



A Produção do Conhecimento na Engenharia Química 2

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**



A Produção do Conhecimento na Engenharia Química 2

**Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)**

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
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. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
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 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
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. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

P964 A produção do conhecimento na engenharia química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-976-9

DOI 10.22533/at.ed.769203001

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia.

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

Neste segundo volume, sobre a Produção do Conhecimento na Engenharia Química, apresentamos diversos trabalhos desenvolvidos com pesquisas relacionadas às áreas de energias renováveis, abordando diferentes biomassas, produção de bioetanol, biodiesel e também utilização de energia solar nos processos.

Com intuito de reduzir os impactos gerados pelos combustíveis fósseis, os trabalhos apresentados mostram, por exemplo, o farelo de arroz como suplemento no meio fermentativo para produção de etanol, obtenção de biodiesel a partir de óleo de mamona comparada ao simulador, estudo da biomassa do capim elefante, energia solar para destilação de etanol, entre outros.

Além disto, este volume trás para você pesquisas voltadas à área de bebidas fermentadas, sendo o foco destes estudos a melhoria dos produtos e dos processos de fabricação. Os trabalhos abordam, entre outras coisas, efeitos de produtos adicionados na fermentação, como trub, e no mosto, como chá verde; avaliação microbiológica e melhoria na produção de cerveja artesanal; bem como desenvolvimento de procedimentos para determinação de metais em cachaça de alambique de cobre.

Também é possível visualizar trabalhos com diferentes tipos de métodos empregados com a finalidade de proporcionar melhores processos produtivos e gerar maiores cuidados com o meio ambiente, relacionados à prevenção e remoção de poluentes. Nestes trabalhos verificam-se métodos de adsorção, secagem, caracterização, separação, assim como simulação computacional de processos.

Portanto, os trabalhos selecionados possibilitam conhecimento de novos materiais, técnicas e processos, como também cuidados com meio ambiente e desenvolvimento tecnológico, expondo a produção de conhecimento na Engenharia Química, de grande importância para ciência e para a sociedade.

Fundamentado nestes trabalhos, que você possa aperfeiçoar seus saberes nesta área.

Bom estudo.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL POR <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> SUPLEMENTADO COM FARELO DE ARROZ	
Mariane Almeida Gonçalves Grazieli Tavares Amoglia Daniel Elvis Basílio da Silva Fernanda Palladino	
DOI 10.22533/at.ed.7692030011	
CAPÍTULO 2	8
ESTUDO COMPARATIVO DA OBTENÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE MAMONA EM LABORATÓRIO E NO SIMULADOR DE PROCESSOS QUÍMICOS DWSIM	
Anna Luiza Araújo Baptista Clara de Castro Amaral Marcos Vinicius Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.7692030012	
CAPÍTULO 3	16
ESTUDO CINÉTICO DE DIFERENTES CULTIVARES DA BIOMASSA DO CAPIM ELEFANTE (<i>PENNISETUM PURPUREUM</i> SCHUM.)	
Mayara de Oliveira Lessa Renata Martins Braga Emerson Moreira de Aguiar Marcus Antônio de Freitas Melo	
DOI 10.22533/at.ed.7692030013	
CAPÍTULO 4	30
USO DA ENERGIA SOLAR NA DESTILAÇÃO DO ETANOL APLICADO NA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE COCO	
Lucas Rodrigo Custódio Silva Marina Barbosa Maluf Ribeiro Amanda Dornelas Oliveira Caroline Santos Silva Érica Victor de Faria Kássia Graciele dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.7692030014	
CAPÍTULO 5	44
AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE FURFURAL PELO ADSORVENTE CARVÃO ATIVADO	
Ana Cláudia Rodrigues De Barros Riann de Queiroz Nóbrega Lorena Lucena De Medeiros Flávio Luiz Honorato Da Silva Joelma Moraes Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.7692030015	
CAPÍTULO 6	54
AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE CERVEJA TIPO PILSEN ADICIONADA DE CHÁ VERDE NA ETAPA DE FERVURA DO MOSTO	
Natália Pinto Guedes de Moraes Thaís Cardozo Almeida	

João Vitor Cabral Gonçalves
Luana Tashima
Ligia Marcondes Rodrigues dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.7692030017

CAPÍTULO 7 63

PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ADIÇÃO DE ÁCIDO ASCÓRBICO A PARTIR DE FRUTO AMAZÔNICO

Catherinne Édi Muniz Pimentel
Igor Lins Santiago
Syra Kelly Murabac Silva Oliveira
Ricardo Lima Serudo

DOI 10.22533/at.ed.7692030018

CAPÍTULO 8 71

DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO DETERMINATIVO PARA ANÁLISE QUANTITATIVA DE NÍQUEL EM CACHAÇAS DE ALAMBIQUE DE COBRE EMPREGANDO ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS

Alexandre Mendes Muchon
Karina Moraes Lima
Alex Magalhães de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.7692030019

CAPÍTULO 9 77

PRODUÇÃO DE LIPASES POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO: UMA ANÁLISE PRELIMINAR DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO

Enylson Xavier Ramalho
Pedro Henrique Barbosa Fernandes
Cristian Orlando Avila
Rodrigo Silva Dutra
Lina María Grajales

DOI 10.22533/at.ed.76920300110

CAPÍTULO 10 85

SECAGEM DOS FRUTOS DE AÇAIRANA (*MICONIA CILIATA* (RICH.) DC) EM DIFERENTES LEITOS

Letícia Bahia Vieira
Ingrid Layanne dos Santos Pereira
Juliana Ferreira Costa
Lidiane Diniz do Nascimento
Elisangela Lima Andrade
Lorena Gomes Corumbá
Nielson Fernando da Paixão Ribeiro
Elza Brandão Santana
Lênio José Guerreiro Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.76920300111

CAPÍTULO 11 97

COMPORTAMENTO COLORIMÉTRICO DE EXTRATOS DE AÇAIRANA (*MICONIA CILIATA*)

Ingrid Layanne dos Santos Pereira
Leticia Bahia Vieira
Paulo César Souza de Moraes Júnior
Wandson Braamcamp de Souza Pinheiro

Samara de Paula Pinheiro Menezes Marques
Hellen Carvalho Barros
Davi do Socorro Barros Brasil
Elza Brandão Santana
Lênio José Guerreiro Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.76920300112

CAPÍTULO 12 108

HIDROCARBONIZAÇÃO DE EFLUENTES DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL

Larissa Yukie Pianho
Fernanda Carla Camilo Lima
Thiago Peixoto de Araújo
Maria Angélica Simões Dornellas de Barros

DOI 10.22533/at.ed.76920300113

CAPÍTULO 13 115

MODIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES TEXTURAS DA PENEIRA MOLECULAR DO TIPO MCM-41 POR DEPOSIÇÃO DE CARBONO

Diogo Pimentel de Sá da Silva
Raul César da Silva Nascimento
Ivo da Silva
Julyane da Rocha Santos
Antonio Osimar Sousa da Silva

DOI 10.22533/at.ed.76920300114

CAPÍTULO 14 123

ESTUDO COM TROCADORES DE ÍONS PARA A DETERMINAÇÃO DE FERRO DISPONÍVEL PARA PLANTAS EM SOLOS DA REGIÃO DE FORMIGA-MG

Luana Cristina Camargos Gomes
Alex Magalhães de Almeida
Anísio Cláudio Rios Fonseca
Alexandre Mendes Muchon

DOI 10.22533/at.ed.76920300115

CAPÍTULO 15 128

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA TROCA TÉRMICA EM UNIDADE PILOTO DE UM SISTEMA COILED TUBING

Lorena Rodrigues Justino
Caroline Eulino Gonçalves Pereira
Beatriz Rosas Oliveira
Eduardo Cunha Hora Paraíso
Luís Américo Calçada
Cláudia Míriam Scheid

DOI 10.22533/at.ed.76920300116

CAPÍTULO 16 136

SIMULAÇÃO FLUIDODINÂMICA DE LEITO JORRO RETANGULAR USANDO CFD - COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Ana Paula Silva Artur
Elaine Cristina Batista da Silva
Tuane Tayrine Mendes Cardozo
Welberth Santos Laizo

Aderjane Ferreira Lacerda
Reimar de Oliveira Lourenço
DOI 10.22533/at.ed.76920300117

CAPÍTULO 17 150

SIMULAÇÃO DO CARREGAMENTO DE FERTILIZANTE EM TAMBORES ROTATIVOS COM SUSPENSORES USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS (DEM)

Gabrielle Ferreira Gravena
José Luiz Vieira Neto
Kassia Graciele dos Santos
Beatriz Cristina Silvério

DOI 10.22533/at.ed.76920300118

CAPÍTULO 18 160

SEPARATION OF ACETONA-CHLOROPHORM MAXIMUM BOULATING AZEOTROPE USING METHYL SULPHOXIDE THROUGH PROSIMPLUS SIMULATOR

Guilherme Ferreira da silva
Kerilen Paola Teixeira de Castro

DOI 10.22533/at.ed.76920300119

CAPÍTULO 19 172

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SABONETES LÍQUIDOS E EM BARRA

Vanessa Mendes Santos
Amanda Dias Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.76920300120

CAPÍTULO 20 183

MODELAGEM CINÉTICA DA CLORAÇÃO DO TA_2O_5 COM C_2CL_4

Rogério Navarro Correia de Siqueira
Taiane Zocatelli
Eduardo de Albuquerque Brocchi

DOI 10.22533/at.ed.76920300121

SOBRE A ORGANIZADORA 201

ÍNDICE REMISSIVO 202

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL POR *Saccharomyces cerevisiae* SUPLEMENTADO COM FARELO DE ARROZ

Data de submissão: 04/11/2019

Data de aceite: 21/01/2020

Mariane Almeida Gonçalves

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais,
Departamento de Engenharia Química
Belo Horizonte, Minas Gerais.
<http://lattes.cnpq.br/5401339783481288>

Grazieli Tavares Amoglia

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais,
Departamento de Engenharia Química.
Betim, Minas Gerais.

Daniel Elvis Basílio da Silva

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais,
Departamento de Engenharia Química.
Betim, Minas Gerais.

Fernanda Palladino

Universidade Federal de Minas Gerais,
Departamento de Biologia.
Belo Horizonte, Minas Gerais.
<http://lattes.cnpq.br/4364194405796798>

RESUMO: O emprego de subprodutos para a produção de etanol tem se mostrado cada vez mais presente no âmbito de pesquisas uma vez que busca-se reduzir os impactos gerados pelos combustíveis fósseis. Um exemplo disso é a utilização do farelo de arroz como suplemento no meio fermentativo para produção de etanol. Diante disso, o presente trabalho visa avaliar

a produção de etanol por meio do uso de diferentes concentrações de farelo de arroz em conjunto com a variação de concentração de células e volume de meio utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. As concentrações foram variadas em (0 - 20 g.L⁻¹) para o farelo de arroz, (1-10 g.L⁻¹) para a concentração de células e (25 -75 mL) para volume de meio, tais valores foram mensurados por meio de um planejamento fatorial 2³, com três pontos centrais. Foram calculados os parâmetros fator de conversão de substrato em produto, Y_{p/s} (g.g⁻¹), produtividade volumétrica, Q_p (g.L⁻¹.h⁻¹) e a eficiência do processo η (%). Os resultados que apresentaram maior produção de etanol foram os ensaios 4 no tempo de 12 horas, com 10g.L⁻¹ de células, 75 mL de meio e ausência de farelo de arroz, sendo a produção de etanol de 26,91 g.L⁻¹ e o experimento 2 no tempo de 24 horas, com 1 g.L⁻¹ de células, 75 mL de meio e ausência de farelo de arroz, sendo a produção de etanol de 26,36 g.L⁻¹. De acordo com os resultados observou-se uma ótima produção de etanol nas condições avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: Fermentação, *Saccharomyces cerevisiae*, Etanol, Farelo de Arroz, Estatística.

EVALUATION OF ETHANOL PRODUCTION BY *Saccharomyces cerevisiae* SUPPLEMENTED WITH RICE BRAN

ABSTRACT: The use of by-products for the production of ethanol has proven increasingly present in the context of research as it seeks to reduce the impacts generated by fossil fuels. An example of this is the use of rice bran as a supplement in the fermentative medium for ethanol production. Therefore, the present work aims to evaluate the ethanol production through the use of different rice bran concentrations in conjunction with the variation of cell concentration and medium volume using *Saccharomyces cerevisiae* yeast. Concentrations were varied in (0-20 gL⁻¹) for rice bran, (1-10 gL⁻¹) for cell concentration and (25-75 mL) for medium volume, such values were measured by 2³ a factorial design, with three central points. The parameters substrate conversion factor in product, Y_p / s (g.g⁻¹), volumetric productivity, Q_p (g.L⁻¹.h⁻¹) and process efficiency η (%) were calculated. The results with the highest ethanol production were the tests 4 in 12 hours, with 10g.L⁻¹ cells, 75 mL of medium and absence of rice bran, with ethanol production of 26.91 gL⁻¹. And experiment 2 within 24 hours, with 1 gL⁻¹ of cells, 75 mL of medium and absence of rice bran, with ethanol production of 26.36 gL⁻¹. According to the results, an excellent ethanol production was observed under the evaluated conditions.

KEYWORDS: Fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*, Ethanol, Rice Bran, Statistics.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, além da preocupação em substituir o petróleo e da necessidade de se reduzir a emissão de gases poluentes, estudos têm sido realizados utilizando etanol de segunda geração como combustível mais sustentável (GONÇALVES, 2018).

O etanol pode ser produzido a partir da fermentação de vários tipos de matéria-prima, isto é, a partir da cana-de-açúcar, mandioca, milho, beterraba e entre outras. O processo de fermentação ocorre pela conversão de açúcares em etanol devido à ação de microrganismos. O microrganismo mais estudado para a produção de etanol é a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, sendo esta a mais utilizada na produção em larga escala (GONÇALVES, 2018).

O controle do processo fermentativo é fundamental para atender a demanda energética do microrganismo envolvido no processo, sobretudo para uma conversão eficiente. Com isso, faz-se necessário conhecer as variáveis que influenciam o meio fermentativo, tais como pH, temperatura, concentração de células, oxigenação, bem como nutrientes adequados que estimulem o desenvolvimento das células e a produção de etanol (FERRARI, 2013).

Com o avanço em pesquisas biotecnológicas, tem-se estudado como nutriente suplementar o farelo de arroz. O farelo de arroz é um subproduto da agroindústria rico em vitaminas do complexo B. Além das vitaminas do complexo B, o farelo de arroz possui em sua composição: vitamina E, zinco, cobre, manganês, ferro e fósforo. A presença dessas vitaminas e desses minerais no farelo de arroz é essencial no meio

fermentativo para o crescimento das células (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

Diante disso, o presente trabalho tem o intuito de avaliar a influência da concentração de farelo de arroz em conjunto com a concentração de células (*Saccharomyces cerevisiae*) e a concentração de oxigênio no meio fermentativo para a produção de etanol.

2 | METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados nos laboratórios de Biotecnologia e Genética e Análise Instrumental, pertencentes à Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, campus Coração Eucarístico, na cidade de Belo Horizonte.

2.1 Processo Fermentativo

Para o processo fermentativo utilizou-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, e preparou-se as soluções estoque de glicose 200,0 g.L⁻¹, peptona 100,0 g.L⁻¹, extrato de levedura 100,0 g.L⁻¹ e sulfato de amônio 100,0 g.L⁻¹. Assim como, uma solução de farelo de arroz 200g.L⁻¹.

2.2 Experimentos

Os experimentos para o processo de fermentação foram realizados conforme o modelo de delineamento fatorial de 2³, utilizando três pontos centrais onde, as variáveis independentes são: farelo de arroz, concentração celular e concentração de oxigênio, sendo que a última foi qualitativamente determinada conforme a variação do volume do meio, como mostrado da Tabela 1 (DUSSÁN et al., 2016).

Variáveis	-1	0	1
X1 - Volume do meio (mL)	25	50	75
X2 - Concentração celular (g.L ⁻¹)	1	5	10
X3 - Farelo de arroz (g.L ⁻¹)	0	10	20

Tabela 1 - Variáveis do planejamento fatorial

Os níveis das variáveis foram definidos e relacionados com as faixas -1 correspondente ao nível inferior, 0 correspondente ao nível intermediário e +1 ao nível superior (DUSSÁN et al., 2016).

2.3 Fermentação

Os cultivos foram realizados em frascos de Erlenmeyers de 125 mL contendo 50 mL de meio composto por glicose (50 g.L⁻¹), extrato de levedura (3 g.L⁻¹), e sulfato de amônio foram (1 g.L⁻¹), em todos os meios de fermentação. Nesta etapa foi realizado o planejamento fatorial 2³ de acordo com o item 2.2, variando a concentração de farelo de arroz, concentração celular e volume de meio. Este último representa a quantidade de oxigênio disponível, sendo que um maior volume de meio (75,0 mL) representa uma

menor disponibilidade de oxigênio e um menor volume de meio (25,0 mL) representa uma maior disponibilidade de oxigênio, influenciando assim a rota metabólica da levedura. Os Erlenmeyers foram incubados no shaker (New Brunswick Scientific CO. INC. series 25) por 60 horas à temperatura de 25 °C sob agitação de 200 rpm, e uma alíquota foi coletada a cada 12 horas para análises posteriores (CARNEIRO, 2011).

2.4 Determinação de açúcares, etanol e glicerol

As concentrações de glicose, etanol e glicerol foram determinadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando-se o cromatógrafo Shimadzu (Shimadzu, UFLC). Foram calculados a taxa de produtividade volumétrica (Q_p) e rendimento de etanol ($Y_{p/s}$) e a eficiência (η).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos, foi possível observar que os ensaios 1, 2, 5 e 6 obtiveram maior produção de etanol em 24 horas de fermentação, sendo esses realizados com uma concentração celular de 1 g.L⁻¹. Por outro lado, os ensaios 3, 4, 7 e 8 foram realizados com uma concentração celular de 10 g.L⁻¹ e obtiveram maior produção de etanol em 12 horas de fermentação (Tabela 2). Isso pode ser explicado em relação ao crescimento celular, uma vez que foi possível observar que nos ensaios 1, 2, 5 e 6 houve um crescimento celular até 24 horas, enquanto nos ensaios 3, 4, 7 e 8 a concentração celular permaneceu praticamente constante durante todo o tempo de fermentação (Gráfico 1 (a) e 1 (b)).

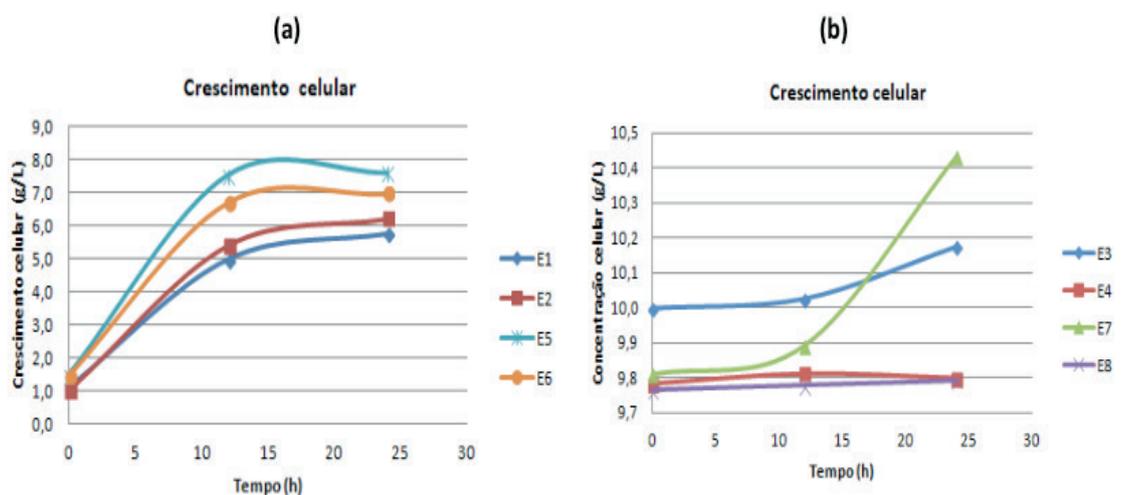
Pode-se inferir também de acordo com a Tabela 2 que os ensaios 2 e 4 foram os que obtiveram maior produção de etanol (26,36 g.L⁻¹ e 26,91 g.L⁻¹, respectivamente), sendo que esses ensaios foram realizados na ausência de farelo de arroz.

Observou-se também que houve uma variação significativa na conversão de substrato Y_{ps} (0,24g.g⁻¹ a 0,74g.g⁻¹) e na produtividade volumétrica Q_p (0,15g.L⁻¹.h⁻¹ a 1,29g.L⁻¹.h⁻¹), conforme apresentado na Tabela 2.

Ensaio	V. (X1)	C. (X2)	F.A. (X3)	Tempo (h)	Consumo de Glicose (%)	Etanol (g.L ⁻¹)	Glicerol (g.L ⁻¹)	Yp/s (g.g ⁻¹)	Qp (g.L ⁻¹ .h ⁻¹)	η (%)
1	25,0	1,0	0,0	12	62,93	12,70	0,01	0,31	0,50	91,80
				24	87,60	19,58	1,54	0,34	0,45	96,70
2	75,0	1,0	0,0	12	79,49	19,20	0,01	0,47	0,73	84,47
				24	100,0	26,36	1,57	0,49	0,58	50,07
3	25,0	10,0	0,0	12	100,0	23,10	0,01	0,43	0,98	84,31
				24	100,0	15,89	3,02	0,26	0,15	50,98
4	75,0	10,0	0,0	12	100,0	26,91	3,53	0,74	1,29	98,92
				24	100,0	23,01	3,08	0,61	0,45	96,82
5	25,0	1,0	20,0	12	100,0	19,89	1,37	0,24	0,40	47,06
				24	100,0	19,94	1,29	0,28	0,43	54,90
6	75,0	1,0	20,0	12	99,27	24,65	2,85	0,34	1,12	66,91

				24	100,0	24,69	2,93	0,33	0,58	64,70
7	25,0	10,0	20,0	12	100,0	20,25	2,85	0,43	0,97	84,37
				24	100,0	18,50	2,89	0,39	0,45	77,20
8	75,0	10,0	20,0	12	100,0	23,56	3,67	0,50	1,13	97,13
				24	100,0	23,18	3,66	0,49	0,56	95,50
9	50,0	5,0	10,0	12	100,0	25,00	3,22	0,42	1,13	81,64
				24	100,0	22,78	3,03	0,38	0,54	74,41
10	50,0	5,0	10,0	12	100,0	23,86	2,32	0,57	1,16	98,72
				24	100,0	22,91	3,32	0,53	0,53	96,12
11	50,0	5,0	10,0	12	100,0	23,32	3,37	0,44	1,04	85,99
				24	100,0	23,32	3,26	0,44	0,52	85,99

Tabela 2 - Valores utilizados e codificados no planejamento fatorial completo 2³, com 3 repetições no ponto central para a avaliação do efeito do volume do meio (X1), concentração celular (X2) e a suplementação de farelo de arroz (X3) para a produção de etanol



Gráficos 1 (a) e 1 (b) – Crescimento celular para as concentrações de 1 g.L⁻¹ e 10 g.L⁻¹

Por fim, foi possível constatar que houve produção de glicerol em um tempo de 24 horas de fermentação e que após esse tempo a concentração do mesmo diminuiu. A produção de glicerol pode ter ocorrido devido à exposição da levedura a uma condição de estresse físico (pressão osmótica), em resposta a isso a mesma sintetiza o glicerol para proteger suas estruturas moleculares (MELO, 2006).

Foi realizada a análise estatística com auxílio do programa Statsoft Statistica® v12.5, utilizando a ferramenta de análise de experimentos para os tempos de 12 e 24 horas. A partir dessa análise foi possível determinar a significância dos fatores utilizados (concentração de células, volume de meio e farelo de arroz), assim como a interação entre eles, sobre o fator de conversão de substrato em etanol ($Y_{p/s}$). Essa análise foi realizada com um nível de confiança de 95%, assim, obtiveram-se os gráficos de pareto para os tempos de 12 e 24 horas, nos quais foi possível avaliar a significância dos fatores citados anteriormente (Gráfico 2 (a) e 2 (b), respectivamente).

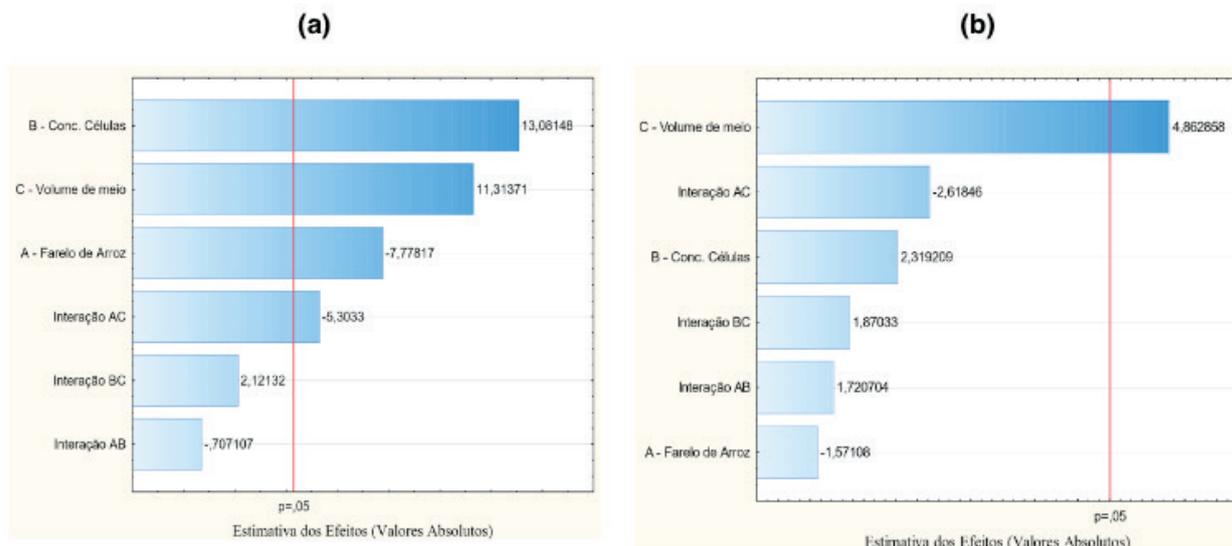


Gráfico 2 - Gráfico de Pareto dos efeitos principais e de interações dos fatores avaliados na composição do meio de fermentação para a produção de etanol por *Saccharomyces cerevisiae* nos tempos de 12 horas (a) e 24 horas (b), sobre o fator de conversão de substrato em etanol (Y_p)

A partir dos gráficos de Pareto, foi possível observar que o volume de meio foi o fator de maior significância, os ensaios que obtiveram maior produção de etanol foram realizados com maior volume de meio, ou seja, 75,0 mL. Isso pode ser explicado pelo metabolismo das leveduras, pois segundo Melo (2006), as leveduras possuem duas vias metabólicas: a respiração celular e a fermentação. Sendo que em um meio com menos disponibilidade de oxigênio a fermentação é dominante.

O valor negativo do fator farelo de arroz no Gráfico 2 (a) possibilitou constatar estatisticamente que a presença do mesmo não contribuiu para a conversão de substrato em etanol ($Y_{p/s}$), porém isso não inviabiliza sua utilização como suplemento, apenas mostra que as concentrações de 10 g.L⁻¹ e 20 g.L⁻¹ de farelo de arroz não se mostraram efetivas na produção de etanol, utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

4 | CONCLUSÃO

A concentração de célula de 10g.L⁻¹ obteve a maior produção de etanol nas primeiras 12 horas, porém os valores de produção de etanol utilizando 1g.L⁻¹ de concentração celular não apresentaram diferenças significativas em um tempo de 24 horas. Dessa forma, ambas as concentrações podem ser utilizadas para a obtenção de etanol. No entanto, para minimizar a utilização de uma concentração de células maior (10 g.L⁻¹), pode-se utilizar uma quantidade de células menor (1 g.L⁻¹) estendendo o tempo de fermentação para 24 horas, pois a obtenção de meios de fermentação com maior concentração de células demanda maior gasto de material. Em um meio com menor quantidade de oxigênio, ou seja, em um meio de 75,0 mL, foi atingida

uma maior conversão de substrato em etanol, mostrando que em uma condição com menor aeração a produção de etanol é favorecida. O farelo de arroz sendo utilizado como suplemento não favoreceu a produção de etanol utilizando a *S. cerevisiae* nas concentrações celulares de 10g.L⁻¹ e 20g.L⁻¹.

REFERÊNCIAS

CARNEIRO, Livia Melo. **Avaliação de estratégias de cultivo da levedura *Pichia stipitis* em hidrolisado hemicelulósico de palha de arroz visando à produção de etanol.** 2011. 175 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós- Graduação em Biotecnologia Industrial na área de conversão de biomassa. Universidade de São Paulo, Lorena, 2011.

DUSSÁN, Kelly J., et al. **Evaluation of oxygen availability on ethanol production from sugarcane bagasse hydrolysate in a batch bioreactor using two strains of xylose-fermenting yeast.** Departamento de Biotecnologia, Escola de Engenharia de Lorena, São Paulo, 2016.

FERRARI, Fernanda C. dos Santos. **Fatores operacionais e cinética do processo fermentativo para otimização da produção de etanol em escala industrial.** 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Microbiologia Agropecuária. Universidade Estadual de São Paulo. Jaboticabal, 2013.

GONÇALVES, K. Y. et al. **Processo produtivo do etanol hidratado a partir da cana de açúcar.** 2015. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/anais/ix_eepa/data/uploads/11-agroindustria/11-01.pdf>. Acesso em: Setembro, 2018.

MELO, H. F. **Resposta ao estresse ácido em leveduras da fermentação alcoólica industrial.** Tese de Mestrado, Recife/PE, p.118, 2006.

MOURA, M. **Produção de etanol e xilitol a partir de D-xilose por linhagens *Candida (Spathaspora) materiae*.** Dissertação (Mestrado em Microbiologia) - Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, 2015.

WALTER, Melissa ; MARCHEZAN, Enio; AVILA , Luis Antonio de. **Arroz: composição e características nutricionais.** Ciência Rural. v.38, n.4, p.1184-1192. Santa Maria. Julho, 2008.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açairana 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 112, 116

Ácido ascórbico 74, 76, 78, 79, 80

Análise estatística 5, 97, 111, 162, 167, 168

B

Bioetanol 44, 45, 46, 52

C

Camu-camu 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) 16, 17

Cerveja 54, 55, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Cerveja artesanal 64, 73, 74, 76, 77, 78, 81

Chá verde 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Cimentação 140

Cinética 7, 18, 23, 27, 44, 48, 49, 50, 51, 97, 98, 103, 104, 105, 106, 153, 154, 160, 194, 196, 204, 209, 210

Cinética de adsorção 44, 48, 50, 51

Colorimetria 109

Corante natural 109

Custos de produção 75, 88, 89, 90, 91, 93

D

Deposição de carbono 126, 127, 203

Destilação Solar 30, 31, 32, 43

E

Efluente 119, 120, 121, 123, 124, 125

Energia Solar 30, 31, 32, 42, 43

Enzimas lipolíticas 89, 92, 94, 95

Espectrofotometria UV-VIS 134

Estatística 1, 5, 72, 97, 111, 115, 162, 167, 168

Etanol 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 16, 17, 30, 31, 32, 43, 45, 46, 52, 53, 70, 91, 92, 109, 110, 114, 115, 116, 128

F

Farelo de Arroz 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Fermentação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 45, 46, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 71, 72, 79, 88, 89, 90, 92, 94, 95, 163

Fermentação em Estado Sólido 88, 89, 90, 94

Flexitubos 140

Furfural 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52

H

Hidrocarbonização 119, 120, 123, 124, 125

I

Inibidor 44, 47, 49, 51, 52

L

Lavanderia 119, 121, 124, 125

Leveduras 6, 7, 45, 46, 54, 58, 61, 63

Lúpulo 55, 57, 65, 67, 68, 71, 72, 75, 76

M

MCM-41 18, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133

Métodos não isotérmicos 16, 19, 27

Miconia ciliata 96, 97, 98, 100, 103, 106, 107, 108, 109, 110, 117

Modelagem 10, 11, 12, 27, 49, 94, 97, 145, 152, 153, 159, 194, 204

Modificação 42, 126

O

Ortofenantrolina 134, 136

P

Parâmetros cinéticos 16, 19, 20, 27, 28, 48, 51

R

Resíduos agroindustriais 89, 90, 95

Resina de troca iônica 134, 136, 138

S

Saccharomyces cerevisiae 1, 2, 3, 6, 61, 63, 64, 68

Sustentabilidade 30

T

Troca térmica 139, 140, 142, 144, 146

Trub 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

 **Atena**
Editora

2 0 2 0