

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia química 2 /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-536-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.362212610>

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

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

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

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O e-book intitulado: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Química 2” é constituído por dezoito capítulos de livros que foram organizados em quatro áreas temáticas: *i*) utilização de adsorventes para remoção de Contaminantes de Interesse Emergente (CIE) em diferentes matrizes aquosas; *ii*) produção de biodiesel e bio-óleo a partir de biomassa ou reutilização de óleo de fritura; *iii*) análise de recuperação avançada de petróleo por injeção de gás carbônico ou polímeros e práticas de gestão para exploração de petróleo e gás natural e *iv*) aplicações diversas.

O primeiro tema é composto por 50% dos capítulos de livros presente no e-book, apresentando trabalhos utilizando biomassas de origem vegetal para remoção da turbidez presente em efluentes oleosos e metais em águas residuárias e industriais; remoção de nitrogênio amoniacal e o fármaco ivermectina utilizando o carvão ativado, respectivamente, *in natura* e funcionalizado com grafeno; aplicação de surfactantes não-iônicos para reduzir a dissolução de carbonatos e a redução do consumo de água em processo de bradagem; a apresentação de um método analítico para quantificar a presença de Bisfenol A em águas superficiais, um estudo de revisão da literatura que mostra a qualidade dos recursos hídricos em vários países e a presença da diversidade e quantidade dos CIEs nas matrizes aquosas e a caracterização físico-química da farinha de Inhame obtida pelo processo de atomização. A segunda temática apresenta dois estudos que investigaram a produção de biodiesel e bio-óleo a partir, respectivamente, do aproveitamento do óleo de soja/fritura e da pirólise proveniente de biomassa.

Os capítulos de 12 a 14 apresentam trabalhos que buscaram avaliar a eficiência da injeção de gás carbônico ou solução de polímero para avaliar a recuperação avançada do petróleo. Além disso, apresenta um estudo de práticas de gestão operacional de exploração e produção de petróleo e gás natural exigido para atender normas da ABNT e certificações ISO e regulamentos técnicos estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Já os trabalhos presentes nos capítulos de 15 a 18 tratam de temas que variam da utilização da garrafa PET como dispositivo para determinar a densidade aparente de materiais em forma de pó; análise da geometria, diluição e qualidade de revestimentos de aço AISI 317L aplicado pelo processo de GTAW; estudo teórico visando aumentar a eficiência de uma coluna cromatográfica utilizando sílica na forma de nanopartículas e; apresenta uma aplicação na indústria de alimentos que utilizou a mistura de bebida fermentada de camomila com o cogumelo da espécie *Agaricus Brasiliensis*.

Diante desta variedade de estudos, provenientes de pesquisadores (as) de diferentes partes do Brasil, a Atena Editora selecionou e reuniu estes trabalhos neste e-book que depois de publicado, estará acessível de forma gratuita em seu *site* e em outras plataformas digitais, contribuindo para a divulgação do conhecimento científico gerado nas

instituições de ensino de todo o país. Assim, a Atena Editora vem trabalhando, buscando, estimulando e incentivando cada vez mais os pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros ou capítulos de livros.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA CASCA DE MARACUJÁ NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTE OLEOSO


Cinthia Silva Almeida
Antonia Vitória Grangeiro Diógenes
Macilene Maria Monteiro Maia
Daianni Ariane da Costa Ferreira
Francisco Wilton Miranda da Silva
Zilvam Melo dos Santos
Manoel Reginaldo Fernandes
Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126101>

CAPÍTULO 2..... 9

AMMONIA NITROGEN REMOVAL FROM FISH PROCESSING WASTEWATER BY ADSORPTION USING ACTIVATED CARBON

Davi Vieira Gomes
Maria Alice Prado Cechinel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126102>

CAPÍTULO 3..... 18

CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE IVERMECTINA EM CARVÃO ATIVADO FUNCIONALIZADO COM GRAFENO


Eduardo Possebon
Marcelo Fernandes Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126103>

CAPÍTULO 4..... 34

APLICAÇÃO DE SURFATANTES NÃO IÔNICOS NO CONTROLE DA TAXA DE DISSOLUÇÃO DE CARBONATOS NA ACIDIFICAÇÃO DE MATRIZ

Alcides de Oliveira Wanderley Neto
Guilherme Mentges Arruda
Dennys Correia da Silva
Luiz Felipe da Hora
Jefferson David Coutinho de Araújo
Marcos Allyson Felipe Rodrigues


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126104>

CAPÍTULO 5..... 45

UM ESTUDO PARA OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E REDUÇÃO DA PEGADA DE CARBONO EM PROCESSO DE BRASAGEM

Caline Nunes de Carvalho
Tereza Neuma de Castro Dantas
Afonso Avelino Dantas Neto
Herbert Senzano Lopes


Andréa Oliveira Nunes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126105>

CAPÍTULO 6..... 57

PROPOSTA DE MÉTODO ANALÍTICO PARA QUANTIFICAÇÃO DE BISFENOL A EM ÁGUAS SUPERFICIAIS


Cristiano Gonçalves Alano
Paula Roberta Perondi Furtado
Marcia Luciane Lange Silveira
Jamile Rosa Rampinelli
Elisabeth Wisbeck
Mariane Bonatti Chaves
Sandra Aparecida Furlan

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126106>

CAPÍTULO 7..... 74

CONTAMINANTES DE INTERESSE EMERGENTE PRESENTES EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS: O QUE VOCÊ NÃO VÊ, MAS AFETA E COMPROMETE A QUALIDADE DOS DIFERENTES ECOSSISTEMAS E A SAÚDE DE TODOS OS ORGANISMOS VIVOS


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126107>

CAPÍTULO 8..... 87

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E TECNOLÓGICA DE FARINHA DE INHAME OBTIDA POR ATOMIZAÇÃO


Edison Paulo de Ros Triboli
Letícia Giuliani Yashiki

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126108>

CAPÍTULO 9..... 93

PRODUÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO ÓLEO DE FRITURA E ÓLEO DE SOJA

Rafael Melo dos Santos Costa
Juan Medeiros Sousa
Dyenny Ellen Lima Lhamas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126109>

CAPÍTULO 10..... 101

PRODUÇÃO DO BIO-ÓLEO A PARTIR DA PIRÓLISE RÁPIDA DA BIOMASSA

Janaína Santos Matos
Leila Maria Aguilera Campos
Maria Luiza Andrade da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261010>

CAPÍTULO 11..... 114

UMA REVISÃO SOBRE A OBTENÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DE EFLUENTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA GERADOS NO BRASIL

Renata Carvalho Costa

Márcio Daniel Nicodemos Ramos

André Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261011>

CAPÍTULO 12..... 126

ANÁLISE DE RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO ATRAVÉS DA INJEÇÃO MISCÍVEIS DE CO₂ POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO CASO UNISIM-II-H

Ana Paula Pereira Santos

Paulo Couto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261012>

CAPÍTULO 13..... 145

INJEÇÃO DE POLÍMEROS ACIMA DA PRESSÃO DE FRATURA DA FORMAÇÃO COMO MÉTODO DE RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO

Maria do Socorro Bezerra da Silva

Edney Rafael Viana Pinheiro Galvão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261013>


CAPÍTULO 14..... 157

PRÁTICAS DE GESTÃO OPERACIONAL NA EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO (E&P) DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL NO BRASIL, PARA ATENDER REQUISITOS DE NORMAS ABNT NBR ISO DE SGI E DE REGULAMENTOS TÉCNICOS DA AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP)

Raymundo Jorge de Sousa Mançú

Luís Borges Gouveia

Silvério dos Santos Brunhoso Cordeiro


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261014>

CAPÍTULO 15..... 196

MELHORIA DA DETERMINAÇÃO DE DENSIDADE APARENTE DE PÓS COM AUXÍLIO DE DISPOSITIVO FEITO COM GARRAFA DE REFRIGERANTE

Edison Paulo de Ros Triboli

Marina Piasentini Oliva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261015>

CAPÍTULO 16..... 202

ANÁLISES DA GEOMETRIA, DILUIÇÃO E QUALIDADE DE REVESTIMENTOS DE AÇO AISI 317L APLICADOS PELO PROCESSO GTAW COM ADIÇÃO DE ARAME FRIO

Rafael Barbosa Carneiro dos Santos


João Pedro Inácio Varela

Mathews Lima dos Santos

Marcos Mesquita da Silva

Renato Alexandre Costa de Santana

Raimundo Nonato Calazans Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261016>


CAPÍTULO 17.....215

**ESTUDO TEÓRICO: AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE COLUNAS CROMATOGRÁFICAS
POR APLICAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS**

Afonso Poli Neto

Herbert Duchatsch Johansen

Marcelo Telascrêa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261017>

CAPÍTULO 18.....229

BEBIDA FERMENTADA DE CAMOMILA COM COGUMELO *AGARICUS BRASILIENSIS*

Joseane Martins de Oliveira

Édipo Gulogurski Ribeiro


Meakaythacher Massayumi Takayanagui

Ana Carolina Dobrychtop

Camila Kaminski

Herta Stutz

Sueli Pércio Quináia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261018>

SOBRE O ORGANIZADOR.....238

ÍNDICE REMISSIVO.....239

AMMONIA NITROGEN REMOVAL FROM FISH PROCESSING WASTEWATER BY ADSORPTION USING ACTIVATED CARBON

Data de aceite: 27/09/2021

Data de submissão: 27/08/2021

Davi Vieira Gomes

Universidade do Extremo Sul Catarinense -
UNESC, Departamento de Engenharia Química
Criciúma – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/0603865893620183>

Maria Alice Prado Cechinel

Universidade do Extremo Sul Catarinense -
UNESC, Departamento de Engenharia Química
Criciúma – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/9100772145356206>
<https://orcid.org/0000-0003-4589-5058>

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the ammonia nitrogen removal from fish processing wastewater using bovine bone-activated carbon as an adsorbent. The wastewater used in this study was collected at the wastewater treatment plant outlet and contained biochemical oxygen demand (BOQ) equal to 310 mg O/L, chemical oxygen demand (COD) equal to 589 mg O/L, pH of 6.54, and ammoniacal nitrogen of 71.34 mg N/L, this last parameter being well above the value allowed by the legislation. The influence of contact time and the amount of activated carbon in solution were evaluated in batch tests. The activated carbon mass ratio was defined as 4.0 g/L and the optimal contact time was 180 minutes. The pseudo-first-order model presented better adjustments to the experimental data obtained in the kinetic

assays. Although ammonia nitrogen removal was unsatisfactory (only 18 %), there was a significant reduction in the amount of organic matter, with the removal of COD and BOD over 90 %, which may indicate competition between organic and nitrogen compounds for binding sites.

KEYWORDS: Adsorption; Fish processing wastewater; Ammonia nitrogen; Activated Carbon.

1 | INTRODUCTION

Fish slaughtering and aquatic food processing industries, which is a prominent activity in the southern state of Santa Catarina-Brazil, generate wastewater composed by the combination of water with blood and pieces of meat resulting from the filleting process and that have a high concentration of organic matter and several nutrients, especially ammonia nitrogen. When in excess, the presence of nitrogen in the aquatic environment can lead to aquatic plants overgrowth, leading to the occurrence of eutrophication of lakes, dams, and estuaries, causing effects such as anaerobic conditions in the body of water, eventual death fish, algal and cyanobacterial toxicities and problems with industrial water supply (VON SPERLING, 1996).

Brazilian law states that the maximum total ammonia nitrogen concentration for wastewater release is 20 mg N/L (BRASIL, 2011). Industrial treatment plants have generally used nitrification and chlorination processes to

obtain the permitted ammonia nitrogen concentration (ZHU *et al.*, 2012). However, it is observed that conventional treatments present in many fish processing industries cannot reach the limits defined by the legislation, requiring additional treatment for the wastewater. In this sense, adsorption, being a well-established technology for water treatment, can be used as a polishing step after conventional treatment of this wastewater. The main objective of this work was to investigate the ammonia nitrogen removal capacity present in wastewater treated by a wastewater treatment plant (WWTP) from a fish processing industry using cow bone-activated carbon as adsorbent.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 Fish processing wastewater and adsorbent

The wastewater used in this work was collected from the outlet of the WWTP in a fish slaughtering industry, located in the city of Urussanga – Santa Catarina – Brazil, and corresponds to the final treated wastewater, which is disposed of in a receiving water body. The wastewater was characterized for Biochemical Oxygen Demand - BOD (Method DIN 38409 (DIN DEUTSCHES INST FUER NORMUNG EV FR) NORMENAUSCHUSS WASSERWESEN, 1982)), Chemical Oxygen Demand - COD (Method 5220 D (APHA, AWWA, 2012)), Total Phosphorus (Method 4500 P C (APHA, AWWA, 2012)), Total Ammonia Nitrogen (Method 4500 NH₃ C (APHA, AWWA, 2012)), pH (Method 4500 H+ B (APHA, AWWA, 2012)), Total Solids (Method 2540 B (APHA, AWWA, 2012)), and Apparent Color (Method 2120 C (APHA, AWWA, 2012)). The bone char activated carbon was supplied by the BONECHAR Carvão Ativado do Brasil, with 30 mesh size, and its characterization can be found elsewhere (CECHINEL; ULSON DE SOUZA; ULSON DE SOUZA, 2014).

2.2 Batch adsorption tests

Kinetic assays were performed with 200 mL of fish industry wastewater and 0.4 g of activated carbon, resulting in a ratio of 2.0 g of carbon per liter of wastewater. Samples were kept under stirring (Quimis Q-221-2) at 150 rpm and room temperature (25.2 ± 0.5 °C) for pre-set time intervals ranging from 10 to 720 minutes. Each Erlenmeyer represents one point of the kinetic curve. After contact time, the samples were vacuum filtered and the total ammonia nitrogen, still present in the liquid phase of each sample, was quantified according to Method 4500 NH₃ C (APHA, AWWA, 2012).

The influence of adsorbent mass on the ammonia nitrogen uptake was determined by varying the concentration of activated carbon in the solution. Thus, 200 mL of the wastewater were placed in contact with the activated carbon at mass/volume ratios ranging from 0.5 to 10 g/L in Erlenmeyer flasks under stirring at room temperature. The contact time between wastewater and adsorbent was determined in the previous experiment. Then, the samples were vacuum filtered, and the total ammonia nitrogen quantitation of the liquid

samples was performed according to Method 4500 NH₃ C (APHA, AWWA, 2012).

2.3 Evaluation of wastewater quality after the adsorption process

The wastewater quality after the adsorption process was investigated using the liquid sample obtained in the adsorption tests under the optimal condition of carbon amount and contact time. The sample was characterized according to tests listed in Section 2.1, except for the total solids, as the sample goes through a filtration process compromising the actual value of the analysis.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Evaluation of wastewater quality after the adsorption process

Table 1 presents the physicochemical characterization results of the wastewater before the adsorption tests and the comparison of the values with the national legislation (BRASIL, 2011).

Parameter	Values	Reference values ¹
BOD (mg O/L)	310.0	Reduction of 60 %
COD (mg O/L)	589.0	UD. ²
Total Phosphorus (mg P/L)	7.30	UD. ²
pH	6.54	Between 6.0 and 9.0
Total Solids (mg/L)	690.0	UD. ²
Total Ammonia Nitrogen (mg N/L)	71.34	≤ 20.0 mg/L
Apparent Color (mg Pt-Co/L)	659.0	UD. ²
Sample temperature (°C)	25.40	UD. ²

Table 1. Characterization of the wastewater used in this work.

UD.: undefined. ¹(BRASIL, 2011).

According to the wastewater supplier, the average of the last three BOD and total phosphorus analyzes in the WWTP inlet wastewater was 1800 mg O/L and 22.0 mg P/L, respectively. It is observed that the BOD was reduced by 83 %, meeting the waste disposal legislation in the receiving body. Already the total phosphorus presented value above the maximum allowed (≤ 4 mg P/L) and, in comparison with the raw wastewater, there was a reduction of 67 %. The total solids and COD parameters do not have maximum values allowed by the legislation but are required in the analysis of wastewater environmental monitoring. The apparent color test, although not a required parameter, was performed for comparison after the adsorptive process. The wastewater pH met the value required by law, with a value of 6.54. The ammoniacal nitrogen concentration in the wastewater, which is 71.34 mg N / L, is above the allowed disposal (≤ 20.0 mg/L). In this sense, the tests

presented in this work were performed with outlet WWTP wastewater, aiming at a polishing of the wastewater for disposal.

3.2 Adsorption kinetic tests

Regarding the adsorption kinetics, it can be observed in Figure 1 that the time to obtain the kinetic equilibrium was approximately 180 minutes, with an adsorptive capacity of 6.14 mg N/g and a residual ammonia nitrogen concentration of 59 mg N/L. The result is considered promising since high adsorption rates enable the scale-up of the process. However, as the wastewater is a complex matrix, other substances and/or compounds with higher affinity for binding sites compared to nitrogenous compounds may have been adsorbed, reducing the adsorption capacity of the studied compound.

The kinetic adsorption data were fitted to the pseudo-first-order and pseudo-second-order (LAGERGREN, 1898; VILAR; BOTELHO; BOAVENTURA, 2006) models through non-linear adjustment. From the data obtained by the model (Table 2), it was observed that the adsorption capacity value obtained by the pseudo-first-order model was closer to the experimental value ($q_{exp} = 6.14$ mg/g). In addition, the pseudo-first-order model obtained the highest correlation coefficient (R^2) and the lowest sum of residuals squared (S^2R).

For selecting the model that best fits the experimental data, error functions Average relative error deviation (ARED), Error function (SSE), Hybrid fractional error function (HYBRID), Marquardt's percent standard deviation (MPSED), and Sum of the absolute errors (EABS) (SUBRAMANYAM; DAS, 2014) were also considered and the results obtained are shown in Table 2.

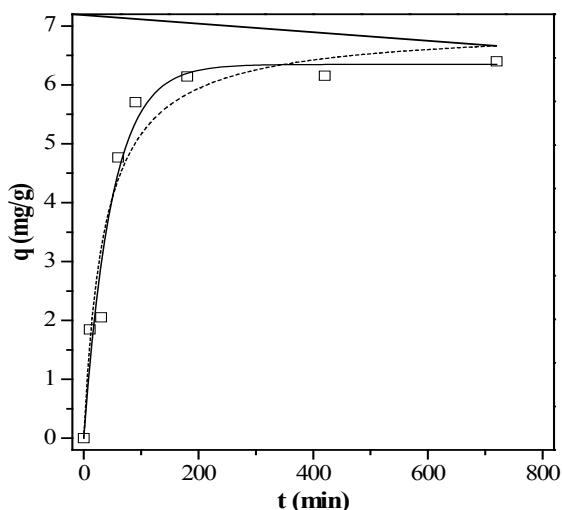


Figure 1. Kinetics of ammonia nitrogen adsorption onto bone char activated carbon: \square - experimental data; continuous line - pseudo-first-order model; dashed line - pseudo-second-order model.

	Pseudo-first ordem model	Pseudo-second order model
q_{eq}	6.3 ± 0.3 mg/g	7.0 ± 0.5 mg/g
k_1	0.021 ± 0.003 1/min	0.021 ± 0.003 g/mg.min
R^2	0.96	0.94
S^2_R	1.4	2.3
ARED	0.5	6.7
SSE	0.007	0.600
HYBRID	0.7	9.0
MPSED	0.9	11.0
EABS	0.2	1.9

Table 2. Parameters obtained by pseudo-first order and pseudo-second order kinetic models and error functions: $C_{carbon} = 2.0$ g/L; $C_{initial} = 71.34$ mg N/L; $T = 25.4 \pm 0.5$ °C, initial pH = 6.54 ± 0.01 .

It can be inferred that for all error functions, the lowest results were obtained for the pseudo-first-order model and, therefore, indicate that this model represents the best fit of the curve.

3.3 Influence of the carbon amount

Many factors affect the adsorption process, such as initial solute concentration, temperature, solution pH, and adsorbent concentration. However, since this work was performed with real wastewater, it was decided to maintain the conditions of the medium, and only the effect of coal dosing was evaluated. It can be seen from Figure 2 that the removal of ammonia nitrogen increases proportionally to the increase in coal concentration to reach 4.0 g / L.

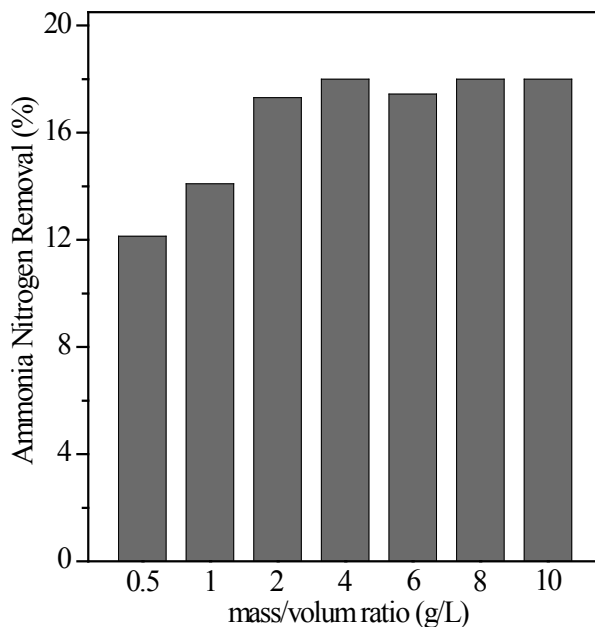


Figure 2. Ammonia nitrogen removal percentage in relation to activated carbon dosage (in g/L). Stirring time = 180 minutes; $C_{\text{Initial}} = 71.34 \text{ g N/L}$; $T = 25.4 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$; Initial pH = 6.54 ± 0.01 .

This behavior can be attributed to the larger surface area and the availability of more active sites for sorption. Based on that described by Fadel et al. (FADEL *et al.*, 2015), when the adsorbent concentration is low, the solute not only binds to the material surface, but also enters the carbon pores, which increases the solute gradient concentration and, consequently, increases the mass transfer process.

In addition, since the initial ammonia nitrogen concentration is the same for all mass ratios studied, increasing the amount of carbon decreases the amount of adsorbed nitrogen per unit mass (q), even though the removal efficiency remains constant for concentrations greater than 2.0 g/L. Based on these results, the ratio of 4.0 g/L was defined as the ideal activated carbon concentration for ammonia nitrogen removal in this situation. For this ratio, a removal of 18 % was observed ($q = 3.2 \text{ mg/g}$).

3.4 Wastewater quality after the adsorption process

Once the optimum conditions were defined, the wastewater quality was analyzed after the adsorption test and the results can be compared through Table 3.

Parameter	WWA	WWB
BOD (mg O/L)	310.0	< 5.0
COD (mg O/L)	589.0	48.0
Total Phosphorus (mg P/L)	7.30	7.1
pH	6.54	7.79
Total Ammonia Nitrogen (mg N/L)	71.34	58.5
Apparent Color (mg Pt-Co/L)	659.0	286.0

Table 3. Characterization of the wastewater after the adsorption process (WWB) compared to the initial wastewater (WWA).

There was a significant decrease in BOD and COD in the wastewater after adsorption (WWB). The sample after treatment also had no odor, unlike the wastewater treated before the adsorption process (WWA). The significant reduction in organic matter, as evidenced by BOD and COD results, may have affected the ammonia nitrogen adsorption capacity, suggesting that organic matter has more affinity for activated carbon. In addition, the literature shows that the coexistence of other ions in solution, as is the case with the present wastewater, can exert a negative influence on the nitrate adsorption process (MEGHADADI, 2018).

Total phosphorus was not significantly altered after the adsorption process, indicating that the solute has no affinity for the adsorbent, which would be justified by the nature of activated carbon-containing phosphate compounds in its composition. The pH showed a small increase in pH to 7.79, possibly due to the conversion of NH_4^+ to NH_3 . When dissolving in water, ammonia can act as a base, acquiring hydrogen ions from H_2O to produce ammonium and hydroxide ions by Equation 1, providing alkaline properties in the solution.



However, not all dissolved ammonia reacts with water to form ammonium ions, due to its low ionization constant (READ, 1982), and a substantial fraction of the compound remains in molecular form in solution.

4 | CONCLUSIONS

The ammoniacal nitrogen removal using bone char activated carbon proved unsatisfactory, with a reduction of only 18 %. Although the wastewater after adsorption did not reach the values required by the legislation for the ammonia nitrogen parameter, a significant reduction of BOD and COD values was observed, with removal percentages above 90%. The high removal of organic matter indicates a high affinity of these compounds to the binding sites, which may have caused a negative interference in the ammoniacal nitrogen adsorption.

It was possible to fit the kinetic data to the pseudo-first-order model effectively. The optimum adsorption conditions were also established, with the contact time being 180 minutes and the optimum carbon dosage of 4.0 g/L. The results obtained in this work show that the adsorbent is effective to remove organic matter, opening possibilities for further studies

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the Universidade do Extremo Sul Catarinense and the Laboratório Biocontrol for the infrastructure to conduct this study.

REFERENCES

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22st edition, Washington, DC.** [S. l.: s. n.], 2012.

BRASIL. **Resolução nº 430, 13 de maio de 2011.** [S. l.]: Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, 2011.

CECHINEL, Maria Alice Prado; ULSON DE SOUZA, Selene Maria Arruda Guelli; ULSON DE SOUZA, Antônio Augusto. Study of lead (II) adsorption onto activated carbon originating from cow bone. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 65, p. 342–349, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.020>

DIN DEUTSCHES INST FUER NORMUNG EV FR) NORMENAUSSCHUSS WASSERWESEN, Berlin (Germany). **German Standard Methods for the Examination of Water, Waste Water and Sludge: Determination of Leachability by Water (S 4).** Germany: Verl Chemie, 1982. (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung: Schlamm und Sedimente (Gruppe S), Aufschluss mit Koenigswasser zur nachfolgenden Bestimmung des saeureloeslichen Anteils von Metallen (S 7)). *E-book*.

FADEL, M. *et al.* Biosorption of manganese from groundwater by biomass of *Saccharomyces cerevisiae*. **HBRC Journal**, [s. l.], p. 0–7, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2014.12.006>

LAGERGREN, S. Zur theorie der sogenannten adsorption gelöster stoffe. **Handlinger**, Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens, v. 24, n. 4, p. 1–39, 1898.

MEGHADADI, Aminreza. Characterizing the capacity of hyporheic sediments to attenuate groundwater nitrate loads by adsorption. **Water Research**, [s. l.], v. 140, p. 364–376, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.063>. Acesso em: 27 ago. 2021.

READ, A J. Ionization constants of aqueous ammonia from 25 to 250°C and 2000 bar. **Journal of Solution Chemistry**, [s. l.], v. 11, n. 9, p. 649–664, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00650397>

SUBRAMANYAM, Busetty; DAS, Ashutosh. Linearised and non-linearised isotherm models optimization analysis by error functions and statistical means. **Journal of environmental health science & engineering**, [s. l.], v. 12, p. 92, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/2052-336X-12-92>

VILAR, Vítor J.P.; BOTELHO, Cidália M.S.; BOAVENTURA, Rui A.R. Equilibrium and kinetic modelling of Cd(II) biosorption by algae *Gelidium* and agar extraction algal waste. **Water Research**, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 291–302, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.11.008>

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. [S. l.]: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias). *E-book*.

ZHU, Kairan *et al.* Studies on removal of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ from aqueous solution by using the activated carbons derived from rice husk. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 43, n. Complete, p. 18–25, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.04.005>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 30, 31, 32, 72

Adsorvente 3, 4, 5, 6, 8, 20, 21, 61, 63, 64

Afluentes 19

Agência Nacional do Petróleo - ANP 157, 159, 160, 193

Águas subterrâneas 75

Águas superficiais 19, 57, 69, 70, 71, 81

Análise cromatográfica 216

Antibióticos 18, 80, 81

Atomização 87, 88, 89, 90, 91, 197, 201

B

Bioadsorvente 238

Biochemical Oxygen Demand (BOD) 9, 10

Biocombustíveis 8, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 105, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 161, 193

Biodiesel 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

C

Carvão ativado 3, 10, 18, 21, 32, 72

Cascas de maracujá 1, 2, 3, 4, 6, 7

Catalisador 93, 94, 95, 98, 108, 109, 118

Chemical Oxygen Demand (COD) 9, 10

Cinética 18, 20, 21, 24, 26, 28, 41, 106

Colunas cromatográficas 215, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226

Combustíveis fósseis 94, 102

Compressibilidade 196, 197

Corpos hídricos 19, 57, 59, 60, 70

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) 33, 77, 216, 227, 228

D

Densidade 88, 89, 92, 93, 96, 97, 98, 108, 119, 121, 127, 128, 149, 196, 197, 198, 199, 200

Densidade aerada 89, 196, 197, 200

Densidade aparente 92, 196, 198

E

Efeito estufa 45, 46, 49, 94, 102

Efluentes 3, 5, 19, 31, 59, 60, 114, 116, 120, 123, 124, 182, 238

Efluentes domésticos 19

Efluentes industriais 59

Espalhamento de Luz Dinâmico (DLS) 217

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) 76, 81, 119, 124, 238

F

Fármacos 19, 32, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 218, 227

Fraturas induzidas 150

Fraturas naturais 148

Funil 4, 22, 196, 197, 198, 199, 200

G

Garrafa PET 197

Grafeno 18, 21, 31, 218, 227

H

Hidrofobizada 1, 6, 8

Hormônios 18, 60, 77

I

Impacto ambiental 54, 55

Índices de fluidez de *Hausner* e de *Carr* 87

Inhame 87, 88, 89, 90, 91

Injeção de polímeros 145, 146, 147, 148, 149, 150, 154, 155

Ivermectina 18, 19, 21, 31, 32

M

Materiais particulados 196

Matéria-prima 88, 95, 114, 115, 116, 117, 196

Matrizes aquosas 74, 82

Mesh 1, 2, 4, 6, 10, 36

Microplásticos 77

N

Nanopartículas 215, 217, 218, 219, 220, 226, 227, 228

O

Óleo de fritura 93, 94, 95, 97, 98, 99

Óleo de soja 93, 94, 95, 97, 98, 99

Óleo diesel 1, 4

Organic matter 9, 15, 16

P

Pesticidas 18, 77, 79, 80, 81, 82

Petróleo 1, 2, 5, 8, 34, 35, 36, 37, 94, 96, 99, 102, 103, 104, 126, 127, 128, 129, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 203, 204, 212, 213, 215

Polímero 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 216

Processos convencionais de tratamento de água e esgoto 18, 78

R

Reaproveitamento 123

Recuperação Avançada de Petróleo (EOR) 126, 128, 145, 146, 147

Recursos hídricos 59, 61, 76, 82, 123

Renovável 93, 94, 95, 102, 104, 105

Reservatórios Não-Convencionais (RNC) 147

Resíduos agroindustriais 3, 5, 7, 122

S

Separação granulométrica 1, 4

Sílica 215, 216, 217, 218, 219, 220, 226, 227, 228

Solução polimérica 147, 149, 150, 151, 154

Surfactantes 18, 34, 82

Sustentável 49, 94, 101, 193, 200, 236

T

Transesterificação etílica 93, 98, 99

Turbidez 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

U

Umidade 60, 88, 89, 90, 103, 107, 108, 109, 232

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br