

# COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

## ENGENHARIA QUÍMICA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021



COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA QUÍMICA**



**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes editoriais**

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da capa**

iStock

**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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
 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. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
 Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
 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. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
 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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
 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. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
 Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
 Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
 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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

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

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

## Coleção desafios das engenharias: engenharia química

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro

**Correção:** Maiara Ferreira

**Revisão:** Os autores

**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

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

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia química /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-226-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.262212307>

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel  
da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

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



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Química” constituído por dezessete capítulos de livros apresenta trabalhos das mais diversas áreas e que demonstram o quanto à área de Engenharia Química é interdisciplinar.

O primeiro trabalho avaliou a importância de se trabalhar em equipe por meio de projetos que contribuíra para um processo de ensino-aprendizagem mais significativo. No capítulo 2 e 3 são apresentados trabalhos sobre temáticas que geram muita discussão e resistência por parte da sociedade em aceitar: o potencial de contaminação dos cemitérios localizadas dentro do perímetro urbano da cidade e o tratamento de efluentes da indústria farmacêutica.

Os capítulos de 4 a 6 apresentam estudos que objetivam remover classes de contaminantes utilizando processos de adsorção tendo como adsorventes resíduos provenientes de garrafas PET e carvão ativado obtido a partir de ossos bovinos. Além disso, é apresentado um trabalho que avaliou a eficiência de um Processo Oxidativo Avançado ( $H_2O_2/UV$ ) para remoção do corante verde Malaquita. Já os capítulos 7 e 8 apresentam estudos que utilizam biomassa provenientes do caroço do abacate e da fibra da casca de coco verde com o intuito de melhorar o processo de inibição da corrosão do aço carbono e o galvanizado, aumentando sua durabilidade e reduzindo custos. O capítulo 9 apresenta a aplicação em processos biotecnológicos que visam o isolamento de fungos por intermédio de atividades enzimáticas a partir da utilização de casca de café.

Os capítulos de 10 a 13 apresentam trabalhos que buscaram avaliar a potencialidade de matérias-primas provenientes de fontes naturais para a obtenção de uréia a partir de biogás; obtenção de energia a partir de células combustíveis proveniente de micro-organismos; obtenção de briquetes a partir de co-produtos da agroindústria e caracterização de microplásticos encontrados em ecossistemas aquáticos. Já os capítulos de 14 a 17 tratam de temas bem diversificados: i) caracterização físico-química de briquetes a partir do tratamento térmico; ii) estudo comparativo do calor específico do leite provenientes de diferentes espécies de animais; iii) proposta de um método colorimétrico alternativo e de baixo custo para quantificação de glicose e iv) análise da intensidade do refino sobre as propriedades do papel de fibras de NSBK.

Neste sentido, a Atena Editora vem trabalhando e buscando cada vez mais a excelência em publicação de livros e capítulos de livros de acordo com os critérios estabelecidos e exigidos pela CAPES para obtenção do *Qualis* L1. Com o compromisso de colaborar e auxiliar na divulgação e disseminação de trabalhos acadêmicos provenientes das inúmeras instituições de ensino públicas e privadas do Brasil e de outros países com acesso gratuito em diferentes plataformas digitais.



## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1..... 1

#### A PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES DO TRABALHO EM EQUIPE NO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA NA FES ZARAGOZA

Ana Lilia Maldonado Arellano

María Esmeralda Bellido Castaños

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123071>

### CAPÍTULO 2..... 11

#### ANÁLISE DA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO E SOLO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL FREI EDGAR – JOAÇABA – SC

José Carlos Azzolini

Daniel Claudino de Mello


Fabiano Alexandre Nienov

Eduarda de Magalhães Dias Frinhani

Adriana Biasi Vanin

Analú Mantovani

Leonardo Henrique de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123072>

### CAPÍTULO 3..... 27

#### ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO DO TRATAMENTO VIA DIGESTÃO ANAERÓBIA DO LODO PROVENIENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Thalles de Assis Cardoso Gonçalves

Mário Luiz Pereira Souza

João Victor Silva Cardoso

Hugo Lopes Ferreira

Vitor Miller Lima Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123073>

### CAPÍTULO 4..... 39

#### ESTUDOS INICIAIS DO USO DE RESÍDUOS DE PET (POLITEREFTALATO DE ETILENO) COMO ADSORVENTE DO ÍON METÁLICO MANGANÊS (Mn<sup>2+</sup>) EM SOLUÇÕES AQUOSAS


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Vanessa Pires

Priscila Afonso Rodrigues de Sousa

Bruno Elias dos Santos Costa

Luciana Melo Coelho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123074>

### CAPÍTULO 5..... 51

#### ADSORÇÃO DO HORMÔNIO 17 $\beta$ -ESTRADIOL EM CARVÃO ATIVADO DE OSSO BOVINO

Ramiro Picoli Nippes

Paula Derksen Macruz  
Fernando Henrique da Silva  
Aline Domingues Gomes  
Patricia Lacchi da Silva  
Camila Pereira Giroto  
Mauricio Khenafes  
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123075>

## **CAPÍTULO 6..... 60**

### **AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> NA DESCOLORAÇÃO DO CORANTE VERDE DE MALAQUITA**


Nayra Fernandes Santos  
Ana Beatriz Neves Brito  
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123076>

## **CAPÍTULO 7..... 71**

### **AVALIAÇÃO DO PÓ DA FIBRA DA CASCA DE COCO VERDE COMO INIBIDOR DE CORROSÃO NATURAL DO AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO**


Stéfany Saraiva Viana  
Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves  
Lhaira Souza Barreto  
Miriam Sanae Tokumoto  
Fernando Cotting  
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123077>

## **CAPÍTULO 8..... 83**

### **APLICAÇÃO DE FILMES DE SILANO VS/GPTMS MODIFICADOS COM O CAROÇO DO ABACATE PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO**

Luís Gustavo Costa Nimo Santos  
Nayara Maria Santos de Almeida  
Franco Dani Rico Amado  
Fernando Cotting  
Isabella Pacifico Aquino  
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123078>

## **CAPÍTULO 9..... 94**

### **ISOLAMENTO DE FUNGOS COM ATIVIDADES ENZIMÁTICAS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO A PARTIR DA CASCA DE CAFÉ**

Flaviana Pena Natividade  
Boutros Sarrouh

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123079>

**CAPÍTULO 10..... 112**


**TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EMPREGADAS EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS BRASILEIROS**

Maurício Zimmer Ferreira Arlindo

Andressa Rossatto

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogradowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230710>

**CAPÍTULO 11 ..... 118**

**PIRÓLISE SUAVE DE BRIQUETES DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS**


Amanda de Araújo Drago

Victória Oliveira Diaz de Lima

Débora Hungaro Micheletti

Aline Bavaresco dos Santos

Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230711>

**CAPÍTULO 12..... 126**

**OBTENÇÃO DE UREIA A PARTIR DE BIOGÁS: BALANÇOS MATERIAIS E ENERGÉTICOS**

Daniela de Araújo Sampaio

Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão

Jeferson Marcos Silva Moraes

Ana Paula Machado Pereira


Antônio Carlos Duarte Ricciotti

Viviane Barrozo da Silva

Hebert Sancho Linhares Garcez Militão

Diogo Kesley Oliveira de Menezes

Avner Vianna Gusmão Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230712>

**CAPÍTULO 13..... 140**

**INTEGRAÇÃO DE SISTEMA DE ELUTRIAÇÃO EM CÉLULA COMBUSTÍVEL MICROBIOLÓGICA PARA ALIMENTAÇÃO CONTÍNUA DE MATÉRIA ORGÂNICA E GERAÇÃO DE ENERGIA**

Ricardo Pereira Branco

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogradowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230713>

**CAPÍTULO 14..... 144**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE BRIQUETES DE GUANDU SUBMETIDOS A TRATAMENTO TÉRMICO**

Victória Oliveira Diaz de Lima


Débora Hungaro Micheletti

Matheus de Paula Gonçalves

Fernanda Bach Gasparin



Bruno Aldo de Moura Nekel Ribeiro  
Aline Bavaresco dos Santos  
Valdir Luiz Guerini  
Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230714>

**CAPÍTULO 15..... 152**

**ESTUDO COMPARATIVO DO CALOR ESPECÍFICO DE LEITE DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS: INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E DA TEMPERATURA**

Halissom Clever Sanches  
Rodrigo Rodrigues Evangelista  
Marcio Augusto Ribeiro Sanches  
André Luiz Borges Machado  
Ana Lúcia Barretto Penna  
Javier Telis Romero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230715>

**CAPÍTULO 16..... 169**

**DETERMINAÇÃO COLORIMÉTRICA DE GLICOSE ATRAVÉS DA FORMAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE OURO SOBRE PAPEL**


Jacqueline Arguello da Silva  
Bernardo Brito Vacaro  
Vladimir Lavayen  
Thágor Moreira Klein  
Manoelly Oliveira Rocha  
Vanessa Cezar Ribas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230716>

**CAPÍTULO 17..... 181**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE DO REFINO TIPO PFI NAS PROPRIEDADES DO PAPEL DE FIBRAS DE *NORTHERN BLEACHED SOFTWOOD KRAFT* (NBSK)**

Gustavo Batista  
Rajnish Kumar  
Franklin Zambrano  
Hasan Jameel  
Ronalds Gonzalez  
Antonio José Gonçalves da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230717>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 187**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 188**

## ISOLAMENTO DE FUNGOS COM ATIVIDADES ENZIMÁTICAS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO A PARTIR DA CASCA DE CAFÉ

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 26/05/2021

### Flaviana Pena Natividade

Departamento de Engenharia Química e Estatística. Universidade Federal de São João Del Rei. Campus Alto Paraopeba - C.A.P  
<http://lattes.cnpq.br/6883454195750528>

### Boutros Sarrouh

Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos. Universidade Federal de São João Del Rei  
Campus Alto Paraopeba  
<http://lattes.cnpq.br/7204534064025448>

**RESUMO:** Substratos naturais, como exemplo a casca de café, são resíduos lignocelulósicos abundantes que constituem matéria-prima de grande potencial para bioconversão em outros produtos de alto valor. A degradação desses materiais renováveis pode ser promovida por ação de fungos produtores de enzimas lignocelulolíticas cujo isolamento pode ser feito a partir da própria casca de café. O objetivo deste trabalho foi o isolamento, a seleção e identificação de fungos a partir da casca de café. Além disso, foram avaliadas qualitativamente a atividade enzimática da tanase, celulase e fenoloxidase dos isolados. De acordo com os resultados, foram obtidas seis cepas de fungos diferentes, denominados: FF1-CC, FF2-CC, FF3-CC, FF4-CC, FF5-CC e FF6-CC. Em relação à avaliação da atividade enzimática da

tanase observou-se que, 66,7% dos isolados apresentaram formação de halo, indicando a expressão extracelular da mesma. No caso da atividade celulítica, 50% dos fungos foram capazes de produzir halo de hidrólise e 33% degradaram a Carboximetilcelulose (CMC), sem a formação de halo, indicando atividade enzimática intracelular. No teste da fenoloxidase apenas o isolado FF6-CC apresentou formação de halo e, conseqüentemente, a produção da enzima. Os maiores valores de Índice Enzimático (IE) detectados nos testes foram referentes ao isolado FF6-CC. Esses resultados evidenciam o potencial uso deste fungo em processos biotecnológicos. Posteriormente, realizou-se a identificação preliminar dos gêneros dos fungos isolados (FF1-CC, FF2-CC, FF3-CC, FF4-CC, FF5-CC e FF6-CC) e estes foram classificados como pertencentes aos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* e *Cladosporium*, respectivamente.

**PALAVRAS - CHAVE:** Casca de café, isolamento de microrganismos, atividade enzimática, identificação bioquímica.

### ISOLATION OF FUNGI WITH ENZYMATIC ACTIVITIES OF BIOTECHNOLOGICAL INTEREST FROM COFFEE HUSK

**ABSTRACT:** Natural substrates, such as coffee husk, are abundant lignocellulosic residues that constitute a raw material with great potential for bioconversion into other high-value products. The degradation of these renewable materials can be promoted by the action of fungi that produce lignocellulolytic enzymes whose isolation can be done from the coffee husk itself. The objective

of this work was the isolation, selection and identification of fungi from the coffee husk. In addition, the enzymatic activity of the tannins, cellulase and phenoloxidase of the isolates was qualitatively evaluated. According to the results, six different fungi strains were obtained, named: FF1-CC, FF2-CC, FF3-CC, FF4-CC, FF5-CC and FF6-CC. Regarding the evaluation of the enzyme activity of the tanase, it was observed that 66.7% of the isolates had a halo formation, indicating its extracellular expression. In the case of cellulite activity, 50% of the fungi were able to produce a hydrolysis halo and 33% degraded Carboxymethylcellulose (CMC), without the formation of a halo, indicating intracellular enzymatic activity. In the phenoloxidase test, only the FF6-CC isolate showed halo formation and, consequently, the enzyme production. The highest values of Enzyme Index (EI) detected in the tests were related to the isolated FF6-CC. These results show the potential use of this fungus in biotechnological processes. Subsequently, preliminary identification of the genera of the isolated fungi (FF1-CC, FF2-CC, FF3-CC, FF4-CC, FF5-CC and FF6-CC) was carried out and these were classified as belonging to the genera *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* and *Cladosporium*, respectively.

**KEYWORDS:** Coffee husk, microorganism isolation, enzymatic activity, biochemical identification.

## INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, uma área muito importante para a humanidade vem sendo desenvolvida, especialmente quando usada na agricultura, ciência dos alimentos e medicina. A esta área dá-se o nome de Biotecnologia. Há atualmente diversas definições para tal, e comum a todas elas define-se biotecnologia como o uso de organismos vivos ou parte deles, para a produção de bens e serviços (CASTRO, 2012).

Junto a tais definições se encontram um conjunto de atividades que o homem desenvolve já há milhares de anos tais como a produção de alimentos fermentáveis como pão, cerveja e vinho (CASTRO, 2012). Tais processos são denominados processos biotecnológicos ou simplesmente bioprocessos e têm conquistado a cada dia uma maior aceitação na área industrial, uma vez que, conferem às indústrias vantagens tanto econômicas quanto operacionais, em relação aos processos químicos convencionais.

Uma ampla gama de metabólitos como enzimas, ácidos orgânicos e antibióticos são de interesse industrial e dentre estes destacam-se as enzimas como ativos funcionais e inovadores, capazes de atuar em substituição a compostos sintéticos e contribuir para a produção de processos que sejam menos agressivos ao meio ambiente devido a sua biodegradabilidade.

Tradicionalmente, as enzimas mais estudadas são aquelas de origem animal ou vegetal, contudo as de origem microbiana apresentam grande potencial para a aplicação industrial, uma vez que podem ser produzidas em larga escala, via fermentações. Contudo a produção de tais metabólitos exigem o isolamento e identificação de micro-organismos capazes de produzir de forma eficiente o bioproduto de interesse.

Substratos naturais, como por exemplo, a casca de café, são resíduos abundantes no Brasil que constituem matéria-prima de grande potencial para bioconversão em outros produtos de alto valor. Os próprios materiais a serem utilizados como substratos, permitem o isolamento e a seleção de linhagens com maiores probabilidades de produção dos biocatalisadores de interesse.

## O FRUTO CAFEEIRO

A planta do café é um arbusto que pertence à família botânica Rubiaceae, que inclui aproximadamente seis mil espécies e 500 gêneros. As principais espécies cultivadas são a *Coffea Arabica* (café arábica) e a *Coffea Canephora* (café robusta) (BAGGIO, 2006; TAGLIARI, 2003).

As espécies *Coffea Arabica* se desenvolvem melhor em clima temperado, média anual de temperatura entre 18,5 e 21,5°C, e elevadas altitudes (superiores a 1000 metros), produz grãos de qualidade superior, que propiciam um café fino de sabor e aroma apreciados em todo o mundo. Por outro lado, as espécies *Coffea Canephora* crescem em altitudes inferiores, possuem lavouras mais produtivas e resistentes a doenças. No entanto, quando comparadas a Arábica, a qualidade dos grãos é inferior (MORAES, 2006).

O fruto do cafeeiro, também chamado de cereja, é uma drupa carnosa de forma globular, e aloja em seu interior duas sementes denominadas grãos chatos. O café apresenta coloração verde antes de amadurecer, vermelha, amarela ou laranja quando maduros, tornando-se negros depois de seco, quando recebem o nome de “café em coco” (RIBEIRO, 2009; DALVI, 2011).

O fruto é formado pelo pericarpo, que é dividido em exocarpo, mesocarpo e endocarpo, como ilustrado na Figura 1.

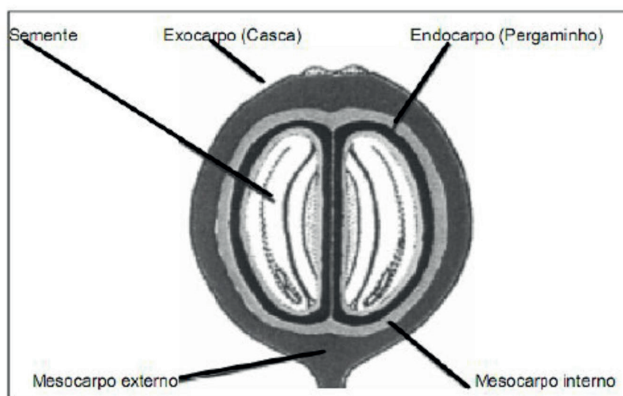


Figura 1- Corte longitudinal de um grão de café (LIMA, 2006 ).

O exocarpo ou casca é a camada mais externa do fruto, abaixo dela se localiza o mesocarpo e internamente se encontra o endocarpo que envolve a semente (DALVI, 2011).

O mesocarpo pode ser dividido em mesocarpo externo e interno. O mesocarpo externo ou polpa é composto por água, proteína, fibras, material mineral e extrato livre de nitrogênio englobando açúcares redutores e não-redutores, substâncias pécicas, taninos, cafeína, entre outros (HALAL, 2008). O mesocarpo externo ou mucilagem encontra-se aderida ao pergaminho sendo composta por água, pectinas, açúcares e ácidos orgânicos (BAGGIO, 2006; HALAL, 2008).

O endocarpo é uma membrana dupla que reveste os grãos e os preserva até a germinação. A primeira membrana, conhecida como pergaminho é uma película resistente e apresenta coloração marrom clara; a segunda é a espermodermis que se adere ao grão, possui coloração prateada e é mais fina que a anterior (TAGLIARI, 2003; RIBEIRO, 2009).

As sementes são oblongas, plano convexa, elíptica ou oval, e seu endosperma é córneo (resistente), apresentando-se esverdeado no arábica e mais claro no canéfora. O grão é revestido pela espermodermis, denominada testa (RIBEIRO, 2009).

A composição química dos grãos de café é influenciada pela espécie, variedade, local de cultivo, métodos de colheita, armazenamento e outros fatores que consequentemente irão determinar a qualidade final da bebida (ANDRADE, 2009). Os principais constituintes químicos do grão de café arábica cru estão apresentados na tabela 1.

Componentes	Teor presente no grão (%)
Água	8 – 12
Proteínas	9 -16
Minerais	2,5 – 4,5
Lípídeos	10 – 18
Carboidratos	20 – 25
Sólidos Solúveis	24 – 31
Açúcares Totais	5 – 10
Ácidos clorogênicos	2 – 8,4
Cafeína	0,6 – 1,5
Potássio	1,35 – 1,88

Fonte: PRETE ( 1992)

**Tabela 1** – Composição da casca e da polpa de café em porcentagem (%) de peso seco.

A cafeicultura é uma atividade agroindustrial de extrema importância no Brasil. No ano de 2012 o país se manteve na posição de maior produtor e exportador mundial de café. Neste ano, a safra alcançou o número recorde de 50,83 milhões de sacas de 60 kg. Minas Gerais contribuiu com grande parte desta produção, representando 53% de todo o café produzido no país (MAPA, 2013).

O processamento do café por via seca, modo de preparo de uso majoritário no país, gera aproximadamente 40% de casca (PANDEY et al., 2000). Logo, é possível presumir a quantidade elevada desse resíduo que é gerada, ao se observar o volume de produção atual de café no país (MAPA, 2013).

A casca de café é um resíduo rico em diferentes biomoléculas, sendo constituída predominantemente por carboidratos (celulose e hemicelulose), seguido de pectinas e proteínas respectivamente (Tabela 2).

<b>Componente</b>	<b>% peso seco</b>
Carboidratos	57,8
Proteínas	9,2
Lípideos	2,0
Cafeína	1,3
Taninos	4,5
Pectinas	12,4

Adaptada SOCCOL 2000.

**Tabela 2** - Composição da casca de café (% peso seco)

Segundo Soccol (2000) a composição percentual dos constituintes da casca também podem sofrer alterações, dependendo do processamento, variedade cultivar e condições de cultivo.

Os usos alternativos para este resíduo incluem: a queima para geração de energia, suplementação de rações animais, cobertura de solo destinado ao plantio, entre outros (RATHINAVELU; GRAZIOSI, 2005). Tradicionalmente, apenas uma pequena parte da casca é utilizada para esses fins. O acúmulo excessivo de cascas de café no ambiente podem ocasionar sérios problemas ambientais (BAGGIO, 2006). Uma forma de agregar valor ao resíduo e minimizar impactos ambientais é a utilização da casca para a produção de biomoléculas comerciais, tais como: enzimas, ácidos orgânicos, hormônio vegetal, compostos aromáticos e biocombustíveis (PANDEY, et al., 2000). Diante deste contexto, estes resíduos, abundantes no país, despertam grande interesse para seu uso em diversas linhas de pesquisas.

Diversos estudos estão sendo desenvolvidos utilizando os subprodutos da indústria de café, contudo diversas áreas ainda podem ser exploradas. Uma vertente promissora é o isolamento de linhagens fúngicas produtoras de enzimas de interesse biotecnológico, o qual será abordado ao longo do presente trabalho.

## FUNGOS FILAMENTOSOS

Os fungos filamentosos são micro-organismos multicelulares, eucarióticos, quimioheterotróficos, ou seja, necessitam de substâncias orgânicas como fonte de energia e carbono, e possuem metabolismo basicamente aeróbio em sua maioria. Estes seres desempenham papel fundamental na cadeia alimentar, uma vez que são capazes de reciclar elementos vitais e decompor as partes duras das plantas, através do uso de enzimas extracelulares. Os fungos multicelulares são passíveis de identificação considerando-se tanto características morfológicas macroscópicas, como a aparência física de suas colônias, quanto microscópicas, incluindo as estruturas reprodutivas (TORTORA et al., 2012).

Para o estudo detalhado dos fungos presentes na casca do café, o isolamento, estudo e a identificação dos mesmos são de fundamental importância.

Os micro-organismos predominantemente encontrados nos grãos de café em coco pertencem aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Colletotrichum* e *Cladosporium*. Alguns trabalhos citam, ainda, a presença de fungos dos gêneros *Rhizopus* sp, *Alternaria* sp, *Phoma* e *Mucor* (BEUX; SOCCOL, 2004; BOZZA et al., 2009; CUNHA et al., 2013; FERREIRA, 2010; MARTINS et al., 2001; SIMÕES, 2009).

Fungos do gênero *Aspergillus* constituem um grupo de fungos filamentosos hialinos de crescimento rápido comumente encontrado no solo. Apresentam colônias granulosas, em geral amarelas, verde-amareladas, castanho-amareladas ou verdes e uma banda periférica branca. Microscopicamente são caracterizados pela produção de hifas septadas hialinas e uniformes. Os conídios podem ser observados em um corpo de frutificação especializado que consiste de uma dilatação vesicular na extremidade do conidióforo. A diferenciação das espécies de *Aspergillus* é feita observando-se o comprimento e a largura dos conidióforos, o tamanho e o contorno da vesícula, e a cor, tamanho e comprimento das cadeias de conídios (KONEMAN et al., 2001).

As colônias de *Penicillium* usualmente apresentam aspecto granuloso, pregas radiais e diversas tonalidades de verde, apesar de algumas variantes amarelas e marrom-amareladas terem sido encontradas. Em geral, pode ser observada uma faixa branca estreita na margem de crescimento externo da colônia. Espécies de *Penicillium* observadas ao microscópio apresentam pequenos conídios esféricos dispostos em longas cadeias a partir das extremidades das fíalides (KONEMAN et al., 2001).

Espécies do gênero *Fusarium* apresentam colônias granulosas ou cotonosas, geralmente de cor rosa-avermelhada, lavanda, púrpura, branca ou amarela (KONEMAN et al., 2001). Possuem micélio e conidióforos hialinos podendo apresentar ramificações que terminam em tufo, e que originam dois tipos de conídios: os microconídios e os macroconídios. Microconídeos são produzidos em cadeias, ou isoladamente formando “cabeças”, e não apresentam septos. Ao contrário, os macroconídios são grandes, pontiagudos, falciformes, e possuem um ou mais septos transversais. Os clamidósporos

são outros tipos de estruturas de resistência muito comuns nos fungos deste gênero. Estes são formados a partir de células preexistentes de hifas que sofrem espessamento e aumento (KONEMAM et al., 2001; TORTORA et al., 2012).

As cepas de *Cladosporium* apresentam micélio bastante denso de superfície acamurçada, verde-escuras, cinzas, marrom-acinzentadas ou negro-amarronzadas, com pregas irregulares (KONEMAM et al., 2001). Em preparações microscópicas se observam os conídios de *Cladosporium* sp com forma e tamanho variados, escuros, globosos, com ou sem septos, formando longas cadeias ramificadas (MAPA, 2009).

Fungos dos gêneros *Rhizopus* e *Mucor* apresentam crescimento rápido sobre toda a superfície da placa, formando colônia lanosa, branco-acinzentada, marrom ou marrom-acinzentada, sem borda definida (KONEMAM et al., 2001) .

Ao microscópio distinguem-se duas estruturas características destes fungos: a columela, estrutura entumecida, localizada na extremidade de esporangióforos ramificados; e os rizoides que são estruturas similares a raízes. Os rizoides de *Rhizopus* sp. são espessos e pontiagudos, suas columelas colapsam quando maduras, adquirindo a forma de guarda-chuva curvado; e em geral, seu esporangióforo é único com ramificação ocasional. Diferentemente, as espécies de *Mucor* não produzem rizóide, seus esporangióforos podem ser únicos, mas tendem a ramificar-se, seu esporângio se desintegra quando maduro liberando muitos esporangiósporos (KONEMAM et al., 2001).

Dentro deste contexto, a bioprospecção de fungos filamentosos a partir da casca de café apresenta-se como uma perspectiva de suma importância, uma vez que as cepas isoladas poderão produzir enzimas com potencial aplicação em diversos processos biotecnológicos voltados para a indústria alimentícia, química e de biocombustíveis. Dentre as enzimas de interesse industrial que são produzidas por fungos filamentosos e avaliadas neste trabalho, estão as celulases, tanases e fenoloxidasas.

## ENZIMAS

### Celulases

As celulases são um complexo de enzimas que atuam em sinergia para a hidrólise de substratos celulósicos, gerando açúcares fermentescíveis. Essas enzimas podem ser classificadas como endoglucanases, exoglucanases e  $\beta$ -glicosidases. (CASTRO; PEREIRA JÚNIOR, 2010). As endoglucanases atuam no meio da cadeia da celulose, enquanto as exoglucanases atuam nas extremidades e as  $\beta$ -glicosidases atuam na celobiose, dímero formado por duas moléculas de glicose (HARGREAVES, 2008). As celulases têm grande importância na biotecnologia. Estas enzimas são aplicadas na indústria têxtil a fim de melhorar o acabamento dos tecidos. No setor de bebidas elas facilitam a extração de sucos, uma vez que estas enzimas rompem a rede de celulose que retém o líquido nas células



vegetais. Na vinicultura as celulasas auxiliam na extração de pigmentos e substâncias aromatizantes presentes na casca da uva. As celulasas podem também ser incorporadas à ração animal com o intuito de aumentar a digestibilidade das fibras vegetais pelos ruminantes e monogástricos (ROCHA, 2011; KUHAD, GUPTA e SINGH, 2011). Uma das mais relevantes aplicações das celulasas é a produção de biocombustíveis de segunda geração e bioprodutos.

## **Tanases**

A tanase hidrolisa ésteres e ligações laterais de taninos hidrolisáveis formando ácido gálico e glicose (GONÇALVES, 2010; MACEDO; MATSUDA; BATTESTIN, 2005). Esta enzima possui aplicação na indústria de alimentos, por exemplo, na eliminação de complexos de polifenóis poliméricos que se formam em chás instantâneos quando a bebida atinge temperaturas inferiores a 4°C. (BATTESTIN; MATSUDA; MACEDO, 2004). A enzima também tem importância no tratamento de efluentes do processamento de couro, ricos em taninos e polifenóis (GONÇALVES, 2010), para a eliminação de taninos em rações animais (PINTO et al., 2005) e, principalmente, para a produção de ácido gálico a partir de compostos ricos em taninos, que é aplicado na fabricação de agentes antibacterianos e antioxidantes (GONÇALVES, 2010; PINTO et al., 2005).

## **Fenoloxidasas**

As fenoloxidasas são metaloenzimas que catalisam a oxidação de compostos aromáticos pelo oxigênio molecular reduzindo-o a água (CONCEIÇÃO et al., 2005). Estas enzimas podem ser utilizadas na degradação da lignina de resíduos lignocelulósicos para a produção de etanol de segunda geração e também no tratamento de efluentes e biorremediação. As Fenoloxidasas podem ser divididas em duas subclasses: tirosinases e lacases (CONCEIÇÃO et al., 2005).

A Lacase é uma metaloenzima que promove a oxidação de resíduos fenólicos da lignina pela formação de radicais livres, em paralelo com a redução de O<sub>2</sub> para H<sub>2</sub>O. (NIGAM; PANDEY, 2009). A enzima tirosinase ou polifenoloxidase encontra-se presente em vários seres vivos e atua sobre grupamentos fenólicos utilizando apenas o oxigênio molecular. Esta enzima catalisa duas reações distintas: a orto-hidroxilação de monofenóis a catecóis e a desidrogenação dos catecóis a orto-quinonas. Como as quinonas são instáveis em solução aquosa, sofrem polimerização não-enzimática através de reações oxidativas nucleofílicas. O produto desta polimerização é uma massa amorfa de coloração escura que dependendo do substrato empregado na reação, precipita após algumas horas podendo ser recolhida (SILVA, 2010; ROSATTO, 2001). Devido a estas características estas enzimas podem ser aplicadas no tratamento de efluentes diversos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Isolamento e cultivo de fungos a partir da casca de café

Para o isolamento dos fungos, dois frutos de café em coco foram homogeneizados com 10 mL de solução salina 0,85%. A partir desta realizou-se diluições decimais de  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ . Retirou-se 100µL de cada diluição e estes foram transferidos para placas de petri contendo meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA). As placas foram incubadas por 7 dias a 28°C. Após o crescimento dos fungos, os fungos que apresentavam colônias mais separadas, foram selecionados, isolados e posteriormente repicados em placas de petri contendo meio BDA.

### Avaliação da atividade enzimática dos fungos isolados

#### *Tanase*

Para avaliar a atividade da tanase, os fungos foram inoculados em meio sintético enriquecido com 1% ácido tânico, composto por:  $\text{NaNO}_3$ : 3,0 g.L<sup>-1</sup>;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ : 1 g.L<sup>-1</sup>;  $\text{MgSO}_4$ : 0,5 g.L<sup>-1</sup>;  $\text{KCl}$ : 0,5 g.L<sup>-1</sup>;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ : 10,0 mg.L<sup>-1</sup>; ácido tânico: 10,0 g.L<sup>-1</sup>; ágar: 30,0 g.L<sup>-1</sup>, por 5 dias a 28°C. Após este período mediu-se o diâmetro dos halos castanhos formados em volta das colônias, que indicam a degradação do ácido tânico (NAIEM, NADAF, GHOSH, 2011). Todos os ensaios foram realizados em duplicata.

#### *Celulase*

Para realizar a avaliação qualitativa da atividade da celulase, os fungos isolados foram transferidos com o auxílio de uma alça para o meio sintético Carboximetilcelulose (CMC 1%), composto por:  $\text{NaNO}_3$ : 3,0 g.L<sup>-1</sup>;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ : 1 g.L<sup>-1</sup>;  $\text{MgSO}_4$ : 0,5 g.L<sup>-1</sup>;  $\text{KCl}$ : 0,5 g.L<sup>-1</sup>;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ : 10,0 mg.L<sup>-1</sup>; CMC: 10,0 g.L<sup>-1</sup>; Ágar: 20,0 g.L<sup>-1</sup> (BORTOLAZZO, 2011). Os isolados foram incubados por 5 dias a 28°C.

Para a visualização do halo de hidrólise, a superfície da placa foi coberta com Lugol por 5 minutos (KASANA et al; 2008), em seguida aferiu-se o diâmetro dos halos translúcidos com auxílio de um paquímetro que indicam a atividade da celulase. Todos os ensaios foram realizados em duplicata.

#### *Fenoloxidase*

Para avaliar a produção da enzima fenoloxidase, os fungos isolados foram incubados em meio ágar malte acrescido de 0,5% de ácido gálico, composto por: ágar malte: 30 g.L<sup>-1</sup>; ácido gálico: 5 g.L<sup>-1</sup>; ágar: 30 g.L<sup>-1</sup>, durante 5 dias a 28°C. Decorrido este período, mediu-se o diâmetro dos halos de cor âmbar formados em volta da colônia, que comprovam a ação da fenoloxidase (CONCEIÇÃO et al., 2005). Todos os ensaios foram realizados em duplicata.

## Determinação do Índice Enzimático (IE)

Para a determinação enzimática extracelular por difusão radial em meio sólido, avaliou-se a relação direta entre o diâmetro médio do halo de degradação e o diâmetro médio da colônia expressa como índice enzimático (IE), conforme a Equação 1. Segundo Lealem e Gashe (1994) para considerar um micro-organismo bom produtor de enzimas extracelular o índice enzimático deve ser maior ou igual a 2.

$$IE = \frac{\phi_h}{\phi_c}$$

Sendo:

$\phi_c$  : Diâmetro médio da colônia (cm);

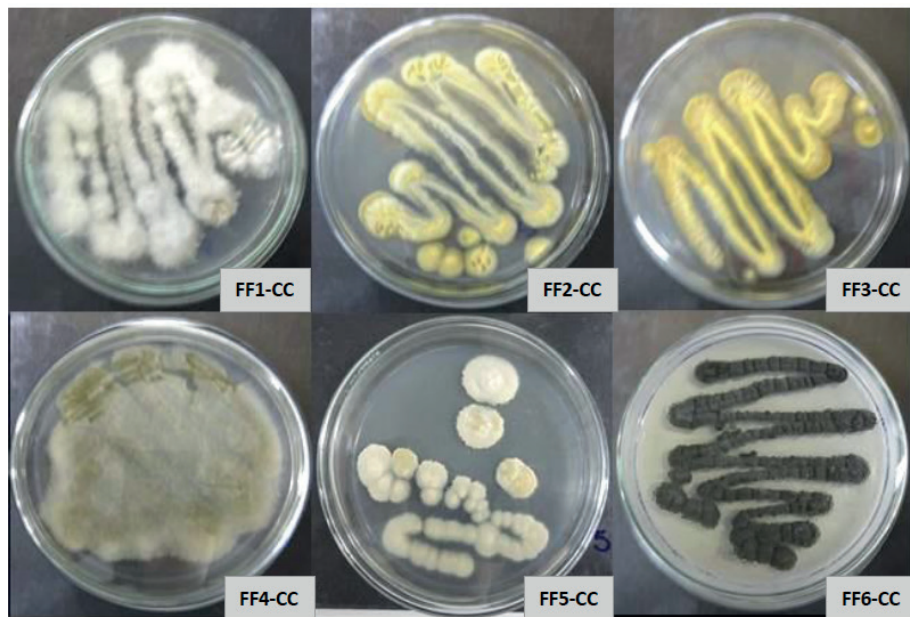
$\phi_h$  : Diâmetro médio do halo (cm).

## Identificação morfológica dos fungos isolados

Para a identificação dos gêneros fúngicos, realizou-se a técnica de microcultivo. Foram utilizadas placas de petri esterilizadas, contendo em seu interior um pedaço de algodão umidificado com água destilada estéril e uma lâmina suspensa por dois palitos. Um cubo de aproximadamente 1 cm<sup>3</sup> de meio de cultura BDA foi cortado e colocado sobre a lâmina contida no interior da placa. Em seguida inoculou-se o fungo nas bordas do ágar e sobre este foi colocada uma lamínula esterilizada. A placa foi incubada por 10 dias a 28°C. Após o período de incubação, inativou-se a esporulação, adicionando 1 mL de formol ao algodão estéril contido no interior da placa e a vedou com fita adesiva durante 48h. O vapor de formol, além de inativar o fungo, auxilia na fixação das estruturas microscópicas. Após o tempo determinado, a lamínula foi retirada e colocada sobre outra lâmina limpa contendo uma gota de azul de metileno (MORAES; PAES; HOLANDA, 2009). As lâminas preparadas foram observada em microscópio óptico (Marca:Nova Optical Systems; modelo: Nova(180iPI)), através da objetiva de 4 que propicia um aumento de 400 vezes. Fotos dos isolados foram tiradas com uma câmera fotográfica digital (Marca: Sony, modelo: DSC-WX100), para melhor visualização das estruturas e comparação com a literatura.

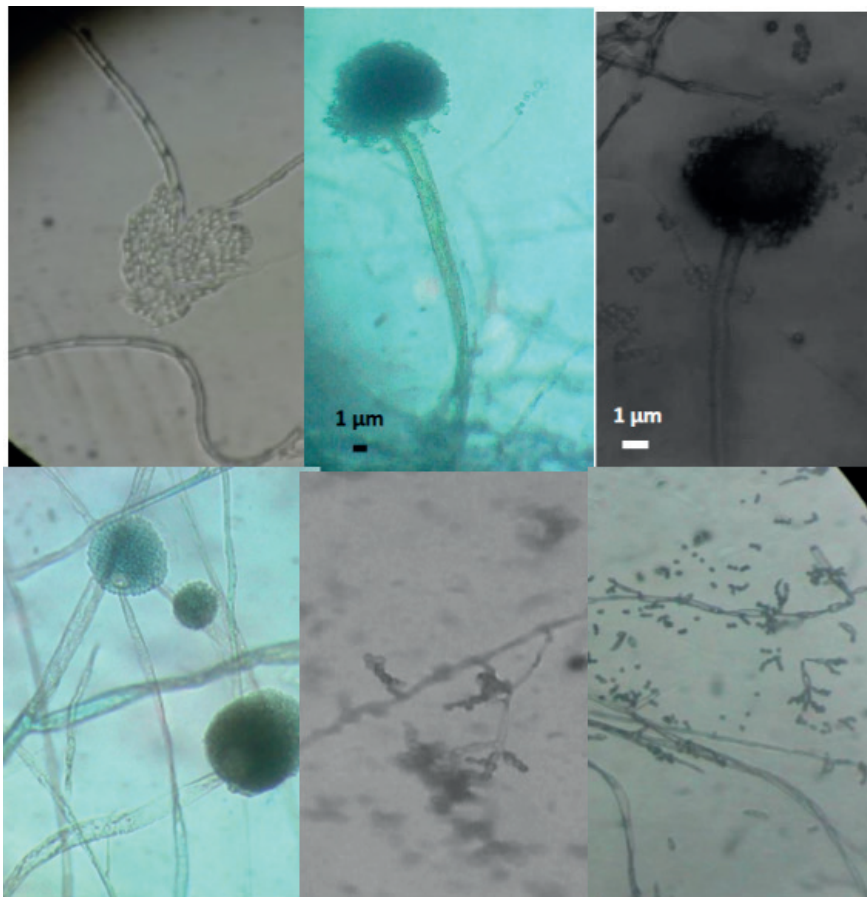
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado o isolamento de seis fungos a partir da casca de café, denominados fungos FF1-CC, FF2-CC, FF3-CC, FF4-CC, FF5-CC e FF6-CC, como apresentado na Figura 2.



**Figura 2-** Cepas de fungos isolados da casca de café após sete dias de crescimento meio BDA.

Foi feita então uma análise preliminar a partir das características macroscópicas e microscópicas dos fungos isolados. Na avaliação morfológica microscópica do isolado FF1-CC observou-se a existência de falsas cabeças de macroconídios formadas na extremidade dos conidióforos, conforme mostrado na Figura 3. Estes microconídios são predominantemente unicelulares e possuem forma oval. Na análise macroscópica, as colônias do isolado apresenta aspecto cotonoso de coloração branca, Figura 2. Conforme (KONEMAN et al., 2001)., tais características indicam que este isolado pertence ao gênero *Fusarium*.



**Figura 3-** Visualização microscópica dos isolados, sendo: FF1CC: *Fusarium* ; FF2CC: *Aspergillus* ; FF3CC: *Aspergillus* ; FF4CC: *Mucor* ; FF5CC: *Penicillium* ; FF6CC: *Cladosporium* (aumento de 400X).

Segundo (KONEMAN et al., 2001) o gênero *Aspergillus* apresenta colônias de aspecto granuloso granuloso de coloração amarelada. Microscopicamente, estes fungos apresentaram hifas longas, possuindo em uma das suas extremidades conidióforas com fiálides salientes em todas as direções (Figura 3), devido estas características, os fungos FF2-CC e FF3-CC são considerados pertencentes ao gênero *Aspergillus*.

O isolado FF4-CC apresentou colônia lanosa de coloração branco- acinzentada. Após uma análise microscópica observou-se que, o isolado possui hifas eretas e ramificadas, columela com esporângio terminal de coloração negra e ausência de rizoides. Desta forma, este isolado foi considerado pertencente ao gênero *Mucor*.

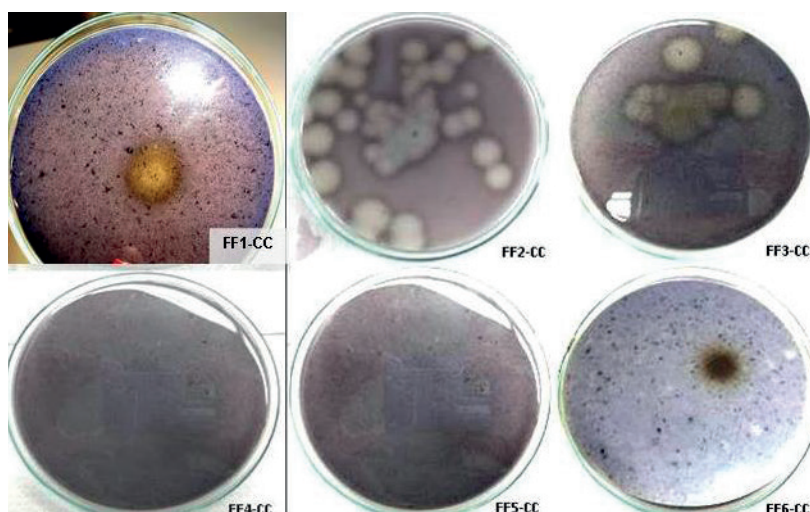
O isolado FF5-CC possui colônia granulosa com pregas; microscopicamente observam-se pequenos conídios esféricos dispostos em longas cadeias a partir das extremidades das fiálides, cuja aparência é de um “tronco”. Tais características permitem classificá-lo como pertencente ao gênero *Penicillium*.

O isolado FF6-CC apresentou colônia de coloração negra e aveludada; microscopicamente apresenta conidióforos longos com conídios globosos e escuros como mostrado na Figura 2. De acordo com estas características, o fungo FF6-CC pertence ao gênero *Cladosporium*.

## AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA

### Tanase

Para a avaliação da atividade enzimática da tanase, após o período de incubação dos isolados em meio contendo ácido tânico 1%, verificou-se a formação de halos castanhos em volta das colônias dos isolados FF1-CC e FF6-CC, indicando a degradação do ácido tânico e evidenciando a atividade da enzima tanase extracelular. Nos isolados FF2-CC e FF3-CC também ocorreu a formação de halo de hidrólise, adicionalmente detectou-se a degradação do meio concomitantemente ao crescimento das colônias. Desta forma, pode-se considerar que estes isolados (FF2-CC e FF3-CC) apresentaram atividades extracelulares e intracelulares.



**Figura 4-** Linhagens fúngicas isoladas da casca de café após cinco dias inoculados em meio sintético contendo 1% ácido tânico.

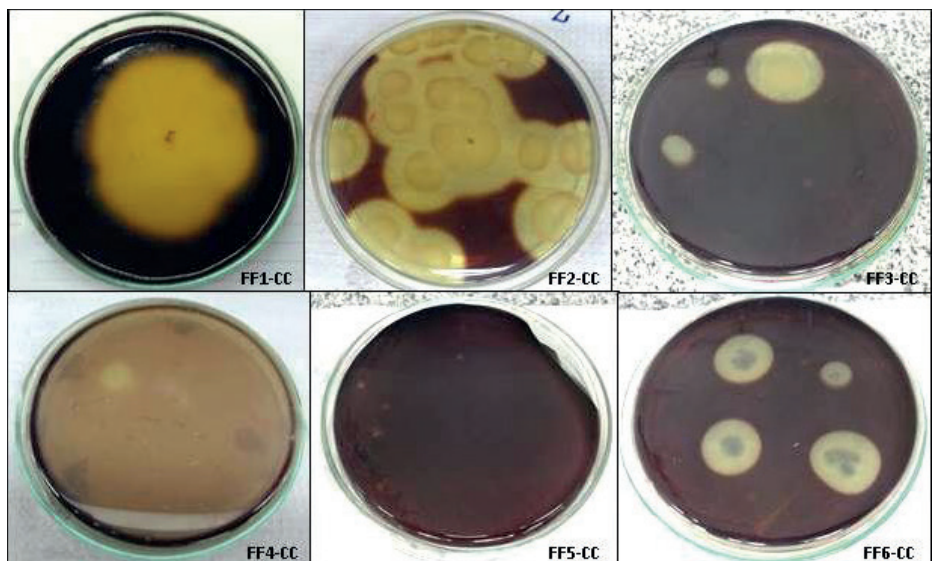
### Celulase

A avaliação positiva da atividade enzimática da celulase pode ser detectada pela formação de halos translúcidos em volta das colônias, proveniente da degradação da CMC pela enzima. O halo é formado devido a interação do corante Lugol com polissacarídeos, neste caso a celulose, assim a presença de um halo claro formado ao redor da colônia



indica que a CMC presente no meio de cultivo sofreu hidrólise enzimática (NUNES, 2010).

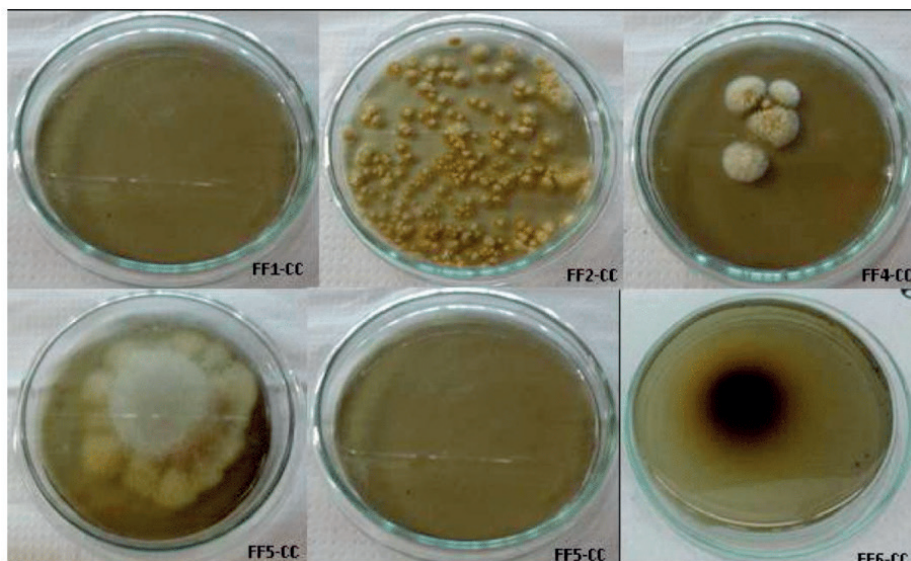
Observou-se a formação de halo nos isolados FF2-CC, FF3-CC e FF6-CC, sendo a linhagem FF6-CC a que apresentou o maior halo. Contudo observaram-se também desenvolvimento de colônias nos isolados FF1-CC e FF4-CC, tais resultados demonstram que mesmo não formando halo, estes isolados possuem atividade celulolítica, uma vez que no meio testado há somente CMC como fonte de carbono e este meio foi degradado juntamente com o crescimento da colônia. Desta forma, presume-se que as celulases expressas por estes isolados (FF1-CC e FF4-CC) são intracelulares.



**Figura 5-** Linhagens de fungos isolados da casca de café após 5 dias inoculados em meio CMC 1% e corados com Lugol 10%.

## Fenoloxidase

A atividade enzimática da Fenoloxidase dos isolados foi avaliada inoculando-os em meio contendo ácido gálico. Os resultados foram considerados positivos quando foi verificada a formação de um halo de cor âmbar em volta das colônias, característico da “Reação de Bavendamm”. Dos fungos isolados da casca de café, apenas o FF6-CC apresentou a formação do halo de cor âmbar, indicando a presença da enzima Fenoloxidase.



**Figura 6-** Linhagens fúngicas isoladas da casca de café após 5 dias inoculados em meio ágar- malte enriquecido com 5% de ácido gálico.

Os isolados foram analisados quanto à capacidade de produzir Tanase, Celulase e Fenoloxidase através do índice enzimático (IE). Segundo Lealem e Gashe (1994) para considerar um micro-organismo bom produtor de enzimas extracelular o índice enzimático deve ser maior ou igual a 2.

Isolados	Ácido Tânico 1%		CMC 1%		Ácido Gálico 0,5%		Índice Enzimático (IE)		
	Colônia	Halo	Colônia	Halo	Colônia	Halo	Tanase	Celulase	Fenoloxidase
FF1-CC	+	**	+	ND	-	ND	1,34	.....	....
FF2-CC	+	**	+	**	+	ND	1,23	1,55	....
FF3-CC	+	**	+	**	+	ND	1,24	1,40	....
FF4-CC	-	ND	+	ND	+	ND	....	....	....
FF5-CC	-	ND	-	ND	-	ND	....	....	....
FF6-CC	+	**	+	**	+	**	2,87	2,35	1,75

**Tabela 3:** Avaliação comparativa do desenvolvimento dos isolados da casca de café.

+: Presença de colônias, -: Ausência de colônias; \*\* Presença de halo, ND: ausência de halo, : ..... ausência de índice enzimático.



A tabela mostrada acima nos indica que dos fungos inoculados no meio contendo 1% de ácido tânico, 66,7% conseguiram se desenvolver em colônias e formaram halo de degradação, confirmando que a enzima tanase foi expressa no meio de forma extracelular. 83,3% dos isolados formaram colônias no meio sintético contendo CMC como única fonte de carbono. Destes, 50% produziram halo de degradação, evidenciando a produção da celulase extracelular nos isolados. Já no meio ágar-malte suplementado com 0,5% de ácido gálico, 66,7% dos fungos desenvolveram colônias, porém apenas um isolado apresentou formação de halo e consequentemente expressão extracelular da fenoloxidase.

Dentre cada espécie de fungos filamentosos inicialmente isolados e identificados, que apresentaram a formação da colônia e do halo de degradação, foi calculado seu respectivo índice enzimático. Analisando por fim o valor do resultado do índice mostrado na tabela, pôde-se perceber que apenas o fungo filamentoso do gênero *Cladosporium* (FF6-CC) apresentou bom potencial para produção de enzimas extracelular, uma vez que foi a única espécie a expressar índice enzimático superior ou igual a 2.

## CONCLUSÃO

Segundo os resultados obtidos observou-se que, o fungo FF6-CC (possivelmente pertencente ao gênero *Cladosporium*) apresentou o maior índice enzimático para todas as atividades enzimáticas avaliadas (tanase, celulase e fenoloxidase). Desta forma, esta cepa apresenta um potencial promissor para uso em processos biotecnológicos como, por exemplo, degradação de materiais lignocelulósicos para a produção de biocombustíveis, tratamentos de efluentes, indústria alimentícia e síntese de compostos químicos de interesse industrial.

## REFERÊNCIAS

- 1- AGUIAR, A.; FERRAZ, A. Mecanismos envolvidos na biodegradação de materiais lignocelulósicos e aplicações tecnológicas correlatas. *Quím. Nova*, Vol. 34, N. 10, p. 1729-1738, 2011.
- 2- ALMEIDA, D. G.; SILVA, M. G. C.; SOUZA, F. S.; SILVA, D. D. L.; MACIEL, C. C. S.; TAKAKI, G. M. C.; GUSMÃO, N. M. Produção de celulase, polifenoloxidase e tanase por fungos filamentosos. IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão. Recife, 2009.
- 3- ANDRADE, A.P.S. Análise Química e Avaliação do Potencial Alelopático da Casca do Café (*Coffea arabica* L.). UFU, Inst. de Quím. Uberlândia, 2009.
- 4- BAGGIO, J. Avaliação dos resíduos (casca e pó orgânico) de café (*coffea arábica* L.) como provável fonte de substâncias bioativas. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

- 5- BATTESTIN, V. Produção, purificação, caracterização e aplicação da tanase de *Paecilomyces Variotii*. 99 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Departamento de Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- 6- BATTESTIN, V.; MATSUDA, L. K.; MACEDO, G. A. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. *Alim. Nutr. Araraquara*, v. 15, n. 1, p.63-72, 2004.
- 7- CASTRO, M. A.; PEREIRA Jr. N. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. *Quím. Nova*, v. 33, p. 181-188, 2010.
- 8- CONCEIÇÃO, D. M.; ANGELIS, D. A.; BIDOIA, E. D.; ANGELIS, D. F. Fungos filamentosos isolados do rio Atibaia, SP e refinaria de petróleo biodegradadores de compostos fenólicos. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.72, n.1, p.99-106, jan./mar., 2005.
- 9- DALVI, L. P. Qualidade dos cafés verde-cana e cereja preparados por via úmida. 70 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- 10- GONÇALVES, H. B. Produção de tanases por *Emericella nivea*: purificação e caracterização bioquímica. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2010.
- 11- HALAL, S.L.M. Composição, processamento e qualidade do café. 47 f. TCC (Graduação) Curso de Química de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.
- 12- HARGREAVES, P. I. Bioprospecção de novas celulases de fungos provenientes da floresta amazônica e otimização de sua produção sobre celulignina de bagaço de cana. 88 f 44 Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Processos Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- 13- KONEMAN, E.W.; ALLEN, S.D.; JANDA, W.M.; SCHRECKENBERGER, P.C. e WINN, J.W.C. Diagnóstico Microbiológico: Texto e Atlas Colorido. 5. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 2001. 1465p.
- 14- LEALEM, F.; GASHE, B. A. Amylase production by a gram-positive bacterium isolated from fermenting tef (*Eraglostis tef*). *Journal of Applied Bacteriology*, v. 77, n.1, p. 348-352, 1994.
- 15- MAPA, Departamento do Café. FUNCAFÉ: Relatório de Atividades 2012. Brasília, 2013.
- 16- MAPA, Secretaria de Defesa Agropecuária. Manual de Análise Sanitária de Sementes. Brasília, 2009.
- 17- MORAES, A. M. L.; PAES, R. de A.; HOLANDA, V. L. Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde. Volume 4. Editora da EPSJV, IOC/Fiocruz: Rio de Janeiro, 2009.
- 18- MORAES, I. V. M. Dossiê técnico: processamento de café. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.
- 19- NAIEM H.; NADAF; JAI S. GHOSH. Production, purification and characterization of tannase from *Rhodococcus NCIM 2891*. *Curr. Res. J. Biol. Sci.*, 3(3): 246-253, 2011.

20- NIGAM, P.S. e PANDEY, A. *Biotechnology for Agro-industrial Residues Utilization*. Ed. Springer: 2009. 46

21- NUNES, T. E. T. Atividade celulolítica de isolados de actinomicetos oriundos de processo de compostagem frente a diferentes temperaturas. 2010. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

22- PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; NIGAM, P.; BRAND, D.; MOHAN, R. e ROUSSOS, S. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochem. Eng. J.*, 6:153–162. 2000.

23- RATHINAVELU, R.; GRAZIOSI, G. *Uso Alternativo potencial de detritos e subprodutos do café*. ICS-UNIDO, Org. Intern. do Café. Trieste, 2005.

24- RIBEIRO, B. B. Parâmetros qualitativos do café cereja descascado, natural e desmucilado. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Cafeicultura, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais Campus Muzambinho, Muzambinho, 2009. 47

25- ROCHA, N. R. A. F. Produção de celulase por fermentação submersa empregando resíduos agroindustriais para a produção de etanol. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

26- ROSATTO, S. S; FREIRE, R. S; DURÁN, N; KUBOTA, L. K. Biossensores amperométricos para determinação de compostos fenólicos em amostras de interesse ambiental. *Quím. Nova*, v.24, n.1, 77-86, São Paulo Jan./Fev. 2001.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço Carbono 11, 71

Adsorção 9, 10, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 78, 157

Adsorvato 43, 44, 46

Adsorvente 10, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 58

Agroindustriais 12, 73, 74, 78, 110, 111, 118, 119, 124, 125, 151

Agronegócio 119, 124, 153

Águas Subterrâneas 11, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 25, 26

Analito 39, 45, 46, 47

Ânodo 84, 141

Atividade Enzimática 94, 102, 106, 107

### B

Bactérias 12, 15, 29, 141, 142

Biocatalisadores 96

Biocombustível 119, 120, 122, 123, 147

Bioconversão 94, 96

Biodegradáveis 41, 71, 73, 76, 86

Biofilme 141, 142

Biogás 9, 12, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138

Biomassa 9, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 138, 144, 145, 146, 149, 150, 151

Biotecnologia 94, 95, 100, 110

Briquetes 9, 12, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151

### C

Carbonização 120, 125, 145, 146, 151

Carvão Ativado 9, 10, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

Cátodo 141

Células Combustíveis 9, 141

Celulose 61, 78, 98, 100, 106, 123, 147, 148, 181, 182, 183

Combustíveis Fósseis 126, 141

Contaminação Ambiental 60

Corante 9, 11, 49, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 106

Corpo Humano 12, 14, 41

Corpos Hídricos 41

Corrosão 9, 11, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 93, 170

## **D**

Desreguladores endócrinos 52, 59

## **E**

Efluentes Líquidos 12

Eletrodo 71, 75, 84, 86, 88, 91, 141, 142, 171

Enzimas 14, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 108, 109, 155, 171

## **F**

Fibras 9, 13, 61, 86, 97, 101, 181, 182, 183, 184, 185

Fungos 9, 11, 94, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 122

## **G**

Galvanização 84

Grupos Funcionais 42, 44, 47, 86, 115, 170

## **H**

Hormônio 10, 51, 52, 53, 58, 98

## **I**

Impacto Ambiental 12, 13, 41

Isotermas de adsorção 53, 57

## **L**

Lençol Freático 10, 11, 13, 14, 15, 25

## **M**

Materiais Renováveis 94

Meio Ambiente 14, 17, 25, 26, 28, 29, 41, 48, 49, 52, 59, 80, 84, 92, 95, 142

Metabólitos 95

Metais Pesados 11, 26, 41, 49

Micro-Organismos 9, 95, 99, 155

Micropoluentes Inorgânicos 11

## **N**

Nanopartículas 13, 169, 170, 171, 174

Necrochorume 11, 12, 13, 14, 15, 25, 26

## **O**

Oxidação Fotoquímica 60

Oxirredução 41, 71, 92

## **P**

Peletização 145

Pirólise 12, 118, 119, 120, 124, 145, 146

Potabilidade 41

Processos Biotecnológicos 9, 69, 94, 95, 100, 109

Processos Químicos 72, 95, 127, 129, 145, 147

## **R**

Recursos Hídricos 13

Resíduos Lignocelulósicos 94, 101, 144, 151

## **S**

Silanos 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Sistema de elutriação 12, 140, 141

Solo 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 41, 98, 99

Superfície Metálica 85

## **T**

Torrefação 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Toxicidade 48, 61, 73, 84

Tratamento de efluentes industriais 41

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA QUÍMICA



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



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



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



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

# COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

## ENGENHARIA QUÍMICA



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



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



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



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