

**Cleberton Correia Santos  
(Organizador)**

**Estudos Interdisciplinares  
nas Ciências e da Terra  
e Engenharias 3**

---

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências  
Exatas e da Terra e Engenharias 3

Atena Editora  
2019

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

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

### **Conselho Editorial**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Conselho Técnico Científico**

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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 3 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-642-3 DOI 10.22533/at.ed.423192309  1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.  CDD 016.5
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 3º volume 37 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Paula Consoli Ireno Franco Mary Leiva Faria Ana Paula Bilck	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
ACESSIBILIDADE AO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE BIOLOGIA, MICROSCOPIA E ANÁLISES CLÍNICAS DA UEZO POR PESSOAS EM CADEIRA DE RODAS	
Tiago Alexandre Silva Nascimento Gabriella Oliveira Alves Moreira De Carvalho Thiago Manchester De Mello Fabio Da Silva De Azevedo Fortes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
ANÁLISE DA ESTABILIDADE DAS ESCAVAÇÕES NO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA	
Marinésio Pinheiro de Lima Robson Ribeiro Lima Francisco Wilson Hollanda Vidal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
ELABORAÇÃO DE MODELO COMPUTACIONAL PARA O ESTUDO DE VIBRAÇÕES LIVRES EM UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO	
Arlindo Pires Lopes Esterfeny Guedes Pires Larissa Lázara Mesquita Cavalcante Matheus Pereira da Silva Mayk Oris Guerreiro Stefanny di Samuel da Costa Tiago de Souza Seixas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
ANÁLISE SENSORIAL: TESTES DISCRIMINATIVOS, DESCRITIVOS E AFETIVOS	
Antônio das Graças Amaral Neto Elisa Norberto Ferreira Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103095</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
APLICAÇÃO DE JOGOS E GAMIFICAÇÃO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS BÁSICOS DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL	
José Ribamar Azevedo dos Santos João Roberto Ursino da Cruz Marcos Paulo Santos Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103096</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 70**

ASPECTOS ECONÔMICOS DA LAVRA INTEGRAL DO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA

Marinésio Pinheiro de Lima  
Júlio Cezar de Souza  
Francisco Wilson Hollanda Vidal

**DOI 10.22533/at.ed.71619103097**

**CAPÍTULO 8 ..... 78**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL NA CIDADE DE CAMBORIÚ, SC

Beatriz Faga  
Joeci Ricardo Godoi  
Viviane Furtado Velho  
Letícia Flohr

**DOI 10.22533/at.ed.71619103098**

**CAPÍTULO 9 ..... 90**

DESENVOLVENDO BIOMATERIAIS DE HIDROXIAPATITA RECOBERTA COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA (AgNPs) PARA APLICAÇÃO EM DEFEITOS CRÍTICOS ÓSSEOS

Ingrid Russoni de Lima  
Gabrielle Cristine Lemos Duarte Freitas  
Elaine Cristina Lopes Pereira  
Lucas Furtado Loesh  
Fernanda A. Sampaio da Silva  
Heleno Souza da Silva  
Renata Antoum Simão  
José Adilson de Castro  
Gláucio Soares Fonseca

**DOI 10.22533/at.ed.71619103099**

**CAPÍTULO 10 ..... 102**

AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DO INOCULANTE E DA COMBINAÇÃO DE SUBSTRATOS SOBRE A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE GLICEROL BRUTO, DEJETOS SUÍNOS E GLICOSE

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar  
Ronnie Von Dos Santos Veloso  
Luis Fernando Santis Espinosa  
Lilian de Araújo Pantoja  
Alexandre Soares dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.716191030910**

**CAPÍTULO 11 ..... 114**

CAPTURE DE CARBONO VOLÁTIL DO PROCESSO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Odete Gonçalves  
Paulo Fernando de Almeida  
Cristina Maria A. L. T. M. H. Quintella  
Ana Maria Álvares Tavares da Mata

**DOI 10.22533/at.ed.716191030911**

**CAPÍTULO 12 ..... 129**

CARBETO DE BORO (B<sub>4</sub>C): REVISÃO acadêmica ACERCA DAS PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Eduardo Braga Costa Santos  
Denise Dantas Muniz  
Eliandro Pereira Teles  
Danielle Guedes de Lima Cavalcante  
Ricardo Alves da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.716191030912**

**CAPÍTULO 13 ..... 141**

CLIMATOLOGIA DA REGIÃO OESTE DO PARÁ - CENTRO DA AMAZÔNIA - E IMPACTO DOS TRÊS ÚLTIMOS EVENTOS DE SECAS SEVERAS NA TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO

Gabriel Brito Costa  
Waldeir dos Santos Pereira  
Mayara Barbosa Lima  
Juliane da Silva Sampaio  
Ana Caroline da Silva Macambira  
Letícia Victória Santos Matias  
Duany Thainara Corrêa da Silva  
Natan Barbosa Almada  
Rogério Favacho da Cruz  
Jéssica Aline Godinho da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.716191030913**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

DESIGN DE ENUNCIADOS COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS SOB O ENFOQUE DA (RE) FORMULAÇÃO DE PROBLEMAS

Fabiane Fischer Figueiredo  
Claudia Lisete Oliveira Groenwald

**DOI 10.22533/at.ed.716191030914**

**CAPÍTULO 15 ..... 164**

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL *in vitro* DE CÁLCIO EM DIFERENTES TIPOS DE LEITE POR FOTOMETRIA DE CHAMA

Ani Caroline Weber  
Luiz Ricardo Mallmann Oliveira  
Sabrina Grando Cordeiro  
Eniz Conceição Oliveira  
Eduardo Miranda Ethur  
Lucélia Hoehne

**DOI 10.22533/at.ed.716191030915**

**CAPÍTULO 16 ..... 175**

ESPAÇO ARTE\_ON: PLATAFORMA ON-LINE PARA EXPOSIÇÕES ARTÍSTICAS DOS DISCENTES DO ENSINO MÉDIO DO IFC-CAS

Leonardo Cristovam de Jesus  
Lucas Pereira Elias  
Marcos Henrique de Moraes Golinelli  
Tereza Cristina Benevenuto Lautério

**DOI 10.22533/at.ed.716191030916**



<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>188</b>
ESTRATÉGIAS FOCADAS NO ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA BRASILEIRA	
Deborah Godoy Martins Corrêa	
Tiago de Oliveira	
Denise Stringhini	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>201</b>
ESTUDO DA FRAÇÃO ÁCIDA DO ÓLEO DE COPAÍBA	
Carlos Vinícius Machado Miranda	
Railda Neyva Moreira Araújo Cabral	
Luely Oliveira da Silva	
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon	
Marivaldo José Costa Corrêa	
Eloisa Helena de Aguiar Andrade	
Manoel Leão Lopes Junior	
Lourivaldo Silva Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>209</b>
ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO REAPROVEITAMENTO DO ESTÉRIL DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL	
Weverton Pereira do Sacramento	
Maria de Lourdes de Oliveira	
Luana Leite Ferreira	
Robson Wotikowski Guedes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>218</b>
EXPLORANDO CONCEITOS GEOMÉTRICOS NA EDUCAÇÃO INFANTIL	
Leila Pessôa Da Costa	
Sandra Regina D'Antonio Verrengia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>226</b>
GESTÃO DE INFORMAÇÕES CLÍNICAS DE ANIMAIS DE GRANDE PORTE: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO BASEADA EM COMUNIDADE DE PRÁTICA	
Gersica Agripino Alencar	
Rafael Santos Barbosa	
Ricardo André Cavalcante de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>239</b>
GRUPOS DE HOMOLOGIA SIMPLICIAL	
Wendy Díaz Valdés	
Lígia Laís Fêmina	
Gisele Andrade Lemos	
Jorge Vicente Barbosa Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030922</b>	

**CAPÍTULO 23 ..... 246**

LAMINADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIOS DE JUTA NA FORMA DE TECIDO E ORIENTADOS A 0°, 45° E 90°

José Emílio Medeiros dos Santos  
Douglas Santos Silva  
Igor dos Santos Gomes  
Maurício Maia Ribeiro  
Roberto Tetsuo Fujiyama

**DOI 10.22533/at.ed.716191030923**

**CAPÍTULO 24 ..... 263**

*MAGONIA PUBESCENS* A.ST.-HIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Ana Mayra Pereira da Silva  
Amanda Ribeiro Correa  
Cárita Rodrigues de Aquino Arantes  
Rosiane Alexandre Pena Guimarães  
Monica Franco Nunes  
Dielle Carmo de Carvalho Neres  
Elisangela Clarete Camili  
Carla Spiller

**DOI 10.22533/at.ed.716191030924**

**CAPÍTULO 25 ..... 270**

O CURSO DE PRÉ-CÁLCULO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO SUPERIOR

Erasmus Tales Fonseca  
Leandro Teles Antunes dos Santos  
Patrícia Milagre de Freitas  
Dayane Andrade Queiroz

**DOI 10.22533/at.ed.716191030925**

**CAPÍTULO 26 ..... 279**

OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Dafne Fonseca Alarcon  
Luziana Quadros da Rosa  
Robson Santos da Silva  
Felipe de Matos Müller  
Márcio Vieira de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.716191030926**

**CAPÍTULO 27 ..... 294**

PRÁTICAS DE ENSINO DE MATEMÁTICA COM VISTAS À EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DA TRANSVERSALIDADE

Daniana de Costa  
Edilson Pontarolo

**DOI 10.22533/at.ed.716191030927**

**CAPÍTULO 28 ..... 304**

RESULTADOS PRELIMINARES DA UTILIZAÇÃO DO WRF NO INPE/EUSÉBIO - UM ESTUDO DE CASO

Vanessa de Almeida Dantas  
Vicente de Paulo Silva  
Adilson Gandu

**DOI 10.22533/at.ed.716191030928**

<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>313</b>
A MODELAGEM MATEMÁTICA NA PRODUÇÃO DE MILHO INFLUENCIADO PELA SUCESSÃO DE CULTURAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA	
Lilian Fátima Ancerowicz Rubia Diana Mantai	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030929</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>326</b>
SISTEMA PARA PREVENÇÃO DE QUEDAS E PENSAMENTO DO PASSAGEIRO NA PORTA DO TRANSPORTE COLETIVO BASEADO NA PLATAFORMA ARDUINO	
Lucas Goiabeira Farias Francisco da Conceição Silva Wellington Luis Mineiro França	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030930</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>332</b>
TEATRO E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DE FRAÇÕES	
Fabiana Geresa Leindeker da Silva Jenifer Cassandra da Silva Oliveira Bruno Ferreira da Luz Tamires Bon Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030931</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>342</b>
UM ESTUDO SOBRE O DESEMPENHO DE VIRTUALIZAÇÃO NOS HYPERVISORS VMWARE E KVM	
Lúcio Flávio de Jesus Silva Marco Antônio Castro Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030932</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>349</b>
CONTRIBUIÇÃO DO PIBID/QUÍMICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA): UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE COARI-AMAZONAS	
Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi Cristiana Nunes Rodrigues Carlos Victor Lamarão Maria Aparecida Silva Furtado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030933</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>358</b>
OCORRÊNCIA DE PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP: ANÁLISE DE CASOS ATENDIDOS EM UMA CLÍNICA/ESCOLA NO PERÍODO DE 2012 A 2014	
Marcos Barros de Souza Daiane de Oliveira Portella Miriam Rodrigues Silvestre Lúcia Martins Barbatto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030934</b>	

<b>CAPÍTULO 35 .....</b>	<b>368</b>
APLICAÇÃO DE SISTEMAS LINEARES EM CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA	
Robson Cabral Severo	
Leonardo Vale de Araujo	
Rafael The Bonifácio de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030935</b>	
<b>CAPÍTULO 36 .....</b>	<b>378</b>
DIAGNÓSTICO SOBRE OS CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E AS FALHAS QUE OCACIONARAM OS DESABAMENTOS NA CICLOVIA TIM MAIA	
Vinicius da Silva Freitas	
Rafael Alves da Rocha	
Marcelo Augusto da Silva Cunha	
Bruno Matos de Faria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030936</b>	
<b>CAPÍTULO 37 .....</b>	<b>388</b>
RECICLAGEM DE VIDRO DE PARA-BRISAS PARA PRODUÇÃO DE VITROCERÂMICA COM 15% DE ÓXIDO DE NIÓBIO	
Hiasmim Rohem Gualberto	
Iury Almeida Moraes	
Mônica Calixto de Andrade	
Edgard Poiate Junior	
Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva	
Isis Andrea Venturini Pola Poiate	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030937</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>401</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>402</b>

## AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DO INOCULANTE E DA COMBINAÇÃO DE SUBSTRATOS SOBRE A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE GLICEROL BRUTO, DEJETOS SUÍNOS E GLICOSE

### **Fidel Alejandro Aguilar Aguilar**

falexaguilar@gmail.com

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-graduação em Biocombustíveis, Campus JK, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil.

### **Ronnie Von Dos Santos Veloso**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-graduação em Biocombustíveis, Campus JK, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil.

### **Luis Fernando Santis Espinosa**

Universidad autónoma del Carmen, Facultad de Ingeniería y Tecnología, Campus III, Av. Central S/N esq. Con Franc. Mundo Maya, 24115, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

### **Lilian de Araújo Pantoja**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia, Campus JK, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil.

### **Alexandre Soares dos Santos**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Ciências Básicas, Campus JK, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil.

**RESUMO:** Este estudo avaliou as condições operacionais que maximizam a produção de hidrogênio com o uso do planejamento composto central rotacional com três fatores (a glicose, o glicerol bruto e os dejetos suínos), seis pontos axiais e quatro pontos centrais.

O processo fermentativo foi realizado com três diferentes inoculantes, os quais foram submetidos aos pré-tratamentos: térmico, ácido e alcalino. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a partir da metodologia de superfície de resposta. O inóculo enriquecido com o pré-tratamento térmico e ácido apresentaram melhor desempenho, com produção de hidrogênio superior a 140 mL por cada grama de DQO adicionada aos biorreatores. Por outro lado, o pré-tratamento alcalino afetou a rota metabólica dos microrganismos, favorecendo a produção de ácidos orgânicos e reduzindo a taxa de produção de hidrogênio. Outros fatores, como a glicose, afetaram significativamente a produção de hidrogênio em todos os tratamentos. Assim também, o glicerol bruto e o dejetos suíno foram fatores significativamente relevantes para a eficiência da produção de hidrogênio. O pré-tratamento térmico do inoculante apresentou melhor resposta em relação à inibição das bactérias consumidoras do gás, favorecendo a produção de hidrogênio no sistema analisado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fermentação escura, hidrogênio, dejetos suíno, glicerol bruto

EVALUATION OF PRE-TREATMENT OF THE INOCULANT AND THE COMBINATION OF SUBSTRATES ON THE PRODUCTION OF

**ABSTRACT:** This study evaluated the operational conditions that maximize the production of hydrogen with the use of rotational central composite planning with three factors (glucose, crude glycerol, and swine manure), six axial and four central points. The fermentative process was with three different inoculants, which were subjected to pre-treatment: Thermal, acid, and alkaline. The results obtained were analyzed with the ANOVA with the response surface methodology. The Inoculum enriched with the thermal and acid pretreatment were the best in the production of hydrogen, with higher production of 140 mL for each gram of COD added to the bioreactor. However, the alkaline pretreatment caused the metabolic route of the microorganisms to be diverted in the production of organic acids, and low rate of hydrogen production. Moreover, the factors influenced the production of hydrogen, such as glucose, which resulted significantly influential in all treatments. Also, crude glycerol and swine slurry were significantly influential in the production of hydrogen. Evidently producing hydrogen by dark fermentation is a viable alternative, since organic waste has an adequate final disposition and hydrogen as a biofuel. Thus, inoculate with thermal pre-treatment remains the best treatment to inhibit the gas consuming bacteria, in comparison with the chemical treatments that need external agents to adjust the pH.

**KEYWORDS:** Hydrogen, dark fermentation, crude glycerol, swine manure

### 1 | INTRODUÇÃO

O hidrogênio possui um considerável potencial para ocupar uma parcela importante na oferta de energia global, uma vez que o gás de hidrogênio pode ser obtido por fontes renováveis com a vantagem de possuir elevado teor energético, até 142 kJ g<sup>-1</sup>. Além disso, a combustão do hidrogênio gera apenas água como produto da reação contribuindo significativamente para os cortes nas emissões GEEs (Elbeshbishy *et al.*, 2011; Nuchdang; Phalakornkule, 2012; Singh; Wahid, 2015)

O hidrogênio pode ser obtido por diferentes formas, pela foto-fermentação, bio-fotólise direta, bio-fotólise indireta e pela fermentação escura. No entanto, o processo de fermentação escura é o processo mais rentável na atualidade. A fermentação escura tem sido utilizada com um consorcio bacteriano misto como inóculo, mais eficiente, em relação ao uso de culturas puras. Também, o uso do consorcio bacteriano misto tem a vantagem de possuir melhor controle do processo e melhor operação que não demanda técnicas onerosas, trabalhosas e possibilita o uso de diferentes fontes de matérias-primas (Kan, 2013). O lodo ativado, obtido em estações de tratamento de esgoto são fonte de inóculo, uma vez que possuem micro-organismos produtores e consumidores de hidrogênio, tais como as bactérias *Clostridium* e as bactérias metanogênicas (hidrogenotróficas e acetoclásticas). Para tanto, alguns autores reportam a necessidade da utilização de pré-tratamentos que sejam eficazes no enriquecimento do inóculo com bactérias produtoras de

hidrogênio, inibindo as bactérias metanogênicas. Dentre estes, a inibição das bactérias metanogênicas pode ser realizado por pré-tratamentos como o térmico, o ácido e o álcali (Dong *et al.*, 2010; Hu; Chen, 2007; Saady, 2013).

O glicerol bruto (GB) é considerado o principal coproduto da cadeia de produção de biodiesel, chegando a produzir 10 kg de GB a partir de 100 kg de biodiesel (Athanasoulia; Melidis; Aivasidis, 2014; Nuchdang; Phalakornkule, 2012). Este coproduto contém 55% de glicerol, 17% de éster metílico, 14% de sabões alcalinos, 10% de metanol, 4% de água e outros componentes, por isso é chamado de glicerol bruto (Kolesárová *et al.*, 2011; Thompson; He, 2006) todavia, o processo de purificação do glicerol é realizado por um processo complexo e de custo elevado, reduzindo sua competitividade econômica no cenário atual de elevada oferta deste coproduto, onde os mercados tradicionais apresentam dificuldades em absorvê-lo (Kanchanasuta; Sillaparassamee, 2017). Porém, o glicerol bruto tem sido catalogado como substância de fácil degradação em processos biológicos, que pode ser qualificado como co-substrato ideal no processo de produção de hidrogênio (Athanasoulia; Melidis; Aivasidis, 2014).

A suinocultura ocupa uma posição importante no fornecimento de carne no mundo inteiro e a oferta deste produto tem crescido nos últimos anos. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2014), o Brasil ocupa a quarta posição entre os maiores exportadores mundiais de carne suína, com um total aproximado de 505 mil toneladas por ano. A criação dos animais em sistemas intensivos e/ou sistemas extensivos geram uma enorme quantidade dejetos, elevando a preocupação com o aumento da poluição ambiental atribuída à suinocultura (Cancelier *et al.*, 2015). Uma alternativa de aproveitamento tecnológico dos efluentes da suinocultura e do glicerol, seria utilizá-los na fermentação escura para produção de hidrogênio. Essa estratégia tecnológica poderia minimizar o efeito poluente da disposição final dos efluentes da suinocultura e ao mesmo tempo criar novas alternativas de uso para o glicerol bruto da cadeia de produção do biodiesel (Hernández and Rodríguez 2013).

A metodologia de superfície de resposta (MSR) permite analisar as variáveis operacionais que podem ou não ter efeito significativo na resposta principal. A otimização dos processos, de produção da co-digestão e da fermentação escura, é um passo importante para o desenvolvimento de processos econômico e tecnicamente viáveis (Carrillo-Reyes & Buitrón, 2016; Sinha & Pandey, 2011; Wang & Zhao, 2009). Além de proporcionar uma melhor compreensão dos fatores limitantes que poderiam afetar o desempenho da produção de bio-metano e bio-hidrogênio durante a fermentação (Tenca *et al.*, 2011; Yusof *et al.*, 2014).

Assim, o presente estudo pretende avaliar a mistura da glicose, do glicerol bruto (GB), da produção de biodiesel, e os dejetos suínos (DS), da suinocultura, na produção de hidrogênio por fermentação escura. Esta tecnologia tem potencial para ser aplicada ao tratamento de efluentes gerados na suinocultura e ampliar as alternativas de uso dos coprodutos da cadeia de produção de biodiesel do Brasil,

gerando informações sobre as melhores condições operacionais dos sistemas de produção de hidrogênio por meio da MSR.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os dejetos suínos foram obtidos frescos e provenientes do departamento de Zootecnia da UFVJM, Diamantina/MG e da suinocultura do estado de Morelos, México. Os efluentes foram mantidos a  $-4^{\circ}\text{C}$  até sua utilização. Os inóculos utilizados, microflora mista anaeróbia, foram provenientes do lodo ativado das estações de tratamento de efluentes das duas localidades já mencionadas. Os reagentes e solventes utilizados neste trabalho apresentavam grau analítico, P.A. e os padrões analíticos usados para as análises cromatográficas possuíam grau de pureza mínima  $>99\%$ . O glicerol bruto utilizado foi proveniente do processo de recuperação após a transesterificação de óleos residuais (óleos de fritura), de girassol, de soja entre outros com metóxido de sódio, doados pelos Laboratórios de Produção de Biodiesel, Biolubrificantes e Biograxas da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM, Diamantina/MG.

### 2.1 Seleção de bactérias produtoras de hidrogênio

A fim de enriquecer seletivamente a microflora mista produtora de hidrogênio, o lodo ativado de esgoto foi dividido em três partes, e cada parte foi avaliada por três diferentes métodos de pré-tratamento, a saber: I) por calor úmido a  $105^{\circ}\text{C}$ , sob 1 atm durante 60 minutos, II) pela adição de soluções ácida, sendo esta elaborada com ácido sulfúrico a 3 mol L<sup>-1</sup>, pH 1,0 e III) pela adição de solução básica de hidróxido de sódio 3 mol L<sup>-1</sup>. Os pré-tratamentos II e III foram mantidos por 24 horas e após este período de reação tiveram o pH corrigido para 7,0. De acordo com autores, estes processos inibem o crescimento de bactérias metanogênicas e facilita a multiplicação de bactérias esporulantes, bactérias produtoras de hidrogênio (Saady 2013; Song *et al.* 2012;).

### 2.2 Ensaios de produção de hidrogênio

O processo para a produção de hidrogênio foi conduzido utilizando o delineamento composto central conforme apresentado nas Tabela 1 e Tabela 2. Os ensaios foram conduzidos de forma descontínua em biorreatores de frascos de vidro semelhante aos utilizados para a produção de biogás. Os bioprocessos foram realizados utilizando como substratos as misturas Glicose/GB/DS acrescido de 2,0 mL de solução de nutrientes modificada de acordo com os estudos de produção de biogás (Aquino *et al.*, 2007; Chernicharo, 2007) (Tabela 3). Tais ensaios foram inoculados com lodo ativado previamente submetidos a diferentes pré-tratamentos (térmico, ácido e básico) conforme descritos anteriormente (Seleção de bactérias



produtoras de hidrogênio). O volume final no biorreator foi ajustado para 25 mL com água destilada e o pH então, determinado. Os frascos foram fechados para manter um ambiente anaeróbico e, então, incubados em banho termostático a  $30\pm 1,0^{\circ}\text{C}$  até o final da fermentação que é evidenciada pelo término da produção de gás. O processo fermentativo foi monitorado quanto ao volume de hidrogênio produzido por período de 20 dias, a cada 24h.

Fatores	Axial (-a)	Mínimo (-1)	Ponto central (0)	Máximo (+)	Axial (+a)
Glicose ( $\text{g L}^{-1}$ )	2,75	4	7	10	11,24
Glicerol Bruto ( $\text{g L}^{-1}$ )	2,75	4	7	10	11,24
Dejeto Suíno ( $\text{g L}^{-1}$ )	2,93	5	10	15	17,07

Tabela 1. Matriz do delineamento composto central utilizado na produção de hidrogênio empregando como substrato a glicose, o glicerol bruto (GB) e o dejeto suíno (DS), contendo os quatro pontos axiais e quatro pontos centrais.

Ensaio	Glicose ( $\text{g L}^{-1}$ )	GB ( $\text{g L}^{-1}$ )	DS ( $\text{g L}^{-1}$ )	Substrato Total ( $\text{g L}^{-1}$ )	SV Inicial ( $\text{g L}^{-1}$ )
1	3,00	4,00	5,00	12,00	7,94 $\pm$ 0,07
2	3,00	4,00	15,00	22,00	10,21 $\pm$ 0,13
3	3,00	10,00	5,00	18,00	11,95 $\pm$ 0,05
4	3,00	10,00	15,00	28,00	18,42 $\pm$ 0,54
5	15,00	4,00	5,00	24,00	23,88 $\pm$ 0,49
6	15,00	4,00	15,00	34,00	24,19 $\pm$ 0,00
7	15,00	10,00	5,00	30,00	29,17 $\pm$ 1,40
8	15,00	10,00	15,00	40,00	31,98 $\pm$ 1,23
9	0,514	7,00	10,00	17,51	7,61 $\pm$ 0,13
10	17,485	7,00	10,00	34,49	25,42 $\pm$ 0,20
11	9,00	2,75	10,00	21,75	16,21 $\pm$ 0,33
12	9,00	11,24	10,00	30,24	22,53 $\pm$ 0,02
13	9,00	7,00	2,93	18,93	17,93 $\pm$ 0,47
14	9,00	7,00	17,07	33,07	19,61 $\pm$ 0,02
15	9,00	7,00	10,00	26,00	19,79 $\pm$ 0,40

Tabela 2. Diferentes ensaios empregados para avaliar os efeitos da combinação da glicose, do glicerol bruto (GB) e do dejeto suíno (DS) na fermentação escura conforme delineamento composto central.

Macronutrientes	Concentração ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Micronutrientes	Concentração ( $\text{mg L}^{-1}$ )
NH <sub>4</sub> Cl	1.112,0	FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	5,00
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	132,5	ZnCl <sub>2</sub>	0,13
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	44,50	MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	1,25
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	250,00	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> MO <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	1,60
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	189,00	AlCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,13
NaHCO <sub>3</sub>	2.500,00	CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	5,00

-	-	NiCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	13,00
-	-	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3,00
-	-	CuCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	8,00
-	-	HCl	1,00

Tabela 3. Solução de nutrientes utilizada como suplemento nos ensaios de produção de biogás e biohidrogênio.

## 2.3 Quantificação do volume de biogás

O sistema de aferição de volume de gás para produção de biogás e biohidrogênio foi adaptado do trabalho de Aquino *et al.* (2007). O processo foi realizado em frascos de vidro invertido de 250 mL contendo solução de NaOH<sub>3</sub> mol L<sup>-1</sup>, cuja função era a captura de CO<sub>2</sub>. O frasco continha, uma tampa adaptada com uma abertura para entrada do gás produzido no biorreator e outra abertura para a saída do líquido deslocado pela entrada do gás (Figura 1). As medições foram realizadas a cada 24 horas pelo método de deslocamento de líquido. Para tanto, uma proveta foi utilizada para recolher o líquido deslocado pela entrada do gás (Figura 1) cujo volume, era então convertido para volume de biogás normalizado (NmL). Para quantificação foram consideradas as condições normais de pressão e temperatura (1 atm, 0°C) de acordo com a lei dos gases ideais.

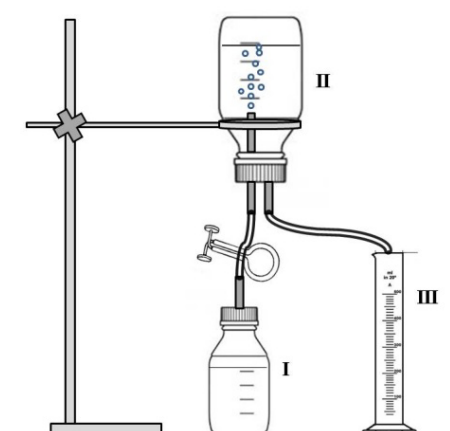


Figura 1. Aparato utilizado para a determinação do volume de biogás produzido: (I) reator contendo abertura de saída para o biogás, (II) frasco com solução de NaOH<sub>3</sub> mol L<sup>-1</sup> usado para remoção de CO<sub>2</sub> e (III) proveta para quantificação de volume de líquido deslocado pela entrada do biogás (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2017).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização do glicerol bruto (GB), dejetos suíno (DS) e do lodo ativado (inóculo)

Na Tabela 4 encontram-se os resultados da caracterização físico-química e elementar do GB, DS e do lodo ativado. O pH alcalino do GB remete ao processo

que lhe deu origem, subproduto da transesterificação de óleo vegetal por catálise homogênea com metóxido de sódio, que resulta em pH extremamente alcalino (10,30). O valor de pH é um importante indicador para avaliar a estabilidade dos sistemas de digestão anaeróbia, pois afeta os micro-organismos acidogênicos e metanogênicos (Dennehy *et al.*, 2016; Glanpracha; Annachhatre, 2016). O valor de sólidos voláteis no GB foi cerca de 80% superior ao contido no DS. O percentual de carbono no GB foi cerca de 40% maior que o determinado para o DS. Por outro lado, não foi encontrada quantidade significativa de nitrogênio no GB (%N <0,05). O percentual de carbono encontrado no GB (88%) não é característico deste efluente que, segundo Thompson; He, (2006), pode variar entre 24 e 38%. Esse excedente de carbono pode indicar a presença de ácidos graxos livres e saponificados não convertidos pelo processo de transesterificação e a presença de ésteres metílicos não recuperados (Valerio *et al.*, 2015). O degeto suíno apresentou 25% de proteínas que contribuiriam como fonte de nitrogênio. Segundo Marone *et al.* (2015) e Dennehy *et al.* (2011) a adição de componentes nutricionais complementares na co-digestão de resíduos é um procedimento amplamente aplicado para aumentar a produção de biogás, uma vez que a combinação de diferentes substratos podem fornecer nutrientes equilibrados, reduzir os custos relacionados ao controle do pH e ao balanço da razão C/N, necessários para otimizar o processo de produção de biogás.

Parâmetros	GB	DS	Inóculo
	Média ± Desvio Padrão		
pH	10,30±0,00	6,51±0,54	6,73±0,15
ST (g L <sup>-1</sup> )	870,34±0,00	199,86±0,00	80,95±0,11
SV (g L <sup>-1</sup> )	870,10±0,00	167,55±0,00	40,72±0,92
SV/ST (%)	99,97	83,90	50,30
DQO (g L <sup>-1</sup> )	1974,02±3,10	137,83±1,34	11,92±0,59
Carbono (%)	88,04	49,62	NR
Nitrogênio (%)	<0,05	4,08	NR
Hidrogênio (%)	11,08	6,50	NR
Proteína (%)	<0,05	25,55	NR

**Tabela 4.** Caracterização físico-química e elementar do glicerol bruto (GB), do dejetto suíno (DS) e do lodo ativado (inóculo) utilizados no processo fermentativo.

ST: Sólidos Totais; SV: Sólidos Voláteis;

DQO: Demanda Química de Oxigênio; NR: Não Realizado.

### 3.2 Caracterização dos substratos e o biogás produzido

Os ensaios de produção de hidrogênio foram avaliados com diferentes inóculos, usando três métodos de pré-tratamentos para inibir os microrganismos consumidores do gás. Foram empregados os pré-tratamentos: térmico (calor úmido a 105°C, 1 atm, durante 60 minutos), ácido (pH 1 por 24h) e o alcalino (pH 10 por 24h). Da

mesma forma, foram avaliadas diferentes concentrações da mistura de glicose/GB/DS (Tabela 2). O tempo de fermentação foi de aproximadamente de 20 dias, onde foram observados diferentes comportamentos de respostas dependentes da mistura dos substratos. Como ilustrado na Tabela 5 os resultados dos rendimentos de produção máxima de biogás variaram de acordo ao inóculo usado, mesmo quando foi utilizada a mesmas concentrações da mistura dos efluentes. Os melhores resultados de produção de hidrogênio foram obtidos pelo inóculo pré-tratado com ácido e pelo inóculo que sofreu pré-tratado térmico com rendimentos na faixa de 46 a 170 mL gDQO<sup>-1</sup>. Contrariamente, quando o inóculo que sofreu pré-tratamento básico foi empregado, foram observados baixos rendimentos de biogás, na faixa de 43 a 151 mL gDQO<sup>-1</sup>. Os resultados indicam que o pré-tratamento álcali inibiu completamente a atividade, tanto das bactérias metanogênicas como das bactérias produtoras de hidrogênio; resultando em baixo rendimento da produção do hidrogênio.

Ensaio	DQO Inicial (g/L)	Biogás Térmico (mL g DQO <sup>-1</sup> )	Biogás Ácido (mL g DQO <sup>-1</sup> )	Biogás Álcali (mL g DQO <sup>-1</sup> )
1	6.688	72.700	84.651	97.100
2	10.661	108.109	79.529	132.341
3	9.169	170.561	54.319	151.368
4	14.286	46.716	66.471	85.297
5	18.202	93.761	56.184	54.360
6	17.388	74.854	45.829	43.156
7	22.776	59.479	34.842	50.732
8	21.846	81.439	33.688	63.513
9	7.752	53.540	79.239	64.248
10	16.509	95.131	37.811	64.158
11	11.852	93.850	62.473	86.846
12	14.260	131.323	36.090	98.259
13	11.995	107.679	82.766	49.549
14	13.909	125.804	11.697	87.848
15	15.377	77.302	43.833	59.380

Tabela 5. Ensaio de produção de hidrogênio usando três tipos de pré-tratamentos dos inoculantes: térmico, ácido e álcali.

DQO: Demanda química de oxigênio

### 3.3 Cinética de produção de hidrogênio

Os melhores resultados de produção de bio-hidrogênio são ilustrados na Figura 2, onde foi observado que os rendimentos do hidrogênio variaram na faixa de 60 a 180 mL por grama de DQO adicionados no biorreator. Os dados obtidos permitiram inferir que a produção de hidrogênio por culturas mistas é afetada em função do

metabolismo fermentativo das bactérias ali presentes e ainda, de suas interações com os substratos. Nos ensaios com concentrações maiores que 11 gramas de DQO por substrato no reator, da mistura glicose/GB/DS, foi observado um menor rendimento de bio-hidrogênio, inferior à 120 mL por grama de DQO adicionado (Figura 2). Contrariamente, no ensaio 3 com inóculo térmico e ácido e concentração de substrato de 9.69 g DQO L<sup>-1</sup>, foi observada uma maior eficiência na produção de hidrogênio durante o curso de fermentação de 20 dias. Foram observadas curvas de produção de hidrogênio (Figura 2) com fase de adaptação dos micro-organismos de 1-3 dias e produção exponencial até o dia 20 aproximadamente. A fase estacionária foi lenta, com produção de biogás próxima a zero, para todos os ensaios. Nessa fase, os microrganismos foram sensíveis às mudanças no sistema, provavelmente ao pH baixo, menor que 6,5. Este resultado pode ser atribuído à elevada concentração de ácidos orgânicos (ácido acético e butírico, principalmente) produzido durante a fermentação, afetando o desenvolvimento celular e diminuindo o desempenho do bio-hidrogênio.

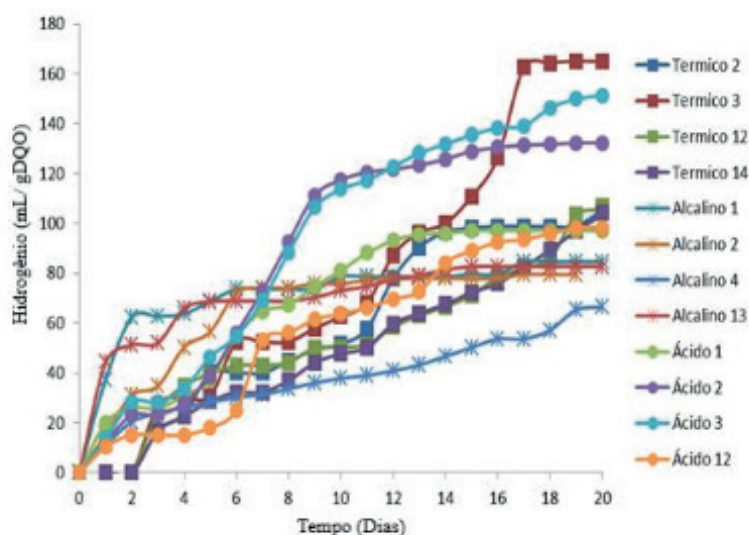


Figura 2. Cinética de produção de hidrogênio dos melhores ensaio da mistura da glicose, glicerol bruto e dejetos suínos com diferentes tipos pré-tratamentos dos inoculantes: térmico, ácido e básico.

### 3.4 Análise de variância

A análise de variância ANOVA da metodologia de superfície de resposta mostrou que o modelo de ajuste na produção de hidrogênio foi altamente significativo, confirmando assim, que o modelo foi capaz de representar adequadamente os dados na região experimental. Apresentando um efeito significativo na produção de hidrogênio, com nível de significância de 5% (Figura 3). Os resultados mostraram que o pré-tratamento do inóculo que resultou em maior produção de gás foi o pré-tratamento térmico (Figura 3A). A concentração de glicose apresentou um

efeito positivo ( $p$ -valor  $<0,1$ ) e as concentrações de glicerol e de dejetos suíno não apresentaram efeito significativo ( $p$ -valor  $>0,1$ ) sobre a produção de gás quando o inóculo foi pré-tratado termicamente (Figura 3A). Para o inóculo pré-tratado com ácido, o glicerol foi quem apresentou efeito positivo significativo ( $p$ -valor  $<0,1$ ) (Figura 3B). No inóculo que sofreu pré-tratamento alcali, o glicerol e o dejetos suíno apresentaram efeito negativo ( $p$ -valor  $<0,15$ ) após 8 dias de fermentação e a glicose não apresentou efeito significativo ( $p$ -valor  $>0,5$ ) (Figura 3C).

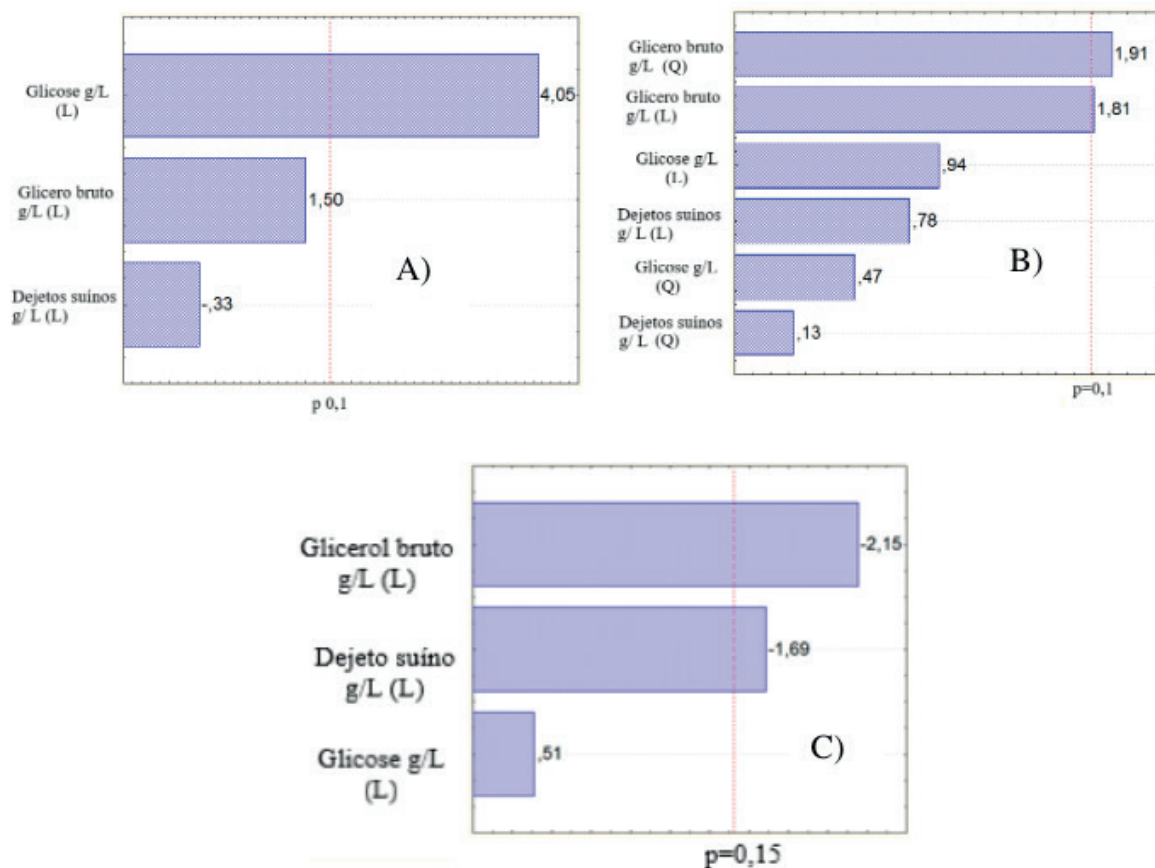


Figura 3. Gráfico de Pareto para os efeitos estimados da glicose, glicerol bruto e dejetos suíno após pré-tratamento do inóculo: A) Térmico, B) Ácido e C) alcalino.

#### 4 | CONCLUSÕES

Este estudo possibilitou visualizar o efeito da mistura dos efluentes e os diferentes inóculos utilizados, que tem relação direta com o desempenho da produção de biohidrogênio. Nas melhores condições foi possível produzir hidrogênio entre 100-170 mL g<sup>-1</sup> DQO adicionada no reator. Observou-se que os métodos para a preparação de inóculo e a interação entre a glicose, o glicerol bruto e o dejetos suíno afetaram o potencial de produção de hidrogênio. Os melhores resultados de produção de hidrogênio foram com o inóculo com pre-tratamento térmico e o ácido. No entanto, o pré-tratamento térmico para o inóculo foi mais vantajoso devido à eliminação da necessidade de neutralização do pH após o pré-tratamento. Desta

forma, confirmou-se que o pré-tratamento térmico ainda continua sendo o método de pré-tratamento mais eficiente na produção de hidrogênio, também o uso combinado do GB/DS é melhor na produção de hidrogênio que o uso da glicose como substrato.

## AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO

Os autores tornam-se responsáveis por todo o conteúdo da obra.

## REFERÊNCIAS

Aguilar-Aguilar, F. A.; Nelson, D. L.; Pantoja, L. A.; Santos, A. S. Study of Anaerobic Co-digestion of Crude Glycerol and Swine Manure for the Production of Biogas Study of Anaerobic Co-digestion of Crude Glycerol and Swine Manure for the Production of Biogas. **Revista virtual de química**, v. 9, n. 6, 2017.

Aquino, F.S., Chernicharo C.A.L. Foresti E.Florêncio M.L.S., Monteggia, L. O. Metodologias para determinação da Atividade Metanogênica Específica (AME) em Lodos Anaeróbios. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 192–201, 2007.

Athanasoulia, E.; Melidis, P.; Aivasidis, A. Co-digestion of sewage sludge and crude glycerol from biodiesel production. **Renewable Energy**, v. 62, p. 73–78, 2014.

Cancelier, A. *et al.* Avaliação da produção de biogás de dejetos de suínos utilizando a metodologia de superfície de resposta. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 209–217, 2015.

Carlos Augusto De Lemos Chernicharo. **Biological Wastewater Treatment Vol.4: Anaerobic Reactors**. London, UK: [s.n.]. v. 04

Carrillo-Reyes, J.; Buitrón, G. Biohydrogen and methane production via a two-step process using an acid pretreated native microalgae consortium. **Bioresource Technology**, v. 221, p. 324–330, 2016.

Dennehy, C. *et al.* Synergism and effect of high initial volatile fatty acid concentrations during food waste and pig manure anaerobic co-digestion. **Waste Management**, v. 56, p. 173–180, 2016.

Dong, L. *et al.* Evaluation of pretreatment methods on harvesting hydrogen producing seeds from anaerobic digested organic fraction of municipal solid waste (OFMSW). **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, n. 15, p. 8234–8240, 2010.

Elbeshbishy, E. *et al.* Single and combined effect of various pretreatment methods for biohydrogen production from food waste. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 36, n. 17, p. 11379–11387, 2011.

Glanpracha, N.; Annachhatre, A. P. Anaerobic co-digestion of cyanide containing cassava pulp with pig manure. **Bioresource Technology**, v. 214, p. 112–121, 2016.

Hallenbeck, P. C.; Ghosh, D. Advances in fermentative biohydrogen production: the way forward? **Trends in Biotechnology**, v. 27, n. 5, p. 287–297, 2009.

Hernández, M.; Rodríguez, M. Hydrogen production by anaerobic digestion of pig manure: Effect of operating conditions. **Renewable Energy**, v. 53, p. 187–192, 2013.

Hu, B.; Chen, S. Pretreatment of methanogenic granules for immobilized hydrogen fermentation. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 32, n. 15 SPEC. ISS., p. 3266–3273, 2007.

Kan, E. Effects of pretreatments of anaerobic sludge and culture conditions on hydrogen productivity in dark anaerobic fermentation. **Renewable Energy**, v. 49, p. 227–231, 2013.

Kanchanasuta, S.; Sillaparassamee, O. Enhancement of hydrogen and methane production from co-digestion of palm oil decanter cake and crude glycerol using two stage thermophilic and mesophilic fermentation. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, n. 5, p. 3440–3446, 2017.

Kolesárová, N. *et al.* Utilization of biodiesel by-products for biogas production. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 2011, 2011.

Nuchdang, S.; Phalakornkule, C. Anaerobic digestion of glycerol and co-digestion of glycerol and pig manure. **Journal of Environmental Management**, v. 101, p. 164–172, 2012.

Saady, N. M. C. Homoacetogenesis during hydrogen production by mixed cultures dark fermentation: Unresolved challenge. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, n. 30, p. 13172–13191, 2013.

Singh, L.; Wahid, Z. A. Methods for enhancing bio-hydrogen production from biological process: A review. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 21, p. 70–80, 2015.

Sinha, P.; Pandey, A. An evaluative report and challenges for fermentative biohydrogen production. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 36, n. 13, p. 7460–7478, 2011.

Song, Z. X. *et al.* Effects of pretreatment method of natural bacteria source on microbial community and bio-hydrogen production by dark fermentation. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 37, n. 7, p. 5631–5636, 2012.

Tenca, A. *et al.* Biohydrogen from thermophilic co-fermentation of swine manure with fruit and vegetable waste: Maximizing stable production without pH control. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 18, p. 8582–8588, 2011.

Thompson, J. C.; HE, B. B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. v. 22, n. 2, p. 261–265, 2006.

Valerio, O. *et al.* Improved utilization of crude glycerol from biodiesel industries: Synthesis and characterization of sustainable biobased polyesters. **Industrial Crops and Products**, v. 78, p. 141–147, 2015.

Wang, x.; Zhao, Y. A bench scale study of fermentative hydrogen and methane production from food waste in integrated two-stage process. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 34, n. 1, p. 245–254, 2009.

Yusof, T. R. T. *et al.* Optimization of Methane Gas Production From Co-digestion of Food waste and Poultry Manure Using Artificial Neural Network and Response Surface Methodology. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 7, p. 27–37, 2014.

Zhang, J. *et al.* Microbial lipid production by the oleaginous yeast *Cryptococcus curvatus* O3 grown in fed-batch culture. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 5, p. 1906–1911, 2011.



## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEBERTON CORREIA SANTOS-** Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: [cleber\\_frs@yahoo.com.br](mailto:cleber_frs@yahoo.com.br)) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acessibilidade 10, 11, 20, 21, 22, 186  
Amazônia 141, 142, 143, 150, 207, 208, 246, 261  
Amido de mandioca 1, 2, 3, 4, 9  
Análise sensorial 45, 46, 56

### B

Bioacessibilidade 164, 165, 166, 168, 172, 173  
Biofilmes 4  
Biomateriais 92  
Biorremediação 114, 116, 117, 123, 125, 126, 128

### C

Carbeto de boro 129, 130, 131, 132, 140  
Carbono cristalizado 114

### D

Dejetos de suínos 112

### G

Gamificação 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 191, 194, 195  
Geometria 34, 118, 134, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225, 248, 259, 271, 390

### H

Homologia simplicial 239

### I

Inteligências múltiplas 188, 190, 191, 192, 193, 197, 198, 199, 200

### M

Matrizes 2, 129, 136, 138, 139, 247, 369  
Mineração 76, 80, 125, 197, 209, 211, 216, 217

### N

Nanopartículas 90, 91, 92, 93, 95, 98, 99, 100, 114, 116, 123, 125, 126

## O

Óleo de copaíba 201, 203, 204, 207

## P

Paralisia facial 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367

Pegmatito 23, 24, 25, 31, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Pensamento computacional 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 67, 68, 195

## Q

Qualidade do ar 78, 79, 80, 81, 87, 88

## R

Reciclagem 3, 52, 294, 297, 298, 300, 302, 388, 389, 399

Robótica 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 199, 279, 282, 284, 285, 287, 288, 289, 291

## S

SAP 2000 33, 34, 40

Sistemas lineares 368, 369, 373, 374, 377

## T

Tecnologias Digitais 153, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 163, 195, 287

## V

Variabilidade climática 142

## W

Website 175, 176, 181, 183

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-642-3

