

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A946 Avanços das pesquisas e inovações na engenharia química 2
[recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. –
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
 Modo de acesso: World Wide Web.
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-86002-51-5
 DOI 10.22533/at.ed.515202403

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger.

CDD 660.76

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 2” é uma obra que tem como foco principal a discussão e divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõe seus capítulos. O volume abordará em especial trabalhos que contribuem a nível educacional e aplicado tanto na área de engenharia química, química e tecnologias.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a energias renováveis, aproveitamento de resíduo agroindustrial, desenvolvimento de simulador de processos, simulação de custos de produção, e em especial estudos correlacionados a nível educacional por meio de jogos didáticos, quiz educativo com foco na aprendizagem de reações químicas e tabela periódica. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à aproveitamento de resíduos, disseminação de conhecimento, otimização de procedimentos e metodologias, dentre outras abordagens importantes na área de exatas e engenharia. O avanço das pesquisas e divulgação dos resultados tem sido um fator importante para o desenvolvimento da ciência e estímulo de inovação.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de exatas e engenharia química aplicada e educacional. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, otimização de processos, caracterização com técnicas substanciais, reutilização de resíduos de regiões específicas do país é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Deste modo a obra “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 2” apresenta estudos fundamentados nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores explorarem e divulgarem seus resultados.

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE ÓLEO DE BARU ASSISTIDA POR ENERGIA SOLAR	
Caroline Santos Silva	
Lucas Rodrigo Custódio	
Kássia Graciele dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5152024031	
CAPÍTULO 2	12
APROVEITAMENTO DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DO CAFÉ NA PRODUÇÃO DE BIOCHAR PARA IMOBILIZAÇÃO DE LIPASE <i>RHIZOPUS ORYZAE</i> E SÍNTESE DE PALMITATO DE CETILA	
Danyelle Andrade Mota	
Jefferson Cleriston Barros dos Santos	
Lays Carvalho de Almeida	
Álvaro Silva Lima	
Laiza Canielas Krause	
Cleide Mara Faria Soares	
DOI 10.22533/at.ed.5152024032	
CAPÍTULO 3	26
ANÁLISE DA PERDA AO FOGO DE CORPOS DE PROVA CERÂMICOS FORMULADOS COM CINZA LEVE PROVENIENTE DA GASEIFICAÇÃO DO CARVÃO MINERAL PULVERIZADO	
Gabryella Cerri Mendonça	
Cristiano Corrêa Ferreira	
Flávio André Pavan	
DOI 10.22533/at.ed.5152024033	
CAPÍTULO 4	34
ESTABILIDADE E COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE POLPA DE CUPUAÇU (<i>Theobroma grandiniflorum</i>) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES E TEMPERATURAS	
Simara Ferreira Borges	
Harvey Alexander Villa Vélez	
Romildo Martins Sampaio	
Valkerline Pinto Pires	
Audirene Amorim Santana	
DOI 10.22533/at.ed.5152024034	
CAPÍTULO 5	44
ESTIMATIVA DE VARIÁVEIS DE ESTADO EM MODELO DE HIDRÓLISE DE MATÉRIAS GRAXAS	
Camila Santana Dias	
Leandro Santos Monteiro	
Bruno Marques Viegas	
Diego Cardoso Estumano	
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.5152024035	
CAPÍTULO 6	59
APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE PARÂMETROS DE MODELOS DE BALANÇO POPULACIONAL PARA SISTEMAS PARTICULADOS	
Carlos Henrique Rodrigues de Moura	
Diego Cardoso Estumano	
João Nazareno Nonato Quaresma	

Emanuel Negrão Macêdo
Bruno Marques Viegas
Leandro Santos Monteiro
Diego Sousa Lopes

DOI 10.22533/at.ed.5152024036

CAPÍTULO 7 73

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE PARÂMETROS EM MODELO DE BALANÇO POPULACIONAL DE CRISTALIZAÇÃO DE GIBBSITA COM CINÉTICA CONSTANTE

Carlos Henrique Rodrigues de Moura
Diego Cardoso Estumano
João Nazareno Nonato Quaresma
Emanuel Negrão Macêdo
Bruno Marques Viegas
Leandro Santos Monteiro
Diego Sousa Lopes

DOI 10.22533/at.ed.5152024037

CAPÍTULO 8 85

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MONTE CARLO VIA CADEIA DE MARKOV PARA ESTIMATIVA DE PARÂMETROS EM MODELOS DE CURVAS DE RUPTURA

João Paulo de Souza Coutinho
Ianka Cristine Benicio Amador
Bruno Marques Viegas
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro
Diego Cardoso Estumano

DOI 10.22533/at.ed.5152024038

CAPÍTULO 9 100

DESCRIÇÃO FÍSICA DE FIBRAS DE COCO (*COCO NUCIFERA L.*) SUBMETIDAS A TRATAMENTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE MACERAÇÃO

Nayara Maria Monteiro da Silva
Carla Arnaud de Azevedo
Alefhe Bernard Cordovil Mascarenhas
Raíssa Cristine Santos de Araújo
Gabriela Nascimento Vasconcelos
Rafael Maia de Oliveira
Elza Brandão Santana
Lênio José Guerreiro de Faria

DOI 10.22533/at.ed.5152024039

CAPÍTULO 10 116

DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE PROCESSOS USANDO LINGUAGEM VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS (VBA) PARA A OXIDAÇÃO DO TOLUENO

Herbert Senzano Lopes
Vanja Maria de Franca Bezerra
Matheus Henrique Antonio Aboukalam da Cruz
Osvaldo Chiavone-Filho
Carlson Pereira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.51520240310

CAPÍTULO 11 123

O USO DA EXPERIMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA FACILITADORA PARA O ENSINO DE REAÇÃO DE DUPLA TROCA

Luciane Neves Ribeiro
Charles Garcia da Cunha
Joseane Cunha da Conceição
Layze Maria da Silva e Silva
Lindsey Bianca Araújo Fialho
Suzianne Saldanha da Silva
Vitor dos Santos de Carvalho
Miracleide de Araújo Batista Carneiro
Kelly das Graças Fernandes Dantas
Patrícia Santana Barbosa Marinho

DOI 10.22533/at.ed.51520240311

CAPÍTULO 12 130

O LÚDICO ATRAVÉS DE JOGOS DIDÁTICOS COMO AUXÍLIO EM AULAS DE TABELA PERIÓDICA PARA ALUNOS DO 9º ANO

Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos
Marivaldo José Costa Corrêa
Raílda Neyva Moreira Araújo
Haroldo da Silva Ripardo Filho
Luely Oliveira da Silva
Catarina Estumano Bandeira
Lucio Flavio Pires Santos
Jéssica de Souza Viana
Felipe Augusto da Silva Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.51520240312

CAPÍTULO 13 140

SIMULAÇÃO EM SUPERPRO DESIGNER DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO FUNGO *Metarhizium anisopliae* POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SOLIDO

Antonio Dheyson da Silva Oliveira
Rodrigo Silva Dutra
Sebastian Ospina Corral
Cristian Orlando Avila
Carlos Eduardo Orrego
Lina María Grajales

DOI 10.22533/at.ed.51520240313

CAPÍTULO 14 152

O PROCESSO DE FISCALIZAÇÃO DO CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA 6ª REGIÃO PA/AP

Denise de Mello Lima
Dionis Rogério Costa Peixoto
Cristiane Maria Leal Costa
Célio Augusto Gomes de Souza
Antonio Claudio Lima Moreira Bastos
Allysson Bruno Almeida Ramos

DOI 10.22533/at.ed.51520240314

CAPÍTULO 15 159

QUIZ EDUCATIVO: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE TABELA PERIÓDICA

Layze Maria da Silva e Silva

Luciane Neves Ribeiro
Joseane Cunha Da Conceição
Vitor Dos Santos De Carvalho
Suzianne Saldanha Da Silva
Lindsey Bianca Araujo Fialho
Charles Gracia da Cunha
Miracleide De Araújo Batista Carneiro
Kelly Das Graças Fernandes Dantas
Patrícia Santana Barbosa Marinho

DOI 10.22533/at.ed.51520240315

CAPÍTULO 16 164

ATIVIDADE ALELOPÁTICA DA BIOMASSA DO FUNGO *ASPERGILLUS SP*, ISOLADO COMO ENDOFÍTICO DA ESPÉCIE *Paspalum maritimum* TRIN

Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos
Marivaldo José Costa Corrêa
Raílida Neyva Moreira Araújo
Haroldo da Silva Ripardo Filho
Luely Oliveira da Silva
Lucio Flavio Pires Santos
Jéssica de Souza Viana
Felipe Augusto da Silva Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.51520240316

CAPÍTULO 17 173

ATIVIDADE FITOTÓXICA DA BIOMASSA PRODUZIDA PELO FUNGO ENDOFÍTICO *Glomerella cingulata*

Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos
Marivaldo José Costa Corrêa
Raílida Neyva Moreira Araújo
Haroldo da Silva Ripardo Filho
Luely Oliveira da Silva
Lucio Flavio Pires Santos
Jéssica de Souza Viana
Felipe Augusto da Silva Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.51520240317

CAPÍTULO 18 181

CHEMICAL CONSTITUENTS AND LARVICIDAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL FROM *Murraya koenigii* (L.) Spreng. (RUTACEAE) AGAINST *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE)

Camila Aline Romano
Matheus Gabriel de Oliveira
Matheus de Sousa Melo Morais
Andressa Tuane de Santana Paz
Liliane de Sousa Silva
Heloisa Helena Garcia da Silva
Ionizete Garcia da Silva
Adelair Helena dos Santos
José Realino de Paula

DOI 10.22533/at.ed.51520240318

CAPÍTULO 19 192

ESTIMATIVA DA CURVA DE RUPTURA DO PROCESSO DE ADSORÇÃO ATRAVÉS DO ALGORITMO

DE REAMOSTRAGEM POR IMPORTÂNCIA

Ianka Cristine Benicio Amador
Bruno Marques Viegas
Diego Cardoso Estumano
Emanuel Negrão Macêdo
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.51520240319

CAPÍTULO 20 205

DETERMINAÇÃO DO PERFIL ÓTIMO DE TEMPERATURA PARA UM BIOPROCESSO EM BATELADA DE PRODUÇÃO DE PENICILINA REPRESENTADO POR UM MODELO MATEMÁTICO

Samuel Conceição de Oliveira
Angel Gustavo Tolaba

DOI 10.22533/at.ed.51520240320

CAPÍTULO 21 218

AVANÇOS RECENTES E PERSPECTIVAS FUTURAS NA MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE REMOÇÃO DE SULFATO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS EM BIORREATOR ANAERÓBIO DE LEITÃO FIXO OPERADO EM BATELADAS SEQUENCIAIS

Samuel Conceição de Oliveira
Arnaldo Sarti

DOI 10.22533/at.ed.51520240321

SOBRE A ORGANIZADORA..... 228

ÍNDICE REMISSIVO 229

SIMULAÇÃO EM SUPERPRO DESIGNER DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO FUNGO *Metarhizium anisopliae* POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SOLIDO

Data de submissão: 03/12/2019

Data de aceite: 16/03/2020

Antonio Dheyson da Silva Oliveira

Universidade Federal do Tocantins, Aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/6247978784139357>

Rodrigo Silva Dutra

Universidade Federal do Tocantins, Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/5460816155779189>

Sebastian Ospina Corral

Universidad Nacional de Colombia, Alumno de Maestría en Ingeniería Química, Manizales – Caldas
http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001605332

Cristian Orlando Avila

Universidade Federal do Tocantins, Aluno do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/1092922705968851>

Carlos Eduardo Orrego

Universidad Nacional de Colombia, Docente del Programa de Posgrado en Ingeniería Química, Manizales – Caldas
http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000072508

Lina María Grajales

Universidade Federal do Tocantins, Docente do Curso de Engenharia de Alimentos e do Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/3869745078999097>
<https://orcid.org/0000-0003-3311-9270>

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo realizar uma simulação, no *software Superpro Designer 10 (Intelligent, Inc. EE. UU.)*, dos custos de produção do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae*, produzido por fermentação em estado sólido (FES) a partir de resíduos agroindustriais como substratos. Para isto, o trabalho foi dividido em três etapas. Na primeira etapa foi produzido o fungo *M. anisopliae* por FES a partir de resíduos agroindustriais em biorreator de bandejas. Na segunda etapa, os custos de produção do fungo foram quantificados por cada batelada em escala piloto. Na terceira etapa, as informações obtidas na etapa anterior foram utilizadas para alimentar o modelo criado no software e a simulação do processo foi realizada. Os resultados da análise mostraram um custo unitário de produção anual de R\$460,60, para unidades de 500g do produto. A média do preço comercial é de R\$500,00 por unidade. Portanto, a tecnologia utilizada se mostrou promissória, já que o custo de produção ainda tem margem para cobrir os demais custos não levados em

consideração neste estudo e a possibilidade de obtenção de lucros, sendo necessário realizar uma análise de mercado que permita obter o preço real de concorrência.

PALAVRAS-CHAVE: Fungo *Metarhizium anisopliae*. Resíduos agroindustriais. Fermentação em Estado Sólido. Simulação em Superpro Designer. Custos de produção.

SIMULATION WITH SUPERPRO DESIGNER OF THE PRODUCTION COSTS OF *Metarhizium anisopliae* BY SOLID STATE FERMENTATION

ABSTRACT: The present work aimed to carry out a preliminary economic analysis of the production of entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* by solid state fermentation from agroindustrial residues as substrates. In order to carry out the work, it was divided into three stages. On the first stage, *M. anisopliae* fungus was produced by solid-state fermentation from agroindustrial waste in a pilot-scale tray bioreactor. On the second stage, production costs of the fungus were quantified for each batch on the pilot scale. On the third stage, the cost information obtained in the previous stage was used to perform the simulation of the process, using a model created in the Superpro Designer 10 software (Intelligent, Inc. USA). Results showed that fermentation technique and equipment used kept the operating conditions stable and controlled throughout the process, which allowed the experiments, a necessary condition for any operating line. The economic analysis carried out through the simulation allowed to estimate the costs of fungus production in each lot and showed that the annual unit production cost is R\$ 460.60, for units of 500 g of the product. This price at the beginning will not leave many profits to the company, due to the high initial investment, however, the sale of the product for \$ 500.00 / 500g, average commercial price, will allow the profitability of the company in the future.

KEYWORDS: *Metarhizium anisopliae*. Agroindustrial solid residues. Solid State Fermentation. SuperPro Designer. Production costs.

1 | INTRODUÇÃO

O interesse comercial no desenvolvimento de produtos para controle microbiano de insetos teve início em torno de 1950, quando se constatou a possibilidade de manipular microrganismos para causar doenças em insetos-praga sem provocar danos às espécies benéficas (Lopes, 2016). Os bioinseticidas são vistos hoje como um componente efetivo e de valor nos sistemas de manejo integrado de pragas. No Brasil, a produção comercial de bioinseticidas vem crescendo anualmente gerando emprego, renda e impulsionando um segmento estratégico para agregação de valor aos produtos do agronegócio (Lopes et al., 2015).

Entre as mais de 700 espécies de fungos já noticiados como causadoras de doenças em insetos, cerca de 20 são patogênicas para pragas de importância

econômica, dos quais o *Metarhizium anisopliae* é uma das espécies mais estudadas para o controle microbiano de pragas no mundo (Dallastra et al., 2019a).

No Brasil é usado, como pesticida agrícola para controlar pragas como a *Mahanarva posticata*, a cigarrinha-da-folha, que se dá nos cultivos de cana-de-açúcar (Abreu et al., 2015).

Para uma aplicação eficiente deste fungo, em lavouras e no campo, é necessária uma grande quantidade de esporos (Cunha, 2016). A forma mais simples e comum de produção é por Fermentação em Estado Sólido (FES), onde o crescimento de microrganismos se dá sobre substratos sólidos, na ausência de água livre (Rahardjo et al., 2006).

A fase sólida atua como fonte de carbono, nitrogênio e demais componentes, além de se apresentar como suporte para o crescimento das células microbianas (Pinto et al., 2005).

A FES apresenta vantagens para a produção de esporos em curto período, devido à sua simplicidade em comparação com o cultivo submerso, além de as condições do crescimento microbiano serem mais próximas às dos habitats naturais do fungo (Pinto et al., 2005).

Para tornar viável a produção de esporos de fungos em escala semi-industrial, é necessário obter um meio de cultura ideal, barato e altamente produtivo, que mantenha características morfológicas, patogênicas e virulogênicas. Visto a quantidade de resíduos produzidos nas indústrias processamento de grãos, frutas e hortaliças (Matos, 2014) nos últimos anos, a tentativa da utilização desses resíduos como substratos para processos FES tem aumentado e tem se mostrado uma alternativa viável, agregando valor a produtos e minimizando problemas ambientais (Laurentino, 2007; Rani et al., 2009).

Dallastra et al. (2019b) produziram o fungo *M. anisopliae* utilizando, utilizando quirela de arroz, farelo de soja e farelo de trigo como substratos, nos quais conseguiram aumentar a quantidade de conídios produzidos em relação aos esporos produzidos atualmente pela indústria.

A produção em larga escala do fungo *Metarhizium anisopliae* é artesanal, estando carente de tecnologia sofisticada e de controles efetivos, o que torna os processos vulneráveis a contaminações e pouco produtivos (Cunha, 2016; Santa et al., 2005).

O grupo de pesquisa em Engenharia de Biorreatores da Universidade Federal do Tocantins vem realizando análises de crescimento do fungo *Metarhizium anisopliae*, em escala piloto, onde a finalidade é desenvolver biorreatores que admitam a ampliação da escala de produção envolvendo tecnologia e diminuindo os índices de contaminação. Os resultados dos experimentos com esta nova tecnologia, permitem quantificar os custos de produção do fungo em escala piloto e estimar através de simulações a viabilidade econômica do processo quando o sistema é extrapolado a uma escala de produção industrial.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise

de custos de produção do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* por fermentação em estado sólido a partir de resíduos agroindustriais, utilizando um modelo desenvolvido para este sistema no *software* Superpro Designer 10 (Intelligent, Inc. EE. UU.).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Microrganismo: O fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* cepa ICBC 425 sob a forma de esporos puros em pó e armazenados à temperatura de -4 °C foi utilizado.

Substratos: Os resíduos da agroindústria: farelo de soja, farelo de trigo e quirela de arroz nas proporções 1:1:1 (Dallastra et al., 2019b) foram utilizados como substratos.

Biorreator de bandejas: O biorreator utilizado para a produção do fungo foi um fermentador de bandejas desenvolvido pelo grupo de Pesquisa em Engenharia de Biorreatores da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas. Este foi construído em aço-inox, suportado em uma base metálica de 1m de altura. No seu interior, contém quatro bandejas de aço-inox perfuradas. Está dotado de entradas para vapor de esterilização e de ar úmido ao sistema. Possui camisa de refrigeração para controle de temperatura no decorrer do processo fermentativo. Um manômetro para monitoramento da pressão e uma abertura para saída de gases. Possui um mecanismo de aspersão da suspensão fúngica para inoculação dos substratos e para aspersão de água para controle de umidade e temperatura.

2.2 Metodologia

O trabalho experimental desta pesquisa foi realizado no Laboratório de Microbiologia de Alimentos e no Laboratório de Operações da Universidade Federal do Tocantins, no Campus de Palmas.

A etapa de modelagem e simulação do processo foi realizado no Instituto de Biotecnología y Agroindustria de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

Fermentação em Estado Sólido (FES): O pré-inóculo foi preparado por repicagem do fungo em frascos Erlenmeyers com 50mL de BDA. O fungo foi incubado durante 07 dias em câmara climatizada BOD a 28°C±1°C (Pinto, 2009).

A solução nutriente foi preparada com 0,025% de cloreto de potássio, 0,012% de extrato de levedura e tensoativo Tween 80® a 0,01%. Esta solução foi esterilizada em autoclave a 120°C durante 20 minutos, para posterior preparo da suspensão de conídios e inoculação dos substratos.

Para isto foi preparada uma suspensão de conídios adicionando ao Erlenmeyer a solução nutriente. A concentração dos conídios foi determinada em câmara de

Neubauer com auxílio de microscópio óptico com aumento de 40 vezes, padronizada em aproximadamente $6,9 \times 10^7$ conídios/mL e reservada para posterior inoculação dos substratos.

À mistura dos resíduos agroindustriais constituídas por quirela de arroz, farelo de trigo e farelo de soja (1:1:1) foi adicionada água até obter uma umidade de 30%. Os substratos foram colocados nas bandejas do biorreator e foi iniciado o processo de esterilização com injeção de vapor direto a 105 °C durante 1 hora, obtendo no final do processo meios de cultura com umidade de 40%.

Após o resfriamento do meio até temperatura de 28°C, a solução inoculante foi adicionada por aspersão sobre o substrato e foi incubado por 7 dias. A resposta foi quantidade de conídios produzidos.

Custos de produção em escala piloto: A partir da informação coletada com as fermentações foram estabelecidas as quantidades de matérias primas, insumos e equipamentos necessários para a produção no biorreator, e assim, os custos foram estimados.

Para os Custos Fixos (CF) foram levados em consideração os equipamentos, salários dos funcionários e aluguel do imóvel, já que os valores se mantem inalterados independentemente da produção.

Os custos variáveis (CV) são formados por despesas como matérias primas (BDA, quirela de arroz, farelo de trigo, farelo de soja, tensoativo Tween 80®, cloreto de potássio e extrato de levedura), insumos (etanol, GLP e lenha), água e energia, nos quais, variam na medida em que o nível de produção se altera.

De acordo com a teoria dos preços de Milton Friedman (Pindyck; Rubinfeld, 2010), no curto prazo, os Custos Totais de produção (CT) são obtidos pela somatória dos Custos Fixos (CF) e Custos Variáveis (CV), segundo a Equação (1).

$$CT = CF + CV \quad (1)$$

Os custos de um determinado produto por unidade produzida, denominados Custo Total Médio (CTMe), são obtidos dividindo o Custo Total (CT) pela quantidade de unidades produzidas (Q), conforme a Equação (2) (Hall; Lieberman, 2003; Pindyck; Rubinfeld, 2010; Retamiro, 2016):

$$CTMe = \frac{CT}{Q} \quad (2)$$

Modelagem e simulação dos custos de produção: A modelagem do processo, a qual incluiu o projeto da planta e a simulação econômica preliminar da produção do fungo *M. anisopliae* por FES, foi realizada com o software *Superpro Designer 10*

(*Intelligent, Inc. Scotch Plains, NJ, EE. UU.*).

A rotina criada no *software* foi realizada para uma linha de operação em batelada e as etapas de processo levadas em consideração foram recepção e acondicionamento da matéria prima ou substratos, esterilização com vapor do dentro do reator, preparação e aspersão do inóculo, processo fermentativo, empacotamento e armazenamento.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção do fungo *M. anisopliae* por FES: Após o experimento de produção do fungo *M. anisopliae* utilizando farelo de trigo, farelo de soja e quirera de arroz, foi obtida uma quantidade de 14×10^8 conídios por *mL*, indicando que foi possível repetir os experimentos de Dallastra *et al.* (2019a) no mesmo equipamento. Isto significa que a técnica de produção do fungo fornece condições reproduzíveis e o equipamento utilizado mantém estáveis e controladas as condições de operação durante todo o processo fermentativo permitindo que o *M. anisopliae* desenvolva suas atividades metabólicas com êxito. Por tanto, poderia ser pensado na sua produção em uma linha de operação em batelada para trabalhar durante todo o mês e conseqüentemente, o ano todo.

A busca pela substituição do arroz (substrato usado na indústria) como substrato, seja por outros cereais em grão ou na forma de farelos, assim como resíduos agroindustriais tem sido constante (Sene *et al.*, 2010; Latifian *et al.*, 2013). A utilização de farelos pode ser uma alternativa viável tanto pela produção satisfatória de conídios quanto pelo menor custo, uma vez que a utilização de 1 Kg da mistura dos resíduos (FT-FS-Q) tem um custo cerca de 35,5% (Mercado, 2018) menor quando comparado ao Arroz Tipo I (1 Kg). Além disso, no preparo destes resíduos foi somente adicionado água (30%) e o Arroz Tipo I passou por cozimento por imersão, o que aumentou o tempo de processo, a mão de obra, o gasto energético e conseqüentemente, o custo de produção.

Os resultados desta pesquisa mostraram não só a importância da substituição do Arroz Tipo I por substratos abundantes, compatíveis com o ambiente e de baixo custo como alguns resíduos agroindustriais, se não também a importância do desenvolvimento de equipamentos que permitam reduzir o número de etapas manuais e evitar contaminação por manipulação, manter estáveis e controladas as condições de operação durante todo o processo fermentativo constituindo-se no primeiro passo para o aumento de escala.

Custos de produção em escala piloto: O biorreator tem suporte para quatro bandejas com capacidade de receber 300 g de cada substrato para cada bandeja, ou seja, com uma capacidade máxima de fermentação de 3600 g de substrato por

batelada. São feitas 3 bateladas por mês, devido à fermentação ocorrer durante 7 dias e mais 1 dia para o preparo de materiais. Assim, a capacidade de fermentação é de 10800 g de substrato ao mês.

No processo de produção, o produto será o fungo juntamente com o substrato, desconsiderando assim as perdas de massa e os balanços de matéria são iguais a zero. Com isso seriam produzidos 10800 g por mês. Para este estudo foi considerado a venda do produto em embalagens com 500 g cada, sendo então 21,6 produtos por mês e 259,2 ao ano.

As Tabelas 1 e 2 apresentam as quantidades iniciais definidas, das matérias primas e insumos, respectivamente. As quantidades de produtos no início do negócio são bastante importantes, pois com eles é definido o início do estoque, havendo um volume a mais para possíveis imprevistos durante a produção do fungo.

Para a produção do *M. anisopliae* foram utilizados poucas matérias primas e poucos insumos, com isso o custo de produção do primeiro mês é R\$ 902,18. Para o empresário, é interessante, desde o ponto de vista do baixo investimento inicial.

Os insumos, como álcool e gás não geram muitos gastos, o estoque inicial do álcool e gás é grande, acarretando longa duração dos produtos. A lenha, por outro lado, levada à caldeira é mais usada, com isso deve ter sempre disponível em estoque, porém é recomendado que haja cuidados ao estocar lenhas, pois elas atraem insetos e roedores, que conseqüentemente causa contaminação (Fernandes, 2019).

A mão de obra considerada foi um biólogo com um salário de R\$2604,71, um prestador de serviços gerais R\$998,00 e os encargos sociais e trabalhistas R\$1,902,23, para um total de R\$5.504,94 por mês. A mão de obra representa a maior parcela do custo mensal de produção, compondo 43,77% do custo total mensal.

Matéria prima	Apresentação	Investimento Inicial		Quantidade para 1 mês	Custo do para 1 mês (R\$)	Quantidade final
		Quantidade	Preço (R\$)			
Ágar Batata Dextrose (BDA)	500 g	1	293,88	29,4 g	17,34	470 g
Quirela de Arroz	50000 g	1	42	900 g	0,37	49100 g
Farelo de soja	50000 g	1	77	900 g	1,44	49100 g
Farelo de trigo	30000 g	1	28	900 g	0,86	29100 g
Tensoativo Tween 80	1000 ml	1	113,88	48,96 ml	5,58	951,04 g
Cloreto de Potássio	500 g	1	23,11	0,624 g	0,03	499,376 g
Extrato de Levedura	500 g	1	324,31	0,3168 g	0,21	499,6832 g
Investimento inicial (R\$)			902,18			

Tabela 1. Custo das matérias primas e quantidade utilizada.

Matéria prima	Apresentação	Investimento Inicial		Quantidade para 1 mês	Custo do para 1 mês (R\$)	Quantidade final
		Quantidade	Preço (R\$)			
Álcool	12000 ml	1	114,45	2100 ml	20,03	9900 ml
Gás	13000 g	1	85	495 g	3,24	12505 g

Lenha	1 m ³	1	50	0,66 m ³	33	0,34 m ³
Investimento inicial (R\$)	249,45					

Tabela 2. Custo dos insumos e quantidade utilizada.

De acordo com a imobiliária Nobre localizada na cidade de Palmas (TO), o valor do aluguel no setor industrial da cidade custa em torno de R\$ 9,00/m², sendo a área total ocupada pelo laboratório de 58,55 m² o valor do aluguel do imóvel ficaria no valor de R\$526,95 (Fernandes, 2019).

Para quantificar os gastos de água foi considerada a utilização da água fornecida pelo serviço de saneamento básico do estado do Tocantins. A empresa responsável por esse serviço é a BRK ambiental, sua estrutura tarifária está em vigor desde 01/07/2018. Pelo fato de a Fermentação em Estado Sólido ser um processo que consome pouca água para a produção do *M. anisopliae*, a maior parte do consumo fica por parte da limpeza do local e equipamentos, sendo assim o consumo de água não chega a exceder os 15 m³ mensais, se enquadrando então na tarifa tipo I1 onde o valor cobrado é de R\$ 192,49.

Na Tabela (3) estão os valores do consumo de energia de cada equipamento utilizado para a produção do fungo.

Equipamentos consumidores de energia	Potência (KW)	Tempo de uso (h/mês)	Consumo (KWh/mês)	Preço (R\$)
Banho Ultratermostatizado	2	504	1008	609,84
Autoclave	2	5,25	10,5	6,36
Incubadora BOD	1	720	720	453,6
Geladeira	1	-	38,4	23,23
Câmara de fluo laminar	1	9	9	2,72
Microscópio	0,03	1	0,03	0,018
Destilador de água	1,5	12	18	10,89
Câmara de Neubauer	-	-	-	-
Balança analítica	0,012	2,5	0,03	0,0181
PHmetro	0,0027	3	0,0081	0,005
Custo total de energia (R\$)				1.106,69

Tabela 3. Consumo de energia dos equipamentos utilizados.

Este valor é consideravelmente alto desde que há equipamentos como o banho ultratermostatizado e a incubadora BOD que permanecem em funcionamento por grandes períodos durante todo o mês.

Na produção do fungo *M. anisopliae*, é necessária a compra de diversos equipamentos, como: Biorreator de bandejas R\$16.067,30; Banho Ultratermostatizado R\$4.644,00; Autoclave R\$6.100,00; Caldeira R\$45.000,00; Incubadora BOD R\$5.288,70; Geladeira R\$1420,44; Câmara de fluxo laminar R\$14.066,40; Microscópio R\$1.521,99; Destilador de água R\$1.531,30; Balança analítica R\$5.290,00 e PHmetro R\$1.485,75.

Todos estes equipamentos totalizam um valor de R\$ 102.415,88, sendo assim, este é o maior investimento para se iniciar o negócio. Então foi suposto um financiamento para compra de equipamentos a 60 meses. Assim as parcelas mensais seriam de R\$ 2.946,30. Considerando a taxa de juros de 2% ao mês, o valor em juros é de R\$ 74.361,91. Com isso, o valor no final pago pelo investidor será de R\$ 176.777,79.

Para a vidraria utilizada foi estimado um custo de R\$ 1.124,45.

O Custo Fixo (*CF*) resultado da somatória do investimento em equipamentos, salários, aluguel e vidraria da um total de R\$9.552,14 por mês. O Custo Variável (*V*) resultado da somatória de matérias primas, insumos, água e energia da um total de R\$ 2.433,54 por mês. De acordo à Equação (1), o Custo Total (*CT*) ao fim do mês será de R\$11.985,68.

Dividindo esse valor pelo número de produtos gerados ao fim do mês de 21,6, tem-se o de R\$554,90. Para cada unidade de 500 g produto produzido no primeiro mês, será necessário um investimento de R\$ 554,90 por unidade produzida. Para definir o preço final de custo do produto, será necessário tomar como base o custo unitário da produção final.

Simulação do processo e análise econômica: O fluxograma da planta de produção do fungo *M. anisopliae* elaborado no *software Superpro Designer 10 (Intelligent, Inc.. Scotch Plains, NJ, EE. UU)* se encontra na Figura (1).

Este foi construído levando em consideração os balanços de massa e energia do processo completo a partir das suas composições elementares e as informações alimentadas ao modelo foram as dos custos levantados para a produção de uma batelada.

As informações fornecidas pelo software em relação à avaliação econômica estão descritas a continuação.

Os custos de produção levantados para o primeiro mês de produção estão na Tabela (4). Desta forma, foi possível estimar o Custo Fixo anual, visto que é durante o ano é inalterada. Os custos de matérias primas e insumos são praticamente inalterados durante o ano, visto que o consumo nas produções permanece o mesmo e não há necessidade de reposições na maioria dos produtos. Assim também acontece com a energia e a água, curioso, pois ambos são denominados custos variáveis. As estimativas quantificadas são mostradas abaixo.

Dados os valores na Tabela 4 e com a produção de 259,2 unidades de produtos anual, tem-se:

$$CTMe = \frac{R\$ 119.362,39}{259,2} = R\$ 460,50$$

Com o custo unitário médio anual no valor de R\$ 460,50, há uma redução de

17,01% em relação ao valor do custo mensal, no qual é justificado, pois no primeiro mês é considerado o estoque inicial das matérias primas, insumos e os investimentos nas vidrarias e utensílios. Uma estimativa para determinar o preço de venda do produto foi realizada, no valor de R\$500,00/500g.

Para a análise de mercado e determinar se é possível a inserção fungo produzido, é necessário comparar o valor do produto deste estudo com o valor de um produto já existente no mercado. Para tanto, foi tomado como referência os valores do catálogo de produtos 2019 do MFRural, nele estão catalogados os preços do *M. anisopliae*. O catálogo apresenta valores diversos de empresas diferentes, porém foi avaliado o produto vendido com 500g do fungo, com valor de R\$500,00. Com isso, o fungo *M. anisopliae* produzido, teria condições de ser inserido no mercado, uma vez que o seu valor de R\$ 500,00, é igual ao do mercado.

Custo Fixo (CF)	(R\$)	Custo (CV)	(R\$)
Investimento em equipamentos	28.749,3	Matérias primas	2.019,00
Salários	66.059,29	Insumos	828,35
Aluguel	6.323,4	Água e energia	15.383,10
CF total	101.131,99	CV total	
Custo total (CT = CF + CV)		R\$ 119.362,39	

Tabela 4. Custos totais anuais para a primeira produção.

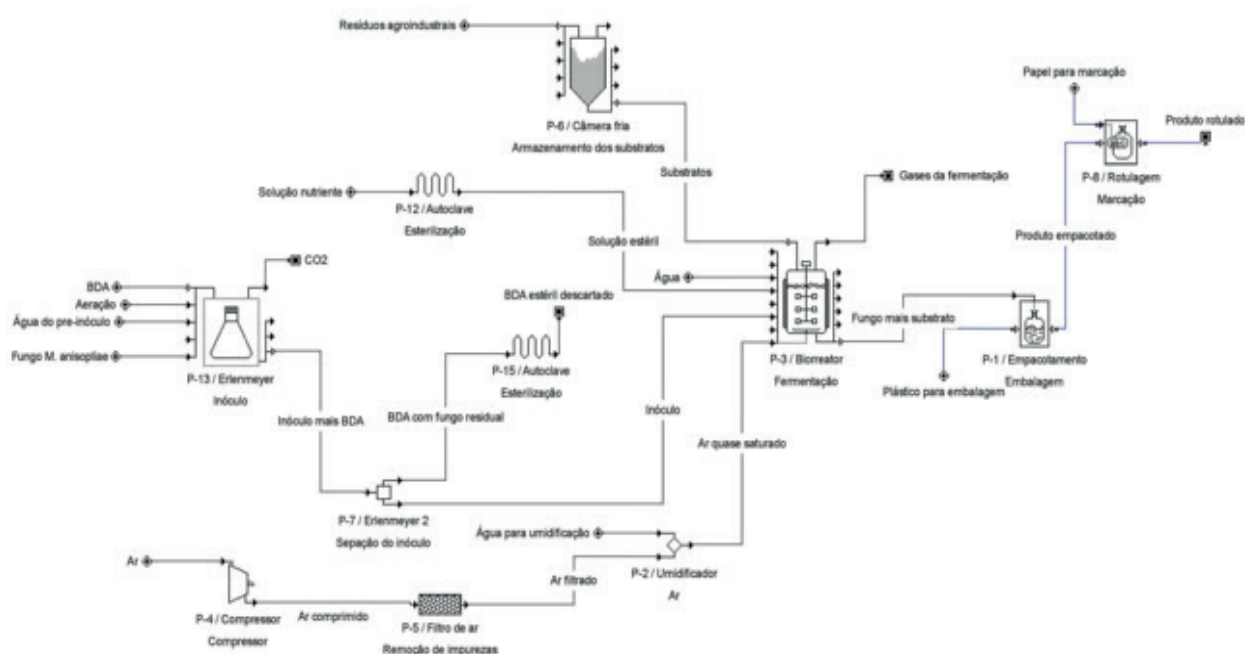


Figura 1. Fluxograma do processo de produção do *M. anisopliae*.

Na medida em que vão passando os meses e mais produtos vão sendo produzidos o custo variável também sofre uma elevação. A quarta coluna mostra o custo total que é o somatório de todos os custos fixos e variáveis. Portanto, à medida que o custo

variável se altera o custo total também sofre alterações.

Desta forma, a tecnologia empregada na produção do fungo *M. anisopliae* se mostrou positiva e promissória em relação a valores do mercado que se aproximam a R\$500,00/500g. Porém, uma análise econômica mais detalhada é necessária, pois mais fatores devem ser levados em consideração para garantir a precisão das análises.

4 | CONCLUSÕES

A análise econômica preliminar da produção do fungo no *software Superpro Designer*, simulou de forma eficaz e eficiente. Com esta ferramenta foi possível verificar a otimização do processo desde a recepção da matéria prima até a distribuição do produto, estimando o processo em uma escala de produção maior.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. A. S. de; ROVIDA, A. F. S.; CONTE, H. (2015), Controle biológico por insetos parasitoides em culturas agrícolas no Brasil: revisão de literatura. Revista UNINGÁ; Vol. 22, n. 2, p. 22-25.

CUNHA, L. P. da. (2016), Aspectos de engenharia da produção do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* em biorreator de bandeja. Universidade Estadual Paulista: [s. n.].

DALLASTRA, E. D. G.; RAMALHO, E. X.; GRAJALES, L. M. (2019a), Valorização de resíduos agroindustriais para a produção do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* por processos de fermentação em estado sólido. In: VOIGT, C. M. Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 3. Ponta Grossa: Atena Editora, p. 29-39.

DALLASTRA, E. D. G.; RAMALHO, E. X.; GRAJALES, L. M. (2019b), Análise do aumento de escala de produção do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* por fermentação em estado sólido. In: ANDRADE D. F. Processos químicos e biotecnológicos. Belo Horizonte: Poisson Editora, p. 85-88.

FERNANDES, P. H. B. (2019), Análise dos custos de produção de lipases extracelulares do fungo *Metarhizium anisopliae* utilizando bagaço do coco babaçu como substrato. TCC (graduação), Curso de Engenharia de Alimentos, UFT, Palmas – TO, 2019.

HALL, R. E.; LIEBERMAN, M. (2003), Microeconomia Princípios e Aplicações. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

LATIFIAN, M.; RAD, B.; AMANI, M.; RAHKHODAEI, E. (2013), Mass production of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (*Balsamo*) by using agricultural products based on liquid- solid diphasic method for date palm pest control. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, London, v. 5, n.19, p. 2337-2341.

LAURENTINO, C. L. (2007), Transferência de calor em leitos fixos com aplicação em reatores de fermentação em estado sólido. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto.

LOPES, I. C. (2016), Produção de conídios do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* em diferentes condições de cultivo e em biorreator de bandeja. Universidade Estadual Paulista, São José

do Rio Preto – SP.

LOPES, I. C.; CASCIATORI, F. P.; THÓMEO, J. C. (2015), Produção de *Metarhizium anisopliae* em diferentes escalas e em biorreator de bandeja. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 2015, São Carlos - SP. [...]. [S. l.: s. n.].

MATOS, A. T. (2014). Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos. Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV.

MERCADO CORRETORA DE MERCADORIAS. (2018), Cotações. Disponível em: <<http://www.clicmercado.com.br/novo/cotacoes/buscacot.asp>>. Acesso em: 07 jul.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. (2010). Microeconomia. 7. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil.

PINTO, G. A. S. et al. (2005), Fermentação em Estado Sólido: Uma Alternativa para o Aproveitamento e Valorização de Resíduos Agroindustriais Tropicais. Comunicado Técnico Online, Fortaleza - CE.

RAHARDJO, Y.S.P.; TRAMPER, J.; RINZEMA, A. (2006), Modeling conversion and transport phenomena in solid-state fermentation: a review and perspectives. *Biotechnology Advances*, v.24, p.161-179.

RANI, R.; KUMAR, A.; SOCCOL, C. R.; PANDEY, A. (2009), Recent advances in solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, Amsterdam, v. 44, p. 13–18.

RETAMIRO,W. (2016), Microeconomia. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional, 216 p.

SANTA H.S.D., SANTA O.R.D., BRAND D., VANDENBERGH L.P. de S, SOCCOL C.R. (2005), Spore production of *Beauveria bassiana* from agro-industrial residues. *Braz Arch Biol Technol.* 2005; 48:51-60.

SENE, L.; ALVES, L.F. A...; LOBRIGATE, M. F. P. (2010), Produção de conídios de *Metarhizium anisopliae* em meio sólido à base de resíduos agroindustriais. *Arq. Inst. Bio.*, São Paulo, v. 77, n. 3, p.449-456.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aedes aegypti 181, 182, 189, 190, 191
Algoritmo 37, 49, 64, 65, 69, 76, 77, 78, 90, 92, 192, 197, 199, 201, 210
Análise do coeficiente de sensibilidade 66, 67, 78, 83, 91, 93
Atividade alelopática 164, 165, 166, 171
Atividade fitotóxica 173, 174

B

Balanço Populacional 59, 60, 61, 62, 63, 70, 73, 74, 75, 83, 84

C

Carvão mineral 26, 28, 32, 33, 220
Coeficiente de aglomeração 62, 63, 65, 66
Comportamento reológico 34, 36, 38, 40, 41, 42, 43
Concentrador solar 1, 3, 4, 5, 9, 11
Concentrador solar biangular 1, 3, 4, 11
Conselho Regional de Química 152, 153
Curva de ruptura 85, 86, 87, 89, 96, 97, 192, 194, 201, 202
Custos de produção 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 150

E

Energia solar 1, 3, 5, 6, 10, 11
Energias renováveis 1, 2
Ensino 32, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 159, 160, 161, 162, 164, 173
Extração sólido-líquido 1, 2, 3, 4

F

Fibras de coco 100, 102, 103, 105, 106, 107, 109, 112, 113, 114, 115
Fiscalização do CRQ 152, 153

G

Gaseificação do carvão 26, 32

H

Hidrólise de matérias graxas 44, 45, 46, 56

I

Imobilização de lipase 12, 21, 23

J

Jogos didáticos 130, 131, 133, 134, 138

L

Larvicidal activity 181, 183, 186, 187, 190

Lixiviação 1, 2, 3, 5, 6

Lixiviação assistida por energia solar 5, 6

M

Maceração 40, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 168

Modelo de balanço populacional 62, 63, 73, 83

Monte Carlo via Cadeia de Markov 59, 60, 64, 67, 70, 73, 74, 76, 79, 83, 85, 89, 97

O

Óleo de Baru 1, 6, 9, 10

Oxidação do tolueno 116, 121

P

Perda ao fogo 26, 27, 29, 30, 31, 32

Polpa de cupuaçu 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42

Processo de adsorção 85, 86, 87, 89, 97, 192, 194

Q

Quiz educativo 159, 160, 161, 162

R

Reação de dupla troca 123, 125

Reamostragem por importância 192

Resíduo agroindustrial 12, 14

Resíduo agroindustrial do café 12

S

Simulador de processos 116, 117

Sistemas particulados 10, 59, 60, 65, 70, 151

Superpro Designer 140, 141, 143, 144, 148, 150

Sustentabilidade 1, 114

T

Tabela Periódica 130, 131, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 159, 160, 161, 163

Taxa de crescimento por coagulação 66

U

Unidade experimental de extração sólido-líquido 4

V

Variáveis de estado 44, 45, 47, 51, 54, 55, 56, 57, 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 192, 194, 196, 202, 203, 206, 210, 218, 224, 225, 227

 **Atena**
Editora

2 0 2 0