



Atena  
Editora  
Ano 2021

# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente 2

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente 2

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
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. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
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. 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
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> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
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  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente 2

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Q6 Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-979-0

DOI 10.22533/at.ed.790210804

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

O E-book: “Química: Debate entre a Vida Moderna e o Meio Ambiente 2” em seu volume II é composto por dezoito trabalhos científicos em forma de capítulos que buscam apresentar e promover a discussão em relação à compressão do mundo físico pelo conhecimento científico e o despertar para a construção de uma relação mais harmoniosa do homem e do ambiente no qual é parte integrante que interage com o mesmo. Neste sentido, existe uma grande necessidade do despertar para uma consciência coletiva que possa proporcionar tanto o aumento da qualidade e expectativa de vida da atual geração quanto garantir condições para que as gerações vindouras possam dar continuidade à manutenção da própria espécie humana.

A atual sociedade vem construindo e aplicando ações tão destrutivas ao ambiente, ao ponto de se tornarem irreversíveis. Diante disso, o conhecimento científico adquire uma importância vital tanto do ponto de vista de sua aquisição quanto da materialização destes que sejam capazes de reconstruir um indivíduo apto a refletir e elaborar ações e comportamentos que manifestam seu grau de conhecimento científico. Neste sentido, as ciências da natureza são capazes de estabelecer as bases e ser uma “ponte” de conexão podendo ser desenvolvida em espaços formais e não formais, com destaque para a escola de educação básica. Entretanto, a falta ou deficiência de políticas públicas que promovam investimentos maciços tanto em infraestrutura adequada quanto em qualificação e valorização de recursos humanos, faz com que a comunidade escolar não obtenha o êxito satisfatório fazendo com que sejam protagonistas por si mesmas, o que tem levado ao constante aumento de alternativas que promovam e fortaleçam o processo de alfabetização científica por meio de instrumentos lúdicos que facilitem o processo de ensino-aprendizagem das ciências da natureza.

As consequências da não formação de indivíduos alfabetizados cientificamente deixam “sequelas” severas em todos os seguimentos da sociedade. *A priori* ao próprio indivíduo que não compreendendo suas atitudes e ações lhe causa danos a si e a outrem e a *posteriori* que se “enraíza” em toda a sociedade, visto que a predominância de uma incapacidade coletiva de refletir, distinguir e inferir em ações do seu cotidiano, que se materializam em comportamentos e atitudes que os deixam a mercê de uma condição em que acreditam não serem capazes de mudar e os tornam incapazes de acompanhar o desenvolvimento e progresso possibilitado pelo avanço do conhecimento científico.

Neste sentido e com a intenção de colaborar para a disseminação do conhecimento científico, universalizando e democratizando o acesso gratuito ao conhecimento em suas diferentes formas de investigação, a Atena Editora trabalha em prol da disseminação do conhecimento de forma gratuita tanto pelo seu site quanto por diferentes plataformas que facilitam o acesso do leitor estando em qualquer ambiente e espaço contribuindo para divulgação e aquisição do conhecimento em diferentes áreas da ciência.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DA TABELA PERIÓDICA A PARTIR DA MONTAGEM DE CUBOS CONTENDO AS PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DOS ELEMENTOS QUÍMICOS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Rodrigo Aparecido de Souza Ribeiro

Valéria Ferreira de Aguiar

**DOI 10.22533/at.ed.7902108041**

### **CAPÍTULO 2..... 8**

AULAS DE CIÊNCIAS E USO DE KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO NONO ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Davi Souza Ferreira

Vera Lúcia Neves Dias Nunes

Everaldo Nicomedio Santos Sousa

Raquel Maria Trindade Fernandes

Jackson Ronie Sá-Silva

**DOI 10.22533/at.ed.7902108042**

### **CAPÍTULO 3..... 16**

MELHORIA DA APRENDIZAGEM DE QUÍMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: AULAS EXPERIMENTAIS ATRAVÉS DE KITS DIDÁTICOS PARA ESTUDANTES DO 9º ANO

Everaldo Nicomedio Santos Sousa

Vera Lúcia Neves Dias Nunes

Davi Souza Ferreira

Antônio Francisco Fernandes de Vasconcelos

Jackson Ronie Sá-Silva

**DOI 10.22533/at.ed.7902108043**

### **CAPÍTULO 4..... 24**

A LUDICIDADE DENTRO DO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

Yasmim Lorena Nunes Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.7902108044**

### **CAPÍTULO 5..... 29**

USO DO SOTWARE *CHEMSKETCH* PARA A CONSTRUÇÃO DE MODELOS MOLECULARES E SUAS POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO NO ENSINO SOB A PERSPECTIVA CTS/CTSA

Denise Vieira Miranda

Mariana Amorim Costa

Rayane Julio da Silva Scarpati

Vitor de Araújo Freitas

Vilma Reis Terra

**DOI 10.22533/at.ed.7902108045**

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>38</b>
EDUCAÇÃO AMBIENTAL: APRENDENDO A ANALISAR PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AMOSTRAS DE ÁGUA	
Carlos Torquato de Lima Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7902108046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>49</b>
RELATO DE EXPERIÊNCIA DE UMA ABORDAGEM POR PROJETO: A QUÍMICA DO COMBATE À DENGUE – UMA ALTERNATIVA AO ALCANCE DE TODOS	
Lahis Tavares Crespo Barbosa	
Isis Leal Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7902108047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>60</b>
QUÍMICA E O UNIVERSO A NOSSA VOLTA	
Ricardo Francischetti Jacob	
Sérgio Delbianco Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7902108048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>70</b>
CORES DE FRIDA	
Aline de Sousa	
Laurinéia Rodrigues Nicácio Freitas	
Lílian de Sousa Sena	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7902108049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>80</b>
REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO COM DELINEAÇÃO SIGNIFICATIVA DOS CONCEITOS DE QUÍMICA	
Vagner Cunha Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79021080410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>88</b>
DETERMINAÇÃO DO TEOR DE GORDURA TOTAL NO SALGADO FRITO COMERCIALIZADO NA CANTINA DO IFES/LINHARES	
Rafael Torres Teixeira	
Marina Cominote	
Renato César de Souza Oliveira	
Alícia Sanders de Abreu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79021080411</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>98</b>
VERIFICAÇÃO DAS ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS QUE O ÓLEO DE SOJA PODE SOFRER COM A TEMPERATURA ELEVADA E A REUTILIZAÇÃO	
Alícia Sanders de Abreu	
Renato César de Souza Oliveira	
Marina Cominote	

Rafael Torres Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.79021080412

**CAPÍTULO 13..... 109**

EFEITO DA COBERTURA COMESTÍVEL À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA E ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum B.*) NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE GOIABAS (*Psidium guajava L.*)

Giovanna Macedo Garcia

Mary Leiva de Faria

Elaine Soares Amorim

DOI 10.22533/at.ed.79021080413

**CAPÍTULO 14..... 123**

MODELAGEM MOLECULAR POR HOMOLOGIA DA ENZIMA DIIDROOROTATO DESIDROGENASE DA LEISHMANIA MAJOR E APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE DOCAGEM E DINÂMICA MOLECULAR

João Augusto Pereira da Rocha

Elaine Cristina Medeiros da Rocha

João Lídio da Silva Gonçalves Vianez Júnior

Fabio Alberto de Molfetta

DOI 10.22533/at.ed.79021080414

**CAPÍTULO 15..... 145**

INFLUÊNCIA DA RELAÇÃO SURFACTANTE/TIMOL PARA A OBTENÇÃO DE NANOEMULSÕES COM POTENCIAL USO NA AGRICULTURA E INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Davi Cardoso Aguiar de Melo

Caroline de Souza Fontes

Natália Assis Guedes

Lucas de Souza Soares

Adilson Vidal Costa

Vagner Tebaldi de Queiroz

DOI 10.22533/at.ed.79021080415

**CAPÍTULO 16..... 154**

GLICOPOLÍMEROS TERMORRESPONSIVOS: EFEITO DA D-GLICOSE NO COMPORTAMENTO ASSOCIATIVO

Karoline Nóbrega Celino

Nívia do Nascimento Marques

Marcos Antonio Villetti

Maurício Rodrigues Borges

Rosângela de Carvalho Balaban

DOI 10.22533/at.ed.79021080416

**CAPÍTULO 17..... 166**

PROPRIEDADES EM MEIO AQUOSO DE POLI(N-ISOPROPILACRILAMIDA-CO-LAURATO DE VINILA)

Mariana Alves Leite Dutra

Laura Gabriela Gurgel de Carvalho  
Nívia do Nascimento Marques  
Marcos Antonio Villetti  
Maurício Rodrigues Borges  
Rosângela de Carvalho Balaban

**DOI 10.22533/at.ed.79021080417**

**CAPÍTULO 18..... 177**

**CATÁLISE DA CONVERSÃO DE FRUTOSE PARA HMF ATRAVÉS DE SÓLIDOS ÁCIDOS INORGÂNICOS**

João Pedro Vieira Lima  
Pablo Teles Aragão Campos  
Mateus Freitas Paiva  
José Joaquín Linares León  
Sílvia Cláudia Loureiro Dias  
José Alves Dias

**DOI 10.22533/at.ed.79021080418**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 186**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 187**

## CATÁLISE DA CONVERSÃO DE FRUTOSE PARA HMF ATRAVÉS DE SÓLIDOS ÁCIDOS INORGÂNICOS

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 05/02/2021

### João Pedro Vieira Lima

Universidade de Brasília (UnB), Instituto de  
Química (IQ)  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/6224763623492330>

### Pablo Teles Aragão Campos

Universidade de Brasília (UnB), Instituto de  
Química (IQ)  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/4439877553802650>

### Mateus Freitas Paiva

Universidade de Brasília (UnB), Instituto de  
Química (IQ)  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/8706613462389618>

### José Joaquín Linares León

Universidade de Brasília (UnB), Instituto de  
Química (IQ)  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/5126547270872842>

### Sílvia Cláudia Loureiro Dias

Universidade de Brasília (UnB), Instituto de  
Química (IQ)  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/1333492927266447>

### José Alves Dias

Universidade de Brasília (UnB), Instituto de  
Química (IQ)  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/1255270110503523>

**RESUMO:** O hidroximetilfurfural (HMF) é uma importante molécula plataforma que serve como intermediário para diversos produtos. Esta pode ser obtida através da reação de desidratação de compostos presentes na biomassa. Uma rota muito estudada para este processo baseia-se na utilização de catalisadores sólidos ácidos, usualmente, aluminossilicatos amorfos e cristalinos (zeólitas). O processo também pode ser realizado mediante catálise homogênea com o uso dos polioxometalatos. Nesse trabalho, apresentamos os resultados correspondentes à reação de desidratação da frutose para obter o HMF em meio aquoso através dos seguintes catalisadores: zeólitas HY, H-Beta, HZSM-5, além do  $H_3PW_{12}O_{40}$  (HPW). O uso destes catalisadores é uma tentativa de se evitar solvente orgânicos mais habitualmente usados, os quais possuem elevado potencial poluidor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidroximetilfurfural (HMF); Frutose; Catálise heterogênea.

### CATALYTIC FRUCTOSE CONVERSION FOR HMF USING INORGANIC SOLID ACIDS

**ABSTRACT:** Hydroxymethylfurfural (HMF) is an important platform molecule that serves as an intermediary for several products. HMF can be obtained through the dehydration reaction of compounds present in biomass. A widely studied route for this process is based on the use of solid acid catalysts, usually amorphous and crystalline aluminosilicates (zeolites). The process can also take place by homogeneous catalysis using polyoxometalates. In this work, we carried out the fructose dehydration reaction to obtain HMF in



aqueous medium using the following catalysts: HY, H-Beta and HZSM-5 zeolites, in addition to the  $H_3PW_{12}O_{40}$  (HPW). The utilization of these materials in water is a tentative to avoid more habitual organic solvents that has a much higher pollutant potential.

**KEYWORDS:** Hydroxymethylfurfural (HMF); Fructose; Heterogeneous catalysis.

## 1 | INTRODUÇÃO

É inegável a dependência energética da sociedade atual de fontes fósseis. Segundo dados da *British Petroleum* em seu anuário, em 2019, as fontes renováveis ocuparam apenas 11% da produção total de energia (BP, 2020). Tal cenário implica em uma série de problemas socioeconômicos e ambientais, tais como os descritos a seguir.

É conhecido que as reservas de tais fontes não estão distribuídas de forma igualitária ao redor do mundo, concentrando-se em certas regiões. O'Rourke e Connolly ressaltam o fato de como a extração e exploração do óleo são inerentemente invasivas, afetando ecossistemas, saúde humana e culturas locais (O'ROURKE; CONNOLLY, 2003). Porém, este cenário pode ser estendido ao petróleo e demais recursos não renováveis. Outro ponto importante é que as reservas de fontes fósseis estão progressivamente esgotando-se, uma vez que os consumos unitários da sociedade se elevam cada vez mais e o tempo de reposição é da ordem de milhões de anos.

O uso de fontes não renováveis causam efeitos adversos tanto à saúde humana como ao meio ambiente, destacando-se a poluição e o aquecimento global. Este último é resultado da liberação dos chamados GEE (gases de efeito estufa), como o dióxido de carbono, metano, gases fluorados, dentre outros (ARMAROLI; BALZANI, 2007; KOÇAK; ŞARKGÜNEŞİ, 2018). Diante de todo este cenário, torna-se cada vez mais interessante a busca e desenvolvimento de tecnologias de energia limpa e sustentável. Dentre as fontes energéticas alternativas, destaca-se a biomassa.

Biomassa pode ser definida como qualquer matéria orgânica de origem natural que pode ser usada para produzir energia. É caracterizada como uma abundante reserva energética, com alta taxa de reposição mantida por meio de ciclos naturais (sendo por isso considerada um recurso renovável), podendo ser convertida em combustíveis e compostos químicos de interesse industrial e social (RAGAUSKAS, 2006).

Na linha do aproveitamento energético da biomassa, este trabalho apresenta os resultados correspondentes à conversão de um carboidrato abundante em diversos tipos de biomassa (frutose) em um composto químico denominado 5-hidroxi metilfurfural (HMF). O HMF é considerado uma molécula plataforma, ou seja, funciona como um intermediário para diversos produtos de interesse, o que inclui biocombustíveis. Além destes, produtos como plásticos e fármacos também podem ser obtidos a partir do HMF (LIU *et al.*, 2012; VAN PUTTEN *et al.*, 2013).

O objetivo dessa pesquisa é desenvolver um sistema capaz de produzir HMF a

partir do monossacarídeo frutose em meio aquoso. Com isso, busca-se uma alternativa sustentável e limpa em comparação com as matérias primas fósseis classicamente usadas. O trabalho visa testar diferentes catalisadores no processo, a saber, zeólitas (aluminossilicatos de estrutura cristalina ordenada) e o ácido fosfotúngstico (HPW), todos eles de natureza ácida.

## 2 | METODOLOGIA

O processo de conversão da frutose em HMF foi realizado em autoclave durante 2 h com agitação magnética sob pressão autógena à temperatura de 120 °C, na presença do catalisador, exceto no branco. Em uma reação típica, coloca-se 1 g de D-(-)-frutose (NEON, 99%), 100 mg do catalisador em estudo e 30 mL de água ultrapura em recipiente de Teflon dentro de uma autoclave. Esta era aquecida em banho de óleo, com controle constante da temperatura. A Fig. 1 apresenta um esquema da sequência de operações.

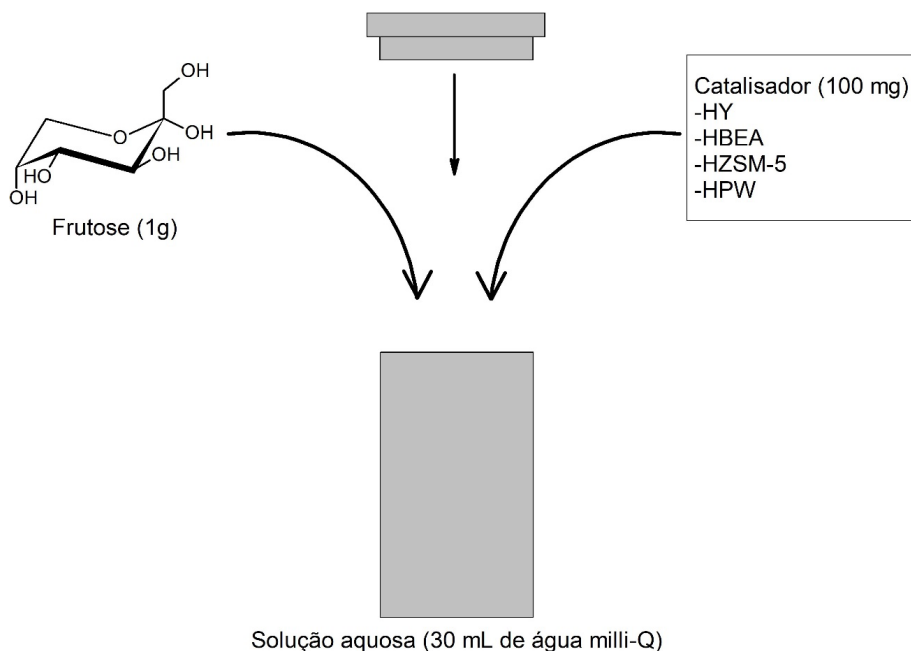


Figura 1: Esquema de preparação de HMF em um típico experimento reacional.

Após o término da reação, uma alíquota do meio reacional era retirada, centrifugada a 3400 rpm por 30 minutos e filtrado com auxílio de filtro de seringa 0,22  $\mu\text{m}$ . Em seguida, era analisado por meio de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Para tal, utilizou-se coluna cromatográfica Shim-Pack SCR-101H, com solução de ácido sulfúrico

com concentração  $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$  como fase móvel, usando um equipamento da Shimadzu equipado com os detectores por índice de refração (RID) e por arranjo de diodos (DAD).

Para a devida quantificação da frutose consumida e HMF produzido, construiu-se curvas analíticas injetando solução padrão de frutose e HMF (Sigma-Aldrich, 99%), respectivamente, com concentrações conhecidas. As curvas apresentaram alta linearidade, conforme pode ser observado na Fig. 2, e foram construídas relacionando a concentração conhecida das soluções com a área do pico correspondente observada no RID.

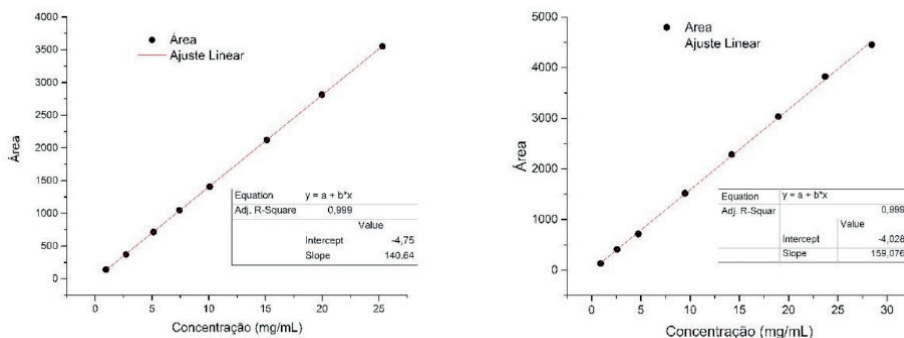


Figura 2: Curva analítica da Frutose (esquerda) e curva analítica do HMF (direita) com seus respectivos ajustes lineares.

A conversão (C), seletividade (S) e rendimento (R) foram calculadas de acordo com as equações 1 a 3:

$$C (\%) = \frac{(\text{mols de frutose iniciais}) - (\text{mols de frutose remanescentes})}{(\text{mols de frutose iniciais})} \times 100 \quad (1)$$

$$R (\%) = \frac{(\text{mols de HMF produzidos})}{(\text{mols de frutose iniciais})} \times 100 \quad (2)$$

$$S (\%) = \frac{R}{C} \times 100 \quad (3)$$

Os catalisadores utilizados foram: as zeólitas HY, HBEA e HZSM-5 (adquiridos da *Zeolyst*), além do ácido fosfotúngstico (HPW, Sigma-Aldrich, 99%). Um experimento sem catalisador (branco) também foi feito para comparação de resultados e apuração se há ou não a necessidade de emprego de catalisador. Todas as zeólitas passaram por um pré-tratamento térmico de calcinação na temperatura de  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  por 8 h.

Os catalisadores foram caracterizados mediante difratometria de raios X (DRX) e análise textural (área específica). A primeira foi feita em difratômetro de pó *Bruker* (modelo D8 Focus, ), com radiação proveniente de tubo de Cobre ( $\text{CuK} = 0,15418 \text{ nm}$ ). A velocidade de obtenção dos dados foi de  $1 \text{ grau min}^{-1}$ , com incremento de  $0,02^\circ$ , na faixa . Quanto à análise textural, foi feita por meio da fisissorção de nitrogênio molecular à temperatura de  $-196 \text{ }^\circ\text{C}$ , no equipamento ASAP (*Accelerated Surface and Porosimetry System*), modelo 2020C da Micromeritics.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os padrões de raios X dos catalisadores utilizados podem ser visualizados na Fig. 3.

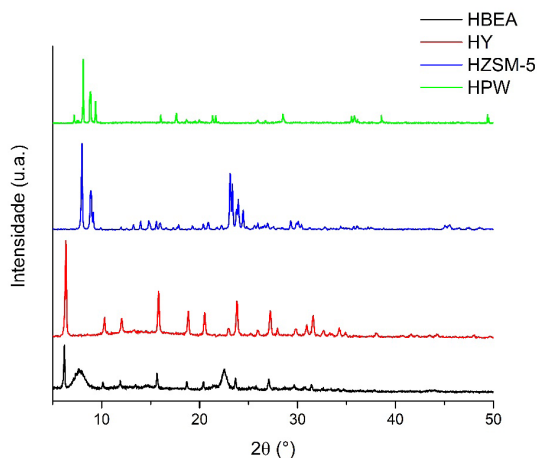


Figura 3: Difratogramas dos catalisadores utilizados.

Observa-se que todos os catalisadores têm estrutura bem cristalina, com picos de alta intensidade em pequenos intervalos angulares. Os padrões de DRX observados foram conferidos com bancos de dados na literatura (IZA e ICDD). Entretanto, ressalta-se que o HPW apresenta completa solubilidade em água, diferentemente das zeólitas que são insolúveis. As áreas específicas obtidas estavam dentro do esperado para esses materiais comerciais, de acordo com a literatura e os dados dos fornecedores.

Catalisador	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
H-Beta	705
HY	713
HZSM-5	412
HPW	5

Tabela 1: Dados de área específica (obtida usando a isoterma de BET) dos catalisadores.

Antes de discutir a eficácia de cada catalisador, é importante confirmar se HMF realmente foi produzido, do ponto de vista analítico. A primeira evidência disso é que, ao analisar qualquer cromatograma de uma alíquota reacional, foi observado um pico no RID no mesmo tempo de retenção do pico presente nos cromatogramas das soluções padrão de HMF (que só continham HMF e o solvente). Em segundo lugar, é sabido que o HMF tem um pico de absorção por volta de 283 nm (RODRIGUES; BRAGAGNOLO, 2013), o que foi observado pelo DAD ao injetar alíquotas reacionais, mais uma vez no mesmo tempo de retenção quando comparado às soluções padrão de HMF.

Porém, para não deixar dúvidas, foram construídos mapas de contorno, que mostram uma varredura de absorção em vários comprimentos de onda no tempo de retenção do HMF de uma solução padrão e de uma alíquota reacional. Os mapas de contorno podem ser observados na Fig. 4, na qual fica claro nas imagens que os perfis de absorção são muito semelhantes, confirmando a hipótese de que o HMF foi devidamente produzido.

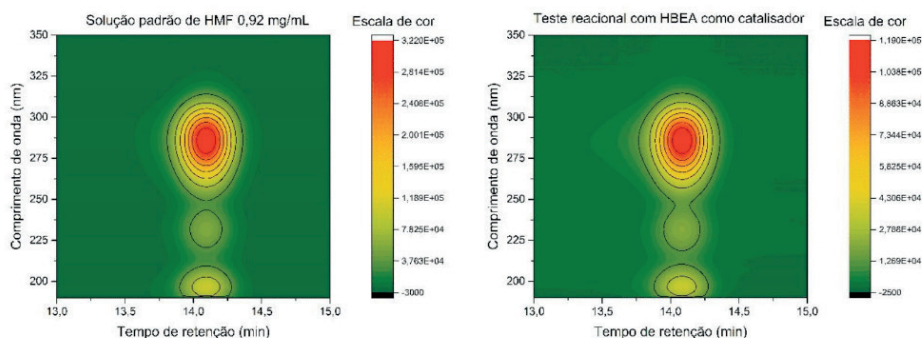


Figura 4: À esquerda, mapa de contorno de uma solução de HMF comercial (0,92 mg mL<sup>-1</sup>). À direita, mapa de contorno de um teste reacional utilizando-se HBEA como catalisador. Repare que o tempo de retenção é o mesmo, e o pico de absorção ocorre por volta de 283 nm.

A seguir, são apresentados os resultados correspondentes à conversão, seletividade e rendimento dos diferentes catalisadores estudados (Fig. 5).

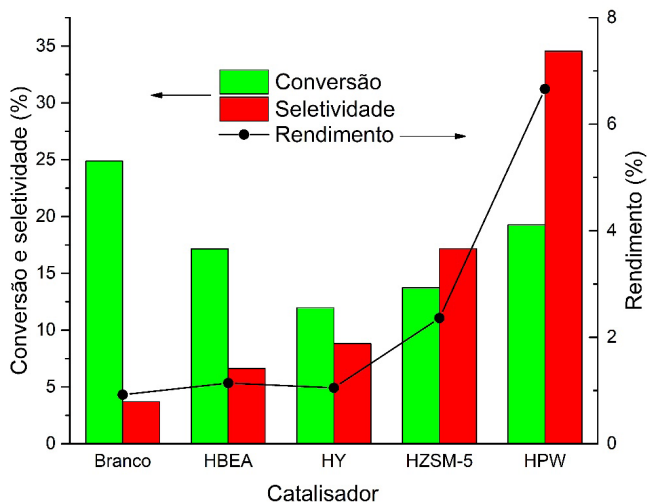


Figura 5: Histograma de conversão, seletividade e rendimento dos catalisadores testados, em ordem crescente de seletividade.

Em primeiro lugar, pode ser observado a necessidade de utilização do catalisador. Apesar do teste branco apresentar uma conversão relativamente alta, mostrou-se como o menos seletivo dentre os materiais, produzindo uma quantidade diminuta do produto de interesse, inclusive superada por aqueles cuja conversão foi bem inferior, como é o caso das zeólitas HBEA e HZSM-5.

Dentre as zeólitas, o rendimento mostrou-se proporcional à força ácida dos sítios ativos das zeólitas (FREITAS *et al.*, 2018; DRAGO *et al.*, 1997). Isto indica que as características ácidas do catalisador exercem papel fundamental na atividade do catalisador, por se tratar de um processo de desidratação cuja cinética é acelerada na presença de centros ácidos. No entanto, no caso da seletividade o comportamento não foi linear ou mesmo crescente.

A baixa seletividade da HBEA foi associada ao fato de seus sítios fortes e acessíveis terem facilitado a conversão do HMF formado outros produtos indesejados. Os poros menores da HZSM-5 diminuíram a acessibilidade dos sítios e impediram reações consecutivas, como de oligomerização. Isto, combinado com sua elevada força ácida, garantiu a mais alta seletividade e os melhores resultados dentre os aluminossilicatos. Quando se trata da HY, a sua baixa atividade, caracterizada pela menor conversão dentre todos os experimentos, foi consequência de sua menor força ácida. Apesar disso, seus sítios ácidos menos agressivos aumentaram a estabilidade do HMF no meio, permitindo

uma razoável seletividade.

Por fim, o ácido fosfotúngstico (HPW) trouxe os melhores resultados. Isto foi associado principalmente ao fato de a catálise ser homogênea, o que favoreceu a seletividade, além da elevada acidez de Brønsted. No entanto, em termos de recuperação e reciclo do catalisador, esse sistema fica bem mais dificultado (QI *et al.*, 2009).

É importante destacar que se trata de um desafio produzir HMF partindo-se da frutose *em meio aquoso*, principalmente pela possibilidade de ocorrer o processo de reidratação do HMF para ácido levulínico quando se utiliza água como solvente (LUCAS *et al.*, 2013). Além disso, diversas outras reações paralelas e indesejadas acontecem, gerando especialmente oligômeros solúveis e huminos, levando a um decréscimo no rendimento do processo (LV *et al.*, 2017). Porém, para seguir um protocolo verde, descartou-se o emprego de solventes orgânicos neste trabalho, uma vez que, apesar de eles aumentarem consideravelmente o rendimento e seletividade, implicam em diversos problemas ambientais.

## 4 | CONCLUSÃO

Para maximizar a conversão e seletividade do processo de conversão de frutose a HMF, este trabalho mostra a importância da catálise e as características físico-químicas dos catalisadores. Em especial, a força ácida dos sítios ativos junto com a acessibilidade a esses sítios possui um papel fundamental para maximizar a conversão e a seletividade simultaneamente, cuja melhor combinação é encontrada para o material HZSM-5 para zeólitas (processo heterogêneo) e HPW (catálise homogênea). Cabe ressaltar que todos os dados obtidos foram em meio aquoso, sem a utilização de solventes orgânicos mais caros e poluentes.

## RECONHECIMENTO

Agradecimento aos professores Joaquín, Sílvia e José, ao MCTI-CNPq, CAPES, FAP-DF, FINEP-CTInfra.

## REFERÊNCIAS

ARMAROLI, Nicola; BALZANI, Vincenzo. The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities. **Angewandte Chemie International Edition**, [S. l.], v. 46, n. 1–2, p. 52–66, 2007. DOI: 10.1002/anie.200602373. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/anie.200602373>.

BP. **BP Statistical Review of World Energy**, 2020. Disponível em: <http://www.bp.com/statisticalreview/> > Acesso em janeiro/2020.

DRAGO, Russell S.; DIAS, Sílvia C.; TORREALBA, Mariana; DE LIMA, Lola. Calorimetric and Spectroscopic Investigation of the Acidity of HZSM-5. **Journal of the American Chemical Society**, [S. I.], v. 119, n. 19, p. 4444–4452, 1997. DOI: 10.1021/ja9633530. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja9633530>.

FREITAS, Elon F.; ARAÚJO, Ágabo A. L.; PAIVA, Mateus F.; DIAS, Sílvia C. L.; DIAS, José A. Comparative acidity of BEA and Y zeolite composites with 12-tungstophosphoric and 12-tungstosilicic acids. **Molecular Catalysis**, [S. I.], v. 458, p. 152–160, 2018. DOI: 10.1016/j.mcat.2018.03.005. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468823118301020>

KOÇAK, Emrah; ŞARKGÜNEŞİ, Aykut. The impact of foreign direct investment on CO<sub>2</sub> emissions in Turkey: new evidence from cointegration and bootstrap causality analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. I.], v. 25, n. 1, p. 790–804, 2018. DOI: 10.1007/s11356-017-0468-2. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-017-0468-2>.

LIU, Jitian; TANG, Yu; WU, Kaigui; BI, Caifeng; CUI, Qiu. Conversion of fructose into 5-hydroxymethylfurfural (HMF) and its derivatives promoted by inorganic salt in alcohol. **Carbohydrate Research**, [S. I.], v. 350, p. 20–24, 2012. DOI: 10.1016/j.carres.2011.12.006. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008621511005908>.

LUCAS, Nishita; KOKATE, Ganesh; NAGPURE, Atul; CHILUKURI, Satyanarayana. Dehydration of fructose to 5-hydroxymethyl furfural over ordered AISBA-15 catalysts. **Microporous and Mesoporous Materials**, [S. I.], v. 181, p. 38–46, 2013. DOI: 10.1016/j.micromeso.2013.07.015.

LV, Guangqiang; DENG, Liangliang; LU, Boqiong; LI, Jinlong; HOU, Xianglin; YANG, Yongxing. Efficient dehydration of fructose into 5-hydroxymethylfurfural in aqueous medium over silica-included heteropolyacids. **Journal of Cleaner Production**, [S. I.], v. 142, p. 2244–2251, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.11.053. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652616318911>.

O'ROURKE, Dara; CONNOLLY, Sarah. Just Oil? The Distribution of Environmental and Social Impacts of Oil Production and Consumption. **Annual Review of Environment and Resources**, [S. I.], v. 28, n. 1, p. 587–617, 2003. DOI: 10.1146/annurev.energy.28.050302.105617. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.energy.28.050302.105617>.

QI, Xinhua; WATANABE, Masaru; AIDA, Taku M.; SMITH, Richard L. Sulfated zirconia as a solid acid catalyst for the dehydration of fructose to 5-hydroxymethylfurfural. **Catalysis Communications**, [S. I.], v. 10, n. 13, p. 1771–1775, 2009. DOI: 10.1016/j.catcom.2009.05.029.

RAGAUSKAS, A. J. The Path Forward for Biofuels and Biomaterials. **Science**, [S. I.], v. 311, n. 5760, p. 484–489, 2006. DOI: 10.1126/science.1114736. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1114736>.

RODRIGUES, Naira Poerner; BRAGAGNOLO, Neura. Identification and quantification of bioactive compounds in coffee brews by HPLC–DAD–MSn. **Journal of Food Composition and Analysis**, [S. I.], v. 32, n. 2, p. 105–115.

VAN PUTTEN, Robert Jan; VAN DER WAAL, Jan C.; DE JONG, Ed; RASRENDRA, Carolus B.; HEERES, Hero J.; DE VRIES, Johannes G. Hydroxymethylfurfural, a versatile platform chemical made from renewable resources. **Chemical Reviews American Chemical Society**, [S. I.], 2013. DOI: 10.1021/cr300182k. Disponível em: <https://pubs.acs.org/sharingguidelines>. Acesso em: 20 dez. 2020.



## SOBRE O ORGANIZADOR

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA** - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase em desenvolvimento de um bioadsorvente para remoção dos íons metálicos As(V), Sb (III) e Se (IV) em diferentes matrizes aquosas. Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados ( $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$  e  $\text{TiO}_2/\text{Solar}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$ ) para remoção de contaminantes de interesse emergente (CIE) em diferentes matrizes aquáticas. Atualmente realiza pós-doutorado na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase em aplicação de novos agentes oxidantes empregando radiação solar para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Possui 11 anos de experiência como técnico em química no Instituto Federal de Goiás, tendo atuado como responsável por análises de parâmetros físico-químicos e biológicos de águas e efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de solventes e metais de alto valor para reutilização em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) Estudos de monitoramento de CIE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$  e foto-Fenton e outros) para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas e (vi) Educação Ambiental.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água 7, 18, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 67, 89, 91, 92, 93, 94, 100, 102, 103, 109, 111, 112, 113, 114, 117, 129, 145, 147, 148, 154, 155, 156, 157, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169, 174, 179, 181, 184

Álcool 80, 83, 84, 85, 101, 158, 159, 163

Alimentação 88, 89, 90, 96, 97, 98, 100, 107, 108, 159, 163

Alimentos 8, 19, 67, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 107, 108, 110, 111, 112, 121, 145, 147, 155

Aminoácidos 123, 130

Amostras 7, 12, 38, 40, 41, 42, 45, 46, 88, 92, 93, 98, 102, 103, 104, 105, 106, 109, 114, 115, 120, 149, 154, 157, 158, 160, 161, 166, 169, 172, 173

Antioxidante 59, 112, 121, 145, 146

Atividade Lúdica 24, 25, 26

Avaliação 4, 7, 11, 14, 48, 56, 57, 58, 59, 61, 95, 107, 108, 115, 120, 121, 145, 147, 148, 160

### B

Biodiesel 81, 86, 87

Biomassa 177, 178

### C

Carboidratos 89, 90, 93, 100

Catalisador 179, 180, 182, 183, 184

Catálise 9, 87, 156, 177, 184

Cidadania 24, 57, 61, 62, 63, 72

Ciências 5, 6, 2, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 47, 48, 49, 54, 56, 60, 61, 62, 63, 68, 69, 79, 81, 87, 141, 142, 145

Cinética 146, 148, 150, 151, 183

Conceitos 7, 1, 2, 3, 7, 16, 17, 18, 22, 25, 31, 38, 39, 45, 47, 56, 62, 64, 65, 67, 73, 80, 81, 83, 86

Conhecimento Científico 9, 62, 80

Conteúdo 2, 5, 8, 9, 17, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 33, 66, 68, 81, 93, 94

Contexto 1, 31, 37, 39, 46, 50, 51, 72, 73, 74, 87, 168

Contextualização 5, 17, 31, 37, 51, 69

Copolímero 154, 161, 166, 170, 171, 173, 174, 175

Cores 7, 4, 12, 27, 42, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77  
Cotidiano 5, 17, 22, 26, 27, 31, 57, 70, 71, 74, 86

## **D**

Didática 1, 3, 12, 14, 25, 26, 30, 80  
Discente 25, 50, 68  
Disciplinares 39, 81  
Docente 21, 31, 51, 68  
Doenças 58, 89, 99, 100, 123, 124

## **E**

Educação Ambiental 7, 38, 39, 40, 47, 48, 186  
Educação Básica 5, 2, 38  
Efeito Estufa 178  
Emulsificação 145, 150  
Energia 6, 89, 90, 93, 98, 99, 100, 123, 126, 127, 131, 132, 134, 136, 140, 147, 150, 178  
Ensinoaprendizagem 5  
Ensino de ciências 8, 9, 14, 15, 22, 23, 24, 31, 37, 48, 61, 68, 87  
Ensino de química 6, 1, 8, 16, 24, 29, 48, 69, 87  
Enzima 8, 111, 123, 125, 126, 127, 129, 131, 132, 134, 135, 136, 140, 141, 156  
Espectroscopia no infravermelho 166  
Éster 80, 83, 84, 85, 158, 159, 163, 169  
Experimento 12, 80, 83, 85, 109, 115, 179, 180

## **F**

Fármacos 124, 125, 126, 143, 147, 156, 167, 178  
Fibras 33, 89, 100, 110  
Funções Orgânicas 80

## **G**

Gordura 7, 81, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 108

## **H**

Hidrofílico 111, 123, 138, 141  
Hidrofóbico 147  
Hidrólise 98, 104, 106

## **I**

Ingestão 89, 90, 95, 100

Inibidores 123, 125, 126, 140, 141

Insolúvel 161, 167

Interdisciplinar 27, 38, 39, 45, 48, 76, 79

## **L**

Laboratório 18, 27, 40, 45, 49, 61, 65, 66, 68, 88, 90, 94, 107, 154, 166

Lipídeos 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 98, 100, 111

## **O**

Óleo Essencial 8, 53, 58, 59, 109, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 120, 121

Oxidação 98, 104, 105, 107, 111, 125

## **P**

Parâmetros físico-químicos 7, 38, 41, 45, 46, 47, 186

Polímeros 26, 154, 155, 163, 166, 167, 173, 174, 175

Práticas Pedagógicas 39

Proteína 111, 126, 130, 132, 137, 138

## **Q**

Qualitativo 24, 25, 56

Química 2, 5, 6, 7, 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 40, 45, 47, 48, 49, 50, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 107, 108, 121, 123, 128, 141, 145, 148, 154, 155, 166, 168, 177, 186

Química Orgânica 6, 24, 25, 26, 27, 28, 80, 85, 87

## **R**

Recurso Pedagógico 1, 2

## **S**

Senso Comum 62, 80

Solúvel 154, 167

Solventes 94, 167, 168, 184, 186

## **T**

Tecnologia 9, 30, 31, 32, 60, 62, 63, 66, 67, 70, 121, 123

Tema 25, 27, 30, 35, 36, 39, 40, 45, 50, 51, 57, 59, 81, 93

Temperatura 7, 41, 42, 46, 88, 91, 94, 98, 104, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 146, 155, 162, 163, 167, 173, 174, 175, 179, 180, 181

Transesterificação 7, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 154, 155, 156

## **U**

Umidade 88, 91, 92, 94, 95, 110, 111, 114, 118

## **V**

Vitamina 110

## **Z**

Zinco 110

# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente 2

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente 2

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)