

# 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: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

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

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

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

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

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

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

### **Conselho Técnico Científico**

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

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

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

### **Paulo Henrique Almeida da Hora**

Universidade Estadual de Alagoas, Campus III  
Rodovia AL-115, S/N, Graciliano Ramos – -  
Palmeira dos Índios-AL, Brasil.

Email: paulohenrique@uneal.edu.br

Universidade Federal da Paraíba, Campus I  
Via Expressa Padre Zé, S/N, Castelo Branco – -  
João Pessoa-PB, Brasil

Email: lizandra@hotmail.com

### **Lizandra Fernanda Araújo Campos**

Instituto Federal da Paraíba, Campus João  
Pessoa

Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe – - João  
Pessoa-PB, Brasil

Email: reynaldo.ifpb@hotmail.com

### **Antonio Cícero de Sousa**

Instituto Federal da Paraíba, Campus João  
Pessoa

Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe – - João  
Pessoa-PB, Brasil

Email: reynaldo.ifpb@hotmail.com

### **Gesivaldo Jesus Alves e Figueiredo**

Universidade Federal da Paraíba, Campus I  
Via Expressa Padre Zé, S/N, Castelo Branco – -  
João Pessoa-PB, Brasil

Email: lizandra@hotmail.com

das mais clássicas áreas da adsorção. No que diz respeito aos materiais organofílicos, tal tendência apresenta maior notoriedade devido a gama de novas possibilidades existentes, pois mesmo se usando um mesmo argilomineral como matriz, o fato de existirem inúmeras moléculas orgânicas possíveis de serem introduzidas em sua estrutura e sob diferentes proporções em massa faz com que inúmeros novos materiais possam ser desenvolvidos e aplicados em diferentes segmentos, já que a combinação da matriz inorgânica com a orgânica traz propriedades singulares que tais espécies não possuem individualmente. Neste trabalho é realizada a síntese e a caracterização de uma argila organofílica a partir do argilomineral vermiculita empregado o ácido hexacosanóico como organofilizante e, em seguida, tal material é submetido a ensaios de remoção de Cr(III) sob diferentes condições (tempo, granulometria, fração em massa de organofilizante) para verificar sua capacidade adsorviva de metal.

**PALAVRAS-CHAVE:** síntese; peneira molecular; argila organofílica, adsorção de Cr(III)

## 1 | INTRODUÇÃO

Apesar de existir desde os tempos milenares, nas últimas décadas, os argilominerais vêm

**RESUMO:** O interesse da otimização da superfície dos argilominerais para aplicação em processos industriais e ambientais é uma

sendo vastamente empregados como etapa integrante de sistemas industriais e ambientais, especialmente por conta do baixo custo que tais materiais possuem, além do seu caráter sustentável, por se apresentarem como materiais que são capazes de ser regenerados e reempregados em processos sucessivos. Os argilominerais na sua forma natural são materiais relativamente disponíveis, sendo, inclusive, alguns desses de boa e fácil reprodutibilidade em laboratório e simples regenerações, após uso, fazendo com que esses materiais se sejam bem acessíveis para aplicações industriais, Ainda mais se levarmos em conta à relação custo-benefício e o viés ambiental. (CARVALHO, 2009; ROY et al., 1992).

A bibliografia especializada trata de inúmeras aplicações dos argilominerais, seja em catálise básica e redox de interesse industrial (ZAKZESKI et. al, 2010; ZENG et al, 2008) , como por exemplo, em reações para condensação aldólica, purificação de acetona, alquilação, oxidação, síntese de metanol e síntese de álcoois de cadeia longa (ZENG et. al, 2008; TRONTO, 2006). Como adsorvente há trabalhos de utilização de argilas como removedoras de pesticidas (OTERO, 2012), metais pesados (PAVLOVIC et. al, 2009) , íons aniônicos (YUEYING et. al, 2012) e corantes (ORTHMAN et. al, 2003) por exemplo. Além disso, existem aplicações dos argilominerais como suporte para catalisadores metálicos para reações de redução de espécimes, que faz menções comparando-as aos clássicos suportes de alumina (PALOMARES et. al, 2004). Tais fatores destacam a viabilidade de emprego dos argilominerais em sistemas químicos de interesse industrial. Um fator de grande importância, como já mencionado anteriormente, que evidencia as argilas, é sua capacidade de recuperação e pós-uso. Levando-se em conta a preocupação da geral atual mundial no que diz respeito ao desenvolvimento de materiais ambientalmente corretos, tal características que às argilas possuem as tornam evidentes nesse cenário.

Nesse estudo é efetuada a síntese de uma peneira molecular organofílica a partir de um argilomineral e em seguida tal material é submetido a ensaios cinéticos de remoção de Cr(III) em sistemas de batelada, onde variáveis relativas ao processo são testadas a fim de verificar sua influência na eficiência da adsorção do metal.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Processamento da Argila Vermiculita**

As amostras de argila vermiculita foram cedidas pela Mineração Pedra Lavrada LTDA, situada no município de Santa Luzia, estado da Paraíba.

O argilomineral foi submetido ao processo de cominuição mecânica e classificado de acordo com o tamanho das partículas em escala mesh através de peneiras Tyler (VOGEL, 1989)

## 2.2 Modificação Superficial da Argila Vermiculita

Após cominuída, o argilomineral vermiculita foi submetido ao processo de expansão lamelar por via térmica em forno mufla a 800°C, em seguida esfriada ao ambiente.

No passo seguinte, as amostras do argilomineral vermiculita expandido foram aquecidas a 200°C e, de forma imediata, misturadas sob agitação a uma massa determinada de ácido hexacosanóico e esfriado ao ambiente.

As amostras da argila vermiculita bruta, expandida e organofilizada com 10, 15 e 20% de espécie orgânica em razão da massa foram submetidas à análise por difração de raios x e infravermelho médio.

## 2.3 Ensaios de Eficiência do Adsorvente

As soluções contendo íons Cr(III) apresentaram concentração inicial de 1 g.L<sup>-1</sup>, onde foram empregados 50,0 mL em cada ensaio e 500 mg de adsorvente. Os ensaios foram processados em forma de batelada em uma incubadora-agitadora a 200 rpm, 1 bar e 25 °C.

Os íons Cr<sup>3+</sup> foram analisados na forma de [Cr(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup> em comprimento de onda de 430 nm (COSTA et al., 2010).

Foram efetuados estudos cinéticos relativos à influência do tempo de contato entre as fases (5, 15, 30, 45 e 60 minutos), granulometria (#100 e #200) e fração de organofilizante em massa (10, 15 e 20%). Nos ensaios referentes a influência do tempo foi empregada uma amostra organofílica de granulometria e fração de organofilizante intermediária: #150 a 15%.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A técnica de determinação de Cromo(III) por espectroscopia visível foi validada através de soluções com concentrações de 20, 100, 250, 500 e 1000 mg.L<sup>-1</sup>, com pH=7,0; onde foi detectado que concentrações inferiores a 500 mg.L<sup>-1</sup> não podem ser detectadas através do método descrito. Para efeitos desse trabalho, a técnica se mostrou eficaz, tendo em vista a concentração inicial da solução de Cr(III) empregada (1g.L<sup>-1</sup>), apenas uma remoção de cerca de 500 mg atingiria uma concentração impossível de se determinar. Considerando as massas de adsorvente empregadas no planejamento fatorial teríamos uma capacidade adsortiva hipotética de, no mínimo, 1000 mg.g<sup>-1</sup>, o que, a princípio estaria um pouco fora da realidade para o respectivo material.

Durante o procedimento em que o organofilizante foi colocado em contato com a argila expandida, o material de granulometria menor (#200) apresentou dificuldade na mistura, os grãos muito pequenos ficaram aglutinados fazendo com o material não pudesse entrar em contato uniforme com a espécie orgânica. Para o material de

granulometria maior (#100), tal fato não ocorreu, o organofilizante fluiu tranquilamente pela argila.

Os dados de FTIR (Infravermelho com transformada de Fourier), apresentados na Figura 1, mostram que não há a formação de interação química entre o argilomineral vermiculita e o ácido hexacosanóico, portanto, o organofilizante se associa a vermiculita de forma puramente física. Os espectros dos materiais organofilizados apresentam bandas de absorção em número de onda 2840-2930  $\text{cm}^{-1}$  são referentes a ligações  $-\text{CH}_2-$  existentes na cadeia carbônica do organofilizante. Tanto a amostra bruta, expandida e organofilizada apresentaram bandas na região de 3400  $\text{cm}^{-1}$  que são referentes a deformação simétrica existente na ligação H-O em moléculas de água. Tal fato indica que os materiais, embora organofilizados, não adquiriram hidrofobicidade.

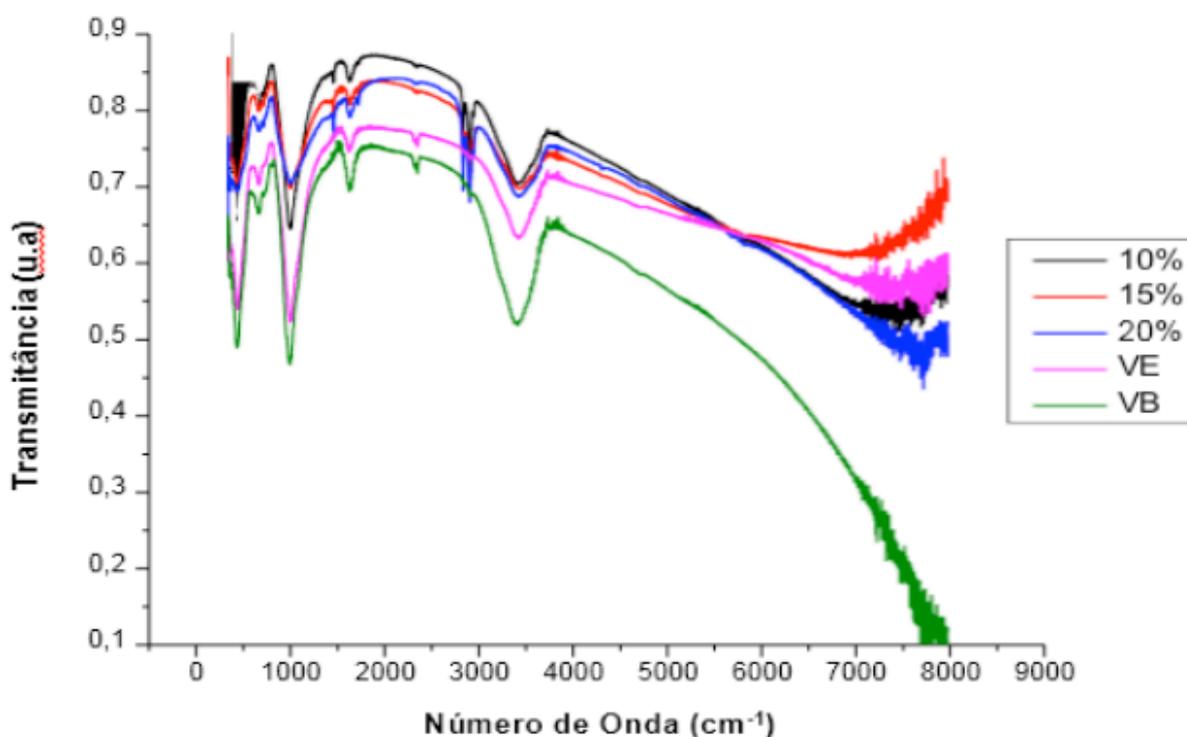


Figura 1. Espectros FTIR para as amostras bruta, expandida e organofilizada a 10%, 20% e 15% em massa

Os dados ilustrados na Figura 2 e indicam que a amostra bruta apresenta grau elevada pureza, visto que em manuais de cristalografia (BARTHELMY, 2014) é atribuída uma distância interplanar de 14,15 Å ao argilomineral vermiculita. Os dados que levam em conta a amostra expandida e as organofilizadas mostram que o organofilizante foi inserido com sucesso entre as lamelas do material, tal fato é decorrente do aumento da distância interplanar de 9,82 para aproximadamente 14,0 angstroms. Além disso, a distância interplanar das amostras organofilizadas se mostra característica do arranjo em monocamada, como descrito por Paiva et al. (2008), ou seja, no interior das lamelas do argilomineral, as moléculas de organofilizante formam uma camada única.

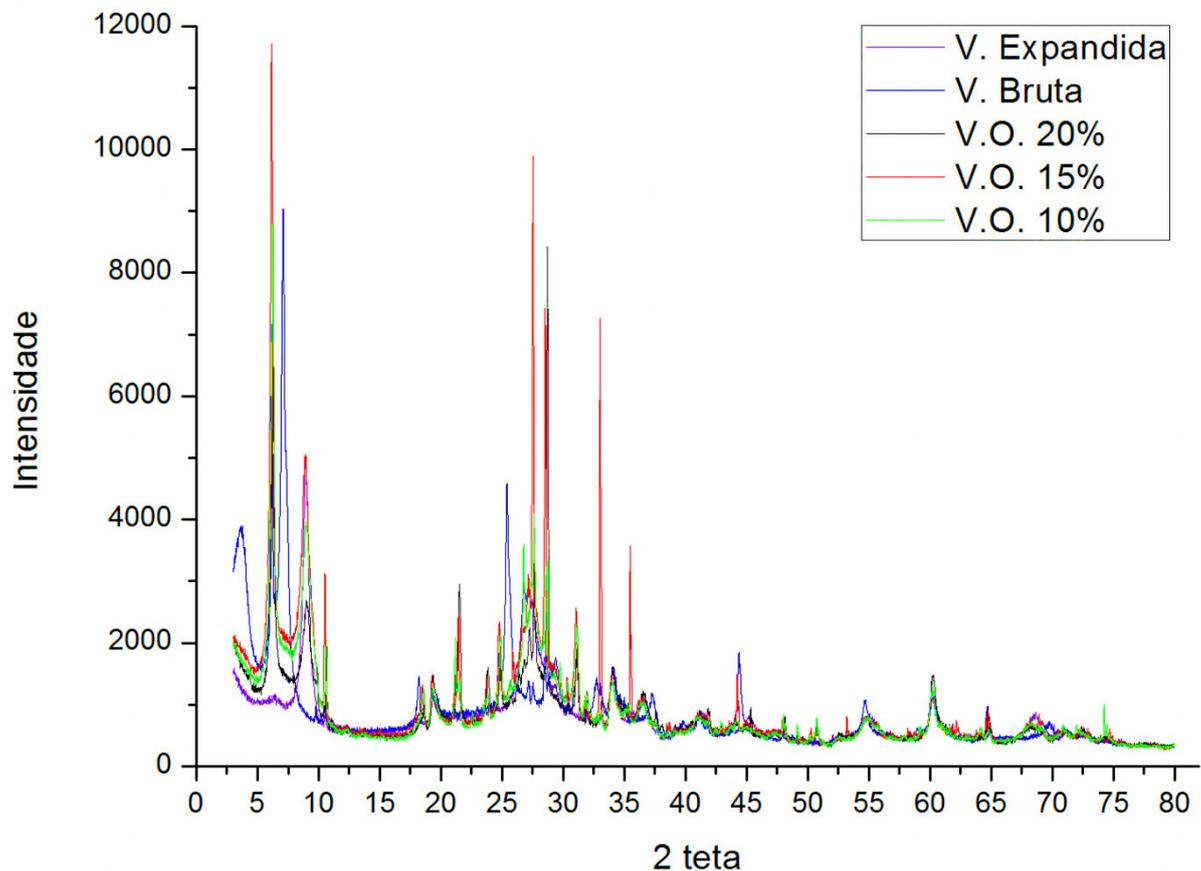


Figura 2 – Difratomogramas de Raios X para as amostras bruta, expandida e organofilizada a 10%, 20% e 15% em massa

A Figura 3 ilustra os resultados de remoção de  $\text{Cr}^{3+}$  pelo argilomineral organofílico obtido nesse estudo. Tais dados revelam ainda que o máximo de potencial adsorptivo do material foi adquirido em um intervalo de tempo relativamente pequeno (15 minutos de contato entre as fases).

Os dados de remoção de íons cromo(III) variando características do adsorvente (organofilizante e granulometria), mostraram os mesmos resultados obtidos nos demais ensaios anteriores: o aumento da quantidade de organofilizante causa um acréscimo no potencial adsorptivo, indicando que a espécie orgânica cria mais sítios de adsorção, bem como o efeito da granulometria na obtenção de um material mais homogêneo potencializa também a eficiência do processo de adsorção, em face a um material de maior área específica, mas heterogêneo. Neste ensaio, o tempo de contato entre as fases foi de 15 minutos.

A Figura 4 mostra os efeito que a modificação de determinadas características promove na capacidade adsorptiva de íons Cromo(III) em solução aquosa do material final.

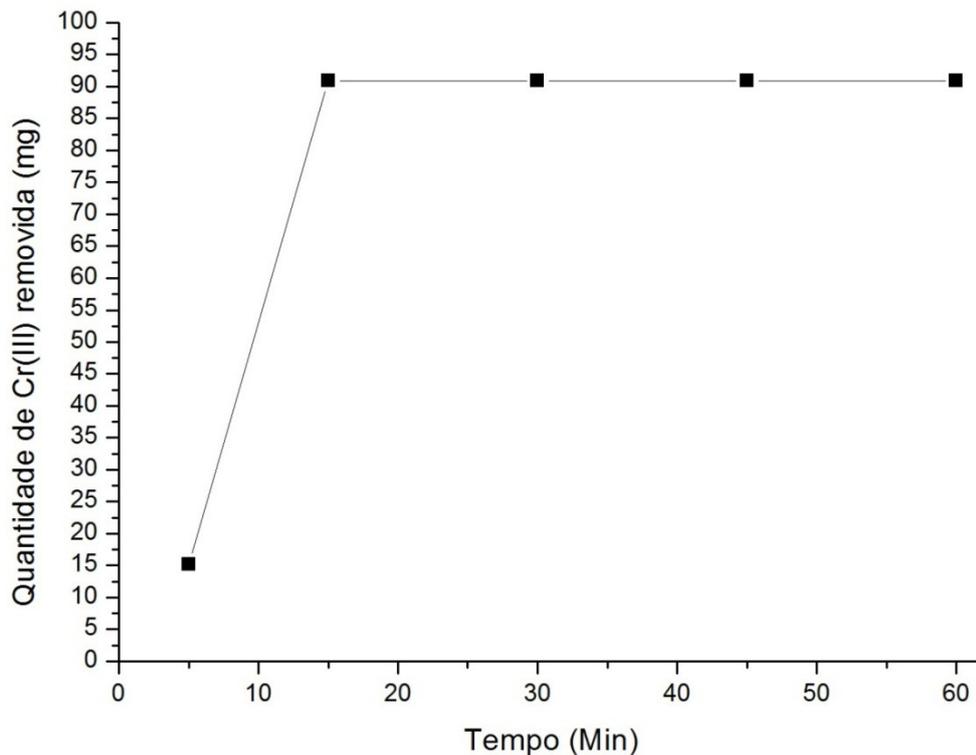


Figura 3 – Quantidade de Cr(III) removida em diferentes intervalos de tempo pelo adsorvente organofílico #150 a 15%

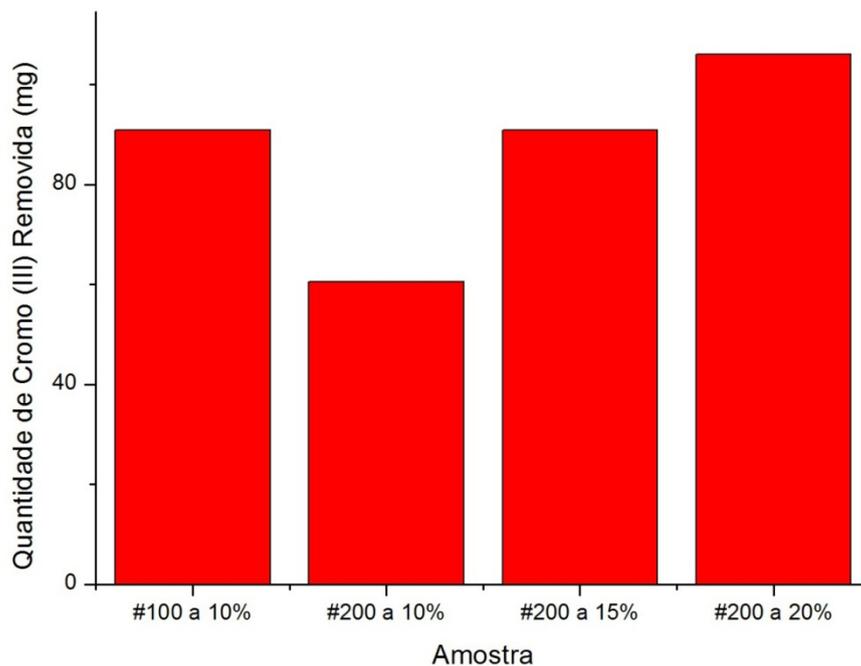


Figura4 – Dados de remoção de Cromo(III) em Virtude de Determinadas Características do Adsorvente (tempo = 15 minutos)

#### 4 | CONCLUSÕES

Os dados de difração de raios-X comprovam o fato de que o organofilizante foi inserido com sucesso entre as lamelas do argilomineral, adquirindo, de acordo

com a literatura especializada, baseado no acréscimo de espaçamento basal, uma organização em monocamada.

Contudo, os dados de FTIR indicam que a interação entre o argilomineral e a espécie orgânica foi de caráter secundário (forças intermoleculares), porém o material não se tornou hidrofóbico.

Os ensaios de adsorção comprovaram que o material obtido apresenta promissora capacidade adsorviva de íons Cr(III), indicando que o aumento na quantidade de organofilizante atua diretamente na otimização do processo de adsorção, evidenciando que o organofilizante cria sítios de adsorção em regiões da superfície do argilomineral onde não existia essa capacidade.

## REFERÊNCIAS

BARTHELMY, D. Mineralogy data base: vermiculite. Disponível em: <http://www.handbookofmineralogy.com/pdfs/vermiculite.pdf>. Acesso em Setembro de 2017.

CARVALHO, S. S. Síntese, Caracterização e Aplicação de Argilas Aniônicas do Tipo Hidrotalcita. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2009.

COSTA, L. S.; PEREIRA, F. R.S.; FARIAS, R.F. ;PEREIRA,F. C.Eclet. Quím,V..35, n.3, São Paulo Sept. 2010

ORTHMAN, J. H.; ZHU, Y.; LU, G. Q.; Separation and Purification Technology, n.31, pag.53, 2003.

OTERO, R.; FERNÁNDEZ, J.M.; ULIBARRI, M.A.; CELIS, R.; BRUNA, F.; Applied Clay Science, n. 72, pag. 65, 2012.

PAIVA, L. B.; MORALES, A. R.;DÍAZ, F. R. V., Cerâmica, 54, p. 213, 2008

PALOMARES, A. E.; PRATO, J. G. ; REY, F.; CORMA, A.; Jornal of Catalysis, n. 221, pág. 62, 2004.

PAVLOVIC, I.; PÉREZ, M.R.; BARRIGA,C.; ULIBARRI, M.A.; Applied Clay Science, n. 43, pag. 125, 2009.

ROY, A.; FORANO, C.; EL MALKI, K.; BESSE, J.P.. In: OCELLI, M.L.; Robson, H.E, Expanded Clays and Other Microporous Solids. Van Nostrand Reinhold: New York, 1992.

TRONTO, J; Síntese, Caracterização e Estudo das Propriedades de Hidróxidos Duplos Lamelares Intercalados com Polímeros Condutores. Tese de Doutorado, Programa de Pós- Graduação em Química, Universidade de São Paulo, São Paulo –SP, 2006.

VOGEL, A.I. Química Analítica Qualitativa. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

YUEYING, W.; YING, Y.; ZHOU, J.Z.; LIU, J.; CHI, Y. Z.; XU, P.; QIAN, G.; Chemical Engineering Journal, n. 72, pág.179, 2012.

ZAKZESKI, J.; BRUIJNINCX, P.C.A.; JONGERIUS, A.L.; WECKHUYSEN, B.; Chemical Reviews, n. 110, pág. 3552, 2010.

ZENG, H.; FENG, Z.; DENG, X.; LI, Y.; Fuel, n. 87, pág.3071, 2008.

## **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

