



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

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

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

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

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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a 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.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

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

E57 As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente
[recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente
a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 1)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-429-0
DOI 10.22533/at.ed.290192506

1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos
econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique
Ajuz. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

Atena
Editora

Ano 2019

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

CAPÍTULO 1	1
CIDADES SUSTENTÁVEIS: PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁGUAS	
Aline Pereira Gaspar Karen Niccoli Ramirez	
DOI 10.22533/at.ed.2901925061	
CAPÍTULO 2	14
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM EMPREENDIMENTOS RURAIS: CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO	
Natalia da Rocha Pinto Elfride Anrain Lindner	
DOI 10.22533/at.ed.2901925062	
CAPÍTULO 3	31
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE TiO ₂ E ADIÇÃO DE MORINGA	
Maria Marcyara Silva Souza Francisco Wellington Martins da Silva Antônia Mayara dos Santos Mendes Quezia Barboza Rodrigues Juan Carlos Alvarado Alcócer	
DOI 10.22533/at.ed.2901925063	
CAPÍTULO 4	41
DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZANDO BOMBA DE ÁGUA COM ENERGIA MOLECULAR E TUBOS DE BOROSSILICATO	
Igor José Langer Luis Eduardo Palomino Bolivar	
DOI 10.22533/at.ed.2901925064	
CAPÍTULO 5	47
CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E REVISÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA NOS CAMPOS MADUROS DA BACIA DO RECÔNCAVO	
Thaís Freitas Barbosa Victor Menezes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.2901925065	
CAPÍTULO 6	60
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR	
Rafaela Paes de Souza Barbosa Gustavo Forastiere Simoneli Maria Magdalena Ribas Döll Mayra Alves Donato	
DOI 10.22533/at.ed.2901925066	

CAPÍTULO 7	73
VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Ana Carolina Silva de Oliveira Lima Ana Cláudia Pimentel de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2901925067	
CAPÍTULO 8	77
POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E TOXICIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE FUMO (<i>NICOTIANA TABACUM</i>) UTILIZADOS EM AGRICULTURA ORGÂNICA	
Magda Regina Santiago Lígia Maria Salvo	
DOI 10.22533/at.ed.2901925068	
CAPÍTULO 9	85
CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOTÉCNICA: CARTILHA INFANTIL E O PROJETO GEOPREVENÇÃO	
Carla Vieira Pontes Talita Gantus de Oliveira Vitor Pereira Faro Roberta Bomfim Boszczowski	
DOI 10.22533/at.ed.2901925069	
CAPÍTULO 10	95
AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE COBERTURA NA ESTABILIDADE EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
Alison de Souza Norberto Rafaella de Moura Medeiros Maria Odete Holanda Mariano	
DOI 10.22533/at.ed.29019250610	
CAPÍTULO 11	104
AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DE UM HOSPITAL MATERNIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Leonardo de Lima Moura Claudio Fernando Mahler	
DOI 10.22533/at.ed.29019250611	
CAPÍTULO 12	117
UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MANHUAÇU	
Millena Gabriela Gualberto de Souza Nandeyara de Oliveira Costa Glaucio Luciano de Araujo Marcela Moreira Couto	
DOI 10.22533/at.ed.29019250612	
CAPÍTULO 13	126
BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS	
Daniela Cristiano Rufino	
DOI 10.22533/at.ed.29019250613	

CAPÍTULO 14	138
PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Francieli Fernandes	
Charles Souza da Silva	
Juniele Gonçalves Amador	
Charles Nunes de Lima	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.29019250614	
CAPÍTULO 15	146
PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO DE CANOINHAS-SC	
Bruna Weinhardt da Silveira	
Leila Cardoso	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.29019250615	
CAPÍTULO 16	150
MODELAGEM DE BIORRETORES EM SÉRIE E COM RECICLO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UM ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL	
Guilherme Guimaraes Ascendino	
Juan Canellas Bosch Neto	
Laura de Oliveira Martins Torres	
DOI 10.22533/at.ed.29019250616	
CAPÍTULO 17	166
O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Gustavo Destefani Picheli	
Luiz Carlos Vieira Guedes	
DOI 10.22533/at.ed.29019250617	
CAPÍTULO 18	183
ENERGIA SOLAR: PANORAMA BRASILEIRO	
Douglas Mito Cerezoli	
Leonardo Vinhaga	
Camila Ricci	
DOI 10.22533/at.ed.29019250618	
CAPÍTULO 19	195
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
Daniel Marcos de Lima e Silva	
Maísa de Castro Silva	
Marcelo Ferreira Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.29019250619	

CAPÍTULO 20	211
USINAS SOLARES FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA REGIÃO NORDESTE	
Jéssica Beatriz Dantas Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento Thayse Farias de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.29019250620	
CAPÍTULO 21	222
CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS	
José Waltrudes Castanheira Pereira Márcio Cataldi	
DOI 10.22533/at.ed.29019250621	
CAPÍTULO 22	238
AVALIAÇÃO ANALÍTICA DAS EFICIÊNCIAS TÉRMICAS E ELÉTRICAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA	
Maxwell Sousa Costa Anderson da Silva Rocha Lucas Paglioni Pataro Faria	
DOI 10.22533/at.ed.29019250622	
CAPÍTULO 23	252
ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016	
Amanda Souza da Silva Rejane Félix Pereira Umberto Sampaio Madeiro Junior Guilherme Geremias Prata Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.29019250623	
CAPÍTULO 24	258
INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MINAS GERAIS	
Nandeyara de Oliveira Costa Millena Gabriela Gualberto de Souza Glaucio Luciano de Araújo Marcela Moreira Couto	
DOI 10.22533/at.ed.29019250624	
CAPÍTULO 25	270
UTILIZAÇÃO DA CINZA RESULTANTE DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL	
Olaf Graupmann Susan Hatschbach Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.29019250625	
CAPÍTULO 26	273
PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA	
Ana Luiza Enders Nunes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.29019250626	

CAPÍTULO 27	279
REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS	
<p>Marcos Túlio Fernandes Jouséberon Miguel da Silva Henrique Lopes Jardim Alaor Afonso Ramos Soares Glaucimar Lima Dutra</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250627	
CAPÍTULO 28	289
NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMUNICAÇÕES SEM FIO	
<p>Matheus Emanuel Tavares Sousa Humberto Dionísio de Andrade Samanta Mesquita de Holanda Idalmir de Souza Queiroz Júnior</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250628	
CAPÍTULO 29	296
RISCOS DE INCÊNDIO ASSOCIADOS AO USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS EM DIFERENTES PROCESSOS	
<p>Milson dos Santos Barbosa Isabela Nascimento Souza Juliana Lisboa Santana Isabelle Maria Duarte Gonzaga Lays Carvalho de Almeida Aline Resende Dória Luma Mirely Souza Brandão Débora da Silva Vilar Priscilla Sayonara de Sousa Brandão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250629	
CAPÍTULO 30	307
CENÁRIO DAS PESQUISAS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE IMPLANTAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
<p>Zeferino José Alencar Bezerra Emerson Acácio Feitosa Santos João Gomes da Costa Thiago José Matos Rocha Aldenir Feitosa dos Santos Jessé Marques da Silva Júnior Pavão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250630	
CAPÍTULO 31	323
A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO	
<p>Maria Lia Scalli Fonseca Felipe de Lucas Barbosa José Otavio Baldinato</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250631	
SOBRE O ORGANIZADOR	341

PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA

Cristian Jacques Bolner de Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

Francieli Fernandes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

Charles Souza da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

Juniele Gonçalves Amador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

Charles Nunes de Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

Monique Virões Barbosa dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT
Cáceres-MT

RESUMO: O Brasil tem potencial para produzir o etanol de segunda geração feito através do bagaço de sorgo biomassa, pois há matéria prima em abundância com fácil acessibilidade. O grande desafio para a sua produção consiste

em determinar a melhor opção de disponibilizar a glicose a partir da hidrólise de celulose em termos de custo global, rendimento glicosídico e fermentabilidade do hidrolisado. Assim, este trabalho teve como objetivo demonstrar diferentes métodos de pré-tratamentos hidrolíticos da celulose em açúcares fermentescíveis para posterior fermentação e produção do bioetanol. Após análises experimentais, o maior resultado encontrado, em frascos agitados, para a produção de etanol foi de 19,3 g/L, com um rendimento final de 45% e produtividade volumétrica de 0,77 g/Lh, a partir do sorgo biomassa (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), pré-tratado, utilizando a carga enzimática de 35 FPU/g.

PALAVRAS-CHAVE: Energias renováveis, Biocombustível, Hidrólise, Celulose.

BIOETHANOL PRODUCTION USING BIOMASS CELLULOSIC HYDROLYSED

ABSTRACT: Brazil has the potential to produce second-generation ethanol through biomass sorghum bagasse, since there is abundant raw material with easy accessibility. The great challenge for its production is to determine the best option to provide glucose from the hydrolysis of cellulose in terms of overall cost, glycosidical yield and fermentability of the hydrolyzed. Thus,

this composition aimed at demonstrating different methods of hydrolytic pretreatment of cellulose in fermentable sugars for later fermentation and bioethanol production. After the experimental analysis, the highest result found in shaken flasks for ethanol production was 19.3 g/L, with a final yield of 45% and volumetric productivity of 0.77 g/Lh, from biomass sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), pretreated, using the enzyme loading of 35 FPU/g.

KEYWORDS: Renewable energy, Biofuel, Hydrolysis, Cellulose.

1 | INTRODUÇÃO

A energia renovável é uma fonte fundamental de energia, que contribui para a segurança energética, reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis e as emissões de gases de efeito estufa. O aumento da população mundial gera uma forte demanda mundial de energia, o que implica em incremento no consumo dos mais variados produtos e, por conseguinte, intensificação da atividade industrial (VINUTHA et al., 2014).

Referência internacional na geração e na utilização de fontes renováveis de energia, o Brasil, reencontra-se em uma grande oportunidade de desenvolvimento econômico e social, por meio dos biocombustíveis, pois possui abundante biodiversidade e grandes extensões de terras agricultáveis e com clima propício (CERQUEIRA, 2013).

No entanto, segundo Wu (2011) ainda apresenta problemas para suprimento de sua demanda interna, cuja proposta para solução desse impasse, entre outras, é a pesquisa e o desenvolvimento de novas matérias primas, para diversificação e ampliação da matriz energética renovável.

E entre as diversas matérias-primas renováveis que estão sendo avaliadas atualmente para produção de etanol, especial destaque vem sendo dado ao sorgo biomassa, pois é abundante em matéria seca, característica responsável pelo fornecimento de energia. A planta possui muitas folhas, caule fibroso e chega a mais de cinco metros de altura, além de alto potencial produtivo, superior a 100 toneladas de matéria fresca por hectare para semeio na safra (outubro/novembro). Tem ciclo longo, de 150 a 210 dias. É uma solução para o agricultor que trabalha com uma única safra por ano (NOVACANA, 2017).

Além disso, a capacidade de adaptação a climas tropicais e temperados, sua elevada eficiência na utilização da água, sua tolerância à estiagem e sua capacidade potencial de produzir grandes quantidades de biomassa lignocelulósica são alguns dos numerosos pontos fortes dessa planta. Assim, a grande potencialidade para a obtenção do etanol lignocelulósico ou de segunda geração se faz presente (PARRELLA, 2013).

Assim, o objetivo deste trabalho consiste em investigar a produção de etanol de segunda geração a partir do sorgo biomassa, através da conversão de celulose em glicose, utilizando pré-tratamentos químicos e enzimático.

2 | METODOLOGIA

2.1 Microrganismo

A levedura, *Sacharomyces cerevisiae*, utilizada nas fermentações foram adquiridas comercialmente (marca Fleischmann).

2.2 Ativação e propagação celular

O cultivo do pré-inoculo foi realizado em frascos cônicos de 500 mL, com 200 mL de meio líquido a pH 5,0, a 30°C e agitação de 200 rpm, nas seguintes concentrações em g/L: 4 de levedura desidratada, 20 de glicose; 2,5 de extrato de levedura, 1 de sulfato de amônia, 0,5 de fosfato de potássio e 0,5 de sulfato de magnésio heptahidratado. Os meios de cultura para o pré-inoculo foram autoclavados por 15 minutos, a temperatura de 121°C.

2.3 Material experimental

O sorgo biomassa (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), utilizado no experimento foi, inicialmente, seco a 60°C em estufa, por 12 horas. Em seguida, o mesmo foi triturado e acondicionado em sistemas herméticos para posterior uso.

2.4 Pré-tratamento do sorgo biomassa

O pré-tratamento ácido foi realizado para desorganizar a matriz lignocelulósica e remover a fração hemicelulósica (BETANCUR et al., 2010). O pré-tratamento alcalino se fez necessário para aumentar a acessibilidade das enzimas às fibras celulósicas (BARCELOS et al., 2012). Após os pré-tratamentos químicos, realizou-se a etapa de hidrólise enzimática, na qual a celulose foi convertida a açúcares fermentáveis. Todas as condições para a realização do pré-tratamento da biomassa para a hidrólise, encontra-se na Tabela 01.

Processo	Descrição	Tempo de Reação
Pré-Hidrólise Ácida	Adição de ácidos sulfúrico diluído a 1,0% (v/v), relação sólido:líquido 1:2,8 (g/ml) em temperatura de 121 °C, com tempo de exposição de 30 minutos em autoclave	30 min
Pré-Hidrólise Alcalina	NaOH a 4% (m/v), na relação sólido:líquido de 1:20.	30 min
Enzimática	Hidrólise enzimática com uso de um preparado celulásico comercial (SigmaAldrich, USA), O experimento foi desenvolvido, utilizando-se diferentes concentrações de cargas enzimáticas (FPU/g): 15, 20, 25, 30, 35 e 40. A temperatura mantida em 50°C, durante 12 horas.	12 Horas

Tabela 01. Processos para pré-tratamento da biomassa para hidrólise

2.5 Fermentação

A cinética do processo de fermentação foi realizada em shaker utilizando erlenmeyers de 250 mL contendo 100 mL de meio de fermentação (item 2.2), sem adição de glicose, a qual foi substituída pelo pré-hidrolisado de celulose. O pH inicial do meio foi de 5,0, temperatura de 30°C e agitação de 100 rpm, durante 24 horas.

2.6 Métodos analíticos

2.6.1 2.Quantificação de Microrganismos

A alíquota de 10 mL da biomassa centrifugada foi transferida para um placa previamente tarada e seca em estufa a 80°C até peso constante. O valor da massa seca foi obtido pela diferença de peso da placa.

2.6.2 Determinação da Atividade Enzimática

Para a enzima celulase, a atividade foi determinada como atividade de papel de filtro e expressa em unidades de papel de filtro (FPU) por volume de enzima original, como recomendado pela IUPAC (GHOSE, 1987).

2.6.3 Determinação de Etanol e Açúcares

A análise da concentração de etanol e da determinação de glicose foram realizadas através do método Steckelberg (2001) e do método de DNS de Miller (1959), respectivamente.

2.6.4 Rendimento

Os parâmetros cinéticos, calculados no término das fermentações, foram o rendimento e a produtividade (grama de etanol por grama de açúcares redutores), conforme demonstrados nas equações (1) e (2), respectivamente.

$$Y_{P/AR} = \frac{EC_F}{(TS_1 - TS_F) \cdot 0,511} \cdot 100 \quad (1)$$

$$P_E = \frac{EC_F}{T} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que:

$Y_{P/AR}$ = Rendimento de etanol formado em relação ao consumo do açúcar redutor (%);

E_{CF} = Concentração de etanol ao final da fermentação (g/L);

T_{SF} = Concentração de açúcar final (g/L);

T_{S1} = Concentração de açúcar inicial (g/L).

P_E = Produtividade de etanol;

t = tempo de fermentação (h).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da hidrólise em relação a variação da carga enzimática durante o pré-tratamento com celulase comercial.

Visando definir a melhor condição que resultasse em elevadas concentrações de glicose, a partir da celulose hidrolisada, variou-se a carga enzimática em 15, 20, 25, 30, 35 e 40 FPU/g. Os ensaios foram conduzidos com um tempo de pré- hidrólise enzimática de 12 h.

Após as análises experimentais, observou-se que a maior produção de glicose encontrada, a partir do sorgo biomassa foi com 35 FPU/mL, atingindo cerca de 43,2 g/L de glicose. De acordo com Vásquez (2007), esse comportamento se justifica pelo fato do material (biomassa), provavelmente, apresentar uma composição química menos favorável ao processo hidrolítico, ou seja, maiores teores de lignina e hemicelulose, acarretou na utilização de maiores cargas enzimáticas no meio.

3.2 Resultados dos processos fermentativo

A melhor carga enzimática encontrada nos experimentos realizados foi de 35 FPU/g biomassa seca pré-tratada, acarretando em 43 g/L de glicose. Tais experimentos foram realizados com um tempo de pré-hidrólise enzimática de 12 h e concentração de sólido fixo a 6% (m/v). Nas duas fermentações realizadas (duplicata), utilizou-se em ambas, a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, como pré-inóculo, na concentração de 10% do volume de trabalho.

Na Figura 1, observa-se o perfil cinético do processo de hidrólise enzimática do sorgo biomassa pré-tratado em frascos agitados, utilizando a levedura *Sacharomyces cerevisiae*.

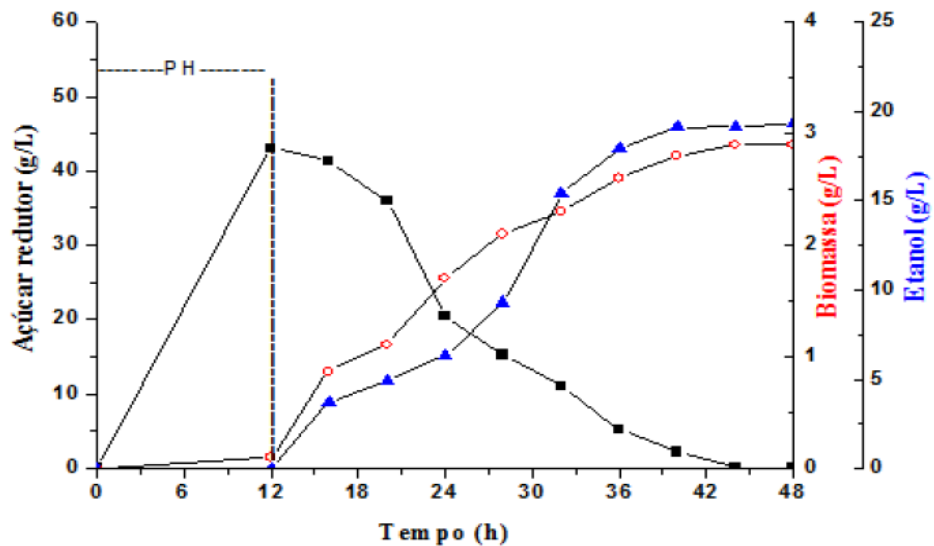


Figura 1 - Perfil cinético do processo de pré-hidrólise enzimática (PH) de celulose e das concentrações de substrato, produto e biomassa em função do tempo de fermentação a partir de sorgo biomassa pré-tratado, utilizando a levedura *Sacharomyces cerevisiae*. g/L: (■) açúcar redutor; (▲) Etanol; (○) Biomassa.

Fonte: (Autor, 2018)

Percebe-se, na Figura 1, que a concentração inicial de glicose, 43,2 g/L, foi convertida em uma concentração final de 19,3 g/L de etanol no período de 36 horas de fermentação, com pH inicial de 5,0 (sem controle), a uma temperatura de 30°C, sob agitação orbital de 100 rpm.

Vale ressaltar que a maior produtividade volumétrica obtida neste processo foi de 0,77 g/Lh, em um tempo de fermentação de aproximadamente, 20 horas. Contudo, todo o substrato foi consumido após 32 horas de processo fermentativo, obtendo-se um rendimento de 45%.

Rabelo (2010), atingiu rendimentos 87,4% para o hidrolisado do bagaço de cana de açúcar pré-tratado com hidróxido de cálcio e de 88,4% para o hidrolisado do bagaço pré-tratado com peróxido de hidrogênio alcalino. Vásquez (2007), atingiu 70 g/L de etanol a partir de processos de sacarificação e fermentação simultânea (SSF) a partir do bagaço de cana sob condições semelhantes, utilizando a levedura *Sacharomyces cerevisiae*. As maiores diferenças entre os resultados obtidos no presente estudo, quando comparados com Vásquez (2007), provavelmente, está associado ao tempo de hidrólise enzimática da biomassa pré-tratada, pois os ensaios conduzidos por Vasquez foram com um tempo de pré-hidrólise enzimática de 50 h. Isso, provavelmente, possibilitou uma hidrólise mais eficiente no experimento. Já Souza (2014) verificou-se que o rendimento em etanol foi maior quando o bagaço foi submetido inicialmente a uma pré-hidrólise a 50°C por 72 horas.

Manoj (2016), em seus estudos, sacarificando 2kg de sorgo biomassa com ácido sulfúrico a 3% (v/v), durante 60 minutos a 180°C, obteve uma porcentagem de 36,3% de açúcar. Durante o rastreamento das culturas de leveduras, verificou-se que os isolados C, MK-I e N eram potentes produtores de etanol a partir do hidrolisado de

sorgo. A cultura MK-I foi a melhor utilizada para aumentar a produção de etanol até 25 L de capacidade, o que proporcionou um rendimento de 0,49 g de etanol/g de açúcar a partir do hidrolisado obtido.

De acordo com Eulogio (2017), o sorgo biomassa deslignificado, resultante do bagaço pré-tratado, por explosão a vapor de ácido fosfórico diluído, submetida ao processo de liquefação mais sacarificação simultânea, utilizando uma concentração enzimática de 11,5 FPU/ biomassa seca pré-tratada (enzima Novozymes Cellic CTec3) foi de 27,5 g/L de etanol.

Com relação à eficiência do processo, neste trabalho, obteve-se o valor de 87%, ou seja, um grande resultado, visto que no processo industrial, a eficiência fermentativa atinge de 90 a 92% do rendimento estequiométrico, havendo o consumo de açúcar para formação de biomassa celular e subprodutos (LIMA et al., 2001). Ratnavathi et al. (2010), obtiveram valores de eficiência fermentativa na faixa de 86,5 a 94,7% para sorgo sacarino utilizando leveduras *Saccharomyces cerevisiae* CFTR 01.

4 | CONCLUSÃO

- O sorgo biomassa, da espécie *Sorghum bicolor* (L.) Moench, demonstrou ter um bom potencial para a produção de etanol de segunda geração;
- A concentração de etanol máxima produzido foi de 19,3 g/L em 32 horas de fermentação, consumindo 100% do substrato;
- A máxima produtividade volumétrica alcançada foi de 0,77 g/Lh, durante 20 horas de processo, com um rendimento final de 45%;
- A melhor carga enzimática para a hidrólise da celulose, a partir do sorgo biomassa [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], pré-tratado com celulase comercial, foi de 35 FPU/g, obtendo uma concentração máxima de 43,2 g/L de glicose;
- Verificou-se, que o aumento da carga enzimática, nos testes fermentativos, aumentou a produção de etanol. Contudo, acima de 35 FPU/g a de produção etanol diminui.

5 | AGRADECIMENTOS

À Pró-reitora de pesquisa do Instituto Federal do Mato Grosso (PROPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Mato Grosso (FAPEMAT) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

AQUARONE, E. et al. **Biotechnology na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 523p., 2001.

BARCELOS, C. A. et al. **The Essentialness of Delignification on Enzymatic Hydrolysis of Sugar**

Cane Bagasse Cellulignin for Second Generation Ethanol Production. Waste and Biomass Valorization, v. 3, p. 255-260, 2012.

BETANCUR, G. J. V.; PEREIRA, Jr. N. **Sugarcane bagasse as feedstock for second-generation ethanol production. Part I: Diluted acid pretreatment optimization.** Electronic Journal of Biotechnology, v. 13, n. 3, p. 10-11, 2010.

CERQUEIRA, D. P. **Fermentação alcoólica de mosto com alta concentração de açúcar.** 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado de ciência e tecnologia em alimentos). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

EULOGIO, C. et al., **Potential for ethanol production from different sorghum cultivars.** Industrial Crops and Products, v. 109, p. 367-373, 2017.

GHOSE, T. K. **Measurement of cellulase activities.** Pure & Applied Chemistry, Oxford, v. 59, n. 2, p. 257-268, 1987.

LIMA, U. A.; BASSO, L. C.; AMORIM, H. V. In: LIMA, U. A. (Coord.). **Biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos.** São Paulo: Edgard Blücher. Biotecnologia industrial, v.3, p. 1-43, 2001.

MANOJ, K., et al. **Pretreatment optimization of Sorghum pioneer biomass for bioethanol production and its scale-up.** Bioresource Technology, v. 199, p. 142-147, 2016.

MILLER, G. L. **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars.** Analytical Chemistry, v.31, p. 426-428, 1959.

NOVACANA. **NexSteppe fecha parceria para comercializar sorgo biomassa da Embrapa.** Disponível em <https://www.novacana.com/n/etanol/alternativas/nexsteppe-parceria-comercializar-sorgo-biomassa-embrapa-030417/> Acesso em 03/03/2018.

PARRELLA, R. A. C. Cultivares. In: MAY, A.; SILVA, D. D.; SANTOS, F.C. **Cultivo do sorgo biomassa para cogeração de energia elétrica.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, v.2, p. 65, 2013.

RATNAVATHI, C.V. et al. **Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice.** Biomass and Bioenergy, v. 34, p. 947-952, 2010.

SOUZA, R. D. **Produção de etanol a partir de hidrolisado enzimático do bagaço da cana-de-açúcar por leveduras isoladas do bioma amazônico.** 2014. 154 f. Dissertação (Mestre em Biotecnologia Industrial). Faculdade de Biotecnologia Industrial, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

STECKELBERG, C. **Caraterização de leveduras de processo de fermentação alcoólica utilizando atributos de com posição celular e características cinéticas.** 2001. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Faculdade de Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001.

VÁSQUEZ, M. P. **Desenvolvimento de processo de hidrolise enzimática e fermentação simultâneas para a produção de etanol a partir de sorgo biomassa.** 2007. 185 f. Tese (Doutorado em Ciências). Faculdade em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

VINUTHA, K. S. et al. **Sweet Sorghum Research and Development in India: Status and Prospects.** Sugar Technology, v. 16, n. 2, p. 133-143, 2014.

WU, L. et al. **Efficient conversion of sugacane stalks into etanol employing low temperature alkali pretreatment method.** Bioresource Technology, v. 102, p. 11183-11188, 2011.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-429-0

