

# Princípios de Química

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Carmen Lúcia Voigt**  
(Organizadora)

# **Princípios de Química**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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

### **Conselho Editorial**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Conselho Técnico Científico**

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

| <b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)<br/>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b> |   |
|---|---|
| P957  | Princípios de química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.<br><br>Formato: PDF<br>Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader<br>Modo de acesso: World Wide Web<br>Inclui bibliografia<br>ISBN 978-85-7247-422-1<br>DOI 10.22533/at.ed.221192406<br><br>1. Química – Estudo e ensino. I. Voigt, Carmen Lúcia.<br><br>CDD 540.7 |
| <b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>   |   |

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

## APRESENTAÇÃO

Química é a ciência que estuda a estrutura das substâncias, a composição e as propriedades das diferentes matérias, suas transformações e variações de energia. A Química conquistou um lugar central e essencial em todos os assuntos do conhecimento humano, estando interligada com outras ciências como a Biologia, Ciências Ambientais, Física, Medicina e Ciências da Saúde.

Pesquisas na área da Química continuam evoluindo cada dia, sendo benéficas devido maior conscientização de como usar os conhecimentos químicos em prol da qualidade de vida e do desenvolvimento da sociedade; prezando pelo meio ambiente, surgindo assim processos e novas tecnologias com menor agressão e impacto.

Muitas são as fontes degradadoras da natureza, porém os resíduos químicos são considerados os mais agressivos. Ao longo dos anos inúmeros tipos de contaminantes foram lançados no meio ambiente, causando contaminação e poluição em diversos tipos de compartimentos ambientais como solos, rios e mares. O avanço e crescimento industrial no mundo é uma das principais causas da poluição excessiva e liberação de resíduos químicos.

Devido estudos na área da Química é possível realizar remoção de poluentes por diversos processos e o desenvolvimento de técnicas e materiais é abordado neste volume, que trata de processos como adsorção para retirada de contaminantes da natureza. Além destes processos, este volume também trata de novos materiais para aplicação em substituição aos polímeros convencionais, como os biopolímeros, produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, ou seja, possuem um ciclo de vida mais curto comparado com fontes fósseis como o petróleo o qual leva milhares de anos para se formar.

Fatores ambientais e sócio-econômicos estão relacionados ao crescente interesse por novas estratégias que buscam alternativas aos produtos e processos convencionais. Neste enfoque, os trabalhos selecionados para este volume oportunizam reflexão e conhecimento na área da Química, abrangendo aspectos favoráveis para ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1 ..... 1

PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS PELAS BACTÉRIAS GLUCONACETOBACTER HANSENI E KOMAGATAEIBACTER RHATICUS EM MEIOS CONTENDO HIDROLISADO DE ARROZ E MILHO

*Karina Carvalho de Souza*

*Gabriela Rodrigues dos Santos*

*Grazielly Maria Didier de Vasconcelos*

*Paulo Henrique Marrocos de Oliveira*

*Yêda Medeiros Bastos de Almeida*

*Felipe Cunha da Silva Trindade*

*Glória Maria Vinhas*

**DOI 10.22533/at.ed.2211924061**

### CAPÍTULO 2 ..... 7

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE ÓRTESE SUROPODÁLICA DE MEMBRO INFERIOR PRODUZIDO COM POLICLORETO DE VINILA (PVC)

*Heloisa Barbara Rozario Azevedo*

*Fabiane De Oliveira Santana*

*Paula Hortência Santos Magalhães*

*Maria Karoline Silva Souza*

*Caio Cezar Neves Kunrath*

*Menilde Araújo Silva Bião*

*Franco Dani Rico Amado*

*Bruno Souza Fernandes*

**DOI 10.22533/at.ed.2211924062**

### CAPÍTULO 3 ..... 12

OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE DCPD COM INCORPORAÇÃO DO COPOLÍMERO F-127 PELO MÉTODO DE DEPOSIÇÃO ELETROQUÍMICA

*Pablo Eduardo Costa dos Santos*

*Cristiane Xavier Resende*

*Zaine Teixeira Camargo*

**DOI 10.22533/at.ed.2211924063**

### CAPÍTULO 4 ..... 19

CARBOXIMETILCELULOSE-G-OLIGO(ÓXIDO DE ETILENO-CO-ÓXIDO DE PROPILENO): EFEITO DA PORCENTAGEM DE ENXERTIA NAS PROPRIEDADES EM MEIO AQUOSO SALINO

*Nívia do Nascimento Marques*

*Rosângela de Carvalho Balaban*

*Sami Halila*

*Redouane Borsali*

**DOI 10.22533/at.ed.2211924064**

### CAPÍTULO 5 ..... 32

PROPRIEDADES MECÂNICAS, TERMOMECAÂNICAS, REOMETRIA DE TORQUE E MORFOLOGIA DE BLENDS PS/PP/PP RECICLADO COMPATIBILIZADAS COM O COPOLÍMERO SEBS

*Carlos Bruno Barreto Luna*

*Eduardo da Silva Barbosa Ferreira*

*Danilo Diniz Siqueira*  
*Edcleide Maria Araújo*  
*Elieber Barros Bezerra*

**DOI 10.22533/at.ed.2211924065**

**CAPÍTULO 6 ..... 50**

**SÍNTESE E COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE HPAM TERMORRESPONSIVA**

*Bruna Luiza Batista de Lima*  
*Nívia do Nascimento Marques*  
*Marcos Antonio Villetti*  
*Rosângela de Carvalho Balaban*

**DOI 10.22533/at.ed.2211924066**

**CAPÍTULO 7 ..... 58**

**FILME DE POLICAPROLACTONA REFORÇADOS POR MICROFIBRILAS DE CELULOSE DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea Mart.*)**

*Rachel Margalho Barreira Valentim*  
*Izael Pinho dos Santos*  
*Victor Soares Pereira*  
*Carmen Gilda Barroso Tavares Dias*  
*Marcos Allan Leite dos Reis*

**DOI 10.22533/at.ed.2211924067**

**CAPÍTULO 8 ..... 64**

**AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE DE FILMES DE AMIDO REFORÇADOS COM NANOCRISTAIS DE CELULOSE DA FIBRA DE COCO VERDE**

*Ingrid Lessa Leal*  
*Yasmin Carolino da Silva Rosa*  
*Josiane Dantas Viana Barbosa*  
*Janice Izabel Druzian*  
*Bruna Aparecida Souza Machado*

**DOI 10.22533/at.ed.2211924068**

**CAPÍTULO 9 ..... 74**

**CARACTERIZAÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA E APLICAÇÃO EM FILMES DE AMIDO E QUITOSANA**

*Marina R. d Andrade*  
*Taynã Isis de S. Santana*  
*Bruna A. S. Machado*

**DOI 10.22533/at.ed.2211924069**

**CAPÍTULO 10 ..... 79**

**EFFECT OF BIOSURFACTANTS IN PATHOGENIC BACTERIA ADHESION ON THE SURFACE OF FLEXIBLE FILMS**

*Michel Zampieri Fidelis*  
*Heitor Suyama*  
*Eduardo Abreu*  
*Denise Milleo Almeida*  
*Giane Gonçalves Lenzi*

**DOI 10.22533/at.ed.22119240610**

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO 11</b> .....  | <b>93</b>  |
| UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE NA ADSORÇÃO DE GASOLINA PRESENTE EM CORPOS AQUATICOS: ESTUDO EM LEITO DIFERENCIAL |            |
| <i>Fernanda Vieira Amorim</i>   |            |
| <i>Márcia Ramos Luiz</i>  |            |
| <i>Ewellyn Silva Souza</i>  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.22119240611</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 12</b> .....  | <b>105</b> |
| ESTUDO DA ADSORÇÃO DE COBRE EM LODO RECUPERADO DA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA DE AÇUDE POR ELETROCOAGULAÇÃO/FLOTAÇÃO   |            |
| <i>Fábio Erlan Feitosa Maia</i>   |            |
| <i>Ronaldo Ferreira do Nascimento</i>   |            |
| <i>Eliezer Fares Abdala Neto</i>  |            |
| <i>Jefferson Pereira Ribeiro</i>  |            |
| <i>Ari Clecius Alves de Lima</i>  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.22119240612</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 13</b> .....  | <b>117</b> |
| ADSORÇÃO DE CO <sub>2</sub> EM MATERIAL MEOSPOROSO DO TIPO SBA-16 FUNCIONALIZADO                                |            |
| <i>Táisa Cristine de Moura Dantas</i>   |            |
| <i>Eloy Sanz-Pérez</i>  |            |
| <i>Raul Sanz</i>  |            |
| <i>Amaya Arencibia</i>  |            |
| <i>Guillermo Calleja</i>  |            |
| <i>Ana Paula de Melo Alves Guedes</i>   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.22119240613</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 14</b> .....  | <b>132</b> |
| CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE FURFURAL PELO ADSORVENTE ARGILA BENTONITA   |            |
| <i>Riann Queiroz Nóbrega</i>  |            |
| <i>Ana Cláudia Rodrigues De Barros</i>  |            |
| <i>Lorena Lucena De Medeiros</i>  |            |
| <i>Flávio Luiz Honorato Da Silva</i>  |            |
| <i>Joelma Moraes Ferreira</i>   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.22119240614</b>   |            |
| <b>CAPÍTULO 15</b> .....  | <b>140</b> |
| AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DE ARGILA ORGANOFÍLICA ATRAVÉS DE PLANEJAMENTO FATORIAL                       |            |
| <i>Paulo Henrique Almeida Da Hora</i>   |            |
| <i>Líszandra Fernanda Araújo Campos</i>   |            |
| <i>Antonio Cícero De Sousa</i>  |            |
| <i>Gesivaldo Jesus Alves De Figueiredo</i>  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.22119240615</b>   |            |

**CAPÍTULO 16 ..... 147**

CINÉTICA E MODELAGEM DA CAPTURA DE CO<sub>2</sub> POR MEIO DA REAÇÃO DE CARBONATAÇÃO DO ORTOSILICATO DE LÍTIO

*Suélen Maria de Amorim*  
*Michele Di Domenico*  
*Tirzhá Lins Porto Dantas*  
*Humberto Jorge José*  
*Regina de Fatima Peralta Muniz Moreira*

**DOI 10.22533/at.ed.22119240616**

**CAPÍTULO 17 ..... 157**

MODIFICAÇÃO TÉRMICA DA ARGILA BRASGEL VISANDO SUA UTILIZAÇÃO NA REMOÇÃO DE NÍQUEL EM SISTEMA DE BANHO FINITO

*Joseane Damasceno Mota*  
*Rochelia Silva Souza Cunha*  
*Patrícia Noemia Mota De Vasconcelos*  
*Meiry Glaucia Freire Rodrigues*

**DOI 10.22533/at.ed.22119240617**

**CAPÍTULO 18 ..... 166**

REMOÇÃO DO CORANTE DIRECT BLACK 22 ATRAVÉS DE ADSORÇÃO

*Déborah Fernanda Mamedes da Silva*  
*Deivid Sousa de Figueiroa*

**DOI 10.22533/at.ed.22119240618**

**CAPÍTULO 19 ..... 177**

INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE SAIS NA ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO PROCION UTILIZANDO ALUMINA ATIVADA

*Nathália Favarin da Silva*  
*Enrique Chaves Peres*  
*Guilherme Luiz Dotto*

**DOI 10.22533/at.ed.22119240619**

**CAPÍTULO 20 ..... 186**

ADSORÇÃO DE ÍNDIGO CARMINE UTILIZANDO MICROESFERAS DE ALGINATO (AL) E QUITOSANA (QT) PURAS E DOPADAS COM NÍQUEL E FERRO.

*Ana Clara Correia Queiroz da Silva*  
*Francisco Mateus Gomes do Nascimento*  
*Francisco Renan Lima Amorim*  
*Guilherme Augusto Magalhães Júnior*  
*Cícero Pessoa de Moura*  
*Rafael Ribeiro Portela*  
*Mayara Sousa de Oliveira*

**DOI 10.22533/at.ed.22119240620**

**CAPÍTULO 21 ..... 195**

SÍNTESE E APLICAÇÃO DE PENEIRA MOLECULAR ORGANOFÍLICA NA REMOÇÃO DE ÍONS CR(III)

*Paulo Henrique Almeida da Hora*  
*Lizandra Fernanda Araújo Campos*  
*Antonio Cícero de Sousa*

**CAPÍTULO 22 ..... 202**

BIOSSORÇÃO DE ÍONS CR(VI) EM SOLUÇÃO AQUOSA EMPREGANDO CASCA DE BANANA NANICA

*Giovani Santana Silva*

*Ângelo Capri Neto*

*Maria da Rosa Capri*

DOI 10.22533/at.ed.22119240622

**CAPÍTULO 23 ..... 215**

REMOÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE PRESENTE EM SOLUÇÕES SINTÉTICAS DILUÍDAS EMPREGANDO CARVÃO ATIVADO COMERCIAL E CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO A PARTIR DA CASCA DE ARROZ

*Lúcia Allebrandt da Silva Ries*

*Joyce Helena da Silveira*

DOI 10.22533/at.ed.22119240623

**CAPÍTULO 24 ..... 227**

MANAGEMENT AND CLASSIFICATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF GROUNDWATER

*Sharise Beatriz Roberto*

*Jomar Berton Junior*

*Rúbia Michele Suzuki*

*Elton Guntendorfer Bonafé*

*Makoto Matsushita*

*Edmilson Antonio Canesin*

DOI 10.22533/at.ed.22119240624

**CAPÍTULO 25 ..... 242**

HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMINARES PARA REMOÇÃO DE POLUENTES AQUOSOS

*María Magdalena Costanzo*

*Rocio Belén Garate*

*Nora Alejandra Comelli*

*Nora Andrea Merino*

DOI 10.22533/at.ed.22119240625

**CAPÍTULO 26 ..... 253**

EFEITO DO MÉTODO DE SÍNTESE NAS PROPRIEDADES DO ÓXIDO DE CÉRIO, DESTINADO A FOTOCATÁLISE

*Kimberly Paim Abeta*

*Marie Lídio dos Santos Galvão Ribeiro*

*Larissa Soares Lima*

*Leila Maria Aguilera Campos*

*Sirlene Barbosa Lima*

*Maria Luiza Andrade da Silva*

DOI 10.22533/at.ed.22119240626

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 27</b> .....   | <b>267</b> |
| PRINCÍPIOS BÁSICOS DA ESTIMATIVA DE INCERTEZA APLICADOS À MEDIÇÃO DE GRANDEZAS QUÍMICAS                            |            |
| <i>Cassiano Lino dos Santos Costa</i>  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.22119240627</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 28</b> .....   | <b>282</b> |
| O USO DE REDES SOCIAIS E TECNOLOGIA MÓVEL COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO POR PROFESSORES DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD) |            |
| <i>Eziel Cardoso da Silva</i>  |            |
| <i>Antonio Zilverlan Geermano Matos</i>  |            |
| <i>Marco Aurélio da Silva Coutinho</i>   |            |
| <i>Antônio Araújo Rodrigues</i>  |            |
| <i>Francisco Dhiêgo Silveira Figueirêdo</i>  |            |
| <i>Davi da Silva</i>   |            |
| <i>Dihêgo Henrique Lima Damacena</i>   |            |
| <i>Francisco Maycon Soares</i>   |            |
| <i>Juciane Maria de Sousa dos Santos</i>   |            |
| <i>Jose Adriano Cavalcante Alencar</i>   |            |
| <i>Enivaldo Pereira dos Santos</i>   |            |
| <i>Julianna de Sousa Santos</i>  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.22119240628</b>  |            |
| <b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....  | <b>292</b> |

## CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE FURFURAL PELO ADSORVENTE ARGILA BENTONITA

**Riann Queiroz Nóbrega**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa- Paraíba

**Ana Cláudia Rodrigues De Barros**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa- Paraíba

**Lorena Lucena De Medeiros**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa- Paraíba

**Flávio Luiz Honorato Da Silva**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa- Paraíba

**Joelma Morais Ferreira**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa- Paraíba

**RESUMO:** A busca por energia limpa, a fim de diminuir os níveis de impactos ambientais no meio ambiente, volta-se a atenção para a adoção de novas tecnologias, utilizando matérias-primas de baixo custo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a adsorção do inibidor furfural no licor hidrolisado, através da argila bentonita, a fim de viabilizar a produção de bioetanol a partir de biomassa lignocelulósica. Os ensaios ocorreram em batelada e para simular o processo foram usadas soluções sintéticas do furfural. A adsorção de furfural pela argila não apresentou resultados satisfatórios, visto que se obteve apenas 30,83% de furfural

adsorvido. O equilíbrio cinético foi atingido com tempo de contato de 5 horas. A adsorção feita no licor pré-hidrolisado apresentou um percentual de 38,6% de adsorção do furfural. Os resultados mostraram que a argila bentonita não é um adsorvente viável para a remoção de furfural no sistema estudado.

**PALAVRAS-CHAVE:** bioetanol; Inibidor; cinética de adsorção.

**ABSTRACT:** The search for clean energy, an end to decrease the levels of pollution of the planet and the toxic gases emitted in the atmosphere, turns to attention for a adoption of new technologies, using low cost raw materials. The objective of this work was to evaluate the adsorption of the furfural inhibitor through bentonite clay, with the objective of making possible the production of bioethanol from lignocellulosic biomass. The tests were carried out in batch and synthetic solutions of furfural were used to simulate the process. The adsorption of furfural by the clay did not present satisfactory results, since only  $30.83 \pm 3.32\%$  of furfural adsorbed were obtained. The kinetic equilibrium was reached with a contact time of 5 hours. The adsorption in pre-hydrolysed liquor presented a percentage of 48.6% of furfural adsorption. The results showed that the bentonite clay is not a viable adsorbent for the removal of furfural.

## 1 | INTRODUÇÃO

Cada vez mais, têm-se buscado produzir fontes de energias mais limpas a fim de reduzir a poluição do planeta e o nível de gases emitidos na atmosfera que são prejudiciais aos seres vivos. Em consequência referente às atividades industriais, fica evidente que as necessidades energéticas são baseadas nos combustíveis fósseis, tais como o carvão mineral, gás natural e, principalmente, o petróleo. Porém, as reservas desses combustíveis são finitas e sua extração pode ser perigosa, podendo ocasionar graves acidentes ambientais. Por isso, a procura por fontes alternativas está em crescimento para suprir os diversos problemas ambientais e obter fontes de baixo custo.

As fontes renováveis ganham cada vez mais espaço em debates e investimentos. Além das usinas de energia solar e eólica, estudos apontam que a biomassa tem enorme potencial entre as matrizes nacionais. Segundo a ANEEL (2008), a biomassa lignocelulósica apresenta um grande potencial energético, devido a sua disponibilidade e baixo custo. Em virtude disso, volta-se a atenção para a adoção de novas tecnologias e da expansão global da produção de bioetanol.

Resíduos lignocelulósicos, tais como bagaço de cana-de-açúcar, bagaço de frutas (resíduos agroindústrias de produção de sucos), palha de arroz, casca de aveia e resíduos florestais representam fontes abundantes e não dispendiosas de carboidratos (celulose e hemicelulose), com potencial de aplicação em processos de conversão química ou microbiana em produtos de interesse comercial.

A estrutura vegetal da biomassa lignocelulósica é composta por: 40-50% de celulose, 20-40% de hemicelulose e 10-25% de lignina, além de pequenas quantidades de minerais (cinzas) e extrativos (MEDEIROS, 2015). Estes materiais podem ser utilizados como substratos para processos fermentativos, pois mais de 70% da matéria seca é constituída de carboidratos (CARDONA & SANCHEZ, 2007).

Para que ocorra a fermentação, necessita-se que um pré-tratamento seja feito, previamente, para alterar a estrutura da biomassa e facilitar o processo, como é mostrado na Figura 1.

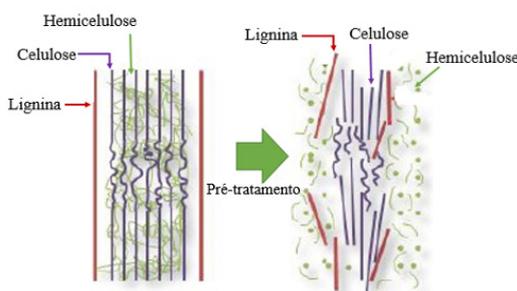


Figura 1. Representação do complexo lignocelulósico antes e depois do pré-tratamento (MEDEIROS, 2015).

Durante este pré-tratamento, ácidos diluídos, tais como, sulfúrico, nítrico, acético e clorídrico, são empregados como catalisadores, e tem sido citado como o melhor tipo de pré-tratamento para resíduos agroindustriais (LIMA et al., 2014). De acordo com LIU *et al.* (2009), durante a hidrólise ácida são liberados produtos indesejáveis ao processo fermentativo como, por exemplo, furfural, oriundo da degradação de pentoses e 5-hidroximetilfurfural (5-HMF) proveniente da desidratação de hexoses. Em suma, a maioria das leveduras são suscetíveis aos compostos oriundos da hidrólise ácida, causando um baixo rendimento e produtividade em etanol e xilitol, sendo necessário um tratamento de destoxificação antes da fermentação para melhorar o desempenho.

Logo, torna-se necessário o estudo da retirada desses inibidores com o intuito de otimizar a fermentação de licores hidrolisados, para a produção de etanol. Foram observados por Lima et al. (2014) que a presença de concentrações acima 3 g/L de ácido acético, 1,5 g/L de HMF e 1 g/L de furfural, tem efeito tóxicos, sendo o suficiente para inibir a ação dos microrganismos no processo de fermentação e sendo o furfural o mais significativo na inibição da levedura na fermentação de licores gerados na hidrólise ácida de materiais lignocelulósicos.

A argila bentonita é utilizada como adsorvente em processos de clareamento na indústria têxtil, e também muito utilizada nos processos de remediação de solos. O interesse no uso da argila é justificado pelo seu baixo custo e por sua utilização não agredir o meio ambiente. Além disso, a argila é amplamente explorada e suas reservas são encontradas principalmente no território nacional. Cerca de 62% das reservas nacionais de bentonita, estão localizadas no estado da Paraíba, enquanto que o estado de São Paulo possui cerca de 28%, restando 10% distribuídas em outros estados brasileiros. (ANDRADE, 2003).

Sendo assim, a presente pesquisa teve como objetivo estudar a viabilização do processo de adsorção do furfural, utilizando como adsorvente a argila bentonita, a fim de contribuir com o aumento do rendimento e redução dos custos da produção de bioetanol.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados neste estudo, soluções sintéticas de furfural com 0,1% de concentração e pH=4,3 em álcool etílico 50%, para simular uma condição do licor pré-hidrolisado do bagaço do pedúnculo de caju (*Anacardium Occidentale L.*) através dos hidrolisado ácidos para serem utilizados nas produções de etanol e de xilitol.

## 2.1 Preparo das Soluções Sintéticas

A solução utilizada foi preparada utilizando como base a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). Diluiu-se 1 g de furfural (0,87 mL) a 100 mL de álcool etílico puro, e desta, a solução sintética foi preparada utilizando 1 mL da solução anterior para cada 1000 mL de álcool etílico 50%. (0,01 mg/mL).

## 2.2 Determinação da concentração de furfural

As concentrações de furfural nos ensaios de adsorção foram determinadas pela metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), utilizando análise por espectrofotometria, partindo de uma curva padrão para o cálculo das concentrações a partir das absorbâncias de furfural medidas. O comprimento de onda utilizado para a análise do furfural foi de 520 nm. As amostras analisadas eram previamente preparadas com a adição de ácido acético glacial e anilina pura neón, agitadas e colocadas em banho à 15 °C por 15 minutos.

## 2.3 Ensaios de Adsorção

A argila bentonita foi o adsorvente utilizado nos ensaios de adsorção. Os estudos do processo de adsorção do inibidor furfural foram realizados em batelada, sob condições de temperatura controlada a 30 °C, conduzidos em frascos Erlenmeyers de 500 mL contendo 200 mL da solução mãe preparada a 0,1% de concentração e pH de 4,3.

### 2.3.1 Efeito da Variação da Massa de Adsorvente

Com o objetivo de se analisar a capacidade de adsorção do adsorvente em função de diferentes massas para uma concentração fixa do inibidor, foram realizados ensaios em que se fez variar a massa de argila de 0,5 g a 5,0 g. As amostras foram colocadas em erlenmeyers, sob 30 °C sem agitação, retirando alíquotas de 6 mL em tubos Falcon a cada 5 minutos, até completar o tempo de 30 minutos do processo. A cada alíquota retirada, as amostras eram centrifugadas por 5 minutos à 3600 rpm, onde foram retirados os sobrenadantes e centrifugadas mais uma vez sob as mesmas condições, para que o sólido (adsorvente + inibidor adsorvido) fossem separados da parte líquida. O sobrenadante obtido da centrifugação era levado para ser analisado no espectrofotômetro, a fim de se detectar a concentração final de furfural na solução.

O percentagem de adsorção (remoção) de furfural foi calculado de acordo com a Equação 1:

$$\eta = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

Onde  $\eta$  corresponde ao percentual de adsorção do furfural (%),  $C_0$  é a concentração inicial do furfural na solução ( $\text{mg mL}^{-1}$ ),  $C_e$  é a concentração final do

furfural na solução ( $\text{mg mL}^{-1}$ ) e  $m$  é a quantidade de adsorvente (argila) usada (g).

### **2.3.2 Efeito da Variação do Tempo de Contato – Estudo cinético**

Os parâmetros cinéticos permitem avaliar a natureza das etapas determinantes da velocidade. Calcular e entender os parâmetros cinéticos são importantes em processos de adsorção, pois permite calcular a velocidade de adsorção, além de descrever o tempo necessário para remover os contaminantes, além da quantidade adsorvida do adsorbato e do tempo de residência do mesmo na superfície do sólido.

Para o estudo da cinética de adsorção, fez-se variar o tempo de contato entre a solução mãe de furfural e a argila, conduzidos estaticamente sob temperatura controlada a 30 °C.

Variou-se o tempo num intervalo de 0 a 300 minutos, retirando amostras a cada 60 minutos. Assim, sob as mesmas condições da primeira etapa, o ensaio foi realizado em triplicata, alíquotas de 6 mL foram retiradas em tubos Falcon nos intervalos pré-definidos e centrifugadas a 3600 rpm. Em seguida analisadas no espectrofotômetro para determinação final da concentração do furfural.

## **2.4 Adsorção do inibidor furfural no licor pré- hidrolisado (validação do estudo em solução sintética)**

Pelos ensaios de adsorção, foi utilizada a massa que obteve maior percentual de adsorção dos adsorventes remoção do furfural no licor pré-hidrolisado. Com isso, a massa dos adsorvente foi pesada e colocada em erlenmeyer de 500 mL contendo 200 mL do licor negro. Em seguida, o erlenmeyer foram colocadas em um shaker rotativo a 30 °C com 200 rpm, utilizando um tempo de adsorção de 5 horas. Por fim, a amostra foi centrifugada por 10 minutos a 3600 rpm e colocada em tubos Falcon de 15 mL para futuras análises por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

## **3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Efeito da variação da massa de adsorvente**

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos da variação da quantidade de massa do adsorvente (argila bentonita) no processo de adsorção do furfural, onde pode-se avaliar em qual massa se obtém o maior percentual adsortivo de furfural por cada quantidade de massa de adsorvente para a solução 0,1% de furfural.

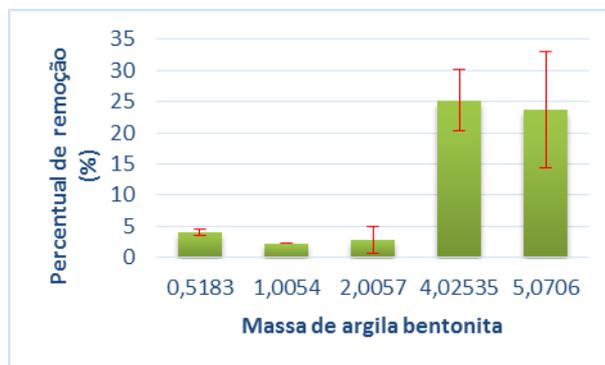


Figura 2- Percentual de remoção de furfural em relação à variação de massa do adsorvente

Observa-se, pela Figura 2, que o percentual de remoção do furfural é maior para maiores massas do adsorvente, obtendo-se a percentagem máxima de remoção aproximadamente de  $25 \pm 4,9\%$  ao utilizar 4,0 g de argila.

Não foi estudado massas acima de 5 g em função da pouca variação entre 4 e 5 g e já observar que a argila estudada como adsorvente não apresenta percentual de adsorção acima de 35%, sendo muito baixo.

### 3.2 Cinética de Adsorção

Foi utilizada uma massa fixa de 4,0 g de argila, selecionada a partir do teste anterior, para que fosse realizado o estudo da cinética de adsorção, analisando amostras retiradas da solução em intervalos de tempo de 30 minutos, durante 5 horas. Os dados experimentais da cinética de adsorção do furfural pela argila bentonita são apresentados na Figura 3.

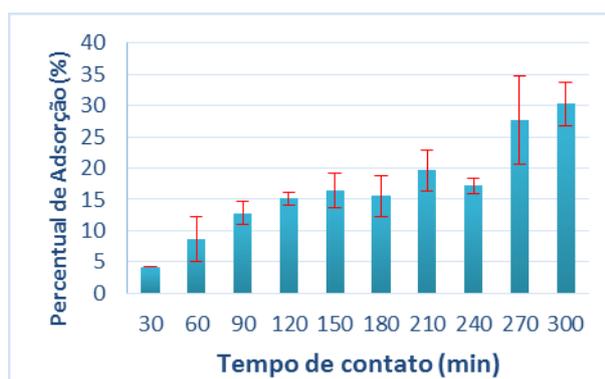


Figura 3 – Cinética de adsorção do furfural pelo argila bentonita

Os resultados da Figura 3 mostram uma baixa remoção de furfural utilizando a argila bentonita como adsorvente, atingindo o máximo de adsorção de apenas  $30,83 \pm 3,32\%$ . Os resultados mostram que, praticamente, foi atingido o equilíbrio cinético, onde verifica-se que, entre os tempos de 270 e 300 minutos, não há variação estatística.

### 3.3 Adsorção do inibidor furfural no licor pré- hidrolisado (validação do estudo em solução sintética)

Após os testes de adsorção na solução sintética, finalmente foi realizado o experimento em uma amostra de licor pré-hidrolisado do bagaço do pedúnculo de caju, previamente caracterizado, afim de se obter respostas sobre a atuação da argila bentonita sobre o furfural presente no licor.

Para este experimento, foi utilizada uma massa de 4,0 g de argila bentonita em 500 mL do licor pré-hidrolisado.

As análises foram feitas em cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), e os resultados obtidos mostraram que a argila bentonita adsorveu aproximadamente  $38,6 \pm 5,0$  % do furfural presente no licor in natura. Este foi um valor relativamente superior, quando comparado com os percentuais de outros componentes adsorvidos da solução, como a glicose e a xilose.

## 4 | CONCLUSÃO

A variação das quantidades de massa do adsorvente utilizada, obteve-se uma taxa baixa de remoção do furfural pelo adsorvente utilizado de aproximadamente  $25 \pm 4,9$ %.

O equilíbrio cinético foi atingido no intervalo de 300 minutos (5 horas), atingindo uma remoção de  $30,83 \pm 3,32$ %.

Utilizando o licor pré-hidrolisado resultou em uma adsorção de  $38,6 \pm 5,0$ % de furfural.

Os resultados apresentados não permitem concluir que o uso da argila bentonita seja tecnicamente viável para adsorção do inibidor furfural, nas condições investigadas, já que os valores dos percentuais de adsorção foram baixos para o processo de adsorção.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. L. A. C. S - **Desenvolvimento de nanocompósitos polipropileno/bentonita através da técnica de intercalação por fusão**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil 2003.

BRASIL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea, São Paulo, SP: INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008.

CARDONA, C.A., SANCHEZ, O.J. **Fuel ethanol production: Process design trends and integratuin opportunities**. Bioresourve Technology. V.98, p. 2415-2457, 2007.

LIMA, F. C. S.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; MUNIZ, M. B.; SANTIAGO, A. M.; SILVA, C. G. **Biotechnological production of xylitol: evaluation of detoxification process with residual lignin using response surface methodology**. Chemical Engineering Transactions, v. 38, p. 415-420, 2014.

LIU, Z. L.; MA, M.; SONG, M. **Evolutionarily engineered ethanologenic yeast detoxifies lignocellulosic biomass conversion inhibitors by reprogrammed pathways.** Mol Genet Genomics [S.l.], v. 282, n. 3, p. 233-44, 2009.

MEDEIROS, L.L. **Ampliação de escala experimental da produção biotecnológica de xilitol a partir do hidrolisado do pedúnculo do caju.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal da Paraíba, 2015.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Carmen Lúcia Voigt:** Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-422-1

