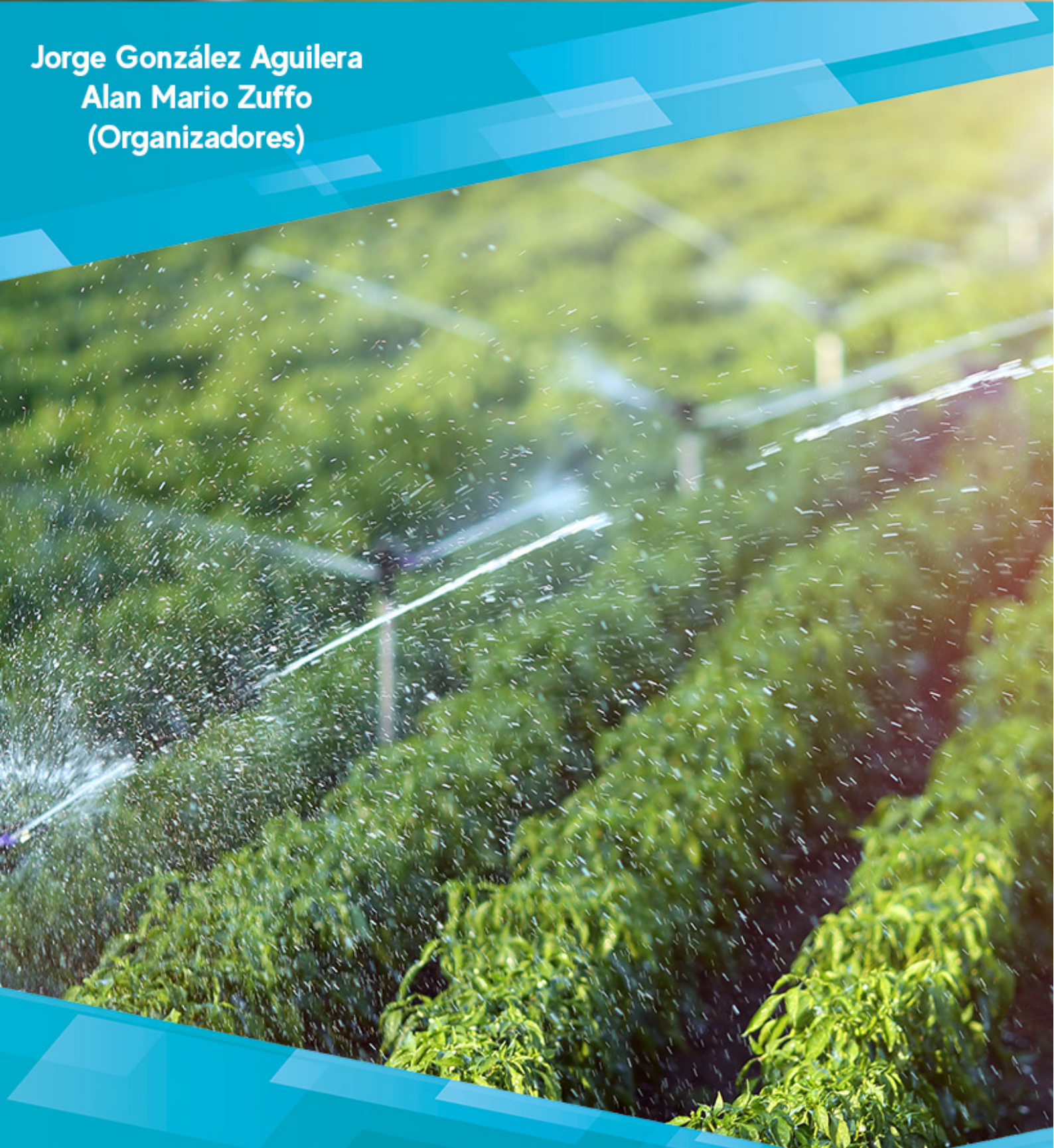


**Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)**



**Ciências Exatas e da  
Terra e a Dimensão  
Adquirida através da  
Evolução Tecnológica 2**

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Jorge González Aguilera**

**Alan Mario Zuffo**

(Organizadores)

**Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão  
Adquirida através da Evolução Tecnológica  
2**

**Atena Editora  
2019**

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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

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

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

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

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

C569 Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-473-3

DOI 10.22533/at.ed.733191107

1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia.  
I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario

CDD 509.81

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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

Atena  
Editora

Ano 2019

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica vol. 2*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 28 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO ESTADO DE PERNAMBUCO: ANÁLISE DO POTENCIAL DE USO	
Margarida Regueira da Costa Alexandre Luiz Souza Borba Fernanda Soares de Miranda Torres	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
APLICAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NO DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO, CEARÁ/BRASIL	
José Batista Siqueira Sanmy Silveira Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>18</b>
AQUÍFERO DUNAS-POTENGI: DISPONIBILIDADE E POTENCIALIDADE DAS ÁGUAS EM NATAL – RN	
Melquisedec Medeiros Moreira Newton Moreira de Souza Miguel Dragomir Zanic Cuellar Kátia Alves Arraes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
AS ÁGUAS DO AQUÍFERO ALUVIONAR JAGUARIBE E SUA RELAÇÃO COM O USO/OCUPAÇÃO DO SOLO: ÁREA PILOTO DE SÃO JOÃO DO JAGUARIBE – CEARÁ	
Antônio Flávio Costa Pinheiro Itabaraci Nazareno Cavalcante Alexsandro dos Santos Garcês Rafael Mota de Oliveira Emanuel Arruda Pinho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>42</b>
CULTURA DE SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE PESQUISA DA ÁREA QUÍMICA	
Milson dos Santos Barbosa Débora da Silva Vilar Aline Resende Dória Isabelle Maria Gonzaga Duarte Dara Silva Santos Lays Ismerim Oliveira Géssica Oliveira Santiago Santos Luiz Fernando Romanholo Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911075</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 53**

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA ANALÍTICA PARA DETERMINAÇÃO DE FORMALDEÍDO EM COSMÉTICOS

Helder Lopes Vasconcelos  
Andressa Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.7331911076**

**CAPÍTULO 7 ..... 63**

DETERMINAÇÃO DA CURVA-CHAVE DAS CONCENTRAÇÕES DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA BACIA DO RIO QUARAÍ, NA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Mayara Torres Mendonça  
Clamarion Maier  
Edenir Luís Grimm  
Gustavo Henrique Merten  
Jainara Fresinghelli Netto  
Ricardo Boscaini  
Miriam Fernanda Rodrigues  
Thais Palumbo Silva  
Franciele de Bastos  
Raí Ferreira Batista  
Suélen Matiasso Fachi

**DOI 10.22533/at.ed.7331911077**

**CAPÍTULO 8 ..... 76**

DETERMINAÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS DE CAPTAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS AQUÍFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO

César de Oliveira Ferreira Silva  
Manuel Enrique Gamero Guandique

**DOI 10.22533/at.ed.7331911078**

**CAPÍTULO 9 ..... 84**

DEVELOPMENT OF PROCEDURES FOR CALIBRATION OF METEOROLOGICAL SENSORS. CASE STUDY: CALIBRATION OF A TIPPING-BUCKET RAIN GAUGE AND DATA-LOGGER SET

Márcio Antônio Aparecido Santana  
Patrícia Lúcia de Oliveira Guimarães  
Luca Giovanni Lanza

**DOI 10.22533/at.ed.7331911079**

**CAPÍTULO 10 ..... 93**

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE E SAÚDE AMBIENTAL DO MERCADO DO PEIXE, SÃO LUÍS - MARANHÃO

Marcelo Vieira Sodré Barbosa  
Ana Carolina Lopes Ozorio  
Itapotiarã Vilas Bôas

**DOI 10.22533/at.ed.73319110710**

**CAPÍTULO 11 ..... 100**

ESTUDO DA SÍNTESE SEM SOLVENTE DE ZEÓLITAS UTILIZANDO DIFERENTES LÍQUIDOS IÔNICOS COMO AGENTES DIRECIONADORES DE ESTRUTURA

Iemedelais Bordin  
Victor de Aguiar Pedott  
Elton Luis Hillesheim  
Rogério Marcos Dallago  
Marcelo Luís Mignoni

**DOI 10.22533/at.ed.73319110711**

**CAPÍTULO 12 ..... 109**

GEOPROCESSAMENTO PARA DELIMITAÇÃO DE APPS E ESTUDO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL NAS MARGENS DO BEIJA-FLOR, MUNICÍPIO DE MAZAGÃO-AP

Kerlency Maria Farias Santos  
Rudney Lobato Furtado  
Mariano Araújo Bernadino Rocha  
Olavo Bilac Quaresma de Oliveira Filho

**DOI 10.22533/at.ed.73319110712**

**CAPÍTULO 13 ..... 124**

GEOQUÍMICA E QUALIDADE DE ÁGUAS NATURAIS DE NASCENTES DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, SÃO PAULO

Rafael Bassetto Ferreira  
Wanilson Luiz Silva

**DOI 10.22533/at.ed.73319110713**

**CAPÍTULO 14 ..... 138**

IMPACTOS POTENCIAIS DOS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NÃO-SEGURAS NO USO DA ÁGUA NA BACIA DO PARAÓPEBA, MINAS GERAIS

Luciana Eler França  
Fernando Figueiredo Goulart  
Carlos Bernardo Mascarenhas Alves

**DOI 10.22533/at.ed.73319110714**

**CAPÍTULO 15 ..... 153**

MODELAGEM DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SOLO REFORÇADO NO SISTEMA TERRAMESH

Taila Ester dos Santos de Souza  
Carlos Alberto Simões Pires Wayhs  
Alan Donassollo

**DOI 10.22533/at.ed.73319110715**

**CAPÍTULO 16 ..... 167**

POTENCIALIDADES DOS AQUÍFEROS DA BACIA DO RIO VERDE GRANDE E SUAS RELAÇÕES COM OS DOMÍNIOS CLIMÁTICOS E HIDROGEOLÓGICOS

Estefânia Fernandes dos Santos  
Leila Nunes Menegasse Velasquez

**DOI 10.22533/at.ed.73319110716**



**CAPÍTULO 17 ..... 182**

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL

Janete Facco  
Fabio Luiz Carasek  
Sival Francisco de Oliveira Junior  
Luiz Fernando Scheibe  
Manuela Gazzoni dos Passos  
Mariana Muniz Blank

**DOI 10.22533/at.ed.73319110717**

**CAPÍTULO 18 ..... 197**

RAIZ DO CAPIM VETIVER: UMA FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO

Felipe Coelho Vieira  
Alan Rodrigues Teixeira Machado  
Marcelo Segala Xavier  
Jussara Vitória Reis

**DOI 10.22533/at.ed.73319110718**

**CAPÍTULO 19 ..... 210**

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE AS CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS DE UMA REGIÃO DO CERRADO MARANHENSE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS OCORRENTES NO LOCAL

Karla Bianca Novaes Ribeiro  
Kely Silva dos Santos  
Karine Silva Araujo  
Mayanna de Kássia Silva Rodrigues  
James Werllen de Jesus Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.73319110719**

**CAPÍTULO 20 ..... 219**

RELEVO COMO FATOR INTENSIFICADOR DAS ONDAS DE CALOR EM ALAGOAS

Dálete Maria Lima de Sousa  
Anne Karolyne Pereira da Silva  
Rafael Wendell Barros Forte da Silva  
João Vitor Benevides de Castro  
Francisco de Assis Franco Vieira  
David Harley de Oliveira Saraiva

**DOI 10.22533/at.ed.73319110720**

**CAPÍTULO 21 ..... 233**

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE MILHO ( ZEA MAYS L.) EXPOSTAS A ÁCIDO HÚMICO

Monique Ellen Farias Barcelos  
Leonardo Barros Dobbss  
Amanda Azevedo Bertolazi  
Alessandro Coutinho Ramos  
Ian Drumond Duarte  
Lívia Dorsch Rocha  
Leonardo Valandro Zanetti  
Silvia Tamie Matsumoto

**DOI 10.22533/at.ed.73319110721**

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>247</b>
SUPORTES HÍBRIDOS DE SÍLICA-MONOSSACARÍDEOS: MATERIAIS POTENCIAIS PARA IMOBILIZAÇÃO DE PEROXIDASE RAP - TOYOBO	
Ivan Martins Barreto	
Maria Antônia Carvalho Lima Jesus	
Djalma Menezes De Oliveira	
Ronaldo Costa Santos	
Alini Tinoco Fricks	
Heiddy Márquez Alvarez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110722</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>256</b>
USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA DO RIO PUNHAÍ, LITORAL NORTE DA BAHIA	
Ricardo Acácio de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110723</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>263</b>
ADMINISTRAÇÃO: FERRAMENTA DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO	
Esmeraldo Bezerra de Melo Junior	
Claudio Jorge Gomes da Rocha Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110724</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>275</b>
ORGANIZAÇÃO SOCIAL DOS PRODUTORES DE BANANA DOS MUNICÍPIOS DE PRESIDENTE FIGUEIREDO E RIO PRETO DA EVA, AMAZONAS E PARTICIPAÇÃO DO GOVERNO PARA A SUSTENTABILIDADE DA CULTURA	
Maricleide Maia Said	
Luiz Antonio de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110725</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>287</b>
AGROECOLOGIA E RE(EXISTÊNCIAS): CONTRIBUIÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR DE BASE AGROECOLÓGICA COMO PASSO PARA GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL EM UM ACAMPAMENTO NO SERTÃO PARAIBANO	
Luymara Pereira Bezerra de Almeida	
Helena Cristina Moura Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110726</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>299</b>
LEVANTAMENTO DE MOSCAS BRANCAS ( <i>Bemisia tabaci</i> ) NA CULTURA SOJA, EM UM MUNICÍPIO DO NOROESTE DO RS: ANO I	
Isaura Luiza Donati Linck	
Antônio Luis Santi	
Ezequiel Zibetti Fornari	
Luis Felipe Rossetto Gerlach	
Fernanda Marcolan de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110727</b>	

**CAPÍTULO 28 ..... 305**

QUANTIFICAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS E CLASSIFICAÇÃO DE SUA ATIVIDADE ENZIMÁTICA  
PROTEOLÍTICA E LIPOLÍTICA EM LEITE CRUCAPTADO EM LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO DE  
PIUMHI-MG

Maria Clara de Freitas Guimarães Santos

Eudoro da Costa Lima Neto

Talitha Oliveira de Rezende

Leonardo Borges Acurcio

**DOI 10.22533/at.ed.73319110728**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 317**

## SUPTES HÍBRIDOS DE SÍLICA-MONOSSACARÍDEOS: MATERIAIS POTENCIAIS PARA IMOBILIZAÇÃO DE PEROXIDASE RAP - TOYOBO

### Ivan Martins Barreto

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Programa de Pós-Graduação em Química.  
Campus Jequié. Jequié, Bahia.

### Maria Antônia Carvalho Lima Jesus

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Baiano. Campus Serrinha. Serrinha,  
Bahia.

### Djalma Menezes De Oliveira

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Departamento de Química. Campus Jequié.  
Jequié, Bahia.

### Ronaldo Costa Santos

Universidade Federal da Bahia, Escola  
Politécnica. Salvador, Bahia.

Universidade Salvador, Departamento de  
Engenharia - Laboratório de Catálise e Meio  
Ambiente. Salvador, Bahia.

Instituto Brasileiro de Tecnologia e Regulação.  
Salvador, Bahia.

### Alini Tinoco Fricks

Universidade Tiradentes, Instituto de Tecnologia e  
Pesquisa. Aracaju, Sergipe.

### Heiddy Márquez Alvarez

Universidade Estadual de Feira de Santana,  
Departamento de Ciências Exatas. Feira de  
Santana, Bahia.

**RESUMO:** A imobilização de enzimas em suportes híbridos (SH), orgânico e inorgânico, tem despertado grande interesse, pois

melhora as características do novo material quando comparadas a seus componentes separadamente. Neste trabalho foram produzidos quatro SH que apresentam em sua composição sílica e monossacarídeos (glicose ou frutose), em quantidades variáveis. A obtenção dos SH seguiu a metodologia de síntese de suportes de sílica mesoporosas Santa Bárbara Amorfo – 15 (SBA-15) com modificações. Foram produzidos quatro SH utilizando inicialmente 1,0 ou 0,5 g de aditivo orgânico, cuja massa final ficou em torno de 1,8 g de SH. A síntese do material com a frutose gerou um suporte escuro que pode ser decorrente da polimerização do mesmo. O monossacarídeo residual foi determinado pelo método Lane e Eynon. No trabalho foi verificado que ao diminuir a quantidade de monossacarídeo presente no SH, houve também a diminuição do percentual de açúcar residual, contudo não houve variações significativas na massa final de SH. A peroxidase de rabanete (RAP) foi imobilizada por adsorção física nos SH obtidos, no pH 7,0 e temperatura de 30°C. A maior eficiência de imobilização se obteve para um carregamento de 3 mg de HRP / g de suporte. Os maiores valores de eficiência de imobilização 97,66% e 97,46% foram obtidos para os suportes GA (glicose 1,0 g) e FA (frutose 1,0 g), respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** imobilização; peroxidase; suporte híbrido; monossacarídeos.

**ABSTRACT:** The immobilization of enzymes in hybrid supports (SH), organic and inorganic, has aroused great interest, because it improves the characteristics of the new material when compared to its separate components. In this work four SHs were produced, which presented in their composition silica and monosaccharides (glucose or fructose), in varying amounts. The obtaining of HS followed the methodology of synthesis of mesoporous silica supports Santa Bárbara Amorfo - 15 (SBA - 15) with modifications. Four SH were produced using initially 1.0 or 0.5 g of organic additive, whose final mass was around 1.8 g SH. The synthesis of the material with the fructose generated a dark support which may be due to the/its polymerization. The residual monosaccharide was determined by the Lane and Eynon method. In the work, it was verified that when decreasing the amount of monosaccharide present in the SH, there was also a decrease in the percentage of residual sugar, however there were no significant variations in the final mass of SH. Radish peroxidase (RAP) was immobilized by physical adsorption on SH obtained at pH 7.0 and temperature of 30 ° C. The highest immobilization efficiency was obtained with a loading of 3 mg HRP / g carrier. The highest immobilization efficiency values 97.66% and 97.46% were obtained for GA (glucose 1.0 g) and FA (fructose 1.0 g), respectively.

**KEYWORDS:** immobilization; peroxidase; hybrid support; monosaccharides.

## 1 | INTRODUÇÃO

A imobilização de enzimas surge como alternativa à utilização das enzimas livres, uma vez que é possível a recuperação e reutilização das mesmas. Os materiais híbridos mesoporosos (orgânico e inorgânico) têm sido bastante utilizados como suportes no processo de imobilização devido às características atrativas que possuem se comparadas aos seus componentes de partida. A síntese destes suportes híbridos pode ser realizada através da funcionalização pós-sintética (enxerto), a co-condensação ou na forma de organosílicas mesoporosas (Adam et al., 2012). O método da co-condensação utiliza moléculas orgânicas precursoras, agentes modeladores para a estrutura do material, sendo este método bastante utilizado para a obtenção de suportes híbridos de sílicas mesoporosas. Os materiais híbridos gerados podem ser utilizados como suporte na imobilização de enzimas. O processo de imobilização pode realizar-se por diferentes técnicas, sendo os métodos de adsorção física e de ligação covalente os mais utilizados. Segundo Singh e colaboradores os métodos por adsorção física e ligação covalente podem reduzir ou evitar a lixiviação da enzima, mas também permite que esta se ligue ao suporte orgânico ou inorgânico através de interações covalentes ou não covalentes, podendo ocasionar a diminuição da flexibilidade estrutural da enzima e uma maior rigidez da mesma, reduzindo assim a possibilidade de desnaturação (Singh et al., 2013). A peroxidase de raiz forte, do inglês: *horseradish peroxidase* (HRP), apresenta diversificadas aplicações na indústria, desde a descoloração de corantes sintéticos até o desenvolvimento de

biossensores (Mohamed et al., 2013). Estas possibilidades de aplicação unidas à sua elevada atividade, simplicidade na detecção de produtos e relativa estabilidade leva a desenvolver novos métodos ou suportes que aumentem a estabilidade desta enzima. Diversos suportes inorgânicos de sílicas mesoporosas como, por exemplo, as sílicas SBA-15 e MCF já foram utilizados para a imobilização da HRP, com bons resultados (Cao et al., 2013). A HRP possui um alto preço no mercado, no entanto a peroxidase de rabanete (RAP) (*Raphanus sativus*) possui estrutura semelhante à HRP podendo ser utilizado como alternativa neste trabalho. Até o presente verificou-se que não existem relatos na literatura quanto ao uso de suportes híbridos sílica-monossacarídeo na imobilização de RAP possibilitando um novo estudo neste assunto. O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de novos materiais híbridos que apresentem em sua composição sílica e monossacarídeo (glicose ou frutose), como potenciais suportes para a imobilização de peroxidase - RAP por adsorção física.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAIS

Peroxidase (RAP – 60,8 U/mg) foi fornecida pela Toyobo. Tetraetilortosilicato (TEOS), ácido clorídrico (HCl, 36%) foram adquiridos da Sigma-Aldrich. Hidrogenofosfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), guaiacol, peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 30 % (solução aquosa), glicose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) e frutose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) da Vetec Química Fina Ltda. Tartarato duplo de sódio e potássio tetraidratado ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) da Proquímica Com. Repres. Ltda. Hidróxido de sódio (NaOH) da Merck. Sulfato de cobre penta hidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) da Synth – Labsynth produtos para laboratório Ltda. Ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) QEEL – Química Especializada Erich Ltda. Acetato de zinco ( $\text{ZnC}_4\text{H}_6\text{O}_4$ ) da *Quimibrás Indústrias Químicas S/A*. Azul de metileno ( $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl}$ ) da Dinâmica Química Contemporânea Ltda. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico de pureza. A caracterização dos suportes obtidos foi feita através da espectroscopia no infravermelho acoplado a transformada de Fourier (FT-IR) modelo Spectrum Two da Perkin Elmer, com detector  $\text{LiTaO}_3$ .

### 2.2 Síntese de suportes híbridos de sílica e monossacarídeo

A obtenção dos suportes híbridos foi realizada utilizando a metodologia das sílicas SBA-15 e MCF modificada (Chouyyok et al., 2009). Utilizamos a glicose e a frutose como o aditivo orgânico (AO) e o tetraetilortosilicato (TEOS) como precursor inorgânico. Para o preparo dos suportes híbridos de sílica SBA-15 modificado, foi utilizado 0,5 ou 1,0 g do monossacarídeo, em 30 mL de água destilada e 585 mL de ácido clorídrico concentrado (HCl). Em seguida, 5 mL de TEOS foram adicionados à solução. A solução foi mantida sob agitação à temperatura ambiente até a completa homogeneização. A mistura foi colocada em um sistema reacional com banho de óleo

de silicone, acoplado a um condensador de refluxo e permaneceu a 80 °C durante 24 horas. A mistura obtida ao final do processo foi filtrada e lavada com água destilada até o pH neutro. O material sintetizado foi seco à temperatura ambiente por 24 horas e armazenado. A quantidade de monossacarídeo que não reagiu foi determinada pelo método Lane e Eynon, conforme Tavares et al. (2010), no qual utilizamos o fluido oriundo da reação, obtido na filtração do sólido obtido.

### 2.3 Imobilização da peroxidase por Adsorção física (AF)

A RAP foi imobilizada por adsorção física (AF) em híbridos de sílica SBA-15 modificada. Em um frasco de vidro de 10 mL foram adicionados 1,0 g de suporte seco e 1,0 mL de tampão fosfato ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 100 mM, pH 7,0, mantido sobre agitação. O efeito do carregamento da enzima na faixa de 1 - 5 mg de enzima/g de suporte foi avaliado para imobilização da RAP nos suportes sintetizados. O sistema foi mantido sob agitação de 150 rpm por 3 horas a 30 °C, em seguida, foi armazenado a 4 °C em condição estática, durante 24 horas. Finalmente, o biocatalisador foi filtrado e lavado com solução tampão fosfato pH 7,0 para retirada de enzimas não adsorvidas até o volume de 6,0 mL. O filtrado foi reservado para quantificação da atividade enzimática.

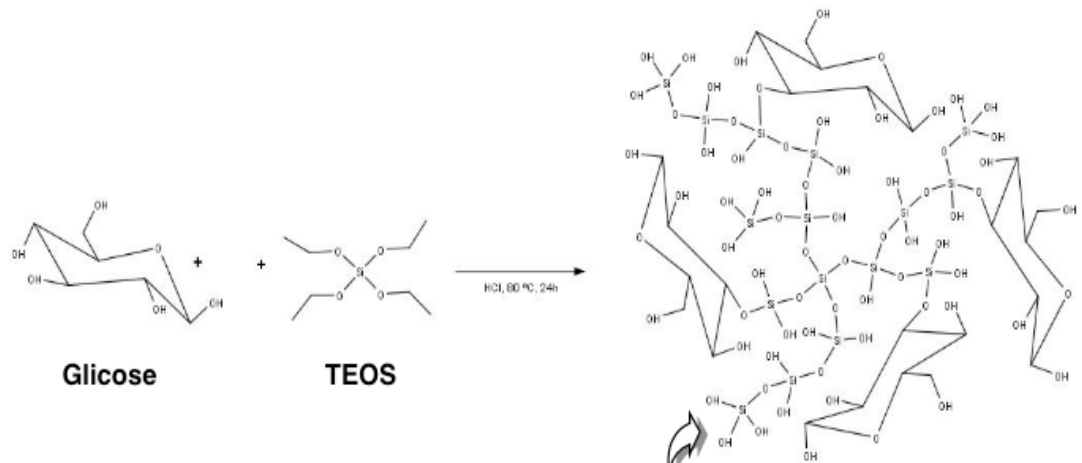
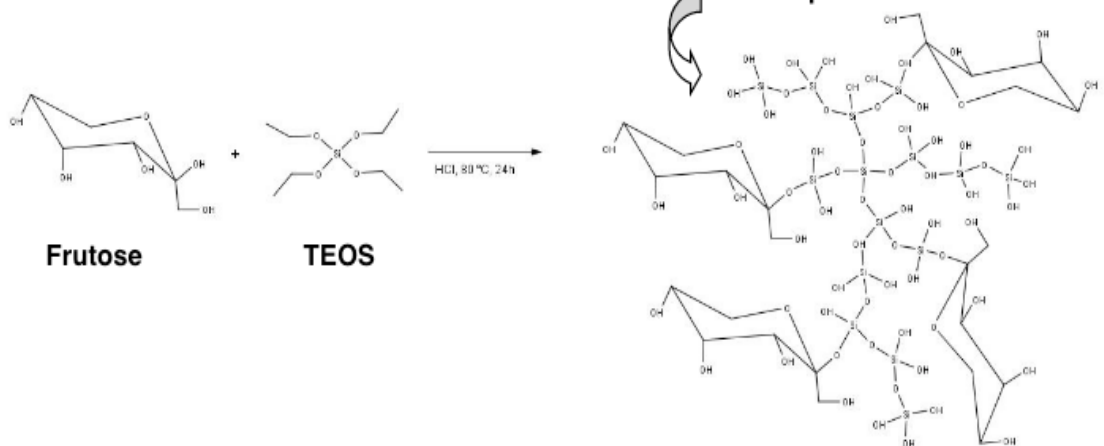
### 2.4 Determinação da atividade peroxidásica

A atividade enzimática de RAP foi determinada conforme o método de utilizado por Hirata et al. (1998) que é baseado na mudança de absorvância a 470 nm devido à formação do produto de oxidação do guaiacol, o tetraguaiacol durante três minutos ( $\epsilon$ -tetraguaiacol:  $26,6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ). O ensaio contém 2,75 mL de tampão fosfato de sódio 100 mM (pH 7,0); 0,05 mL da solução enzimática, diluída quando necessário, em tampão pH 7,0; 0,1 mL de solução de guaiacol 100 mM e 0,1 mL de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 2,0 mM a 25 °C. Uma unidade de enzima (U) foi definida como a quantidade de enzima capaz de fornecer 1  $\mu\text{mol}$  de produto em 1 minuto a 25 °C em pH 6,0. A eficiência de imobilização (%) e o número de unidades de enzima imobilizada (U) foram determinados pela diferença entre número de unidades de atividade peroxidásica oferecidas ( $U_o$ ) e o número de unidades de enzima remanescente no filtrado ( $U_f$ ), conforme a equação abaixo:

$$\text{Eficiência de imobilização (\%)} = \frac{(U_o - U_f)}{U_o} \times 100$$

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 se apresenta a possível reação de obtenção do suporte híbrido TEOS e monossacarídeos.

**A****B**

**FIGURA 1.** Reação de obtenção do suporte híbrido: A) Glicose como aditivo orgânico. B) Frutose como aditivo orgânico.

Foram obtidos quatro suportes, utilizando glicose e frutose como precursor orgânico, conforme pode ser observado na tabela 1, a seguir:

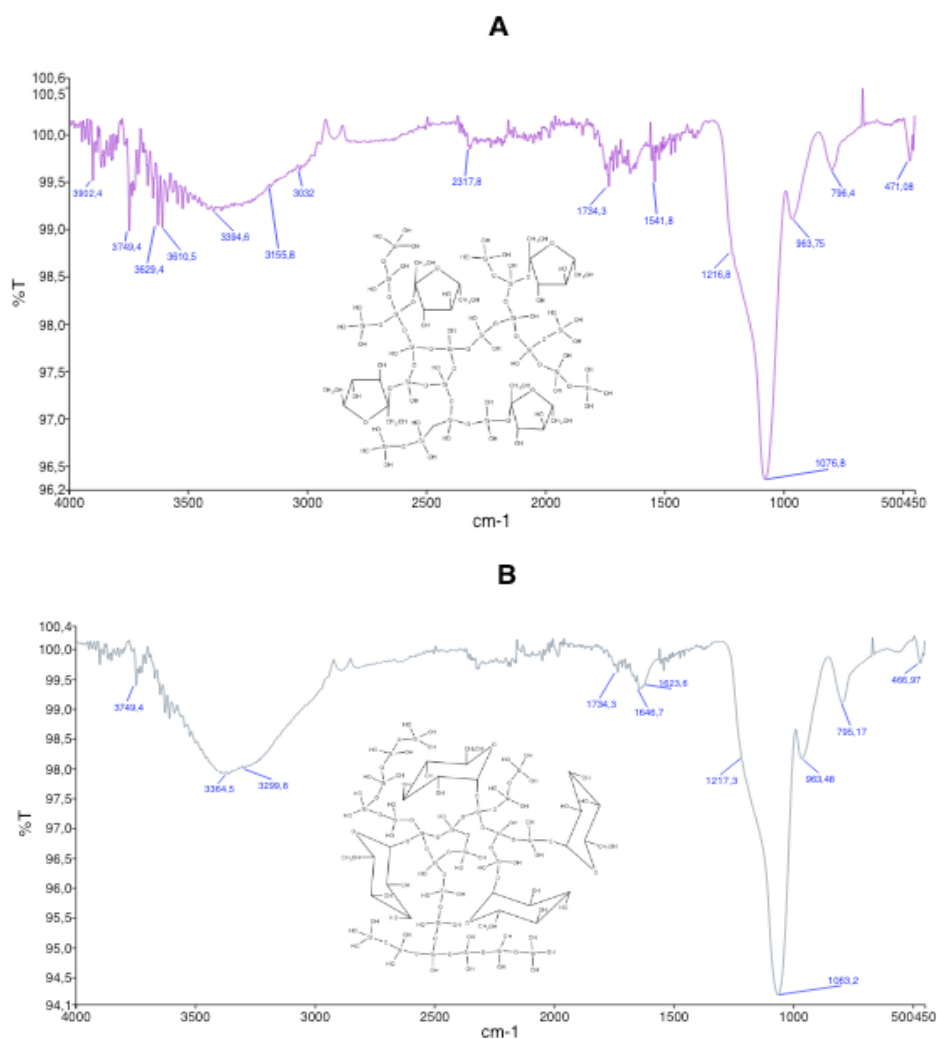
Monossacarídeo (precursor orgânico)	Quantidade de precursor orgânico (g)	
	1,0	0,5
<p>Glicose</p> <p>D-Glucose</p> <p>Glicose</p>	<p>Suporte GA</p>	<p>Suporte GB</p>





TABELA 1: Características físicas dos suportes sintetizados.

A caracterização dos suportes obtidos foi realizada através da espectroscopia do infravermelho acoplado a transformada de Fourier (FT-IR), na figura 2.



**FIGURA 2.** Espectros de infravermelho (FT-IR) dos materiais híbridos: A) Suporte FB (Frutose 0,5 g). B) Suporte GB (Glicose 0,5 g)

Em ambos os espectros da figura 2, suporte com frutose (FB) e suporte com glicose (GB), observa-se bandas atribuídas aos grupamentos hidroxila, estiramento (OH) em  $3394,6\text{ cm}^{-1}$  para o suporte com frutose e  $3364,5\text{ cm}^{-1}$  para o suporte com glicose. Observam-se também deformações axiais dos grupos CH ( $C_{sp^3} - H$ ) em torno de  $2900\text{ cm}^{-1}$  e as correspondentes deformações angulares em  $1216,8\text{ cm}^{-1}$  e  $1217,3$

cm<sup>-1</sup>, respectivamente para o suporte com frutose e o suporte com glicose. Em ambos os espectros notamos a presença da banda centrada em 1076,8 cm<sup>-1</sup> e 1063,2 cm<sup>-1</sup>, respectivamente para o suporte com frutose e o suporte com glicose, atribuída a estiramentos das ligações Si-O-Si do grupo siloxano.

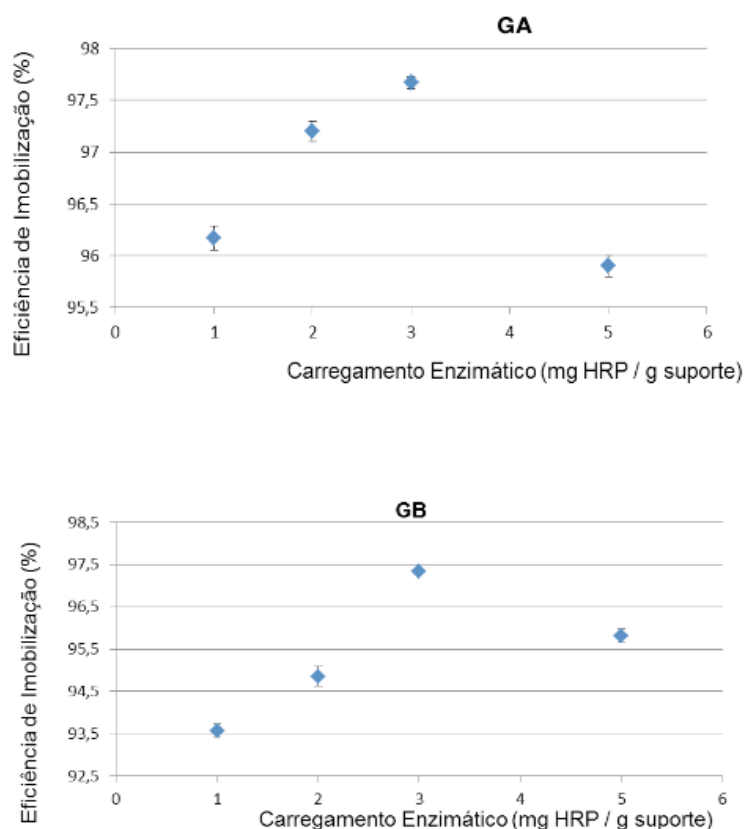
A quantificação do açúcar residual presente no filtrado foi realizado através do método Lane e Eynon, tabela 2.

Suporte	AO	% de Açúcar redutor	Massa de suporte obtida (g)
GA	Glicose (1,0 g)	64,7	1,86
FA	Frutose (1,0 g)	65,1	1,88
GB	Glicose (0,5 g)	50,2	1,86
FB	Frutose (0,5 g)	40,9	1,97

**TABELA 2.** Resultados obtidos na síntese dos suportes híbridos sílica-monossacarídeo.

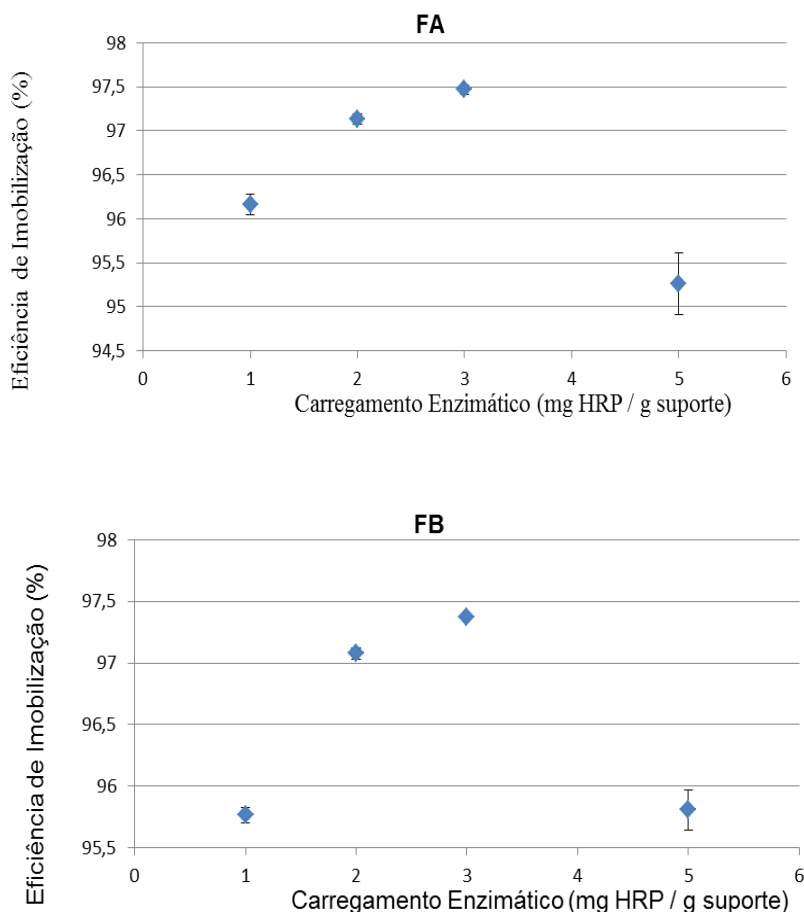
Na tabela 2 pode se observar a relação da massa de suporte obtida com a percentagem de monossacarídeo residual. A quantidade de aditivo orgânico não influencia na massa de suporte obtida, no entanto tem forte influencia na quantidade de monossacarídeo presente no suporte.

A RAP foi imobilizada por adsorção física (AF) nos suportes híbridos obtidos de silicato-monossacarídeo. O efeito do carregamento na imobilização de RAP (1 – 5 mg de HRP/g de suporte) em suporte híbrido por AF é mostrado nas Figuras 3 e 4.



**FIGURA 3.** Eficiência de imobilização no suporte GA e GB, respectivamente.

Pode-se observar, na figura 3, que o carregamento de 3 mg de HRP/g de suporte teve o máximo valor da eficiência de imobilização ( $GA = 97,66\%$  e  $GB = 97,34\%$ ). Houve redução da eficiência de imobilização no carregamento de 5 mg de HRP/g de suporte, devido provavelmente à saturação no suporte durante o processo de adsorção física.



**FIGURA 4.** Eficiência de imobilização no suporte FA e FB, respectivamente.

A figura 4 demonstra que o método de imobilização aplicado usando os suportes sintetizados utilizando a frutose como aditivo orgânico, apresentou comportamento diferente em relação ao outro suporte analisado. Houve aumento, relativamente pequeno, da eficiência de imobilização com o aumento no carregamento no intervalo de 1 a 3 mg de HRP/g de suporte, tendo o carregamento de 3 mg de HRP/g de suporte o valor máximo ( $FA = 97,46\%$  e  $FB = 97,37\%$ ).

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quantidade de aditivo orgânico utilizado na síntese do suporte híbrido influencia diretamente na quantidade de monossacarídeos presente no filtrado, contudo não influencia na quantidade de suporte obtida, desta forma, é possível usar menores quantidades de aditivos orgânicos, a fim de evitar a produção de volumes maiores de rejeitos. A eficiência de imobilização da enzima HRP no suporte híbrido mostrou-se

satisfatória. Os valores de eficiência mostraram-se crescentes até o limite de saturação do suporte. O carregamento de 3 mg de HRP/g suporte foi considerado ideal para imobilização do suporte em estudo.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ, a CAPES e a FAPESB.

A UEFS, a UESB e a UNIFACS.

À Toyobo pelo fornecimento da enzima.

## REFERÊNCIAS

ADAM, F.; APPATURI, J. N.; IQBAL, A. **The utilization of rice husk silica as a catalyst: Review and recent progress.** *Catalysis Today*, 190, p. 2 - 14, 2012.

CHAGAS, P. M. B. **Estabilidade catalítica da peroxidase de nabo na forma livre e imobilizada em esferas de quitosana.** Lavras. UFLA, 2014.

CAO, S; AITA, G.M. **Enzymatic hydrolysis and ethanol yields of combined surfactante and dilute ammonia treated sugarcane bagasse.** *Bioresource Technology*, 131, p. 357–364, 2013.

CHOUYYOK, W.; PANPRANOT, J.; THANACHAYANANT, C.; PRICHANONT, S. **Effects of pH and pore characters of mesoporoussilicas on horseradish peroxidase immobilization.** *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 56, p. 246 - 252, 2009.

HIRATA, T.; IZUMI, S.; OGURA, M.; YAWATA, T. **Epoxidation of styrenes with the peroxidase from the culture cells of *Nicotianatabacum*.** *Tetrahedron*, 54, p. 15993 -16003, 1998.

JESUS, M. A. C. L; **Imobilização da peroxidase de raiz forte (HRP) em suporte híbrido sílica-alginato e em amberlite IRA 67 impregnada com íons cobre: potencialidades do biocatalisador imobilizado na biodegradação do corante índigo carmim.** Tese de doutorado - Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, da Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana – BA. 2017.

QUEIROZ, M. L. B. **Imobilização de Peroxidase de raiz forte por adsorção física e ligação covalente em bagaço de cana de açúcar.** Dissertação de Mestrado - Biotecnologia Industrial. Aracaju - SE, 2014.

TAVARES, J. T. Q.; CARDOSO, R. L.; COSTA, J. A.; FADIGAS, F. S. F.; FONSECA, A. A. **Interferência do ácido ascórbico na determinação de açúcares redutores pelo método de Lane e Eynon.** *Quim. Nova*, Vol. 33, No. 4, 805-809, 2010.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Jorge González Aguilera:** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br)

**Alan Mario Zuffo:** Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-473-3

