

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

AMÉRICO JUNIOR NUNES DA SILVA
ANDRÉ RICARDO LUCAS VIEIRA
(ORGANIZADORES)

 **Atena**
Editora

Ano 2020

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

AMÉRICO JUNIOR NUNES DA SILVA
ANDRÉ RICARDO LUCAS VIEIRA
(ORGANIZADORES)

 **Atena**
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Camila Alves de Cremo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de 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

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

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
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Américo Junior Nunes da Silva, André Ricardo Lucas Vieira. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-177-0 DOI 10.22533/at.ed.770201407</p> <p>1. Ciências agrárias. 2. Ciências exatas. 3. Tecnologia. I. Silva, Américo Junior Nunes da. II. Vieira, André Ricardo Lucas CDD 500</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia tem acarretado diversas transformações na sociedade contemporânea, refletindo em mudanças nos níveis econômico, político e social. É comum considerarmos ciência e tecnologia motores do progresso que proporcionam não só desenvolvimento do saber humano, mas, também, uma evolução real para o homem.

Sendo assim, precisamos de uma imagem de ciência e tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico–tecnológico, entendido como produto resultante de fatores culturais, políticos e econômicos. Seu contexto histórico deve ser analisado e considerado como uma realidade cultural que contribui de forma decisiva para mudanças sociais, cujas manifestações se expressam na relação do homem consigo mesmo e os outros.

Hoje, estamos vivendo um período, por conta do contexto da Pandemia provocada pelo Novo Coronavírus, onde os olhares se voltam a Ciência e a Tecnologia. Antes de tudo isso acontecer os conhecimentos produzidos em espaços acadêmicos, centros de pesquisa e laboratórios, por exemplo, tem buscado resposta para problemas cotidianos, em busca de melhorar a vida da população de uma forma geral.

É nesse ínterim que este livro, intitulado “Ciências Tecnológicas, Exatas e da Terra e seu Alto Grau de Aplicabilidade”, em seu segundo volume, reúne trabalhos de pesquisa e experiências em diversos espaços, como a escola, por exemplo, com o intuito de promover um amplo debate acerca das diversas áreas que o compõe.

Por fim, ao levar em consideração todos esses elementos, a importância desta obra, que aborda de forma interdisciplinar pesquisas, relatos de casos e/ou revisões, reflete-se nas evidências que emergem de suas páginas através de diversos temas evidenciando-se não apenas bases teóricas, mas a aplicação prática dessas pesquisas.

Nesse sentido, desejamos uma boa leitura a todos e a todas.

Américo Junior Nunes da Silva

André Ricardo Lucas Vieira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SERIAM AS FORÇAS FUNDAMENTAIS A ORIGEM DA BIOQUIRALIDADE MOLECULAR?	
Alana Carolina Lima dos Santos Celio Rodrigues Muniz Leonardo Tavares de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.7702014071	
CAPÍTULO 2	18
MODELAGEM DAS EQUAÇÕES DO PÊNDULO SIMPLES ATRAVÉS DO SOFTWARE MODELLUS	
Gabriel Freitas Cesarino dos Santos José Hugo de Aguiar Sousa	
DOI 10.22533/at.ed.7702014072	
CAPÍTULO 3	25
ABORDAGEM TERMODINÂMICA DA REAÇÃO DE GASEIFICAÇÃO COM ÁGUA SUPERCRÍTICA DO GLICEROL UTILIZANDO SUPERFÍCIES DE RESPOSTA	
Jules Mitoura dos Santos Junior Annamaria Doria Souza Vidotti Reginaldo Guirardello Antônio Carlos Daltro de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.7702014073	
CAPÍTULO 4	39
PRODUÇÃO E FÍSICO-QUÍMICA DE AGUARDENTE DE MANDIOCA (TIQUIRA) POR VIA ENZIMÁTICA	
Thercia Gabrielle Teixeira Martins Gustavo Oliveira Everton Paulo Victor Serra Rosa Rafael Gustavo de Oliveira Carvalho Júnior Danielly Fonseca Dorileia Pereira do Nascimento Hildelene Amélia de Araújo Dantas Laiane Araújo da Silva Souto Victor Elias Mouchrek Filho	
DOI 10.22533/at.ed.7702014074	
CAPÍTULO 5	46
ESTUDO DA CAPACIDADE ADSORVENTE DO GENGIBRE (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe) NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Ana Carolina da Silva Renata Nazaré Vilas Bôas Marcos Antonio da Silva Costa Marisa Fernandes Mendes	
DOI 10.22533/at.ed.7702014075	

CAPÍTULO 6 58

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIACETILCOLINESTERASE E TOXICIDADE FRENTE À ARTEMIA SALINA DO EXTRATO ETANÓLICO DAS FOLHAS DA *MOMORDICA CHARANTIA L.*

Milena Lira Furtado
Sônia Maria Costa Siqueira
Antônia Fádia Valentim de Amorim
Selene Maia de Moraes
Jane Eire Silva Alencar de Menezes
Nádia Aguiar Portela Pinheiro
Otilia Alves de Alcântara
Luan Rodrigues Olinda Mendonça
Renato Almeida Montes
Artur Moura Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.7702014076

CAPÍTULO 7 64

CORRELAÇÃO PARA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA NORMAL DE EBULIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS GRAXAS

Pedro Mendes Corrêa Daud
Marina Curi Schabbach
Joaquín Ariel Morón-Villarreyes
Filipe Velho Costa

DOI 10.22533/at.ed.7702014077

CAPÍTULO 8 73

TINGIMENTO DE TECIDOS DE ALGGODÃO E VISCOSE COM CORANTE ANÁLOGO DO FENOL

Katiany do Vale Abreu
Stéphany Swellen Vasconcelos Maia
Maria Roniele Felix Oliveira
Ana Luiza Beserra da Silva
Sara Natasha Luna de Lima
Maria Tais Da Silva Sousa
Carlucio Roberto Alves

DOI 10.22533/at.ed.7702014078

CAPÍTULO 9 79

PROPOSTA DE RETOMADA E EXPANSÃO PARA UMA MINA DE CALCÁRIO UTILIZANDO EQUIPAMENTO LASER SCANNER TERRESTRE

Tatiane Fortes Pereira
Luciana Arnt Abichequer
Luis Eduardo de Souza

DOI 10.22533/at.ed.7702014079

CAPÍTULO 10 91

DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE INFLAMABILIDADE DE HIDROCARBONETOS POR MEIO DO CÁLCULO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

Jéssica Ribeiro Galdini
Luciana Yumi Akisawa Silva

DOI 10.22533/at.ed.77020140710

CAPÍTULO 11	100
ANÁLISE DO DESEMPENHO DO CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO UTILIZANDO ALCANOS	
Gabriela Azevedo de Moraes Matheus Ivan Hummel Silva Luciana Yumi Akisawa Silva	
DOI 10.22533/at.ed.77020140711	
CAPÍTULO 12	110
POLIURETANA À BASE DE ÓLEO VEGETAL COM APLICAÇÃO EM REPOSIÇÃO ÓSSEA	
Amanda Furtado Luna Fernando da Silva Reis José Milton Elias de Matos	
DOI 10.22533/at.ed.77020140712	
CAPÍTULO 13	123
PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DA CASCA DE SEMENTES DE PINHÃO da <i>Araucária angustifolia</i>	
Alessandra Stevanato Elizabeth Mello Nebes Murari Elizabeth Mie Hashimoto Cristiana da Silva Délia do Carmo Vieira Janksyn Bertozzi	
DOI 10.22533/at.ed.77020140713	
CAPÍTULO 14	141
NÚCLEO ATÔMICO E A ENERGIA NUCLEAR: O USO DOS RADIOISÓTOPOS NA MEDICINA	
Gilvana Pereira Siqueira José Antônio de Oliveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.77020140714	
CAPÍTULO 15	148
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, TOXICIDADE E POTENCIAL MOLUSCICIDA DOS ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	
Gustavo Oliveira Everton Paulo Victor Serra Rosa Ana Patrícia Matos Pereira Danielly Fonseca Fernanda Manuela Regina do Lago Valle Lauriane dos Santos Souza Hildelene Amélia de Araújo Dantas Laiane Araújo da Silva Souto Victor Elias Mouchrek Filho	
DOI 10.22533/at.ed.77020140715	

CAPÍTULO 16	159
ATIVIDADE LARVICIDA E TOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume frente ao <i>Aedes aegypti</i>	
Ana Beatriz da Silva dos Santos	
Gustavo Oliveira Everton	
Paulo Victor Serra Rosa	
Ana Patrícia Matos Pereira	
Jean Carlos Rodrigues da Cunha	
Fernanda Manuela Regina do Lago Valle	
Laiane Araújo da Silva Souto	
Victor Elias Mouchrek Filho	
DOI 10.22533/at.ed.77020140716	
CAPÍTULO 17	169
CARACTERIZAÇÃO ELÉTRICA DE UM SENSOR DE PH USANDO UM TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO COM GATE ESTENDIDO	
Ernando Silva Ferreira	
William Max dos Santos Silva Silva	
DOI 10.22533/at.ed.77020140717	
CAPÍTULO 18	176
OFICINA PEDAGÓGICA DE ELETROQUÍMICA: COMPREENDENDO CONCEITOS ABSTRATOS ATRAVÉS DA PRÁTICA	
João Pedro de Carvalho Silva	
Gilvana Pereira Siqueira	
Rafael Wendel Rodrigues Santana	
Matheus Barros Garcez	
DOI 10.22533/at.ed.77020140718	
SOBRE OS ORGANIZADORES	183
ÍNDICE REMISSIVO	184

ABORDAGEM TERMODINÂMICA DA REAÇÃO DE GASEIFICAÇÃO COM ÁGUA SUPERCRÍTICA DO GLICEROL UTILIZANDO SUPERFÍCIES DE RESPOSTA

Data de aceite: 01/07/2020

Julles Mitoura dos Santos Junior

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química
Campinas – São Paulo

Annamaria Doria Souza Vidotti

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Engenharia Química
São Luís - Maranhão

Reginaldo Guirardello

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química
Campinas – São Paulo

Antônio Carlos Daltro de Freitas

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Engenharia Química
São Luís - Maranhão

RESUMO: O glicerol formado como subproduto na produção de biodiesel, representa aproximadamente 10% do volume do final de produto. Existem diversas aplicações para este subproduto, no entanto, este não possui o grau de pureza necessário para aplicação direta em tais aplicações. Uma alternativa para o uso direto deste excedente é a gaseificação com água supercrítica (SCWG,

do inglês *Supercritical Water Gasification*). O processo de gaseificação de diversas fontes de biomassa utilizando água supercrítica como meio reacional, tem se mostrado eficiente para a formação de hidrogênio. Para obtenção dos resultados do comportamento da reação, o equilíbrio de fases pode ser analisado analisado a condições de pressão (P) e entalpia (H) constantes utilizando a metodologia de maximização de entropia ($maxS$), simulando reatores adiabáticos. Iremos utilizar um estudo de caso, no qual a reação de SCWG do glicerol foi termodinamicamente avaliada variando as condições de temperatura (586-1260 K), pressão (226-293 bar) e composição de glicerol (0,08-0,48 %wt) na alimentação. Utilizou-se o software GAMS versão 23.9.5 para solucionar o problema de otimização $maxS$ e obter os resultados para o comportamento termodinâmico da reação. A análise estatística foi realizada utilizando o software STATISTICA 10® na forma de um planejamento 2³. Este fornece uma matriz de dados variando os demais parâmetros de entrada que possibilita uma análise completa do fenômeno e apresenta os resultados através de superfícies de resposta. Esta análise tem como objetivo avaliar os índices de formação de hidrogênio ao longo da reação e a temperatura de equilíbrio do sistema. Verificou-se que a formação de

hidrogênio é influenciada majoritariamente pelos efeitos da temperatura e composição de biomassa, alcançando formação máxima (0,25 mols) para altas temperaturas (1123K) e baixas concentrações de biomassa (0,23 %wt). A SCWG para o glicerol apresentou comportamento levemente endotérmico para todas as condições avaliadas. Para ambos os resultados, a pressão apresenta-se como parâmetro sem significância estatística a 95% de confiança dentro das condições avaliadas. Dessa forma, as ferramentas utilizadas demonstraram eficiência e robustez na análise de comportamento reacional desse tipo de sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Glicerol, abordagem termodinâmica, SCWG, maximização de entropia.

THERMODYNAMIC APPROACH TO THE GASIFICATION REACTION WITH SUPERCRITICAL WATER FROM GLYCEROL USING RESPONSE SURFACES

ABSTRACT: The glycerol formed as a by-product in the production of biodiesel, represents approximately 10% of the volume of the final product. There are several applications for this by-product, however, it does not have the necessary degree of purity for direct application in these applications. An alternative for direct use of this surplus is gasification with supercritical water (SCWG). The gasification process of several biomass sources using supercritical water as a reaction medium has been shown to be efficient for the formation of hydrogen. In order to obtain the results of the reaction behavior, the phase equilibrium can be analyzed under constant pressure (P) and enthalpy (H) conditions using the entropy maximization (maxS) methodology, simulating adiabatic reactors. We will use a case study, in which the glycerol SCWG reaction was thermodynamically evaluated by varying the conditions of temperature (586-1260 K), pressure (226-293 bar) and glycerol composition (0.08-0.48% wt) in the feed. GAMS software version 23.9.5 was used to solve the maxS optimization problem and to obtain the results for the thermodynamic behavior of the reaction. The statistical analysis was performed using the software STATISTICA 10® in the form of a planning 23. It provides a data matrix varying the other input parameters that allows a complete analysis of the phenomenon and presents the results through response surfaces. This analysis aims to evaluate the rates of hydrogen formation during the reaction and the equilibrium temperature of the system. It was found that the formation of hydrogen is majoritarily influenced by the effects of temperature and biomass composition, reaching maximum formation (0.25 moles) for high temperatures (1123K) and low concentrations of biomass (0.23% wt). The SCWG for glycerol showed a slightly endothermic behavior for all conditions evaluated. For both results, the pressure is presented as a parameter without statistical significance at 95% confidence under the conditions evaluated. Thus, the tools used demonstrated efficiency and robustness in the analysis of the reaction behavior of this type of system.

KEYWORDS: Glycerol, thermodynamic approach, SCWG, entropy maximization.

NOMENCLATURAS

B – Segundo coeficiente do virial.

B_{ij} – Segundo coeficiente do virial cruzado.

ϕ_i – Coeficiente de atividade do componente i .

R – Constante universal dos gases.

H_i^k – Entalpia do componente i na fase k .

H_i^0 – Entalpia do componente i no estado padrão.

S_i^k – Entropia do componente i na fase k

S_i^0 – Entropia do componente i no estado padrão.

n_i^k – Número de mols do componente i na fase k .

n_i^0 – Número de mols no estado padrão.

a_{m_i} – Número de átomos do elemento i no componente m .

NC – Número de componentes presentes no sistema.

NF – Número de fases para as condições da temperatura e pressão determinadas.

NE – Número de elementos que possuem o átomo em questão em sua composição.

μ_i^k – Potencial químico do componente i na fase k .

1 | INTRODUÇÃO

O esgotamento da matéria-prima de origem fóssil aliada às preocupações com o meio ambiente tem desencadeado esforços consideráveis no desenvolvimento de novas tecnologias para obtenção de energia a partir de recursos renováveis de biomassa. O uso das energias convencionais, tais como carvão, petróleo, gás natural e hidroeletricidade, tem causado grandes impactos negativos ao meio ambiente. O processo de queima de combustíveis fósseis lança à atmosfera gases poluentes que agravem o efeito estufa (CO_2 , N_2O , CH_4 , CFC_s e outros). O uso das energias convencionais tem causado preocupação porque são fontes não renováveis e seu esgotamento juntamente da procura por fontes de menor impacto ambiental, tem impulsionado a procura por fontes de alto potencial energético e que causem pouco impacto ao meio ambiente. Este agravante, juntamente do fato de se tratar de fontes não renováveis, tem impulsionado a procura por fontes de alto potencial energético e que causem pouco impacto ao meio ambiente. Dentro desse âmbito, tem-se o biodiesel. Este é caracterizado como um substituinte do diesel de petróleo que pode ser produzido a partir de fontes vegetais e gorduras animais (Ramos *et al.*, 2003). O biodiesel é quimicamente definido como um éster monoalquílico de ácidos graxos derivados de lipídeos de ocorrência natural e pode ser produzido através da reação de triglicerídeos com etanol ou metanol, na presença de um catalisador ácido ou básico, juntamente com a glicerina (Schuchardt *et al.*, 1998). A queima do biodiesel gera baixos índices de poluição, não agravando de forma significativa o efeito estufa.

O glicerol é o subproduto gerado em maior quantidade na produção de biodiesel, compondo aproximadamente 10% do volume formado de biodiesel (Dasari *et al.*, 2005). A produção de biodiesel tem apresentado um aumento expressivo, conseqüentemente, a produção de glicerol vem alcançando altos índices. O glicerol formado possui abundantes aplicações, porém este subproduto não atende às especificações de pureza para tais aplicações. A quantidade gerada de glicerol excede a demanda, de forma que este vem saturando o mercado (Santos, 2009). Uma alternativa para o uso do excedente é a reação de gaseificação com água supercrítica (SCWG) dessa matéria prima, tendo em vista que este processo apresenta elevados índices de formação de hidrogênio com elevado grau de pureza ao longo da reação utilizando o glicerol no seu estado bruto (Freitas e Guirardello, 2014).

A literatura apresenta poucos modelos desenvolvidos para a gaseificação de biomassa utilizando água supercrítica. A gaseificação da glicose em água supercrítica pode ser utilizada como um bom modelo para representar a gaseificação de materiais celulósicos mais complexos (Freitas, 2015). As Equações 1 e 2 apresentam as principais reações que ocorrem durante o processo de gaseificação da glicose (modelo representativo para muitos tipos de biomassa).



A utilização de água supercrítica no meio reacional apresenta enorme vantagem por operar com a matéria com seu teor natural de umidade (Ahmed *et al.*, 2012), pois a elevada concentração de água favorece a formação de hidrogênio e dióxido de carbono. Isso fica claro ao analisar a Equação. Dentro desse contexto, iremos apresentar a metodologia de maximização da entropia, aplicada em um estudo de caso para a reação de SCWG do glicerol. Os resultados obtidos serão avaliados estatisticamente com o intuito de determinar o comportamento da reação para a formação de H₂, além da caracterização térmica do processo.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Equilíbrio termodinâmico

O equilíbrio é buscado por sistemas que estão submetidos a gradientes de temperatura, pressão ou composição, que são forças motrizes para os processos de transferência de calor, quantidade de movimento e massa. Qualquer tendência de mudança é causada por alguma força motriz, dessa forma, o estado de equilíbrio indica que todas as forças se encontram perfeitamente equilibradas (Pereira, 2001; Smith *et al.*, 2007).

Para que exista equilíbrio mecânico e térmico, a pressão e temperatura do sistema deve ser uniforme em todas as fases. O potencial químico também deve ter um valor uniforme em todas as fases que compõem o sistema. Portanto, A condição de equilíbrio é atingida quando as expressões apresentadas na Equação 3 são satisfeitas.

$$\begin{aligned} \text{Equilíbrio Térmico: } T^I &= T^{II} = \dots = T^\pi \\ \text{Equilíbrio Mecânico: } P^I &= P^{II} = \dots = P^\pi \\ \text{Equilíbrio Químico: } \mu_i^I &= \mu_i^{II} = \dots = \mu_i^\pi \end{aligned} \quad (3)$$

Onde os sobrescritos representam as fases e os subscritos representam os componentes.

Sob condições de pressão (P) e entalpia (H) constantes, o equilíbrio pode ser determinado pelo máximo da entropia (Castier, 2009).

2.2 Formulação do equilíbrio como um problema de maximização de entropia

A formulação do equilíbrio como um problema de maximização de entropia é interessante para determinação da temperatura de equilíbrio do sistema principalmente em reações exotérmicas (Freitas e Guirardello, 2012).

Segundo Freitas (2015), para um problema de maximização de entropia as variáveis são o número de mols das fases solidas, líquida e gasosa, a temperatura do sistema, a entropia do sistema e todas as quantidades que dependem destes. Um problema de maximização de entropia pode ser escrito da seguinte forma:

$$\max S = \sum_{i=1}^{NC} n_i^g S_i^g + \sum_{i=1}^{NC} n_i^l S_i^l + \sum_{i=1}^{NC} n_i^s S_i^s \quad (4)$$

Onde n_i^k representa o número de mols do componente i na fase k , onde os subíndices g , l e s referem-se aos estados gasoso, líquido e sólido da matéria.

O sistema em condição de máximo de entropia, deve respeitar determinadas restrições, sendo estas:

1. Não negatividade do número de mols:

$$n_i^k \geq 0, i = 1, \dots, NC, k = 1, \dots, NF \quad (5)$$

2. Conservação do número de mols (para sistemas não reativos):

Em sistemas que se encontram em equilíbrio de fases na ausência de reações, o número de mols do componente i inicial deve estar distribuído entre as fases formadas.

$$\sum_{i=1}^{NF} n_i^k = n_i^o, i = 1, \dots, NC \quad (6)$$

3. Conservação de átomos:

O balanço atômico para sistemas que se encontram em equilíbrio químico e de fases por ser escrito como:

$$\sum_{i=1}^{NC} a_{m_i} \left(\sum_{i=1}^{NF} n_i^k \right) = \sum_{i=1}^{NC} a_{m_i} \cdot n_i^0, m = 1, \dots, NE \quad (7)$$

4. Manutenção da entalpia:

Além das restrições apresentadas acima, deve ser respeitado o critério de manutenção da entalpia, apresentado na Equação 8.

$$\sum_{i=1}^{NC} (n_i^g H_i^g + n_i^l H_i^l + n_i^s H_i^s) = \sum_{i=1}^{NC} n_i^0 H_i^0 = H^0 \quad (8)$$

Para determinar a entropia de cada componente na mistura e o balanço de entalpia, pode-se utilizar as seguintes relações termodinâmicas:

$$\bar{S}_i^k = - \left(\frac{\partial \mu_i^k}{\partial T} \right)_{P, n_i^k} \quad (9)$$

$$\frac{\bar{H}_i^k}{RT^2} = - \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{\mu_i^k}{T} \right)_{P, n_i^k}, i = 1, \dots, NC \quad (10)$$

O coeficiente de fugacidade (ϕ_i), pode ser calculado através de diferentes equações de estado, nesse estudo de caso iremos utilizar a equação do virial truncada no segundo termo (Xiang, 2005). O cálculo do segundo coeficiente do virial será feito a partir da correlação de Pitzer e Curl, modificada por Meng *et al.* (2004) conforme a Equação 11.

$$\ln \phi_i = \left[B_{ii} + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j y_k y_j (2\delta_{ki} - \delta_{kj}) \right] \frac{P}{RT} \quad (11)$$

A utilização da equação do virial apresenta como vantagem o fato de que a estimação do segundo coeficiente do virial é possível, quando não há disponibilidade de dados experimentais (Smith *et al.*, 2007). Além disso, a aplicação da equação do virial apresenta baixa complexidade matemática quando comparada às equações cúbicas de estado, de forma, que a busca pelo mínimo global requerido no processo de otimização possa ser alcançada com menores esforços computacionais. Essa metodologia foi utilizada por nosso grupo de pesquisa para verificação de sistemas de maior complexidade, como por Freitas (2015), apresentado bons resultados, dessa forma, esta proposta se mostra adequada para a verificação da reação de gaseificação em água supercrítica, aliando complexidade e robustez para a solução dos problemas de otimização propostos.

Os modelos termodinâmicos abordados neste projeto foram resolvidos no software GAMS 23.9.5, com auxílio do *solver* CONOPT3, este utiliza o método de busca GRG (Gradiente Reduzido Generalizado) para busca por soluções de problemas não-lineares. A utilização do algoritmo GRG, por meio do *solver* CONOPT 3 junto ao *software* GAMS para a solução de problemas semelhantes ao apresentado neste projeto é bem consolidada pelo nosso grupo de pesquisa, apresentando ótimos resultados.

A Tabela 1 apresenta as propriedades termodinâmicas dos componentes químicos envolvidos e considerado como possíveis de se formar na reação de SCWG do glicerol, ao longo das simulações realizadas no software GAMS.

Componente	$V_c \left(\frac{m^3}{k\ mol} \right)$	$P_c (bar)$	$T_c (K)$	ω
Água	0,056	220,6	647,3	0,344
Glicerol	0,264	75,0	850,0	0,513
Dióxido de Carbono	0,094	73,7	304,1	0,225
Oxigênio	0,073	50,4	154,6	0,022
Hidrogênio	0,064	13,0	33,0	0,000
Nitrogênio	0,089	34,0	126,2	0,038
Ácido Fórmico	0,125	58,1	588,0	0,316
Ácido Acético	0,171	57,9	594,5	0,445
Metano	0,099	45,8	191,1	0,011
Metanol	0,118	81,0	512,6	0,565
Etano	0,146	48,7	305,3	0,099
Etanol	0,167	61,5	513,9	0,649
Propano	0,200	42,5	369,8	0,152
Butano	0,255	38,0	425,1	0,200
Monóxido de Carbono	0,058	64,8	180,0	0,582
Dióxido de Carbono	0,082	101,3	431,2	0,851
Amônio	0,072	113,5	405,4	0,257

Tabela 1 – Propriedades termodinâmicas dos componentes químicos utilizados nas simulações.

Fonte: Poling et al. (2001).

2.3 Avaliação estatística

O planejamento experimental ou delineamento experimental, constitui um conjunto de ensaios estabelecidos seguindo critérios científicos e estatísticos com o objetivo de avaliar a influência de determinadas variáveis nos resultados de sistema (Button, 2005). A utilização das técnicas estatísticas de planejamento experimental possibilita inúmeras vantagens em comparação a metodologia de testes livres, tais como a redução de número de experimentos não prejudicando a validade dos resultados, a redução de variáveis de

processo e análise simultânea de diversas variáveis.

O tratamento estatístico dos resultados apresentados neste trabalho foi feito com auxílio do software TIBCO® STATISTICA™, utilizou-se a metodologia de superfície de resposta aplicada aos resultados das simulações feitas no GAMS para a SCWG do glicerol na forma de um planejamento 2^3 (3 fatores independentes com repetição no ponto central). A reação foi caracterizada para a formação de hidrogênio avaliando temperaturas entre 586 e 1259 K, pressões na faixa de 226 a 293 bar e alimentação de glicerol variando entre 0,08 a 0,52% em fração mássica na alimentação (faixas determinadas pelo planejamento realizado no software STATISTICA).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da Tabela 2 foram obtidos através de simulações feitas no software GAMS utilizando a metodologia de maximização de entropia, para as condições reacionais estabelecidas na matriz de planejamento fornecida pelo software STATISTICA. A Tabela 2 apresenta, ainda, a formação de hidrogênio ao longo da reação e a temperatura de equilíbrio do sistema para determinadas condições de temperaturas, pressões e composições iniciais de biomassa.

Os resultados apresentados na Tabela 2 apontam que o aumento da concentração de biomassa na alimentação diminui os rendimentos na formação de hidrogênio, o que é previsto pelo modelo de Lu et al.(2006), onde estes afirmam que no processo de gaseificação de biomassa com água supercrítica, a formação de gases é uma função inversa da concentração de biomassa na corrente de alimentação. Analisando o efeito da temperatura, é visível que a formação de hidrogênio é favorecida com o aumento da mesma, o que também é previsto pelo modelo de Lu et al.(2006). O rendimento da formação de hidrogênio aumenta com o aumento de temperatura, principalmente acima de 873 K, resultados similares foram reportados por (Withag *et al.*, 2012).

Percebe-se que os parâmetros de influência majoritária para a formação de hidrogênio são a temperatura e composição de biomassa, essa afirmação é válida para todas as condições de pressão dos resultados da Tabela 2, onde foi possível observar a baixa influência desse parâmetro sobre a reação dentro das condições estudadas. A maior composição de hidrogênio (0,236 mols). foi encontrada a uma temperatura de 1123 K e com uma composição de glicerol de 0,38% em massa glicerol na alimentação.

Temperatura (K)	Pressão (bar)	Glicerol (%wt)	H ₂ (mols)	T _{eq} (K)
723	240	0,24	3,52E-03	497,16
723	240	0,48	2,60E-04	393,96
723	280	0,24	3,26E-03	497,19
723	280	0,48	2,60E-04	395,75
1123	240	0,24	2,41E-01	919,07
1123	240	0,48	3,59E-02	643,3
1123	280	0,24	2,24E-01	919,89
1123	280	0,48	3,33E-02	643,48
586,64	260	0,38	1,60E-04	382,03
1259,36	260	0,38	2,36E-01	908,98
923	226,36	0,38	9,68E-03	548,7
923	293,64	0,38	8,51E-03	548,81
923	260	0,09	1,49E-01	844,03
923	260	0,53	4,90E-04	415,01
923	260	0,38	9,04E-03	548,76
923	260	0,38	9,04E-03	548,76

Tabela 2 – Delineamento experimental e resultados das simulações para a formação de hidrogênio e a temperatura de equilíbrio do sistema.

Verificando ainda os resultados apresentados na Tabela 2, nota-se que a temperatura de equilíbrio do sistema apresenta comportamento diretamente proporcional à temperatura inicial e inversamente proporcional a concentração de biomassa na alimentação, dessa forma, maiores índices de formação de hidrogênio são observados para as condições que resultam em maiores temperaturas de equilíbrio, ou seja, para regiões de operação menos endotérmica. Esse fato decorre da diminuição da concentração de biomassa na alimentação, o que indica aumento da quantidade de água no início do processo.

Ainda verificando a Tabela 2, é possível concluir que menores índices de formação de hidrogênio são observados com o aumento da pressão do sistema, no entanto, essa diferença apresenta valor insignificante, a um nível de 95% de confiança. A Figura 1 apresenta as curvas de nível para a formação de hidrogênio para valores fixados de pressão (240 (a), 260 (b) e 280 (c) bar) variando os demais parâmetros.

Analisando as Figuras 1 (a, b e c), verifica-se que a formação de hidrogênio apresenta comportamento semelhante para ambas as condições de pressão analisadas. As curvas de nível para todas as condições de pressão analisadas, apresentam comportamento semelhante, dessa forma, fica mais claro que a pressão é um parâmetro de pouco efeito com respeito à formação de hidrogênio ao longo da reação de SCWG do glicerol, este comportamento está de acordo com a análise feito por Withag et al. (2012). Tendo em vista que a variação de pressão não apresenta influencia significativa para a formação de hidrogênio, para a apresentação da formação de hidrogênio ao longo da reação na forma de superfície de reposta, a pressão será fixada no valor intermediário (260 bar) e os demais parâmetros serão verificados.

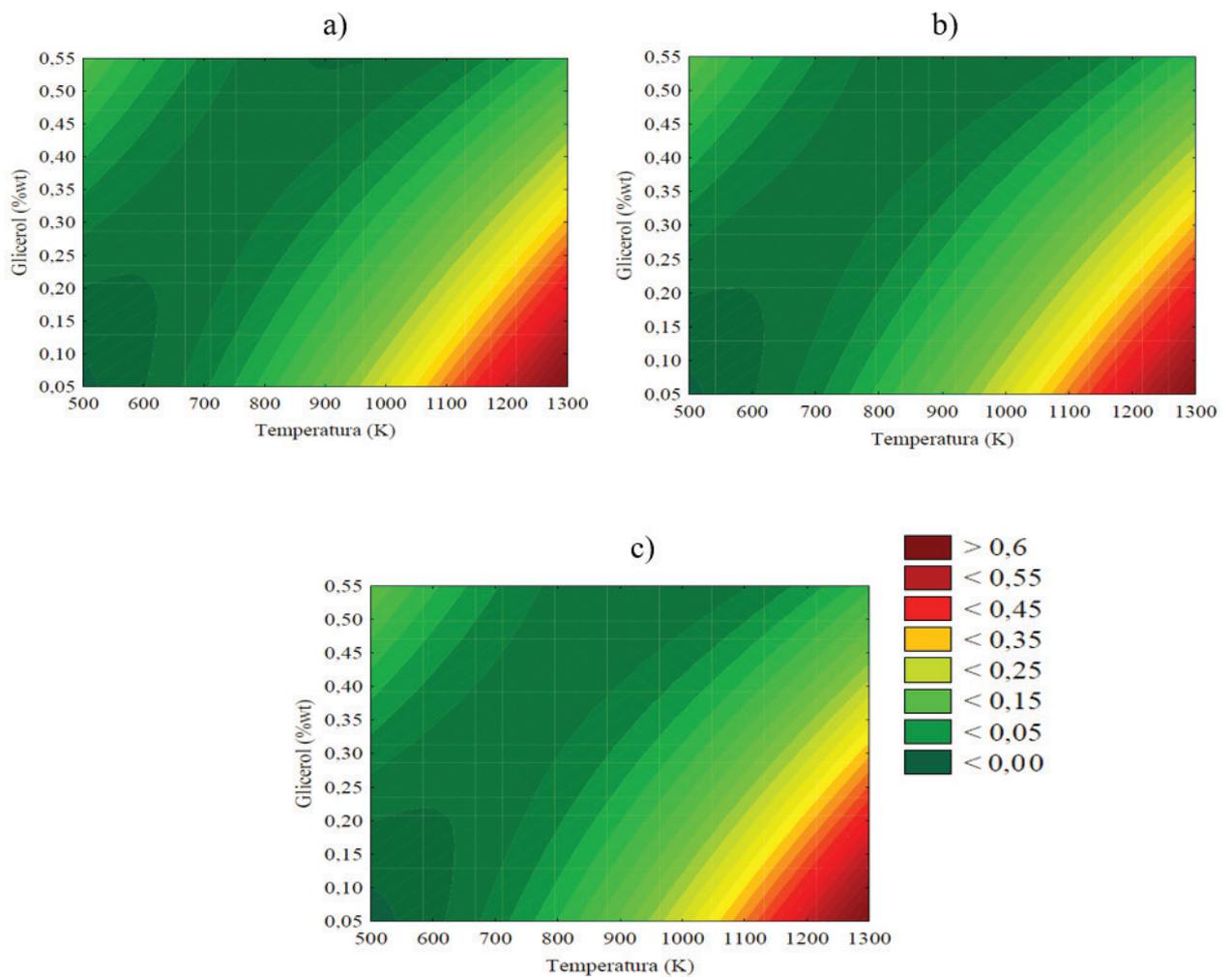


Figura 1 – Curvas de nível para a formação de hidrogênio em função da temperatura e composição de glicerol na alimentação para valores de pressão fixados (a: 240 bar; b: 260 bar; c: 280 bar).

A Figura 2 apresenta a superfície de resposta para a formação de hidrogênio ao longo da SCWG do glicerol em função da temperatura e composição de biomassa para a pressão fixada em 260 bar.

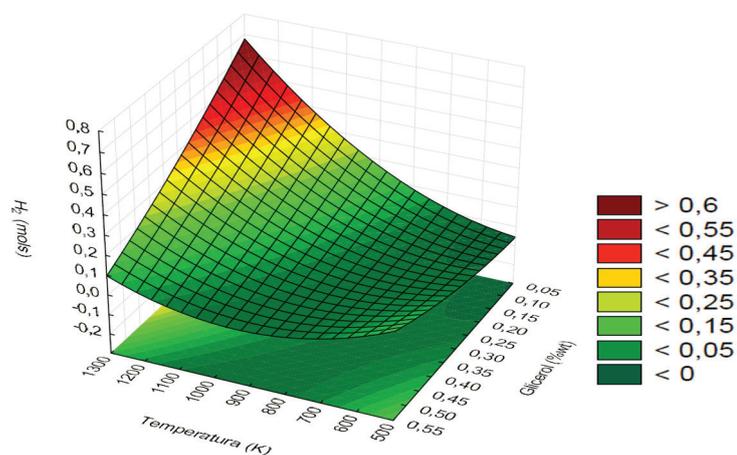


Figura 2 – Superfície de resposta para a formação de hidrogênio ao longo da SCWG do glicerol.

A Figura 3 apresenta a temperatura de equilíbrio do sistema como função da concentração de biomassa fixando valores da temperatura inicial (723 (a), 923 (b) e 1123 (c) K), a pressão foi fixada em 260 bar para todos os testes.

Os resultados apresentados na Figura 3 indicam que a reação de SCWG do glicerol apresenta comportamento levemente endotérmico para todas as condições analisadas. Maiores diferenças entre as temperaturas iniciais e de equilíbrio ao longo da reação, são encontradas à medida que se eleva a composição de biomassa na alimentação. Para as condições as quais o sistema foi condicionado, este apresenta comportamento endotérmico, tendo em vista que a temperatura de equilíbrio é sempre menor que a temperatura inicial, esse comportamento se mostrou mais acentuado para maiores concentrações de biomassa na alimentação, um indicativo de que as reações de consumo e decomposição da biomassa através da SCWG são majoritariamente endotérmicas. A temperatura de equilíbrio diminui em 20,5% variando a concentração inicial de biomassa do menor para o maior valor em análise (0,235 a 0,435 %wt de glicerol). O aumento da temperatura inicial para a SCWG do glicerol, implica na elevação da temperatura de equilíbrio, um resultado semelhante ao apresentado por Freitas e Guirardello (2012) para a gaseificação da glicose e celulose. A pressão não apresentou influência estatística, a 95% de confiança, significativa dentro das condições testadas sobre o comportamento térmico da reação de SCWG do glicerol.

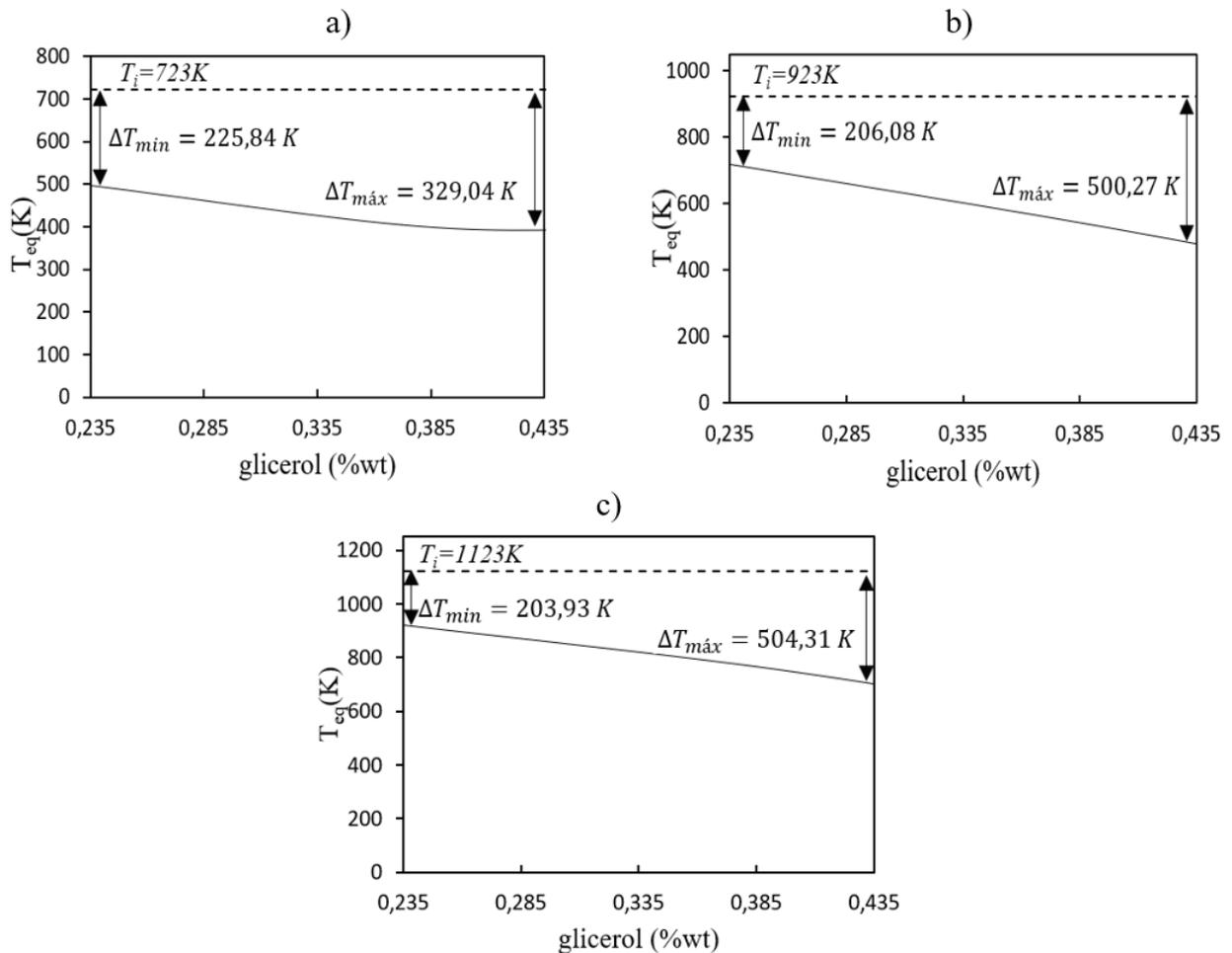


Figura 3 – Temperatura de equilíbrio do sistema apresentada em função da composição de biomassa na alimentação para valores de temperatura inicial fixados (a: 723 K; b: 923 K; c: 1123 K).

4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que maiores índices de formação de hidrogênio são formados ao longo da reação de SCWG do glicerol, quando o sistema está condicionado a altas temperaturas e baixas concentrações de biomassa na alimentação, apresentando valor máximo de formação de hidrogênio operando a 1123 K e 0,235% de glicerol na alimentação.

A reação apresenta comportamento levemente endotérmico para todas as condições analisadas neste trabalho. Os resultados para a temperatura de equilíbrio, indicam que o aumento da concentração de biomassa na alimentação implica em menores temperaturas de equilíbrio, dessa forma, é possível concluir que o efeito da variação da temperatura ao longo da reação, está mais relacionado com a quantidade de água utilizada na alimentação do que com a própria degradação da biomassa. A pressão não apresentou efeitos estatisticamente significativos dentro das condições nas quais foi testada ao longo desse trabalho.

É possível inferir que as condições que favorecem a formação de hidrogênio ao longo da reação de SCWG do glicerol, favorecem também a diminuição do efeito endotérmico

ao longo da reação.

Os resultados para a comportamento da *SCWG* supercrítica do glicerol utilizando a metodologia de *maxS* descritos neste trabalho, apresentam concordância com modelos cinéticos presentes na literatura para a gaseificação de materiais celulósicos em água supercrítica. Além de que resultados anteriores obtidos pelo nosso grupo de pesquisa utilizando a metodologia de *maxS* para diversas fontes de biomassa tem apresentado bons resultados quando comparados a literatura apresenta até o momento. Estas afirmações indicam a validade da metodologia de *maxS* para a verificação termodinâmica de sistemas reacionais complexos como a *SCWG* do glicerol.

REFERÊNCIAS

AHMED, T. Y. et al. Mathematical and computational approaches for design of biomass gasification for hydrogen production: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 4, p. 2304-2315, 2012/05/01/ 2012. ISSN 1364-0321. Available at: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112000366> >.

CASTIER, M. Solution of the isochoric–isoenergetic flash problem by direct entropy maximization. **Fluid Phase Equilibria**, v. 276, n. 1, p. 7-17, 2009. ISSN 0378-3812.

DASARI, M. A. et al. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. **Applied Catalysis A: General**, v. 281, n. 1-2, p. 225-231, 2005. ISSN 0926-860X.

DE FREITAS, A. D.; GUIRARDELLO, R. Hydrogen production from supercritical water gasification of different biomass materials: thermodynamic behavior. **Chemical Engineering Transactions**, v. 37, p. 223-228, 2014. ISSN 2283-9216.

FREITAS, A. C.; GUIRARDELLO, R. Supercritical water gasification of glucose and cellulose for hydrogen and syngas production. **Chem Eng Trans**, v. 27, n. 1, p. 361-366, 2012.

FREITAS, A. C. D. Análise termodinâmica de processos de reforma do metano e da síntese Fischer-Tropsch. 2012.

FREITAS, A. C. D. **ANÁLISE TERMODINÂMICA DA TRANSFORMAÇÃO DE BIOMASSA EM COMBUSTÍVEIS UTILIZANDO TÉCNICAS DE OTIMIZAÇÃO GLOBAL**. 2015. 345 (Doutorado). Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP

FREITAS, A. C. D. D. Análise termodinâmica da transformação de biomassa em combustíveis utilizando técnicas de otimização global. 2015.

LU, Y. J. et al. Hydrogen production by biomass gasification in supercritical water: A parametric study. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 31, n. 7, p. 822-831, 2006/06/01/ 2006. ISSN 0360-3199. Available at: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319905002855> >.

MENG, L.; DUAN, Y.-Y.; LI, L. Correlations for second and third virial coefficients of pure fluids. **Fluid phase equilibria**, v. 226, p. 109-120, 2004. ISSN 0378-3812.

PEREIRA, M. A. P. Equilíbrio líquido-líquido em sistemas aquosos eletrolíticos com alcoóis secundário e terciário. 2001.

POLING, B. E.; PRAUSNITZ, J. M.; O'CONNELL, J. P. **The properties of gases and liquids**. Mcgraw-hill New York, 2001.

RAMOS, L. P. et al. Biodiesel. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento-Edição nº**, v. 31, p. 29, 2003.

SANTOS, A. F. D. Novas Perspectivas da Glicerina Síntese de Novos Nitratos com Propriedades Farmacológicas e Melhoradores de Cetano. 2009.

SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS, R. M. Transesterification of vegetable oils: a review. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 9, n. 3, p. 199-210, 1998. ISSN 0103-5053.

SMITH, J.; VAN NESS, H.; ABBOTT, M. Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química, 7ª edição. **LTC, Rio de Janeiro**, v. 200, 2007.

WITHAG, J. A. M. et al. System model for gasification of biomass model compounds in supercritical water – A thermodynamic analysis. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 61, p. 157-166, 2012/01/01/ 2012. ISSN 0896-8446. Available at: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844611004359> >.

XIANG, H. W. **The corresponding-states principle and its practice: thermodynamic, transport and surface properties of fluids**. Elsevier, 2005. ISBN 0080459048.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem Termodinâmica 25, 26

Ácidos Graxos 27, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 111, 112, 115, 116, 117

Adsorção 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 139

Aguardente 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Alaranjado de Metila 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Antiacetilcolinesterase 58, 59, 61, 62, 63

Artemia Salina 58, 59, 60, 62, 63, 149, 151, 155, 156, 160, 163, 164, 165

Azo-Composto 73, 74, 75

B

Bioquiralidade 1, 2, 4, 8, 9, 11, 12, 13, 14

C

Canela 159, 160, 165, 167

Carvão Ativado 48, 49, 56, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 137, 138, 139

Casca da Semente de Pinhão 124, 129, 131, 137

Ciclo de Refrigeração Por Absorção 100, 101, 102, 103, 104, 107, 108

Citrus Sinensis 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158

Coefficiente de Desempenho 100, 101, 103

Combustão 91, 92, 93, 94, 96, 97

Corante 46, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 73, 74, 137

D

Delineamento Fatorial 124, 130

E

Egfet 169, 170, 171, 172, 174, 175

Eletroquímica 14, 176, 177, 178, 179, 180, 182

Energia 1, 2, 4, 8, 11, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 27, 50, 51, 54, 70, 91, 93, 94, 101, 103, 107, 127, 141, 143, 144, 145, 146, 177, 178, 180

Energia Nuclear 141, 143, 145, 146

Equilíbrio Químico 30, 91, 93, 98

F

Fécula 40, 41

Fermentação 3, 39, 40, 42, 43, 44, 45

G

Gengibre 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Glicerol 25, 26, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 111, 112, 113, 116

I

Interações Fundamentais 2, 6, 11

L

Larvicida 155, 157, 159, 160, 162, 163, 165, 166, 167, 168

Laser Scanner Terrestre 79, 80

Limites de Inflamabilidade 91, 92, 93, 97, 98

M

Maximização de Entropia 25, 26, 29, 32

Medicina Nuclear 141, 143, 145, 146, 147

Modellus 18, 19, 20, 21, 22

Modelo Geológico 79, 81, 85

Momordica Charantia 58, 59, 63

N

N-Butano 100, 101, 102, 104, 105, 106, 108

N-Octano 100, 101, 102, 104, 105, 106, 108, 109

Núcleo Atômico 141, 143, 145, 146

O

Oficina Pedagógica 176, 177

Óleo Essencial 46, 48, 57, 148, 149, 150, 157, 158, 159, 160, 162, 167

Óleo Vegetal 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119

P

Pêndulo Simples 18, 19, 20, 21

Ph 169

Planejamento Mineiro 79, 84

Poliuretana 110, 117, 118

R

Radioisótopos 141, 142, 143, 144, 145, 146

Reposição Óssea 110, 117

S

Sacarificação 40, 42, 44

Sensor De 169, 170

T

Temperatura 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 41, 42, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 117, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 151, 153, 156

Temperatura Adiabática da Chama 91, 93, 94, 95, 97, 98

Temperatura Normal de Ebulição 64, 65, 67, 68, 69, 70

Termodinâmica Química 64

Toxicidade 58, 59, 60, 61, 62, 75, 100, 102, 111, 148, 149, 150, 151, 152, 155, 156, 157, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2020

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2020