

# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 4

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 4

Atena Editora  
2019

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

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

### **Conselho Editorial**

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

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

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

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

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

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



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

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

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

### **Conselho Técnico Científico**

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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 4 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 4)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-433-7 DOI 10.22533/at.ed.337192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

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

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

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
VARIAÇÃO ESTACIONAL DA OFERTA E DO PREÇO DE TOMATE LONGA VIDA EM MINAS GERAIS	
Luis Felipe Lima e Silva Douglas Correa de Souza Wilson Roberto Maluf	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DO NABO JAPONES ( <i>Raphanus Sativus Var. Acanthioformis</i> ) E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA	
Thayná de Lima Costa Keyvlin dos Santos Pais Marcela Felix dos Santos Monique Mendes dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>22</b>
CINÉTICA DE SECAGEM DE YACON ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) E AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS	
Luan Gustavo dos Santos Thais de Freitas Brauna Joice Cristina Catache Menezes Rosângela Cacho Ferreira Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>31</b>
CINÉTICA DE SECAGEM DA FRUTA DE NONI ( <i>Morinda citrifolia linn</i> ): INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DIFUSIVIDADE EFETIVA	
Thayná de Lima Costa Fernanda de Oliveira Coaresma Bruna Martinhago Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE CARÁ ( <i>Dioscorea alata</i> )	
Luan Gustavo dos Santos Cristian Rocha da Silva Marcela Felix dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925065</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 49**

TRATAMENTO DE CASTANHA DE CAJU POR RADIAÇÃO UV-C DE LED PARA REDUÇÃO DE BOLORES

Leticia Cabrera Parra Bortoluzzi  
Iasmim Pereira de Moraes  
Ana Rita Zulim Leite  
Brenda Dall Molin  
Sidnei Macedo Pereira Filho  
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini  
Fabio Henrique Poliseli Scopel  
Roberto Ribeiro Neli  
Roberta de Souza Leone  
Heron Oliveira dos Santos Lima

**DOI 10.22533/at.ed.3371925066**

**CAPÍTULO 7 ..... 58**

AVALIAÇÃO DA AÇÃO ANTIFÚNGICA DOS EXTRATOS BRUTOS DE MUTAMBA E CATUABA CONTRA O FUNGO *Botrytis cinerea*

Amanda Correia Gardenal  
Ana Rita Zulim Leite  
Iasmim Pereira de Moraes  
João Carlos Palazzo de Mello  
Daniela Cristina de Medeiros  
Danielly Chierrito de Oliveira Tolentino  
Mariane Roberta Ritter  
Naiara Cássia Gancedo  
Sharize Betoni Galende  
André Oliveira Fernandes da Silva  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini

**DOI 10.22533/at.ed.3371925067**

**CAPÍTULO 8 ..... 67**

COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS CERVEJEIRAS SECA E ÚMIDA

Camila A. Carazzato  
Mário L. Lopes  
Sandra H. da Cruz

**DOI 10.22533/at.ed.3371925068**

**CAPÍTULO 9 ..... 76**

INFLUÊNCIA DO USO DE TRAÇADOR COLORIDO NO CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO

Marianny Silva Canedo  
Lucas Portilho da Cunha  
João Paulo Henrique  
João Cláudio Thoméo

**DOI 10.22533/at.ed.3371925069**

**CAPÍTULO 10 ..... 85**

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE CUPCAKES COM FARINHA DE TARO (*Colocasia esculenta*) COMO ALTERNATIVA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA PORTADORES DE DOENÇA CELÍACA

Pedro Garcia Pereira da Silva  
Aline Rodrigues Pontes  
Gisele Fernanda Alves da Silva  
Marcello Lima Bertuci  
Tuany Yuri Kuboyama Nogueira

**DOI 10.22533/at.ed.33719250610**

**CAPÍTULO 11 ..... 91**

OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE BISCOITO TIPO COOKIE ISENTO DE GLÚTEN UTILIZANDO FARINHA DE ARROZ, TEFF E SORGO

Geovana Teixeira de Castro  
Luiza Pelinson Tridapalli  
Angélica Maria Delovo Fernandes  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Renata Hernandez Barros Fuchs  
Adriana Aparecida Droval  
Hellen Fernanda da Silva Paulino  
Lucas de Souza Nespeca  
Beatriz Musi Sarris Gomes Lourenço  
Leonardo Vasconcelos Jacovassi  
Pamela da Silva Souza

**DOI 10.22533/at.ed.33719250611**

**CAPÍTULO 12 ..... 100**

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE TRÊS MARCAS DE BACON COMERCIAL

Bruna Grassetti Fonseca  
Bianca Guimarães  
Maria Julia Neves Martins  
Ana Carolina Conti e Silva

**DOI 10.22533/at.ed.33719250612**

**CAPÍTULO 13 ..... 108**

DESENVOLVIMENTO DE LOMBO DEFUMADO PRODUZIDO COM CARNE DE JAVALI

Lucas de Souza Nespeca  
Camila da Silva Venancio  
Ana Claudia Montuan de Sousa  
Adriana Aparecida Droval  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Renata Hernandez Barros Fuchs  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Natália da Silva Leitão Peres  
Angélica Maria Delovo Fernandes  
Lucas Shinti Iwamura  
Larissa Correa

**DOI 10.22533/at.ed.33719250613**



**CAPÍTULO 14 ..... 118**

**OTIMIZAÇÃO DE MORTADELA COM APLICAÇÃO DE MACA PERUANA**

Natália da Silva Leitão Peres  
Letícia Cabrera Parra Bortoluzzi  
Adriana Aparecida Droval  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Renata Hernandez BarrosFuchs  
Camila da Silva Venancio  
Lucas de Souza Nespeca  
Luiza Pelinson Tridapalli  
Lucas Shinti Iwamura  
Larissa Correa  
Angélica Maria Delovo Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.33719250614**

**CAPÍTULO 15 ..... 127**

**CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA OBTIDA DA PELE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Bárbara de Sena Nunes Menezes  
Beatriz Helena Paschoalinotto  
Camila da Silva Venancio  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Adriana Aparecida Droval  
Renata Hernandez Barros Fuchs  
Pâmela da Silva Souza  
Natália da Silva Leitão Peres  
Maria Gabriella Felipe Silva  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Larissa Correa  
Lucas Shinti Iwamura

**DOI 10.22533/at.ed.33719250615**

**CAPÍTULO 16 ..... 137**

**PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCAPSULAS POLI (UREIA-FORMALDEÍDO) PREENCHIDAS COM ÓLEO DE SILICONE COMO INIBIDOR DE CORROSAO PARA APLICAÇÃO EM TINTAS**

Renata França Palhano  
Rogério Gomes de Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.33719250616**

**CAPÍTULO 17 ..... 152**

**REMOÇÃO DE Cu(II) POR ADSORÇÃO EMPREGANDO CASCA DE COCO MODIFICADA COM FORMALDEÍDO POLIMERIZADO**

José Eduardo da Silva  
Francisco Idelbrando Lima Rodrigues  
Sara Nóbrega Pacífico  
Aline Sales Ferreira  
Leonardo Félix Santiago  
Luisa Celia Melo Pacheco  
Francisco André Andrade Aguiar  
Vicente Oliveira de Sousa Neto

**DOI 10.22533/at.ed.33719250617**

**CAPÍTULO 18 ..... 163**

ENTALPIA E ENTROPIA DE SORÇÃO DE ÁGUA DA FARINHA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

Julles Mitoura dos Santos Junior  
Mona Mellissa Oliveira Cruz  
Augusto Pumacahua Ramos  
Diana Maria Cano Higueta  
Romildo Martins Sampaio  
Harvey Alexander Villa Vélez

**DOI 10.22533/at.ed.33719250618**

**CAPÍTULO 19 ..... 178**

NANOTECNOLOGIA E MEDICINA: NOVAS PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Gustavo Marquezi Borges  
Douglas Daniel Dalle Corte  
Iago Bissani Pesavento  
Odirlei Antônio Magnagnagno

**DOI 10.22533/at.ed.33719250619**

**CAPÍTULO 20 ..... 186**

RISCO E DOLO EVENTUAL NA INTERFACE ENTRE ENGENHARIA E DIREITO

Antonio Maria Claret-Gouveia  
Alberto Frederico Vieira de Sousa-Gouveia  
Miguel Paganin Neto

**DOI 10.22533/at.ed.33719250620**

**CAPÍTULO 21 ..... 199**

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA EM POSTOS DE TRABALHO DE MARCENARIAS NA CIDADE DE MOSSORÓ – RN

Bruno Ítalo Franco de Oliveira  
Fabrícia Nascimento de Oliveira  
Carolina Mendes Lemos  
João Márcio Rebouças Araújo  
Thaynon Brendon Pinto Noronha  
Wandick Nascimento Dantas  
Pedro Renato Moraes Salgado  
Anderson Nunes Silva  
Ana Victoria Carlos Almeida  
Luara Karolinny Machado de Oliveira  
Jerfson Moura Lima

**DOI 10.22533/at.ed.33719250621**

**CAPÍTULO 22 ..... 216**

COMO A DISSEMINAÇÃO EFICIENTE DAS POLÍTICAS DE TI PODE INFLUENCIAR NA MELHORIA DOS SERVIÇOS PRESTADOS À CIDADE

Luiz Fernando Rocha Pombo  
Ana Paula Guzela Bertolin

**DOI 10.22533/at.ed.33719250622**

<b>CAPÍTULO 23 .....</b>	<b>228</b>
ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO DE EXECUÇÃO DE ALGORITMOS NO CUDA E NO OPENCL	
Antonio Raian de Lima Mendes	
Angelo Amâncio Duarte	
<b>DOI 10.22533/at.ed.33719250623</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>234</b>

## INFLUÊNCIA DO USO DE TRAÇADOR COLORIDO NO CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO

### **Marianny Silva Canedo**

Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos  
São José do Rio Preto – São Paulo

### **Lucas Portilho da Cunha**

Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos  
São José do Rio Preto – São Paulo

### **João Paulo Henrique**

Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos  
São José do Rio Preto – São Paulo

### **João Cláudio Thoméo**

Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos  
São José do Rio Preto – São Paulo

**RESUMO:** O cultivo em estado sólido (CES) vem sendo amplamente investigado devido à possibilidade em se usar resíduos sólidos agroindustriais como substrato, reduzindo o custo dos produtos obtidos. Uma dificuldade deste processo é a quantificação da biomassa microbiana, estimada pelo uso de métodos indiretos, como por exemplo, N-acetilglicosamina, gases de respiração ( $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ ) e quantificação visual do micélio. Neste último caso, é comum empregar-se corantes para diferenciar biomassa vegetal e microbiana. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do

uso de traçador colorido sobre o crescimento do fungo *Myceliophthora thermophila* I-1D3b em substrato composto por bagaço de cana-de-açúcar e farelo de trigo, estimado pela técnica de respiração e pela técnica de processamento digital de imagem (PDI). Para tanto, adicionou-se solução Rodamina B para corar o meio de cultivo, executando-se cultivos por 96 h com e sem traçador, medindo-se a produção de  $\text{CO}_2$  e analisando-se amostras por PDI. Diante dos resultados apresentados pela técnica PDI, não se observou diferença no crescimento do micélio no substrato sem e com coloração por Rodamina B, porém as concentrações de  $\text{CO}_2$  observadas indicam que o corante pode interferir na atividade metabólica do microrganismo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cultivo em estado sólido, processamento digital de imagem, crescimento fúngico.

### INFLUENCE OF THE USE OF COLORED TRACER IN SOLID STATE CULTIVATION

**ABSTRACT:** Solid-state cultivation (SSC) has been widely used due to the possibility of using agroindustrial solid wastes as substrate, reducing costs of the obtained products. One difficulty of this process is the quantification of biomass, usually estimated using indirect methods, such as N-acetyl-glucosamine, respiration gases ( $\text{CO}_2$  and  $\text{O}_2$ ) and visual quantification of the

mycelium. The later method is often carried out with the aid of color tracers. Thus, the objective of this work was evaluate the influence of the use of colored tracer on the growth of the fungus *Myceliophthora thermophila* I-1D3b in a substrate composed of sugarcane bagasse and wheat bran, estimated by the respiration technique and the digital image processing (DIP) technique. Rhodamine B solution was used to dye the culture medium, since it was assumed that the tracer could affect microbial growth. Experiments with and without the use of Rhodamine B were evaluated by the production of CO<sub>2</sub> and DIP technique during 96 hours. The results from the DIP using the color tracer did not differ from the ones obtained without it, even though the concentrations of CO<sub>2</sub> indicated that the fungal metabolic activity has been affected by the tracer.

**KEYWORDS:** solid-state cultivation, digital image processing, fungal growth.

## 1 | INTRODUÇÃO

O cultivo em estado sólido (CES) é definido como o processo de fermentação realizado em substrato sólido com umidade suficiente para suportar o crescimento e atividade metabólica do microrganismo, mas sem exceder a capacidade de retenção de água do meio poroso (THOMAS; LARROCHE; PANDEY, 2013). Neste contexto, tem-se utilizado resíduos das agroindústrias como substratos, devido à sua alta disponibilidade e baixo custo, tornando este processo vantajoso quando comparado ao cultivo submerso (WANG; YANG, 2007; SOCCOL et al., 2017).

Os principais problemas a serem enfrentados no CES em escala industrial estão relacionados aos aspectos de engenharia, como falta de processos padronizados, reprodutibilidade limitada dos resultados experimentais, alta resistência às transferências de massa e energia, dificuldade em manusear sólidos em reatores e a quantificação de biomassa para a proposição da cinética de reações (WANG; YANG, 2007; SOCCOL et al., 2017).

A estimativa da biomassa é um parâmetro essencial para o controle dos processos, no entanto, a medida direta no substrato sólido não é possível, devido à dificuldade de separar o microrganismo do substrato, que permanece entremeado entre os poros e aderido às partículas. Dessa forma, o uso de métodos indiretos é necessário para os estudos cinéticos do crescimento microbiano, dentre os quais pode-se destacar, a estimativa de componentes da estrutura celular (N-acetil-glicosamina, ergosterol e proteínas, por exemplo), de metabólitos (enzimas), de gases de respiração (CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>) e quantificação visual do micélio (processamento digital de imagem - PDI) (COURI et al., 2006; RUTSATZ, 2006). Para diferenciar partículas em biomassa fúngica nos ensaios de PDI, é frequente o uso de corantes do material sólido e uma das vantagens da técnica é sua rapidez e baixo custo. Em biorreatores de tambor rotativo, o PDI pode ser empregado para avaliar a movimentação das partículas (GRAJALES-AGUDELO et al., 2012; TADA et al., 2017) e potencialmente poderia ser aplicado para avaliação do crescimento microbiano e de sua influência sobre a movimentação do meio.



Diante da possibilidade de uso da técnica de PDI para avaliar o crescimento fúngico em biorreator de tambor rotativo, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do uso do traçador colorido Rodamina B no crescimento do fungo *Myceliophthora thermophila* I-1D3b em substrato composto por bagaço de cana-de-açúcar e farelo de trigo. O crescimento do fungo foi estimado pela produção de CO<sub>2</sub> e pela técnica de processamento digital de imagem. Os resultados obtidos são úteis para o desenvolvimento de biorreatores para CES.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Substrato

Foi utilizado como substrato bagaço de cana-de-açúcar e farelo de trigo. O bagaço foi doado pela Companhia Virgolino de Oliveira Açúcar e Álcool, de José Bonifácio – SP, sendo esse, seco em estufa com circulação de ar a 60°C ± 1°C até peso constante, peneirado para conferir maior uniformidade ao meio poroso, e padronizado como a fração retida entre peneiras com diâmetros 2 e 4 mm. O farelo de trigo foi adquirido no comércio local e seco em estufa com circulação de ar a 45°C ± 1°C até peso constante. Nesses substratos adicionou-se solução Rodamina B a 0,02% (m/v) até obterem coloração homogênea, após, foram secos novamente, nas mesmas condições especificadas. Em seguida os substratos foram armazenados em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) em temperatura ambiente (25 ± 2°C). Os cultivos sem e com coloração foram denominados como CN e CR, respectivamente.

### 2.2 Cultivo em estado sólido

O fungo *Myceliophthora thermophila* I-1D3b, foi isolado pelo Grupo de Pesquisa em Bioenergia do IBILCE/UNESP a partir de pilhas de bagaço de cana-de-açúcar. A manutenção do microrganismo foi realizada à temperatura ambiente em tubos de ensaio contendo meio ágar batata dextrose (BDA) recoberto por um filme de óleo mineral. O inóculo foi preparado cultivando-se o fungo a 45°C em estufa DBO por 96 h, em frascos Erlenmeyer inclinados contendo meio BDA. Após o cultivo, foi adicionada solução nutriente aos frascos e a superfície do meio foi raspada para a suspensão dos esporos. A solução nutriente foi composta de 3,5 g/L de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 3,0 g/L de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,5 g/L de MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,5 g/L de CaCl<sub>2</sub> e 1,0 g/L de Tween 80, ajustada para pH 5,0 com solução de HCl. A concentração de esporos foi determinada por contagem em Câmara de Neubauer em microscópio ótico.

Nos ensaios de fermentação foram utilizadas as condições de cultivo otimizadas por Zanelato et al. (2012), empregando-se proporções de 7:3 (p/p) de bagaço de cana-de-açúcar e farelo de trigo, respectivamente, autoclavados a 121°C por 20 min. Os substratos foram umidificados a 75% (b.u.) com suspensão de inóculo na concentração

de  $10^7$  esporos/g meio seco, mantidos à temperatura de 45°C por 96 horas em câmara DOB ou em biorreator de leito empacotado.

## 2.3 Determinação indireta do crescimento fúngico

### 2.3.1 Técnica de processamento digital de imagem

Realizou-se cultivos em placas de Petri, sem e com a adição de Rodamina B, como mostra a Figura 1. A cada 24 horas, as placas foram fotografadas sob condições de iluminação controladas utilizando câmera digital DSC RX-100 (Sony Co., China). Em seguida as imagens foram digitalizadas e analisadas empregando-se o *software Image Pro Plus 6* (Media Cybernetics Inc., Rockville, EUA), onde a área de coloração reconhecida pelo programa correspondia ao substrato sem ocupação de hifas na superfície da placa.

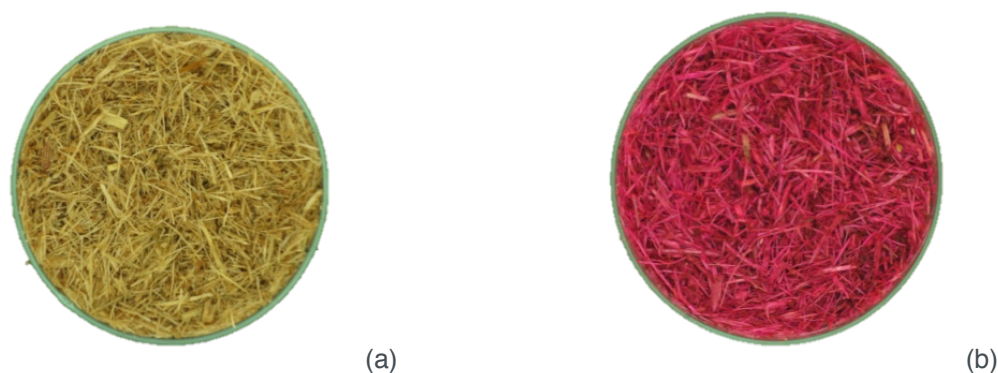


Figura 1. Imagem das placas de Petri utilizadas para o cultivo em estado sólido: a) sem coloração (CN); b) com coloração (CR).

### 2.3.2 Produção de gás carbônico ( $CO_2$ )

Os ensaios foram realizados em biorreator de leito empacotado, construído de forma modular em aço inox, composto por cinco módulos de diâmetro interno 7,26 cm e altura 10 cm, similar ao empregado por Perez et al. (2019). O comprimento total do leito foi de 50 cm, a temperatura da camisa foi fixada em 45°C, por intermédio da circulação de água, e o ar foi introduzido à vazão de 43 L/h, a 45°C, por 96 horas. A massa de substrato empacotado foi de 45 gramas de sólido seco em cada módulo e a vazão de ar utilizada foi calculada com base no número modificado de Damköhler igual a 1, seguindo-se Perez et al. (2019). Foram realizados experimentos simultâneos do substrato com e sem adição de solução Rodamina B em biorreatores independentes. Durante o cultivo foi feita a coleta dos gases em cada módulo e estes foram analisados para determinação da concentração de  $CO_2$  por meio de um analisador de gases Tandem-Pró (Magellan Biotech, Hertfordshire, G. B.). Para calcular a taxa de produção de  $CO_2$  ( $P_{CO_2}$ , em  $g_{CO_2}/h$ ), assume-se que o  $CO_2$  se comporta como um gás ideal. O valor da taxa de produção de  $CO_2$  foi calculado conforme Koutinas; Wang e Webb

(2003).

$$P_{CO_2} = F \cdot \frac{(C-C_0)}{100} \cdot \frac{(M_{CO_2} \cdot \rho_{ar})}{M_{ar}} \quad (1)$$

em que  $F$  é a vazão de ar (L/h);  $C$  é a porcentagem de  $CO_2$  no ar de saída (em volume),  $C_0$  é a porcentagem de  $CO_2$  no ar de entrada (em volume),  $M_{CO_2}$  é a massa molar do  $CO_2$  (kg/mol),  $M_{ar}$  é a massa molar do ar (kg/mol) e  $\rho_{ar}$  é a densidade do ar (kg/m).

Assumiu-se que o  $CO_2$  não se acumulou no meio, os fluxos de entrada de ar e de saída de gás foram iguais e a massa do leito não se alterou significativamente durante o cultivo.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da técnica de PDI e a Figura 2 mostra como foi realizada a quantificação da área de crescimento do *M. thermophila* I-1D3b no cultivo em estado sólido. Observou-se que a partir de 24 horas de cultivo é possível acompanhar o crescimento do fungo, que ocupou quase toda a superfície do meio em 96 horas (Tabela 1), e esses resultados não diferiram significativamente quando comparado o meio de cultivo com e sem coloração com Rodamina B. Durante esse período, notou-se que a cor na superfície do substrato mudou durante o cultivo sólido, devido ao crescimento do fungo. Resultados semelhantes foram apresentados por Gomes (2015) ao monitorar a área de crescimento da biomassa do fungo *M. thermophila* M.7.7 ao longo do processo de cultivo em estado sólido por 120 horas no mesmo substrato, afirmando que em meios de cultivos onde existe um contraste eficiente entre o microrganismo e o meio, também é possível quantificar a taxa de crescimento microbiano por PDI.

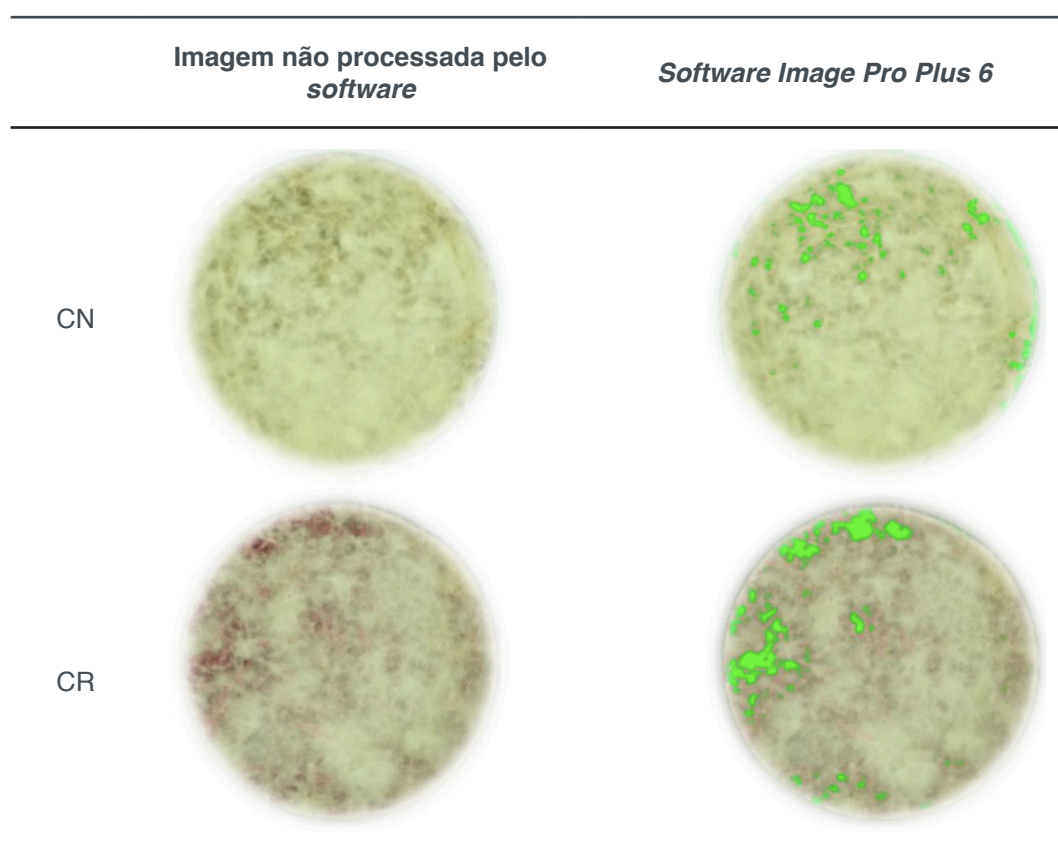
Cultivo	Tempo (horas)			
	24	48	72	96
CN	73,55 ± 2,75 <sup>a</sup>	37,95 ± 9,00 <sup>a</sup>	21,24 ± 0,99 <sup>a</sup>	3,25 ± 0,12 <sup>a</sup>
CR	73,41 ± 1,15 <sup>a</sup>	37,98 ± 7,73 <sup>a</sup>	22,12 ± 4,49 <sup>a</sup>	3,65 ± 2,41 <sup>a</sup>

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 1.** Resultados da área colorida identificada pelo *software Image Pro Plus 6* em relação à área total (em porcentagem), correspondente à área de substrato sem colonização.

Neste contexto, estão disponíveis na literatura trabalhos que empregaram a técnica de análise de imagens em sistemas particulados, alguns aplicados a tambores rotativos, como Tada et al. (2017), que avaliaram a mistura e movimentação de

partículas de bagaço de cana-de-açúcar em tambor rotativo, utilizando Rodamina B como marcador. O trabalho ressalta que a área reconhecida pelo *software* é muito próxima à concentração de traçador das amostras preparadas. Couri et al. (2006) utilizaram uma técnica de PDI com aplicação de operações matemáticas, máscara binária e filtros (lineares e não lineares), adquirindo imagens em microscópio óptico, para uma melhor visão sobre o monitoramento do crescimento de *Aspergillus niger* 3T5B8 no cultivo em estado sólido, usando farelo de trigo como substrato, onde indicou que a técnica pode ser usada para estimativa indireta do crescimento microbiano. Ainda assim, poucas referências são encontradas utilizando a técnica de PDI para a avaliação do crescimento de fungos filamentosos em cultivo sólido.

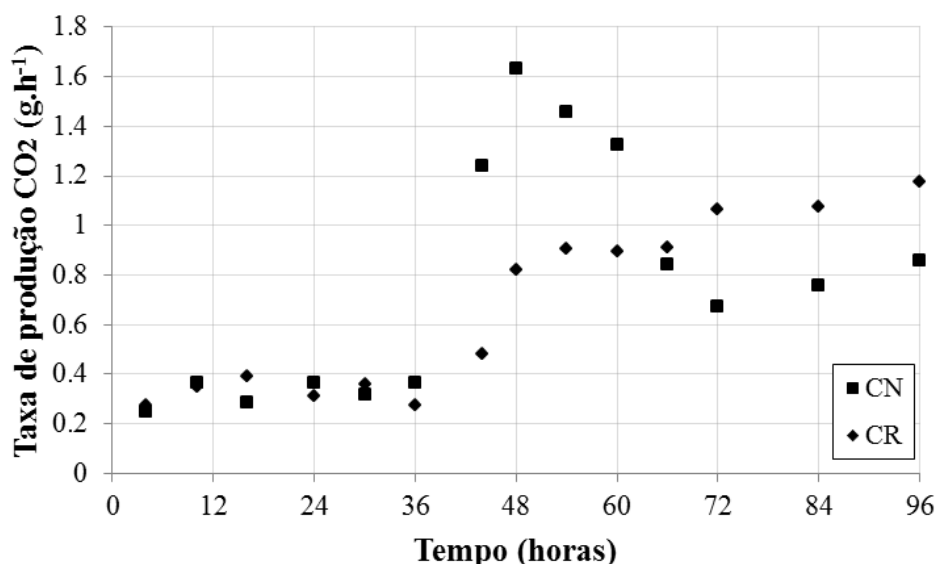


**Figura 2.** Quantificação da área de crescimento do *Myceliophthora thermophila* I-1D3b em cultivo no estado sólido no tempo de 96 horas.

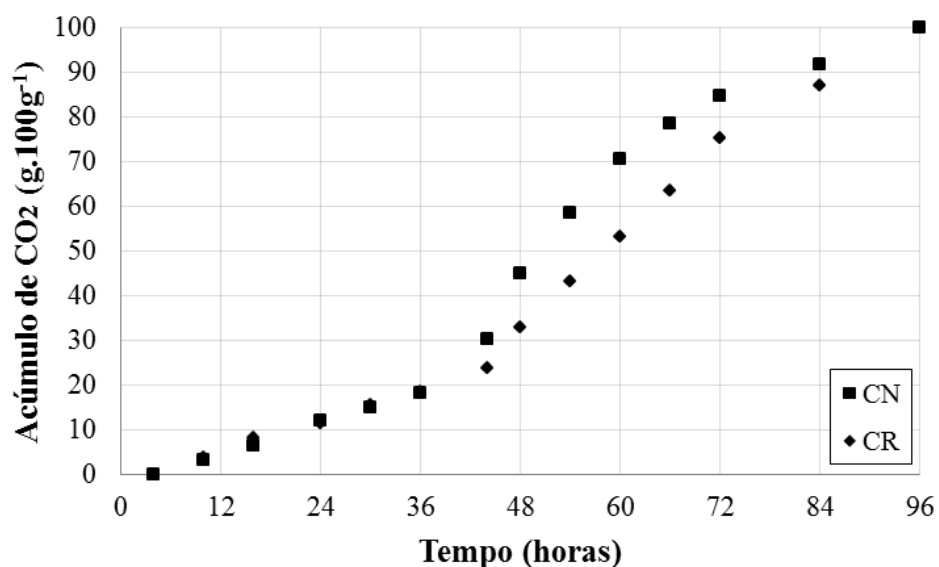
A Figura 3 apresenta a taxa de produção de gás carbônico por hora de cultivo em biorreator de leito empacotado, enquanto a Figura 4 apresenta o total acumulado, em porcentagem, no tempo de cultivo. Uma das vantagens da medida da concentração de CO<sub>2</sub> é não necessitar de amostragem do meio de cultivo, pré-tratamentos e análises químicas do fermentado, podendo ser realizadas medidas *online* (CASCIATORI, 2015). Nesse estudo não foi possível correlacionar os dados com a produção de biomassa do fungo, pois essa estimativa precisa ser calibrada por algum outro método de referência.

Comparando-se os resultados de CN e CR nas Figuras 3 e 4, observa-se que até 36 horas de cultivo as concentrações praticamente se sobrepõem. No entanto, para tempos posteriores, as concentrações de CO<sub>2</sub> obtidas nos cultivos com Rodamina B

foram inferiores às obtidas sem o corante, indicando que o corante inibiu o crescimento microbiano. Como os resultados do PDI para os cultivos CN e CR pouco diferiram, acredita-se que o crescimento do fungo na superfície das placas de Petri expostas ao ar não foi afetado, mas que no interior do biorreator houve a geração de algum composto inibitório que não foi satisfatoriamente removido, afetando o metabolismo microbiano.



**Figura 3.** Taxa de produção de CO<sub>2</sub> por hora de cultivo em estado sólido de *Myceliophthora thermophila* I-1D3b.



**Figura 4.** Total de CO<sub>2</sub> acumulado durante cultivo em estado sólido do *Myceliophthora thermophila* I-1D3b.

Os resultados da taxa de produção de CO<sub>2</sub> no cultivo CN seguiram o mesmo padrão apresentado por Rutsatz (2006), um rápido aumento inicial, atingindo o pico máximo próximo à metade da fase de crescimento, seguido de uma lenta redução. A produção total acumulada de CO<sub>2</sub> em 96 horas para CN foi de 246,61 kg<sub>CO2</sub> e para CR



foi de 207,14 kg<sub>CO2</sub>.

O método frequentemente usado para a quantificação da biomassa em CES é pela determinação de N-acetil-glicosamina (COURI et al., 2006), porém essa determinação não é satisfatória quando o meio de cultivo CR foi empregado, pois a reação decorrente do método de determinação de N-acetil-glicosamina possui a mesma coloração rosa do traçador.

#### 4 | CONCLUSÃO

O processamento digital de imagens pode ser usado para estimativa indireta de biomassa em cultivo em estado sólido, porém quando se empregam traçadores coloridos, para aumentar o contraste entre as biomassas fúngica e vegetal, ensaios específicos devem ser realizados para avaliar se há inibição do crescimento microbiano devido ao traçador. No presente estudo, a técnica de processamento digital de imagens não constatou influência no crescimento do fungo no substrato sem e com coloração por Rodamina B, enquanto que as concentrações de CO<sub>2</sub> observadas indicam que o corante pode interferir na atividade metabólica do microrganismo.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão de São José do Rio Preto (FAPERP) pelo auxílio concedido (Processo nº 008/2019).

#### REFERÊNCIAS

CASCIATORI, F. P. **Produção de celulases fúngicas por fermentação em estado sólido: ampliação de escala de biorreatores de leito fixo.** 190 f. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2015.

COURI, S. et al. Digital image processing as a tool to monitor biomass growth in *Aspergillus niger* 3T5B8 solid-state fermentation: preliminary results. **Journal of Microscopy**, v. 224, p. 290–297, 2006.

GOMES, A. C. S. **Cinética de crescimento do fungo termófilo *Myceliophthora thermophila* M. 7.7 em cultivo no estado sólido.** 103 f. 2015. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2015.

GRAJALES-AGUDELO, L. M.; XAVIER, N. M.; HENRIQUE, J. P.; THOMÉO, J. C. Mixing and motion of rice particles in a rotating drum. **Powder Technology**, v. 222, p. 167 – 175, 2012.

KOUTINAS, A. A.; WANG, R.; WEBB, C. Estimation of fungal growth in complex, heterogeneous culture. **Biochemical Engineering Journal**, v. 14, p. 93–100, 2003.

PEREZ, C. L.; CASCIATORI, F. P.; THOMÉO, J. C. Strategies for scaling-up packed-bed bioreactors for solid-state fermentation : The case of cellulolytic enzymes production by a thermophilic fungus. **Chemical Engineering Journal**, v. 361, p. 1142-1151, 2019.

RUTSATZ, M. D. **Cultivo em estado sólido: modelagem e quantificação de biomassa em biorreator cilíndrico horizontal agitado**. 120 f. 2006. Dissertação (Mestrado em ENGENHARIA QUÍMICA) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre, 2006.

SOCCOL, C. R. et al. Recent developments and innovations in solid state fermentation. **Biotechnology Research and Innovation**, v. 1, p. 52–71, 2017.

TADA, E. F. R. et al. Mixture and motion of sugar cane bagasse in a rotating drum. **Powder Technology**, v. 317, p. 301–309, 2017.

THOMAS, L.; LARROCHE, C.; PANDEY, A Current developments in solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, v. 81, p. 146–161, 2013.

WANG, L.; YANG, S-T. Solid State Fermentation and Its Applications. In: YANG, S-T. **Bioprocessing for Value-Added Products from Renewable Resources**, p. 465–489, 2007.

ZANELATO, A. I.; SHIOTA, V. M.; GOMES, E.; THOMÉO, J. C. Endoglucanase production with the newly isolated *Myceliophthora sp.* I-1D3b in a packed bed solid state fermentor. **Brazilian Journal Microbiology**, v. 43, p. 1536-1544, 2012.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-433-7

