

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
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
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
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, TERMOMECÂNICAS, 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

CAPÍTULO 11	93
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>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240611	
CAPÍTULO 12	105
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>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240612	
CAPÍTULO 13	117
ADSORÇÃO DE CO ₂ 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>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240613	
CAPÍTULO 14	132
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>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240614	
CAPÍTULO 15	140
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>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240615	

CAPÍTULO 16 147

CINÉTICA E MODELAGEM DA CAPTURA DE CO₂ 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

CAPÍTULO 27	267
PRINCÍPIOS BÁSICOS DA ESTIMATIVA DE INCERTEZA APLICADOS À MEDIÇÃO DE GRANDEZAS QUÍMICAS	
<i>Cassiano Lino dos Santos Costa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240627	
CAPÍTULO 28	282
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>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240628	
SOBRE A ORGANIZADORA	292

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

Giovani Santana Silva

Departamento de Engenharia Química –
Universidade de São Paulo
Lorena – SP

Ângelo Capri Neto

Departamento de Engenharia Química –
Universidade de São Paulo
Lorena – SP

Maria da Rosa Capri

Departamento de Engenharia Química –
Universidade de São Paulo
Lorena – SP

RESUMO: Neste trabalho investigamos a capacidade da casca de banana nanica de biossorver íons Cr(VI) de soluções aquosas, sob a influência dos seguintes parâmetros: pH, velocidade de agitação, massa de casca, tempo de contato e concentração de Cr(VI). As cascas foram lavadas com água, secas em estufa, trituradas e peneiradas. A melhor condição para a biossorção foi alcançada em pH 2,5, agitação a 400 rpm e 6 g L⁻¹ de casca de banana. O tempo de equilíbrio foi de 180 min. A biossorção seguiu uma cinética de pseudo-segunda ordem. Os dados de equilíbrio se ajustaram bem à isoterma de Langmuir. A capacidade máxima de biossorção de Cr pela casca de banana nanica foi estimada pelo modelo de Langmuir igual a 12,02 mg g⁻¹. A remoção de Cr(VI) foi calculada

pela determinação do Cr total das soluções antes e depois do contato com a casca de banana por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES).

PALAVRAS-CHAVE: biossorção; Cr(VI); casca de banana nanica.

ABSTRACT: This work is aimed to investigate the Cr(VI) removal from aqueous solutions using banana nanica peel as biosorbent material. The effect of the physico-chemical parameters like pH, stirring rate, biosorbent mass, contact time and Cr(VI) concentration were studied. The peels were washed with water, dried in the oven, crushed and sifted. The optimum pH for biosorption of Cr (VI) was found to be 2,5 and the agitation speed of 400 rpm gave the best result. Optimum biosorbent dosage was observed as 6 g L⁻¹. The equilibrium time was 180 min. The biosorption followed the pseudo-second-order kinetic model. The Langmuir isotherm was found to represent the measured sorption data well. The adsorption maximum capacity estimated from Langmuir model was found to be 12,02 mg g⁻¹. The Cr(VI) removal was calculated by the determination of total chromium content in the solutions (before and after the contact with the sorbent) by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES).

KEYWORDS: biosorption; Cr(VI); banana nanica peel.

1 | INTRODUÇÃO

Os compostos de Cr(VI) são amplamente utilizados na indústria química, principalmente no curtimento do couro, no tingimento têxtil, no acabamento de superfícies metálicas e na preservação da madeira. No entanto, em contraste à sua importância industrial, o Cr(VI) é uma espécie reconhecidamente tóxica, tanto para plantas (SHANKER et al., 2005) como para animais (GAD, 1989).

Em humanos, a inalação de compostos de Cr(VI) pode estar associada ao aparecimento de câncer de pulmão, a exposição cutânea pode levar a reações alérgicas, dermatites, corrosão dérmica, e sua ingestão oral pode causar queimaduras da cavidade bucal e da traqueia, problemas renais, dentre outros (GAD, 1989).

Convencionalmente, a remoção de Cr(VI) de efluentes e de águas residuais compreende as seguintes etapas: redução do Cr(VI) a Cr(III), precipitação do Cr(III) na forma de hidróxido, coagulação de partículas do precipitado e sedimentação ou filtração do precipitado (MCNEILL et al., 2012).

Uma das principais desvantagens do procedimento anterior consiste na geração de um resíduo que exige condições criteriosas de disposição, a fim de que os íons precipitados não sejam lixiviados. Além disso, pode ser difícil alcançar as concentrações requeridas para descarte, cujos valores são de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ para o Cr(III) e $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ para o Cr(VI) em efluentes (CONAMA, 2011).

As limitações encontradas no uso da precipitação química têm levado à aplicação de outras técnicas no tratamento de efluentes, dentre as quais, a biossorção tem recebido grande atenção.

A biossorção consiste na retenção de poluentes em solução, tanto inorgânicos (os íons de Cr, por exemplo) como orgânicos, por materiais naturais (biomassa vegetal ou animal, microrganismos vivos ou mortos) ou derivados de fontes naturais, através de mecanismos que podem envolver absorção, adsorção, troca iônica, complexação superficial e precipitação (GADD, 2009).

O uso de biossorventes em substituição aos adsorventes tradicionais (o carvão ativado, por exemplo) deve-se principalmente à abundância, ao baixo custo e à capacidade de sorção apresentados por certos tipos de biomassa, por exemplo, as algas (DAVIS et al., 2003).

No caso do Brasil, um tipo de biomassa abundante são os resíduos de fruta, com destaque para as cascas de banana, pois a banana é a segunda fruta mais produzida no país, ficando atrás apenas da laranja (SEAB/DERAL, 2015). Entretanto, apesar da grande quantidade, estas cascas têm poucas aplicações, sendo utilizadas principalmente, como um complemento na alimentação animal, mas este uso ainda é incipiente.

Portanto, levando em consideração a abundância e o baixo custo da banana no Brasil e a elevada toxicidade dos íons Cr(VI), neste trabalho investigamos o uso da casca de banana nanica na biossorção desses íons em solução aquosa.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Tratamento das Cascas de Banana

As cascas de banana nanica foram submetidas ao seguinte tratamento: lavagem com água de torneira e água destilada, secagem em estufa a 60°C durante 10 h, trituração em processador de alimentos, trituração em liquidificador e peneiramento a 35 mesh. Em seguida, as cascas tratadas foram armazenadas em frasco fechado, em local seco, ao abrigo do calor e da luz. Todos os experimentos de bioissorção foram realizados utilizando este material como bioissorvente.

As bananas nanicas utilizadas foram compradas em um supermercado da cidade de Lorena-SP.

2.2 Estudo da Bioissorção de Íons Cr(VI)

Os experimentos de bioissorção foram realizados em triplicata, à temperatura ambiente, variando apenas um parâmetro experimental enquanto os demais foram mantidos constantes, conforme o procedimento a seguir:

2.2.1. Influência do pH: Soluções de $K_2Cr_2O_7$ contendo cerca de 50 mg L⁻¹ de Cr(VI) foram preparadas em pH 1,0; 2,0; 2,5; 3,5 e 5,0 e agitadas a 300 rpm com 0,2 g de casca de banana durante 120 min. Em seguida, as misturas foram filtradas para a quantificação do Cr das soluções.

2.2.2. Influência da velocidade de agitação: Soluções de $K_2Cr_2O_7$ contendo cerca de 50 mg L⁻¹ de Cr(VI) foram preparadas no pH anteriormente estabelecido e agitadas com 0,2 g de casca de banana durante 120 min a 300, 400, 500, 600 e 1000 rpm. Em seguida, as misturas foram filtradas para a determinação do Cr das soluções.

2.2.3. Influência da massa de casca de banana: No pH e na velocidade de agitação estabelecidos anteriormente, soluções de $K_2Cr_2O_7$ contendo cerca de 50 mg L⁻¹ de Cr(VI) foram agitadas com 0,2; 0,3; 0,5; 1,0 e 1,5 g de casca de banana durante 120 min. Em seguida, as misturas foram filtradas e o Cr total das soluções foi quantificado.

2.2.4. Determinação do tempo de equilíbrio: Soluções de $K_2Cr_2O_7$ contendo 215 mg L⁻¹ de Cr(VI) foram agitadas com a casca durante diferentes intervalos de tempo, sob a melhor condição alcançada de pH, velocidade de agitação e massa de bioissorvente. Em seguida, as misturas foram filtradas para a determinação do Cr restante nas soluções.

2.2.5. Influência da concentração de Cr(VI): Soluções contendo 18, 27, 70, 94, 146 e 194 mg L⁻¹ de Cr(VI) foram agitadas com a casca de banana durante o tempo de equilíbrio, sob a melhor condição encontrada. Em seguida, as misturas foram filtradas para a determinação do Cr restante nas soluções.

Todas as soluções de Cr(VI) foram preparadas dissolvendo o sal $K_2Cr_2O_7$ PA-ACS (Vetec) em solução ácida no pH de interesse ajustado com H_2SO_4 PA-ACS (Synth). O volume das soluções de Cr(VI) agitadas com a casca de banana foi de 50 mL em

todos os ensaios. Os testes estatísticos de Kruskal-Wallis foram realizados utilizando o software BioEstat 5.0.

2.3 Determinação do Cr Biossorvido

A remoção de Cr(VI) foi calculada pela determinação do Cr total das soluções antes e depois do contato com a casca de banana por ICP OES (Perkin-Elmer, Optima 8000), de acordo com a equação 01:

$$\% = 100 \frac{C_i - C_f}{C_i} \quad (01)$$

Nesta equação, C_i e C_f são as concentrações de Cr (mg L^{-1}) antes e depois do contato entre as soluções e a casca, respectivamente.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Influência do pH

A Figura 1 mostra a porcentagem de biossorção de Cr obtida em função do pH inicial da solução. É possível observar que os íons Cr(VI) são preferencialmente adsorvidos em meio ácido, com biossorção máxima de 60,8% em pH 2,5. Assim como a remoção máxima de Cr, a capacidade máxima de biossorção de $6,18 \text{ mg g}^{-1}$, calculada utilizando a equação (02), também foi obtida em pH 2,5.

$$q \text{ (mg Cr/g casca)} = V \frac{C_i - C_f}{m} \quad (02)$$

Nesta equação, C_i e C_f são respectivamente, as concentrações de Cr (mg L^{-1}) antes e depois do contato da casca com as soluções, m é a massa de casca de banana ($m = 0,2 \text{ g}$), V é o volume da solução ($V = 0,050 \text{ L}$) e q é a capacidade de biossorção de Cr (mg g^{-1}).

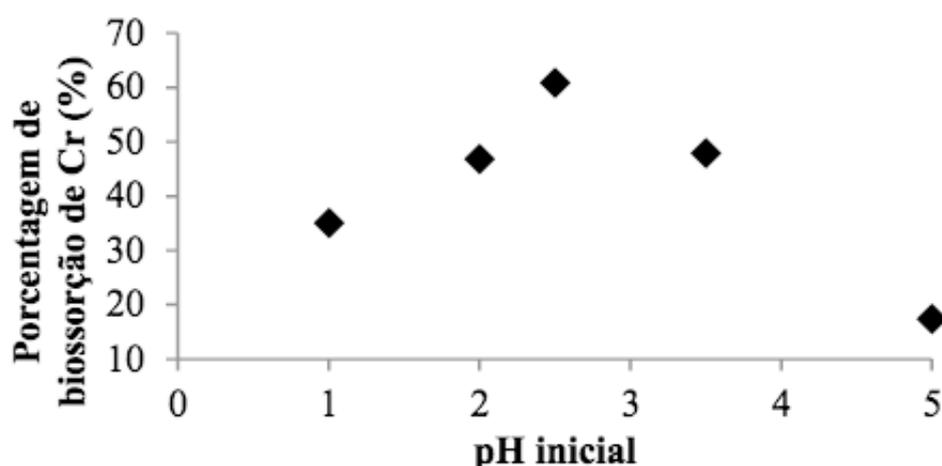


Figura 1. Porcentagem de biossorção de Cr em função do pH inicial da solução. Concentração inicial de Cr(VI) de 45 mg L^{-1} , 0,2 g de casca, agitação a 300 rpm durante 120 min.

O pH é um dos parâmetros mais influentes na adsorção de íons metálicos, em virtude do seu efeito sobre a carga superficial do sólido adsorvente. Em meio ácido, a superfície do bioissorvente é protonada, apresentando então, uma tendência de atrair ânions. Logo, os íons Cr(VI) são atraídos pela superfície da casca, e conseqüentemente, são bioissorvidos (PARK et al., 2006; YANG; CHEN, 2008).

As espécies de Cr(VI) bioissorvidas pela casca de banana são principalmente os íons HCrO_4^- , uma vez que, em soluções ácidas contendo cerca de 50 mg L^{-1} de Cr(VI), como as utilizadas no estudo deste parâmetro, estes íons predominam sobre as demais espécies deste elemento, tais como o $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ e o CrO_4^{2-} (KOTAS'; STASICKA, 2000).

É importante destacar que a remoção de íons Cr(VI) de soluções aquosas por materiais naturais pode envolver, além da bioissorção dessas espécies, a biorredução delas a íons Cr(III), que também são captados pela biomassa (PARK et al., 2006; YANG; CHEN, 2008). Inclusive, a biorredução do Cr(VI) também foi verificada na presença da casca de banana nanica (SILVA et al., 2013), mas não foi estudada aqui.

Acima de pH igual a 2,5, a adsorção diminui bruscamente. Uma vez que a adsorção é favorecida em meio ácido, é natural que, aumentando-se o pH, ela seja reduzida. Em meio alcalino, os íons OH^- podem inibir a bioissorção dos íons Cr(VI), reduzindo a sua remoção pela casca. No entanto, nas condições de pH estudadas neste trabalho, não é provável que esta inibição tenha ocorrido, pois o maior pH estudado foi igual a 5,0.

Soluções de H_2SO_4 preparadas nos cinco pH estudados foram agitadas com a casca de banana nas mesmas condições que as soluções de Cr(VI). Os filtrados obtidos foram utilizados como soluções branco. A análise de Cr destes filtrados por ICP OES resultou em sinais abaixo do limite de detecção (cerca de $10 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$). Isso mostra que não há Cr presente na casca antes da bioissorção que interfira nos resultados apresentados neste trabalho, pois em todas as quantificações, a concentração de Cr foi da ordem de mg L^{-1} .

Uma vez que a remoção máxima e a capacidade de bioissorção máxima ocorreram em pH 2,5, os testes subsequentes foram realizados neste valor de pH.

3.2 Influência da Velocidade de Agitação

A Figura 2 mostra a capacidade de bioissorção de Cr em função da velocidade de agitação. A aplicação do teste H de Kruskal-Wallis aos dados extraídos da figura mostra que não há diferença significativa entre eles ($H = 5,2437$, $p\text{-valor} = 0,2632$), ou seja, no intervalo estudado, a velocidade de agitação não influencia significativamente na capacidade de bioissorção.

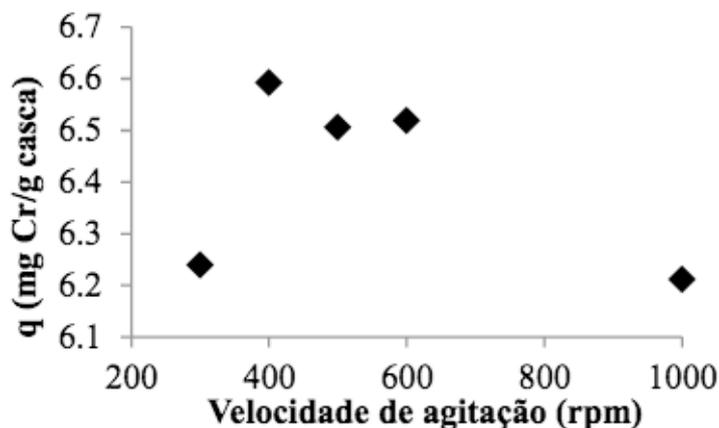


Figura 2. Capacidade de biossorção de Cr em função da velocidade de agitação. Concentração inicial de Cr(VI) de 50 mg L^{-1} , pH 2,5, 0,2 g de casca, agitação durante 120 min.

Embora os dados sejam estatisticamente semelhantes, a capacidade máxima ocorreu em 400 rpm. Então, este valor de velocidade foi utilizado para prosseguir o desenvolvimento do trabalho.

3.3 Influência da Massa de Casca de Banana

A Figura 3 mostra as porcentagens de biossorção de Cr obtidas ao variar a massa de casca de banana em um volume de solução de 50 mL. A porcentagem de biossorção máxima de 67,5 % ocorreu quando a massa de casca foi de 0,5 g (10 g L^{-1} de casca).

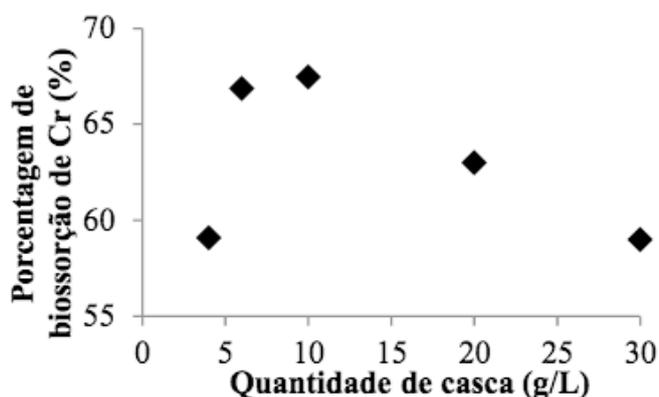


Figura 3. Porcentagem de biossorção de Cr em função da quantidade de casca de banana. Concentração inicial de Cr(VI) de 47 mg L^{-1} , pH 2,5, agitação a 400 rpm durante 120 min.

O aumento da remoção de Cr da solução que ocorreu com o aumento da massa de casca de 0,2 g (4 g L^{-1}) a 0,5 g (10 g L^{-1}) deve-se ao aumento da área superficial disponível para a biossorção. Por outro lado, o oposto ocorreu a partir da massa de 0,5 g. A diminuição da porcentagem de biossorção observada utilizando-se 1,0 g (20 g L^{-1}) e 1,5 g (30 g L^{-1}) de casca pode ser explicada pela menor disponibilidade dos sítios biossorbentes, em virtude da sua sobreposição ou agregação, levando a uma área superficial efetiva menor (KOSTIĆ et al., 2014; SELATNIA et al., 2004).

Embora a porcentagem de bioissorção máxima tenha ocorrido para 0,5 g de casca, usando-se 0,3 g de casca obtém-se praticamente o mesmo resultado (0,5 g: 67,5 %; 0,3 g: 66,9 %). Além disso, estes resultados não diferem significativamente ($H = 0,0476$, $p\text{-valor} = 0,8273$).

Em outras palavras, é preferível em vez de usar 10 g L^{-1} de casca, usar 6 g L^{-1} , e mesmo assim, obter uma remoção de Cr bem próxima da esperada para 10 g L^{-1} . Em grande escala, este critério de seleção é muito importante na etapa de filtração, realizada após o contato do adsorvente com a solução contaminada, pois o uso de menos adsorvente implica em um tempo de filtração menor.

Então, os experimentos subsequentes foram realizados utilizando massa de casca igual a 0,3 g.

3.4 Determinação do Tempo de Equilíbrio e Avaliação Cinética

A influência do tempo de contato na bioissorção de Cr está representada nas Figuras 4 e 5. O comportamento assintótico das curvas indica a evolução do sistema para o equilíbrio. Ambos os gráficos mostram que a diferença entre os resultados encontrados nos tempos de 150 e 180 min é muito pequena, indicando que o equilíbrio foi alcançado em 180 min de agitação. A remoção e a capacidade de bioissorção de Cr no equilíbrio foram de 29,9 % e $10,51 \text{ mg g}^{-1}$, respectivamente.

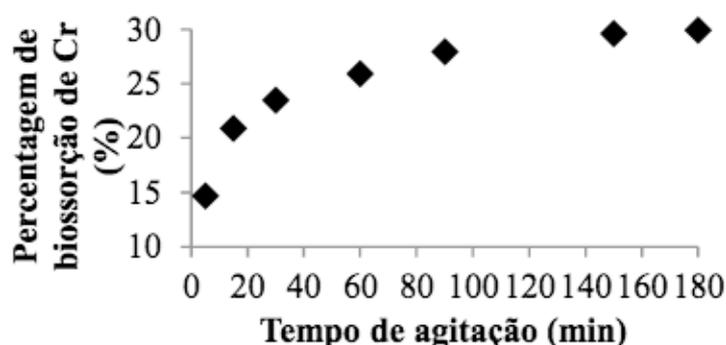


Figura 4. Porcentagem de bioissorção de Cr em função do tempo de contato. Concentração inicial de Cr(VI) de $214,8 \text{ mg L}^{-1}$, pH 2,5, 0,3 g de casca, agitação a 400 rpm.

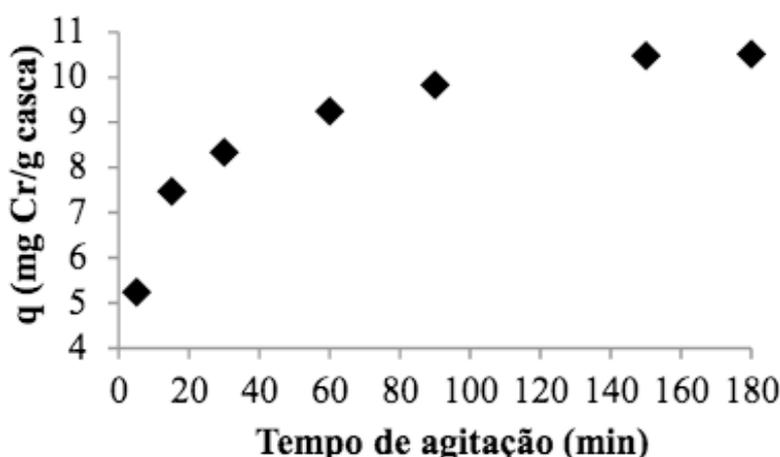


Figura 5. Capacidade de bioissorção de Cr em função do tempo de agitação. Concentração inicial de Cr(VI) de $214,8 \text{ mg L}^{-1}$, pH 2,5, 0,3 g de casca, agitação a 400 rpm.

O perfil apresentado pelas curvas indica que a taxa de biossorção diminui com o tempo. Isto pode ser verificado comparando o aumento acentuado da biossorção de 0 para 25,9 % nos primeiros 60 minutos de contato com o leve incremento de 25,9 para 29,9 % nos 120 min subsequentes.

Os modelos de pseudo-primeira ordem de Lagergren (1898¹ apud MICHALAK et al., 2013, p. 1398) (equação 03) e pseudo-segunda ordem de Ho et al. (1996² apud MICHALAK et al., 2013, p. 1398) (equação 04), cujas equações linearizadas são mostradas a seguir, foram utilizados na avaliação cinética do processo biossortivo.

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1 t}{2,303} \quad (03)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (04)$$

Nestas equações, k_1 (min⁻¹) e k_2 (g mg⁻¹min⁻¹) são as constantes de taxa da biossorção e q_e (mg g⁻¹) e q_t (mg g⁻¹) são as capacidades de biossorção de Cr no equilíbrio e em um tempo t (min) qualquer, respectivamente. Os parâmetros q_e , k_1 e k_2 foram obtidos pela regressão linear dos dados experimentais da Figura 5 e estão representados na Tabela 1.

Parâmetros	Pseudo-primeira ordem	Pseudo-segunda ordem
q_e (mg g ⁻¹)	6,72	10,94
k_1 (min ⁻¹)	0,0329	-
k_2 (g mg ⁻¹ min ⁻¹)	-	0,0112
R^2	0,9485	0,9991

Tabela 1. Parâmetros cinéticos obtidos a partir dos modelos de Lagergren e de Ho et al.

A Figura 6 mostra que o ajuste obtido empregando o modelo de pseudo-primeira ordem não foi satisfatório ($R^2 = 0,9485$). No entanto, os dados experimentais se ajustaram bem ao modelo de pseudo-segunda ordem ($R^2 = 0,9991$) (Figura 7). Além disso, a capacidade de biossorção de equilíbrio prevista por este modelo ($q_e = 10,94$ mg g⁻¹) está próxima do resultado estimado experimentalmente ($q_e = 10,51$ mg g⁻¹).

1 LAGERGREN, S. About the theory of so-called adsorption of soluble substances. **Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens. Handlingar**, v. 24, n. 4, p. 1-39, 1898.

2 HO, Y. S.; WASE, D. A. J.; FORSTER, C. F. Kinetic studies of competitive heavy metal adsorption by sphagnum moss peat. **Environmental Technology**, v. 17, p. 71-77, 1996.

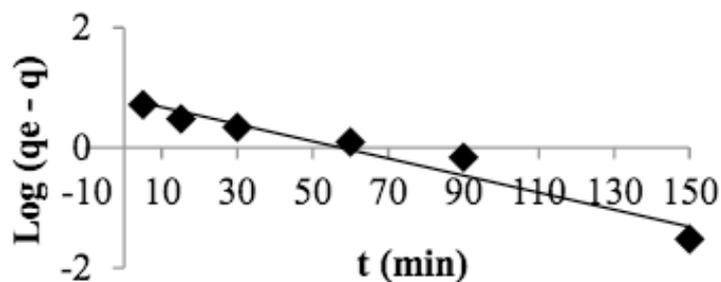


Figura 6. Ajuste dos dados cinéticos ao modelo de pseudo-primeira ordem de Lagergren.

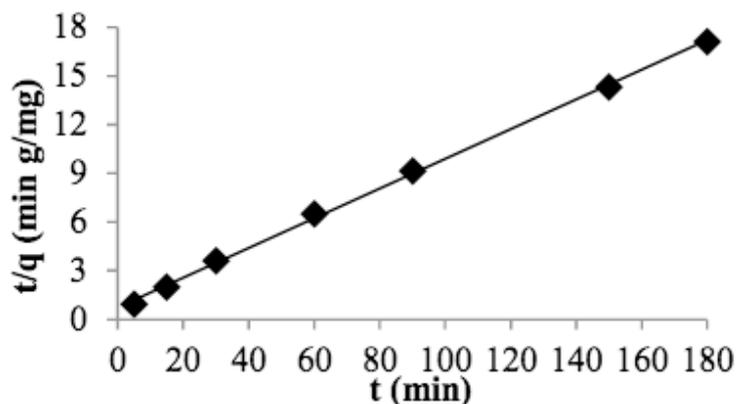


Figura 7. Ajuste dos dados cinéticos ao modelo de pseudo-segunda ordem de Ho et al.

Os modelos de pseudo-ordem supõem que a taxa de adsorção é diretamente proporcional a n-ésima potência do número de sítios ativos livres disponíveis para a ligação (MICHALAK et al., 2013). Os resultados anteriores sugerem, portanto, que nas condições estudadas neste trabalho, a potência pode ser considerada igual a 2. Então, a taxa de bioadsorção de Cr pela casca de banana nanica pode ser escrita como:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (05)$$

3.5 Influência da Concentração de Cr(VI)

As capacidades de bioadsorção obtidas agitando-se soluções contendo 17,90 a 194,8 mgL⁻¹ de Cr(VI) com a casca de banana sob a melhor condição encontrada durante o tempo de equilíbrio de 180 min estão representadas na Figura 8. O perfil da curva e a sua tendência em atingir um patamar para elevadas concentrações de Cr indicam que os sítios ativos da casca caminham para a saturação.

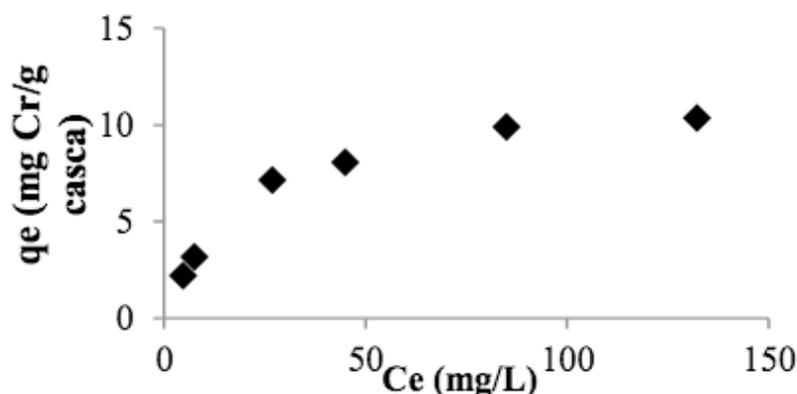


Figura 8. Isotherma de equilíbrio da bioadsorção de Cr pela casca de banana nanica. pH 2,5, 0,3 g de casca, agitação a 400 rpm por 180 min.

Os modelos de Langmuir (1916³ apud MICHALAK et al., 2013, p. 1399) (equação 06) e Freundlich (1906⁴ apud MICHALAK et al., 2013, p. 1399) (equação 07), amplamente usados no estudo do equilíbrio da adsorção de íons metálicos, foram empregados para a avaliação da isoterma obtida, utilizando-se as seguintes equações linearizadas:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{max}b} + \frac{C_e}{q_{max}} \quad (06)$$

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{\ln C_e}{n_F} \quad (07)$$

Nestas equações, C_e (mg L^{-1}) e q_e (mg g^{-1}) são a concentração de Cr e a capacidade de bioadsorção de Cr no equilíbrio, respectivamente, q_{max} (mg g^{-1}) é a capacidade de bioadsorção máxima da casca, b (L mg^{-1}) é a constante de equilíbrio de Langmuir, e K_F ($\text{mg g}^{-1}(\text{L mg}^{-1})^{1/n_F}$) e n_F são a constante e o expoente de Freundlich, respectivamente. Os parâmetros q_{max} , b , K_F e n_F foram obtidos pela regressão linear dos resultados experimentais da Figura 8 e estão representados na Tabela 2.

Parâmetros	Langmuir	Freundlich
q_{max} (mg g^{-1})	12,02	-
b (L mg^{-1})	0,0497	-
K_F ($\text{mg g}^{-1}(\text{L mg}^{-1})^{1/n_F}$)	-	1,22
n_F	-	2,12
R^2	0,999	0,9515

Tabela 2. Parâmetros de equilíbrio obtidos a partir dos modelos de Langmuir e de Freundlich

3 LANGMUIR, I. The Constitution and Fundamental Properties of Solids and Liquids. **Journal of the American Chemical Society**, v. 38, p. 2221-2295, 1916.

4 FREUNDLICH, H. M. F. Über die adsorption in lösungen. **Zeitschrift für Physikalische Chemie**, v. 57, p. 385-470, 1906.

O modelo de Freundlich descreve a adsorção em superfícies heterogêneas, ou seja, superfícies que possuem sítios de adsorção com diferentes afinidades pela espécie adsorvida. Por outro lado, Langmuir considera que os sítios de adsorção têm a mesma afinidade pelo adsorvato (GADD, 2009).

Comparando as Figuras 9 e 10, fica claro que os dados de equilíbrio se ajustaram melhor ao modelo de Langmuir ($R^2 = 0,999$), em comparação ao modelo de Freundlich ($R^2 = 0,9515$).

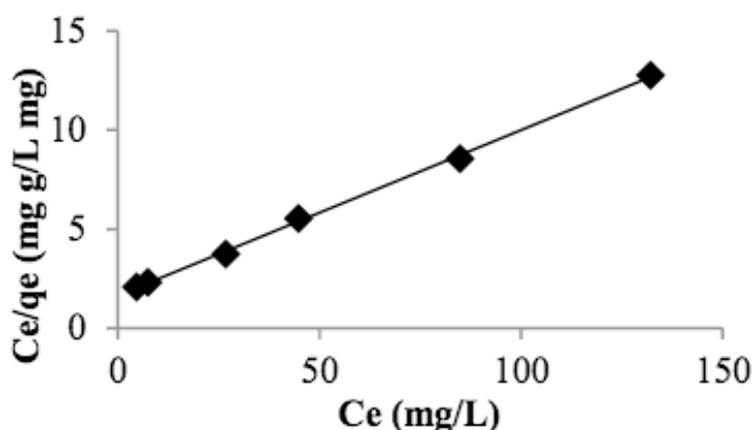


Figura 9. Ajuste dos dados de equilíbrio ao modelo de Langmuir.

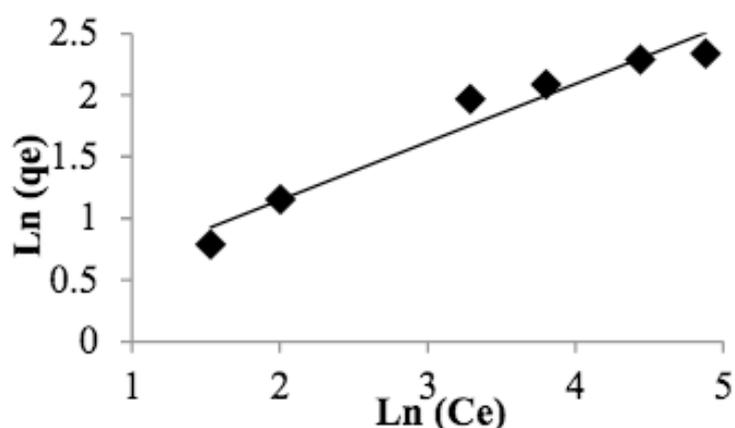


Figura 10. Ajuste dos dados de equilíbrio ao modelo de Freundlich.

É importante lembrar que a isoterma de Langmuir foi desenvolvida originalmente para representar a adsorção de gases sobre superfícies de carvão ativado (GADD, 2009). Logo, na ausência da caracterização do bioissorvente e da proposição de um mecanismo da captação dos íons Cr(VI) pela casca de banana, a aplicação prática deste modelo se restringe à constante q_{\max} . Este parâmetro pode ser utilizado como uma medida da saturação do bioissorvente, sendo útil na comparação da casca de banana nanica com outros materiais.

Então, a partir do modelo de Langmuir, a capacidade de bioissorção máxima da casca de banana para o Cr foi estimada igual a $12,02 \text{ mg g}^{-1}$ ($0,23 \text{ mmol g}^{-1}$). Pehlivan e Kahraman (2012) obtiveram um valor não muito superior para a casca

de *M. Pomifera* ($0,55 \text{ mmol g}^{-1}$). Bermúdez et al. (2012) chegaram ao valor de $196,1 \text{ mg g}^{-1}$ para a alga marrom *Sargassum muticum*. Entretanto, um elevado tempo de equilíbrio foi necessário (30 h).

Em comparação às capacidades de bioadsorção da casca de banana encontradas por Annadurai et al. (2002) para os cátions Pb(II) ($7,97 \text{ mg g}^{-1} = 0,038 \text{ mmol g}^{-1}$), Ni(II) ($6,88 \text{ mg g}^{-1} = 0,117 \text{ mmol g}^{-1}$), Zn(II) ($5,80 \text{ mg g}^{-1} = 0,089 \text{ mmol g}^{-1}$), Cu(II) ($4,75 \text{ mg g}^{-1} = 0,075 \text{ mmol g}^{-1}$) e Co(II) ($2,55 \text{ mg g}^{-1} = 0,043 \text{ mmol g}^{-1}$), a capacidade para o Cr foi superior ($0,23 \text{ mmol g}^{-1}$). Além disso, a casca de banana apresentou capacidade de bioadsorção de Cr superior a de vários outros adsorventes citados por Weng et al. (2008).

4 | CONCLUSÃO

É possível obter remoções significativas de íons Cr(VI) de soluções aquosas empregando pequenas quantidades de casca de banana. Cerca de 70 % do Cr presente em soluções contendo 45 mg L^{-1} de Cr(VI) foi bioadsorvido com apenas 6 g L^{-1} de casca em pH 2,5 e velocidade de agitação de 400 rpm, a melhor condição encontrada neste trabalho. O equilíbrio de bioadsorção foi alcançado em um tempo relativamente pequeno de 180 min. A cinética da bioadsorção dos íons Cr(VI) pela casca de banana seguiu um modelo de pseudo-segunda ordem ($R^2 = 0,9991$). A partir da isoterma de Langmuir, uma elevada correlação entre os dados de equilíbrio foi obtida ($R^2 = 0,999$), permitindo estimar a capacidade de bioadsorção máxima de Cr pela casca igual a $12,02 \text{ mg g}^{-1}$ ($0,23 \text{ mmol g}^{-1}$).

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos à colaboração dos colegas Mateus Silva Ferreira de Oliveira, Otávio Augusto Silva, Odilon Lisboa Júnior e Meriene Gandara e dos Professores Hélcio José Izário Filho, José Joaquim de Melo Órfão, Morun Bernardino Neto, Clodoaldo Saron e Ronei Jesus Poppi.

REFERÊNCIAS

ANNADURAI, G.; JUANG, R. S.; LEE, D. J. *Water Science and Technology*, v. 47, p. 185-190, 2002.

BERMÚDEZ, Y. G.; RICO, I. L. R; GUIBAL, E. *Chemical Engineering Journal*, v. 183, p. 68-76, 2012.

CONAMA. Resolução 430/2011.

DAVIS, T. A.; VOLESKY, B.; MUCCI, A. *Water Research*, v. 37, p. 4311-4330, 2003.

GAD, S. C. *Science of the Total Environment*, v. 86, p. 149-157, 1989.

- GADD, G. M. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 84, p. 13-28, 2009.
- KOSTIC´, M.; RADOVIC´, M.; MITROVIC´, J. *Journal of the Iranian Chemical Society*, v.11, p. 565-578, 2014.
- KOTAS´, J.; STASICKA, Z. *Environmental Pollution*, v. 107, p. 263-283, 2000.
- MCNEILL, L. S.; MCLEAN, J. E.; PARKS, J. L. *American Water Works Association*, p. E395-E405.
- MICHALAK, I.; CHOJNACKA, K.; WITEK-KROWIAK, A. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 170, p. 1389-1416, 2013.
- PARK, D., PARK, J. M., YUN, Y. S. *Journal of Hazardous Materials*, v. B137, p. 1254-1257, 2006.
- PEHLIVAN, E.; KAHRAMAN, H. T. *Food Chemistry*, v. 133, p. 1478-1484, 2012.
- SEAB/DEARL. Fruticultura, maio de 2015.
- SELATNIA, A.; BAKHTI, M. Z.; MADANI, A. *Hydrometallurgy*, v. 75, p. 11-24, 2004.
- SHANKER, A. K.; CERVANTES, C.; LOZA-TAVERA, H. *Environment International*, v. 31, p. 739-753, 2005.
- SILVA, G. S.; CAPRI, M. R.; CAPRI NETO, A. Uma Experiência prática num curso de engenharia. In: COBENGE, 41, 2013, Gramado. *Sessões Dirigidas*.
- WENG, C. H.; SHARMA, Y. C.; CHU, S. H. *Journal of Hazardous Materials*, v. 155, p. 65-75, 2008.
- YANG, L.; CHEN, J. P. *Bioresource technology*, v. 99, p. 297-307, 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

