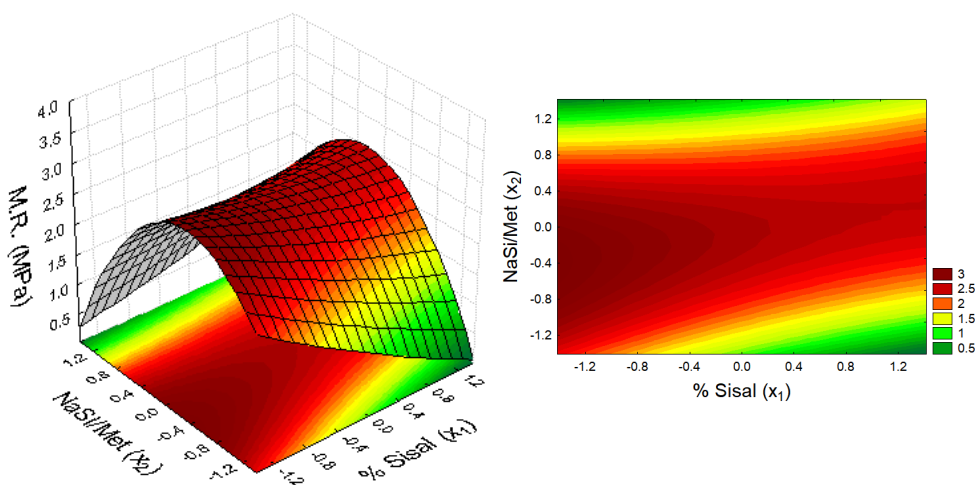


Figura 1. Superfícies de resposta para a porcentagem de fibras de sisal curtas ( $x_1$ ) e da relação NaSi/Met ( $x_2$ ) para um tempo de cura no nível central ( $x_3=0$ )

Observou-se que uma maior resistência à flexão foi obtida quando se utilizou uma relação NaSi/Met próxima ao ponto central (valor decodificado de 0,55), sendo que a variação da porcentagem de fibra pouco interferiu nos valores de resistência mecânica finais, se analisada conjuntamente com o valor ótimo para a relação NaSi/Met. Isto pode ser explicado pelo pouco teor de fibra incorporado à matriz, pois, em volumes menores que o crítico, uma diminuição da capacidade portante é apresentada assim que acontece a ruptura da matriz, sendo então a resistência da própria matriz a considerada limitante.

A Figura 2 mostra a superfície de resposta da porcentagem de fibras de sisal curtas ( $x_1$ ) e do tempo de cura ( $x_3$ ), para uma relação NaSi/Met no nível central ( $x_2=0$ ).

Notou-se que um tempo de cura próximo ao ponto central juntamente com uma menor porcentagem das fibras de sisal culminou em uma maior resistência à flexão. Possivelmente, o ganho efetivo de resistência mecânica do geopolímero acontece até o período de cura de 14,5 dias e essa evolução não acontece substancialmente para tempos

de cura maiores, ou seja, até 28 dias.

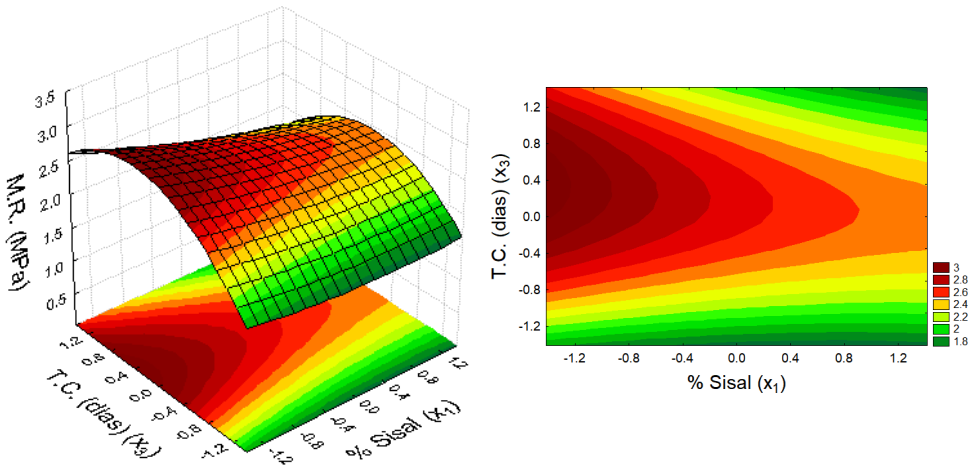


Figura 2. Superfícies de resposta para porcentagem de fibras de sisal curtas ( $x_1$ ) e do tempo de cura ( $x_3$ ), para uma relação NaSi/Met no ponto central ( $x_2=0$ )

A Figura 3 mostra a superfície de resposta da relação NaSi/Met ( $x_2$ ) e do tempo de cura ( $x_3$ ), com porcentagem de fibras de sisal curtas no ponto central ( $x_1=0$ ).

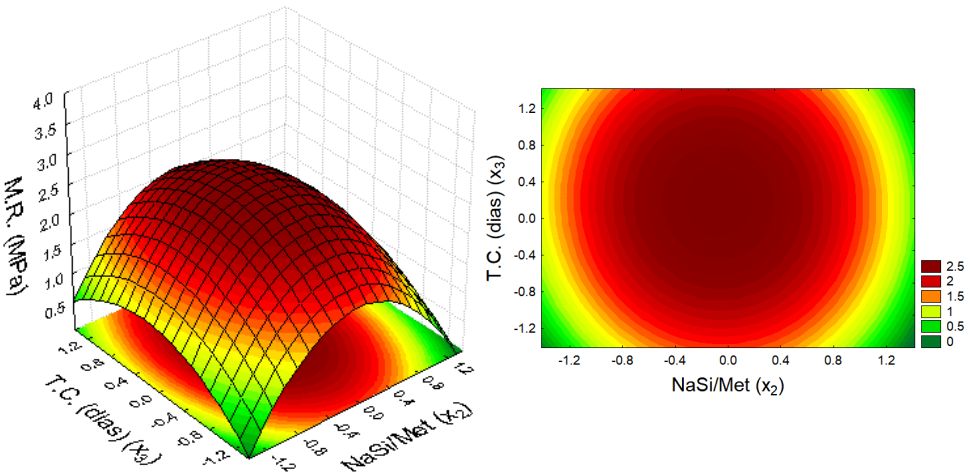


Figura 3. Superfícies de resposta para relação NaSi/Met ( $x_2$ ) e do tempo de cura ( $x_3$ ), com porcentagem de fibras de sisal curtas no ponto central ( $x_1=0$ )

Percebeu-se que uma relação NaSi/Met e o tempo de cura próximos ao ponto

central gerou uma maior resistência à flexão. Provavelmente, os dois parâmetros aqui foram otimizados no ponto central pois uma relação NaSi/Met intermediário permite a evolução mais rápida da resistência mecânica até os 14,5 dias, valor em que a resistência se estabiliza. A porcentagem de fibras de sisal curtas no ponto central (1,4%) também auxiliou na resistência mecânica, justificando a sua inserção na pasta geopolimérica.

### 3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV

A fim de verificar a matriz geopolimérica em tempos mais avançados, análise através do MEV foram feitas, de acordo com a Figura 4. A mesma representa a matriz geopolimérica moldada segundo os preceitos do plano experimental 13, após 85 dias de cura. O plano experimental foi escolhido, pois quando realizada as análises do MEV, foi aquele que apresentou o maior tempo de cura, sendo possivelmente o que melhor representaria a matriz e os produtos de hidratação. Na Figura 4a notou-se uma microestrutura maciça, sendo possível observar algumas microfissuras. De acordo com a Figura 4b, observa-se, possivelmente, alguns produtos de reação resultantes do processo de geopolimerização.

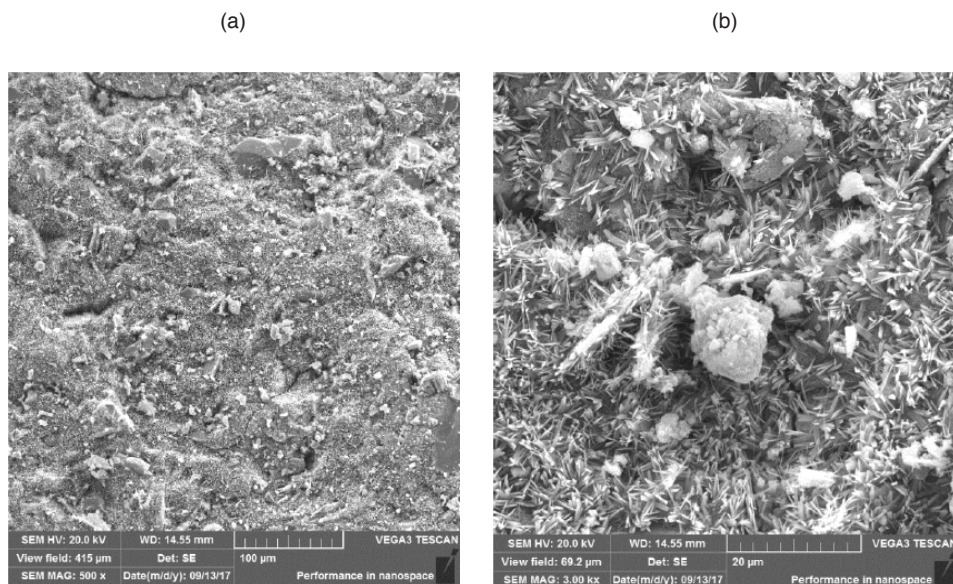


Figura 4. MEV da matriz geopolimérica do plano experimental 13 após 85 dias de cura

Na Figura 5b foi apresentada a Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) de uma região aleatória da matriz (Figura 5a) correspondente ao mesmo plano experimental. Constatou-se a presença majoritária de oxigênio, sílica, sódio e alumínio, todos esses componentes representantes dosossilatos formadores da matriz geopolimérica.



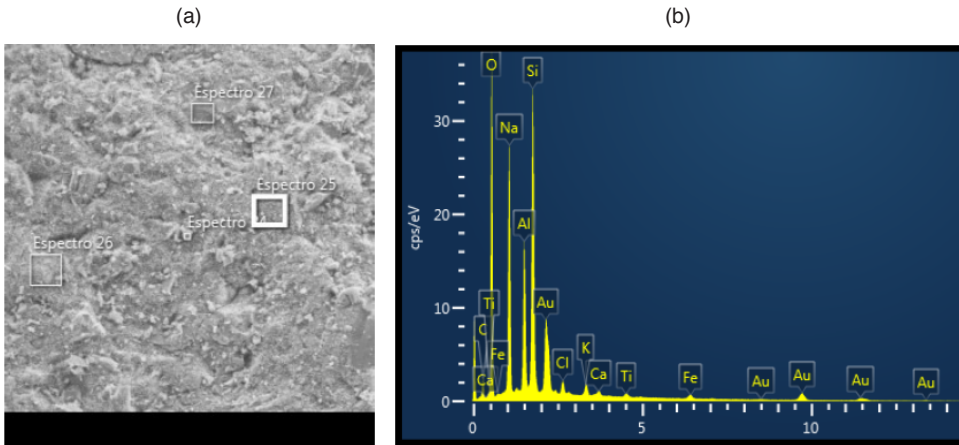


Figura 5. EDS da matriz geopolimérica do plano experimental 13, com 85 dias de cura

Figueiredo (2000) ressalta que o comprimento crítico da fibra é um dos fatores que interfere na interface matriz-fibra e, conseqüentemente, nas propriedades mecânicas, já que, quando a fibra tem comprimento menor que o crítico, o comprimento embutido não se faz satisfatório para gerar uma tensão que supere a resistência da fibra, ou seja, com o aumento da deformação a fibra é arrancada de lado. A interação matriz-fibra pode ser observada pelas imagens geradas pelo MEV, de acordo com a Figura 6. Notou-se que há indício de impregnação de material geopolimérico na fibra de sisal, onde se pode pressupor a boa aderência matriz-fibra do material trabalhado. Além disso, há sinal de ruptura da fibra, assim como, do não arrancamento da mesma, o que mostra que o comprimento crítico foi atendido.

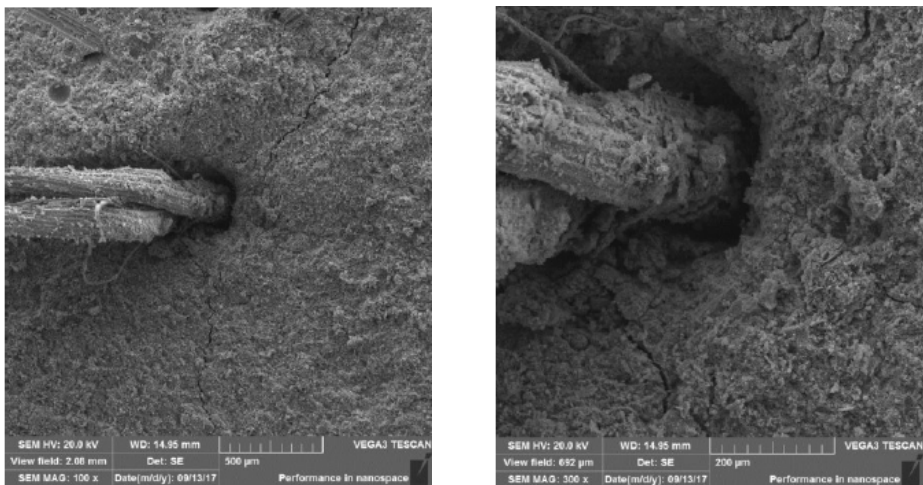


Figura 6. Interação matriz-fibra

Além disso, pode-se observar, através da Figura 7, que a análise de EDS detectou a presença de sódio na fibra da matriz geopolimérica. A imagem também corresponde ao plano experimental 13, em que a presença de Na no entorno da mesma acarretou uma aceleração da degradação da fibra. Isto pode ter acontecido devido à ordem de adição dos ativadores, já que o hidróxido de sódio era o primeiro a ser adicionado e, possivelmente, o contato da fibra com a solução de NaOH ocasionava a inserção do sódio na fibra, causando, possivelmente, sua degradação.

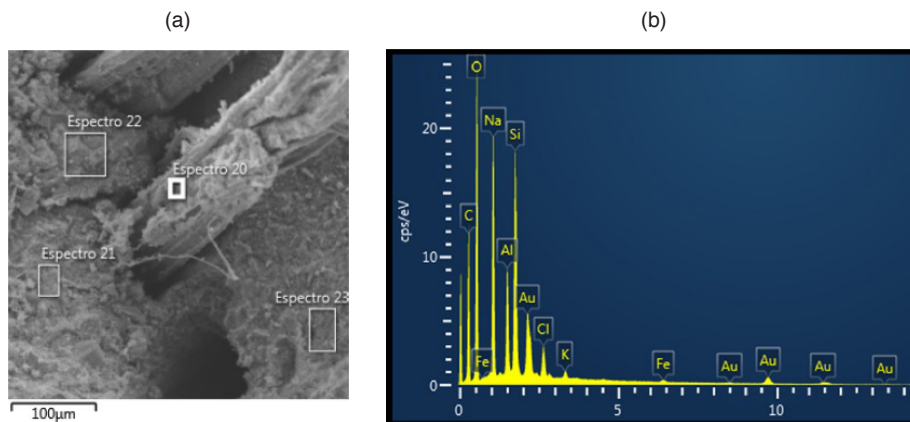


Figura 7. EDS da fibra de sisal curta mostrando a presença do elemento sódio (Na)

## 4 | CONCLUSÃO

A inserção de fibras de sisal curtas em matrizes de concretos geopoliméricos mostrou ser uma alternativa viável para a produção de materiais de construção. As fibras de sisal curtas apresentaram boa aderência na matriz geopolimérica, que alcançou um valor médio para o módulo de ruptura de 2,66 MPa. O planejamento composto central, analisado conjuntamente com as superfícies de resposta, possibilitou observar que os valores para as três variáveis nos pontos centrais otimizavam o módulo de ruptura. Desta forma, os melhores valores encontrados foram 1,4% de fibras de sisal curtas, relação solução ativadora/metacaulim de 0,55 e tempo de cura de 14,5 dias.

## REFERÊNCIAS

ALVES, L. C. S., FERREIRA, R. A. R., MACHADO, L. B., MOTTA, L. A. C. **Optimization of metakaolin-based geopolymer reinforced with sisal fibers using response surface methodology.** *Industrial Crops and Products*, v. 139, p. 111551, 2019.

FERDOSIAN, I., CAMÕES, A. **Eco-efficient ultra-high performance concrete development by means of response surface methodology.** *Cement and Concrete Composites*, v. 84, p. 146–156, 2017.

FERREIRA, R. A. R., MEIRELES, C. S.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; BARROZO, M. A. S., SOARES, R. **R. Optimization of the oxidative fast pyrolysis process of sugarcane straw by TGA and DSC analyses.** Biomass and Bioenergy, v. 134, p. 105456, 2020.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com Fibras de Aço.** 2000. 69 p. Boletim Técnico, Série BT/PCC/260–Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FRANCKLIN, H. M.; MOTTA, L. A. C.; CUNHA, J.; SANTOS, A. C.; LANDIM, M. V. **Estudo da viabilidade da utilização de compósitos epóxi e fibras de sisal como reforço de estruturas de concreto armado.** Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 12, n. 2, p. 255-287, 2019.

KORNIEJENKO, K.; FRACZEK, E.; PYTLAC, E.; ADAMSKI, M. **Mechanical properties of geopolymer composites reinforced with natural fibers.** Procedia Engineering. v. 151, p. 388-393, 2016.

LLOYD, N. A.; RANGAN, B. V. **Geopolymer concrete: a review of development and opportunities.** In: Our world in concrete and structures, 35, 2010, Singapore. Anais... Singapore: Orchard Plaza, 2010a.

MACHADO, P. J. C., FERREIRA, R. A. R., MOTTA, L. A. C. **Study of the effect of silica fume and latex dosages in cementitious composites reinforced with cellulose fibers.** Journal of Building Engineering, v. 31, p. 101442, 2020.

McLELLAN, B. C.; WILLIAMS, R. P.; LAY, J.; VAN RIESSEN, A.; CORDER, G. D. **Costs and carbon emissions for geopolymer pastes in comparison to ordinary Portland cement.** Journal of Cleaner Production, v. 19, n. 9-10, p. 1080-1090, 2011.

PROVIS, J. L. **Geopolymers and other alkali activated materials: why, how, and what?** Materials and Structures, v. 47, n. 1-2, p. 11-25, 2014.

PROVIS, J. L. **Alkali-activated materials.** Cement and Concrete Research, v. 114, p. 40-48, 2018.

SANTANA, R. C., SANTOS, M. A., ATAÍDE, C. H., BARROZO, M. A. S. **Evaluation of the influence of process variables on flotation of phosphate.** Materials Science Forum, v. 660-661, p. 555–560, 2010.

## ÍNDICE REMISSIVO

### SÍMBOLOS

2.1.3.2.1. Enfoque estrutural de Porter (1980) 76

#### A

Agenda ambiental 130, 131

Agroecologia 149, 150, 152, 153, 154, 157, 158, 164, 167, 168

#### B

Biomassas 238, 239, 241, 245, 246, 247, 249, 250, 251, 252

Bioprospecção 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 129

Bioquerosene de aviação 238, 239, 240, 241, 243, 250

#### C

Contabilidade ambiental 37, 39, 41, 43, 45, 53, 54, 55

#### D

Dengue 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284

#### E

Ensino de tomografia 199

Estéril 107, 109, 110, 111

#### F

Ferramenta online 277

Fibras de sisal 95, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106

Fluidodinâmico 183, 195

Fotobiomodulação 218

Funções executivas 256, 257, 258, 261, 262, 264, 265, 266, 267, 270, 272, 273, 274, 275, 276

#### G

Georrefenciamento 277

Gestión tecnológica 69, 73, 74, 75, 84, 87

#### I

Imobilização de lipases 138

Inovação tecnológica 21, 23, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 335

Inteligência artificial 2

## **M**

Martin Heidegger 7, 16, 19, 20

## **O**

OpenCL 170, 171, 172, 174, 175, 176, 182

## **P**

Pasta geopolimérica 95, 103

Plantas alimentícias não convencionais 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 163, 164, 168, 169

## **R**

Recursos hídricos 112, 113

Rejeitos 107, 108, 109, 110, 111, 247

## **S**

Segurança pública 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36

Separadores trifásicos 186, 187

Softwares 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 210, 211, 212, 214, 215, 217, 290, 292

## **T**

Tomografia computadorizada 199, 200, 204, 212, 215, 220

Transformação digital 1, 3, 4

## **U**

Uso abusivo de álcool 256, 260, 269

## **V**

Valor agregado 30, 37, 38, 53, 54, 74

# CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

**A Nova Produção do Conhecimento**

[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) 

# CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

**A Nova Produção do Conhecimento**

[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) 