



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

Fábio Andrijauskas
Anete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 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-Não-Derivativos 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 Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
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
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
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



Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Fábio Andrijauskas
Annete Silva Faesarella
Laira Lucia Damasceno de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 3 / Organizadores Fábio Andrijauskas, Annete Silva Faesarella, Laira Lucia Damasceno de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0095-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.950221105>

1. Engenharia. 2. Sociedade. 3. Indústria. I. Fábio Andrijauskas (Organizador). II. Annete Silva Faesarella (Organizadora). III. Laira Lucia Damasceno de Oliveira (Organizadora). IV. Título.

CDD 620

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



Atena
Editora
Ano 2022

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

Nos anos de 2020 e 2021 tivemos a primeira e a segunda edição do livro “Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria” e agora, em 2022, com muito orgulho lançamos sua terceira edição. Esta edição atual provém de trabalhos desenvolvidos durante a pandemia da COVID-19, um período que nos fez refletir sobre a importância da ciência e o desenvolvimento tecnológico no mundo atual, aliados na descoberta de soluções para problemas de diferentes âmbitos, haja vista as vacinas desenvolvidas no intuito de resolver esta situação tão sensível e desafiadora. Realmente, um momento que mudou a vida de todos e que ficará para sempre em nossas lembranças.

Em tempos que, mais do que nunca, necessitam de união e paz, apresentamos este conteúdo com diversos autores, demonstrando que a diversidade de pensamento, ideias e conhecimento são pilares para o avanço da ciência. Cada capítulo foi elaborado com dedicação e comprometimento dos pesquisadores, e traz mais um resultado de sucesso para diversas áreas do conhecimento, como as Engenharias, a Saúde e o Meio Ambiente.

Mais uma vez, agradecemos à Editora Atena pela oportunidade do lançamento do nosso terceiro livro, proporcionando uma via eficaz de disseminação de conhecimento e de suas contribuições para a sociedade e para a comunidade científica.

Finalizamos com uma frase da oração de São Francisco que diz: **“Senhor, fazei de mim instrumento de vossa paz”**.

Paz e bem!

Annete Silva Faesarella

Fábio Andrijauskas

Laira Lucia Damasceno de Oliveira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A MODERN PANORAMA OF THE INTERNET OF MEDICAL THINGS DEMONSTRATING ITS APPLICATION LANDSCAPE


Reinaldo Padilha França
Ana Carolina Borges Monteiro
Rangel Arthur
Francisco Fambrini
Julio Cesar Pereira
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Yuzo Iano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211051>

CAPÍTULO 2..... 20

PRODUÇÃO E APLICAÇÕES DO PÓ DA CASCA DE ROMÃ EM COSMÉTICOS


Teresa de Jesus Estevam Pereira
Vanessa Cristine de Marco Matos dos Santos
Iara Lúcia Tescarollo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211052>

CAPÍTULO 3..... 36

IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL EM ESTADO DE REPOUSO APLICADAS A ESTUDO DA DOR CRÔNICA UTILIZANDO DEEP LEARNING


Sérgio Ricardo de Lima Novais
Glaucilene Ferreira Catroli
Fábio Andrijauskas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211053>

CAPÍTULO 4..... 50

BALSANET - PLATAFORMA COMPUTACIONAL MULTIPARÂMETROS CONTROLADA REMOTAMENTE PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Kelvyn Souza Santana
Anderson Quintino da Fonseca
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Annete Silva Faesarella

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211054>

CAPÍTULO 5..... 67

NOVO MÉTODO DE SUPRIMENTO DE ELETROPOSTOS A PARTIR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Fernando Luciano de Almeida
Julio Cesar Galves Gomes Mangini Mosqueiro Junior
Annete Silva Faesarella


Vicente Idalberto Becerra Sablón

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211055>

CAPÍTULO 6..... 81

ESTUDO DA RECUPERAÇÃO DE SOLVENTES NA PRODUÇÃO DE ADESIVOS


Leonardo Dorigo de Almeida
Samyra Haryele Gimenes Silva
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211056>

CAPÍTULO 7..... 97

DESENVOLVIMENTO, ANÁLISE E ESTUDO DA CASCA DE CAFÉ PARA REMOÇÃO DE CORANTES DE EFLUENTES INDUSTRIAIS


Enik Erica Rodrigues Godoy
Gabriela de Oliveira Ferri
Monica Tais Siqueira D'Amelio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211057>

CAPÍTULO 8..... 109

APLICAÇÃO DE CARVÃO ALTERNATIVO EM TRATAMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL


Bruna Ferraz Mattos de Souza
David Aguiar Ferreira Junior
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211058>

CAPÍTULO 9..... 123

ESTUDO DA TRANSFORMAÇÃO DO LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM PRODUTO COMERCIAL AGRÍCOLA


Jaqueline Paz de Oliveira
Mislaini de Sá Viana
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati
Renata Lima Moretto
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9502211059>

CAPÍTULO 10..... 145

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA


Augusto da Silva Santos
Brurenan Rocha Silva
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110510>

CAPÍTULO 11..... 163

ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM LINHAS DE TRANSMISSÃO E EFEITOS DE BLINDAGEM


Rafaela Steffany da Silva Kayo
William Aparecido de Oliveira
Geraldo Peres Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110511>

CAPÍTULO 12..... 183

ESTUDO DA VIABILIDADE DE RECUPERAÇÃO DE METAIS EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO


Cláudia Fernanda Spagnol Cocenza
Yasmin Abrahão Pacheco Boiago
Renato Franco de Camargo
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110512>

CAPÍTULO 13..... 202

LEVANTAMENTO DA CAUSA REFERENTE AOS DANOS E PATOLOGIAS ENCONTRADOS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA EM UMA VIA DE FLUXO MUITO PESADO


Caroline Fernanda Ferreira
Lillian Maria Destro
Marcelo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110513>

CAPÍTULO 14..... 220

ANÁLISE DE GESTÃO DE OBRA E IMPACTO DE CIRCUNVIZINHANÇA

Ana Carolina Marques Monteiro
Letícia Toniato Andrade
Laira Lúcia Damasceno de Oliveira
Renata Lima Moretto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110514>

CAPÍTULO 15..... 234

O DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES DE ENSINO FRENTE ÀS ESTRATÉGIAS ARQUITETÔNICAS, ENERGÉTICAS E OS IMPACTOS CLIMÁTICOS ATUAIS

Jane Tassinari Fantinelli
Mariana Cene da Silva
Caroline Oliveira Tartari


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110515>

CAPÍTULO 16..... 248

DESENVOLVIMENTO DE UM GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO PARA

TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM CORANTES


Leticia Pereira Brito D'Oliveira
Marcos Vinicius Pernambuco Zeferino
Roberta Martins da Costa Bianchi
Renato Franco de Camargo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110516>

CAPÍTULO 17.....268

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LACTOSE POR MEIO DE GLICOSÍMETRO

Danka Ayres Carvalho da Silva
Gabriel Luís Ehrenberg Malavazzi
Filipe Alves Coelho
Roberta Martins da Costa Bianchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110517>

CAPÍTULO 18.....280

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE IMPRESSÃO 3D NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PEÇAS TÉCNICAS IMPRESSAS


Paulo Cesar Polli
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110518>

CAPÍTULO 19.....299

DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DENTÁRIOS ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA

Guilherme de Faria Mendes
Vinicius Fernandes Moreira Alves
Daniel Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.95022110519>

SOBRE OS ORGANIZADORES320

APLICAÇÃO DE CARVÃO ALTERNATIVO EM TRATAMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL

Bruna Ferraz Mattos de Souza

Universidade São Francisco
Bragança Paulista – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/4585471781036245>

David Aguiar Ferreira Junior

Universidade São Francisco
Bragança Paulista – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/7684337624445128>

Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe

Universidade São Francisco
Bragança Paulista – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/0347184334616712>

RESUMO: O presente trabalho avalia a eficiência de remoção de carga orgânica e p-NA de um efluente industrial a partir da utilização de carvão ativado. Foi feita a comparação de eficiência entre um carvão ativado comercial e o carvão ativado alternativo de bagaço de cana-de-açúcar desenvolvido para este trabalho. Foram realizados ensaios de cinética que apresentaram redução de 40% de carga orgânica e 59% de p-NA para o carvão comercial e 48% de carga orgânica e 43% de p-NA para o carvão alternativo. Para esse mesmo tempo, foram realizados os ensaios de isoterma onde foi observado que ambos os carvões realizam melhor adsorção com massa maior de adsorvente e que ambos apresentam uma maior interação com a p-NA do que com a carga orgânica. Desta forma, concluiu-se que o carvão ativado alternativo desenvolvido para esse estudo, apresenta um grande potencial para uso como adsorvente e pode ser empregado no

tratamento deste efluente em questão.

PALAVRAS-CHAVE: Carvão ativado, cana-de-açúcar, adsorção.

APPLICATION OF ALTERNATIVE COAL IN INDUSTRIAL WATER TREATMENT

ABSTRACT: The present work evaluates the efficiency of removal of organic load and p-NA from an industrial effluent using activated carbon. An efficiency comparison was made between a commercial activated carbon and the alternative sugarcane bagasse activated carbon developed for this work. Kinetic tests were performed that showed a reduction of 40% of organic load and 59% of p-NA for commercial coal and 48% of organic load and 43% of p-NA for alternative coal. For the same time, isotherm tests were carried out, where it was observed that both carbons perform better adsorption with greater adsorbent mass and that both present a greater interaction with p-NA than with the organic load. Thus, it was concluded that the alternative activated carbon developed for this study has great potential for use as an adsorbent and can be used in the treatment of this effluent in question.

KEYWORDS: Activated carbon, sugar cane, adsorption.

1 | INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, a preocupação com os danos causados ao meio ambiente vem crescendo cada vez mais. Os efluentes das

indústrias produtoras de nicarbazina apresentam compostos como matéria orgânica, sulfato, amônia e o DNC (4,4'-dinitrocarbonilida) em sua composição, sendo de extrema importância realizar o tratamento do mesmo. O Brasil é um grande exportador e produtor de carne de frango, e para suprir a demanda são empregados, no processo de criação de aves de cortes, aditivos nas alimentações das aves de forma a melhorar o desempenho destas e evitar enfermidades.

A nicarbazina é um tipo de aditivo aplicado em processos de criação de aves para abate, conhecidos como anticoccidianos, capazes de inibir a doença infecciosa coccidiose. Dentre os compostos presentes no complexo da nicarbazina o DNC é responsável por empregar a função da atividade anticoccidiana, porém no processo de sintetização do DNC, utiliza-se a substância p-nitro-anilina (p-NA) como matéria-prima. A p-NA apresenta toxicidade e atividade carcinogênica aos seres humanos quando encontrada em grande quantidade nas aves a serem consumidas como alimento (BACILA, 2019). A atividade tóxica e carcinogênica da p-NA é devido à presença do grupo funcional amina estar ligada ao anel aromático, esse composto pode causar problemas ao rim, assim como a diminuição de oxigênio do sangue (BACILA, 2019).

O descarte de efluentes tratados ou não, que são oriundos de atividades industriais, devem obedecer aos limites padrões legais de emissão e de qualidade, e são determinados através das análises físicas, químicas e biológicas. Dentre os parâmetros físicos a serem analisados, há a quantidade de sólidos suspensos e sólidos sedimentáveis, coloração do efluente, turbidez e temperatura. O parâmetro biológico mais aplicado é a DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio 5) e análises de microscopia para averiguação da biota presente. Já nos parâmetros de análises químicas estão presentes o pH, composição e DQO (Demanda Química de Oxigênio), um método quantitativo que representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente em uma amostra em condições controladas, sendo a análise mais importante para levantamento da eficiência do processo de tratamento (SCHLUSAZ, 2014).

Estudos vêm sendo realizados de forma a encontrar alternativas baratas e eficazes para o tratamento de efluentes industriais. Um processo promissor é a adsorção, onde muitos estudos (ARAÚJO, *et al.*, 2018; PAZ, GARNICA e CURBELO, 2018; SOARES, 2014) já apresentaram sua eficiência na remoção de contaminantes em meio aquoso. De forma a deixar este processo ainda mais viável, temos a utilização de carvão alternativo obtido através da biomassa. A adsorção é um processo de transferência de massa, onde os poluentes (adsorvatos) ficam retidos na superfície do adsorvente. Para que o adsorvente seja eficiente e realize uma boa adsorção é importante possuir uma elevada área superficial e ser o mais poroso possível (NASCIMENTO, *et al.*, 2014).

O carvão ativado (CA) é uma substância de carbono puro e altamente poroso, sendo dessa forma um material com alta capacidade de coletar seletivamente as impurezas em

seus poros. Devido a esta alta capacidade de adsorção o CA é utilizado em diversos processos como tratamento de água, tratamento de efluente, purificação de líquidos ou gases, em forma farmacêutica para desintoxicação etc. (SOARES, 2014). Qualquer material que possua um alto teor de carbono é capaz de ser convertido em CA. Essa conversão é comumente obtida através da pirólise, processo realizado a uma temperatura de 500 a 800 °C com baixo teor de oxigênio (KEHL, 2015). Nesta etapa o carvão apresenta uma estrutura com menor área superficial e poros pouco funcionais, sendo necessária a ativação para desobstrução e aumento do diâmetro dos poros (SOARES, 2014). O bagaço da cana-de-açúcar corresponde ao material fibroso que permanece após a moagem desta, é um material rico em biomassa lignínica celulósica e representa cerca de 30% da massa da cana (PAZ, GARNICA e CURBELO, 2018).

O presente trabalho visou utilizar o processo de adsorção para tratar efluentes industriais farmacêuticos através da produção de um carvão alternativo de bagaço de cana-de-açúcar, de modo a reduzir a carga orgânica e a p-NA do efluente. Foi feita a comparação de eficiência entre o carvão ativado comercial e o carvão ativado alternativo desenvolvido para este trabalho.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia apresentada neste trabalho é baseada nos ensaios estudados por Soares (2014). Ela consiste em três etapas principais: o preparo das amostras, o processo de adsorção e as análises do efluente tratado.

2.1 Obtenção das amostras

A biomassa utilizada para sintetização do carvão ativado estudado foi o bagaço da cana-de-açúcar, resíduo obtido através do processo de extração do sólido-líquido do colmo por moagem.

2.2 Preparo das amostras de carvão ativado a partir do bagaço da cana

O bagaço residual da moagem foi submetido à lavagem com água destilada em um processo de batelada e sujeito a uma agitação prolongada por um período de 2 horas, através de uma placa agitadora (marca Fisatom) e um peixe magnético. O material de bagaço apresentou grandes dimensões dos grãos moídos, assim, fez-se necessário promover uma moagem em um liquidificador caseiro durante um período de 03 minutos com adição de 250 mL de água. Após o procedimento para remoção das impurezas e moagem, realizou-se a secagem do material dispondo a uma estufa (marca Fanem) por volta dos 70 °C em um período de 6 horas.

2.3 Síntese do carvão ativado alternativo

A massa de cana-de-açúcar obtida na moagem foi submetida a um sistema contendo ácido fosfórico (H_3PO_4) 20%, sendo a razão entre os volumes ácido/bagaço igual a 2. O sistema foi operado em agitação constante por 2 horas. Após o tempo decorrido, o material foi filtrado e seco em uma estufa por 6 horas a 70 °C.

Para obtenção do carvão, o tratamento térmico foi realizado em uma mufla (marca EDG 300) disponibilizada pelo laboratório da Universidade São Francisco (USF). O procedimento teve início em temperatura ambiente a qual foi gradualmente aumentada a uma taxa de 10 °C/minuto até chegar a 400 °C, e permaneceu nesta temperatura por um período de 3 horas.

2.4 Adsorção

O estudo foi realizado utilizando como solução padrão de análise uma amostra coletada no sistema de ETE no ponto de entrada da lagoa de estabilização da indústria denominada neste trabalho de Indústria X. Com as informações obtidas no estudo laboratorial, foi possível determinar a eficiência e assim a viabilidade da implementação do processo de adsorção no processo desta ETE.

2.5 Caracterização dos carvões ativado e do efluente

A avaliação de estrutura do carvão ativado comercial e alternativo foi realizada utilizando um microscópio óptico (marca Nikon).

O pH do efluente foi aferido através de um pHmetro (marca Digimed) e já estava calibrado para utilização.

As concentrações iniciais de p-NA e DQO foram realizadas através de um laboratório externo.

2.6 Cinética de adsorção

Para a realização dos ensaios em batelada de cinética de adsorção foram colocados, em cada um dos seis Erlenmeyer, 100 mL do efluente a ser estudado em conjunto com 1,00 g do carvão. Os tempos estudados foram 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos. O sistema foi submetido à agitação e temperatura constante.

Foram testados modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e de pseudo-segunda ordem. O de pseudo-primeira ordem é responsável por determinar se a cinética de adsorção é controlada por difusão externa, e dessa forma, independe da concentração do adsorvato. Este modelo é determinado pela Equação 1 (da SILVA, *et al.*, 2018).

$$q(t) = q_e(1 - e^{-k_1 t}) \quad (1)$$

Onde: $q(t)$ – quantidade adsorvida no tempo t (mg g^{-1}); q_e – quantidade de soluto adsorvido no equilíbrio (mg g^{-1}); k_1 – constante de velocidade de pseudo-primeira ordem (min^{-1}); t - tempo (min).

No modelo cinético de pseudo-segunda ordem, a taxa de adsorção depende da quantidade adsorvida na superfície do adsorvente, e também da quantidade adsorvida no equilíbrio. Ele é representado pela Equação 2 (da SILVA, *et al.*, 2018).

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

Onde: $q(t)$ – quantidade adsorvida no tempo t (mg g^{-1}); q_e – quantidade de soluto adsorvido no equilíbrio (mg g^{-1}); k_2 – constante de velocidade de pseudo-segunda ordem (g mg min^{-1}); t - tempo (min).

2.7 Isoterma de adsorção

Para a realização dos ensaios de isoterma de adsorção foram utilizados 6 Erlenmeyer. Em cada Erlenmeyer foram adicionados 100 mL do efluente, e uma quantidade conhecida de massa de carvão, sendo essa quantidade, em gramas, igual a: 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5. O tempo de operação foi escolhido em função da melhor adsorção apresentada na cinética. O sistema operou à temperatura ambiente e agitação constante.

Foram aplicados dois modelos para determinação de que tipo de adsorção ocorreu. O modelo de Langmuir foi ajustado utilizando a Equação 3.

$$q_e = \frac{q_{max} K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (3)$$

Onde: q_e – quantidade de soluto adsorvido no equilíbrio (mg g^{-1}); q_{max} – capacidade máxima de adsorção (mg g^{-1}); K_L – constante de interação adsorvato/adsorvente (L mg^{-1}); C_e – concentração de adsorvato no equilíbrio (mg L^{-1}).

O fator de separação foi determinado através da Equação 4.

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (4)$$

Já o modelo de Freundlich, foi ajustado pela Equação 5.

$$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \quad (5)$$

Onde: q_e - quantidade de soluto adsorvido (mg g^{-1}); C_e - concentração de equilíbrio em solução (mg L^{-1}); $\frac{1}{n}$ - constante relacionada à heterogeneidade da superfície; K_F - constante de capacidade de adsorção de Freundlich ($\text{mg}^{1-(1/n)} (\text{g}^{-1})\text{L}^{1/n}$).

As constantes q_{max} , K_L , K_F e $1/n$ foram obtidas através do teste de hipótese Solver, disponível no Excel.

2.8 Análises: DQO, espectrofotometria

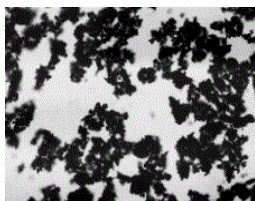
A análise espectrofotométrica foi realizada para determinação da concentração de ρ -NA nas amostras. Inicialmente foi utilizado o espectrofotômetro UV-VIS (marca BEL Photonics) para determinar o comprimento de onda de leitura do ρ -NA, utilizando como base o experimento de Lunagariya; Dhar; Vekariya (2017).

Para as análises, foi utilizado o espectrofotômetro UV (marca LGI Scientific) no comprimento de onda determinado (444 nm). Foi construída a curva de calibração e as concentrações de ρ -NA nas amostras antes e depois dos ensaios de adsorção foram analisadas. Como padrão foi utilizada a água destilada.

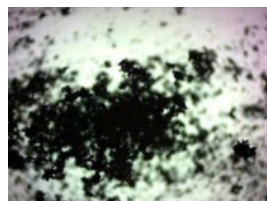
3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterizações

Utilizando o microscópio foi possível compreender a estrutura do carvão ativado comercial (CAC) e do carvão ativado alternativo (CAA), os quais são apresentados na Figura 1.



(a)



(b)

Figura 1 - (a) Resolução de 100x CAC (b) Resolução de 100x CAA

Fonte: Próprio autor.

Através da Figura 1 pode-se perceber uma regularidade nas partículas do CAC,

tanto na sua distribuição como no seu formato, ao contrário do CAA, que não apresenta uma uniformidade entre seus grãos, sendo necessário um estudo para melhorar sua maceração após sair da mufla, melhorando assim sua distribuição e superfície de contato.

A amostra em estudo trata-se de um efluente carregado em sua composição por substâncias químicas como carga orgânica e p -NA. As características iniciais do efluente são apresentadas na Tabela 1 e seu aspecto inicial é apresentado na 2.

pH inicial	7,35
DQO inicial	37150 mg/L
p-NA inicial	0,13 g/g

Tabela 1 - Condições iniciais da amostra

Fonte: Próprio autor.



Figura 2 - Coloração inicial da amostra.

Fonte: Próprio autor.

3.2 Curva de Calibração da p -NA

A Figura 3 apresenta a curva de calibração obtida para a p -NA. O R^2 obtido indica boa representatividade da concentração em relação à absorvância.

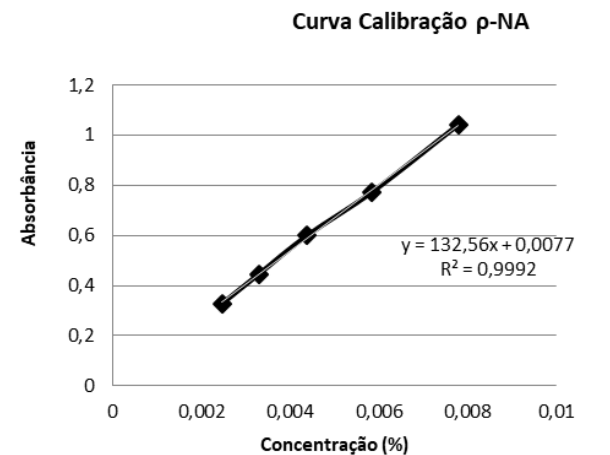


Figura 3 - Curva de calibração da p -NA.

Fonte: Próprio autor.

3.3 Cinética de adsorção

Os ensaios de cinética foram elaborados de modo a determinar o tempo em que o sistema apresentasse a melhor eficiência de remoção, para assim serem feitos os ensaios

de isoterma de adsorção. Tais ensaios foram realizados em duplicata. Constatou-se que, para o CAC, o tempo que apresentou maior taxa de remoção para carga orgânica foi de 05 minutos e para a p-NA foi de 20 minutos. Já para o CAA ambas as taxas de remoção foram melhores em 05 minutos. A Figura 4 apresenta o gráfico de cinética de adsorção de DQO e p-NA.

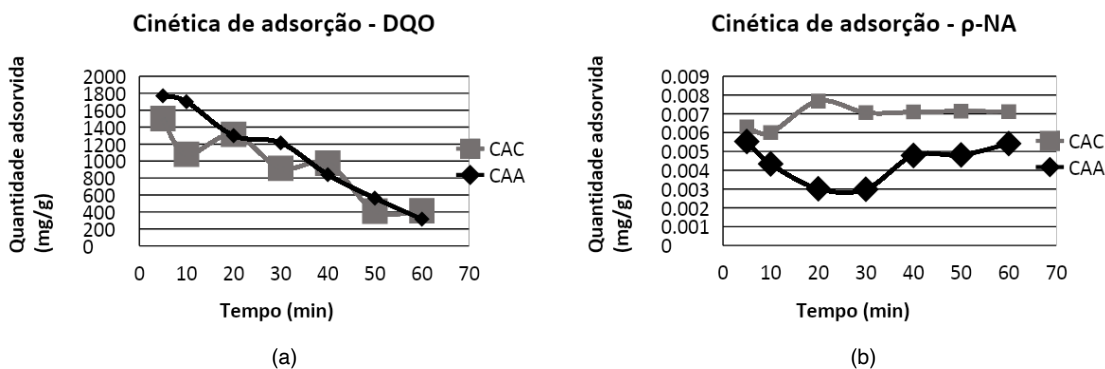


Figura 4 - (a) Cinética de adsorção - DQO (b) Cinética de adsorção - p-NA.

Fonte: Próprio autor.

Analisando os gráficos apresentados, é possível observar que a carga orgânica no CAC apresenta grande adsorção inicial seguida de dessorção. Uma explicação é que no início, os sítios ativos mais externos do carvão estão sendo consumidos. A carga orgânica apresenta moléculas de tamanhos variados, o que indica que partículas grandes não são possíveis de serem adsorvidas nos poros. A dessorção indica pouca estabilidade no processo de adsorção da carga orgânica. Já para a p-NA, cujas partículas são menores apresenta crescente adsorção até os 30 min para o CAC, quando atinge o equilíbrio.

Dessa forma é observado que a p-NA e a carga orgânica, que é representada pelo DQO, indicam uma afinidade com o CAC, porém, a p-NA apresenta uma afinidade maior com o CAC quando comparado com a carga orgânica, resultando, ao longo do tempo, uma obstrução nos sítios ativos, fazendo com que outros componentes sejam dessorvidos, provocando desta maneira um aumento da concentração de carga orgânica na fase líquida.

Já no CAA percebe-se que ambos componentes são melhores adsorvidos no início do processo, em 05 minutos, e que a carga orgânica também sofre o processo de adsorção e dessorção ao longo do tempo, embora seja de forma mais suave do que com o CAC. Para a p-NA, a dessorção também ocorre após os minutos iniciais, porém, a adsorção volta a ocorrer depois dos 40 minutos, indicando uma boa afinidade entre a molécula de p-NA e o CAA, no ensaio de cinética não ocorreu a adsorção completa, demonstrando que é necessário um tempo de ensaio maior que uma hora para que a adsorção ocorra.

Pelo fato da cinética de DQO apresentar adsorção e dessorção ao longo do processo, não foi possível estabelecer os modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem nem pseudo-segunda ordem para estes ensaios. Para a p-NA foi possível encontrar os modelos cinéticos e a Figura 5 apresenta esses modelos.

A Tabela 2 apresenta os valores da quantidade de soluto adsorvido no equilíbrio, das constantes de velocidade e o erro dos modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem.

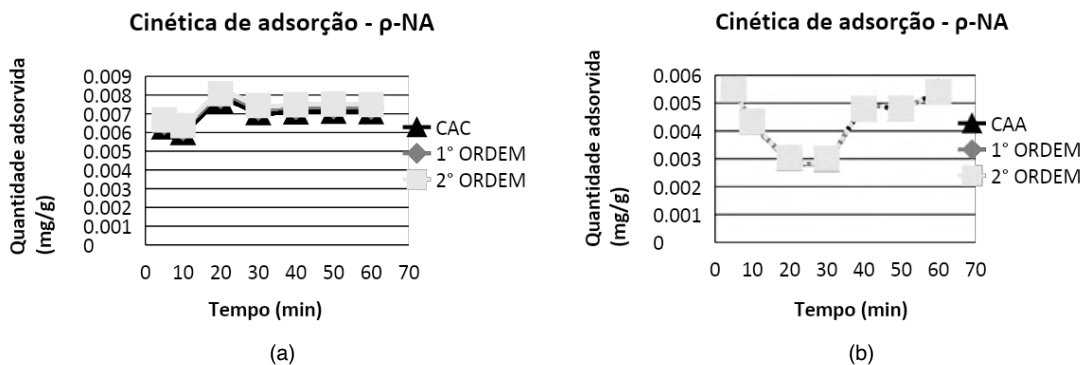


Figura 5 - (a) Cinética de adsorção - CAC (b) Cinética de adsorção - CAA.

Fonte: Próprio autor.

Modelos		CAC	CAA
Pseudo-primeira ordem	q_e (mg g ⁻¹)	0,25	0,24
	K_1 (min ⁻¹)	4,25	4,17
	Erro	$3,95 \times 10^{-7}$	$3,88 \times 10^{-10}$
Pseudo-segunda ordem	q_e (mg g ⁻¹)	0,23	0,23
	K_2 (g mg min ⁻¹)	20,09	19,84
	Erro	$1,01 \times 10^{-6}$	$1,76 \times 10^{-9}$

Tabela 2 - Modelos cinéticos de pseudo primeira ordem e pseudo-segunda ordem.

Fonte: Próprio autor.

Com isso é visto que o modelo de pseudo-primeira ordem é o que melhor representa a cinética da p-NA para ambos os carvões, já que este modelo apresenta o menor erro, e que a constante cinética que expressa que a constante de velocidade é 4,25 min⁻¹ para o CAC e 4,17 min⁻¹ para o CAA.

3.4 Isoterma de adsorção

Os ensaios de isoterma foram baseados no melhor tempo de cinética de adsorção de carga orgânica para o CAC, já que este foi o primeiro ensaio realizado e, portanto, aquele em que a empresa que forneceu os ensaios de DQO realizou os testes primeiro. Determinado o tempo da cinética (05 minutos), foi realizado o ensaio da isoterma. A massa do carvão foi variada, obtendo-se 05 pontos que são apresentados nas Figuras 6 e 7. Foram realizados também os cálculos para os modelos de Langmuir e Freundlich, que também são representados a seguir.

Observa-se que a isoterma de DQO obtida no experimento com CAC (Figura 6a) é caracterizada como desfavorável, ou seja, a força de interação entre o adsorvente e o adsorvato é fraca, além de ser caracterizada como uma adsorção como física, e desta forma, é possível o estudo da aplicação da recuperação do adsorvato.

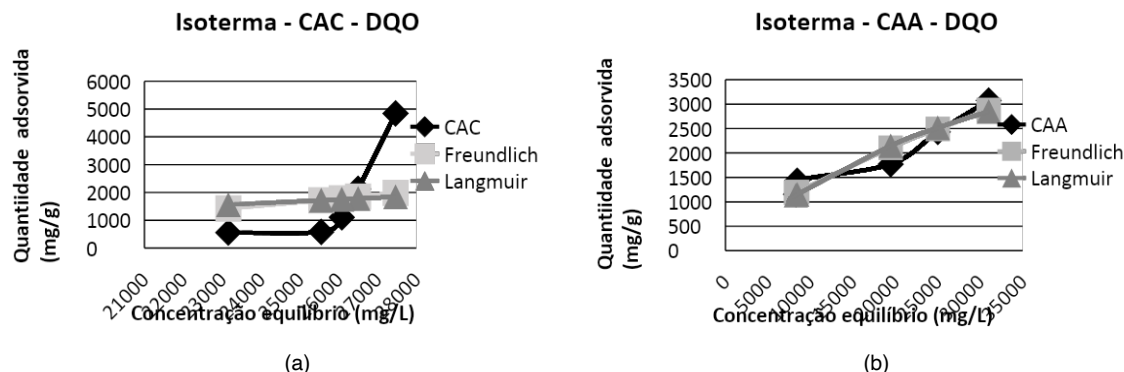


Figura 6 - (a) Isoterma de adsorção - CAC - DQO (b) Isoterma de adsorção - CAA - DQO.

Fonte: Próprio autor.

	Langmuir		Freundlich	
	q_{max}	R_L	n	K_F
CAC	64353	1,04	0,51	$4,53 \times 10^{-6}$
CAA	6358	1,97	1,49	0,64

Tabela 3 - Parâmetros calculados para isoterma de Langmuir e Freundlich.

Fonte: Próprio autor.

A obtenção dos resultados da isoterma apresentou que a carga orgânica é removida com uma baixa interação em relação ao carvão, mesmo com um aumento significativo na massa de carvão, visando aumentar a eficiência de remoção, isso não ocorreu, pois a massa de adsorvato retida por unidade de carvão é pequena, resultando em uma isoterma

desfavorável em relação ao DQO. Fato que pode ser comprovado devido ao valor de R_L ser maior do que 1, indicando que o soluto prefere a fase líquida à sólida e reafirmado pelo baixo valor de n , já que quanto maior for o n , mais forte é a interação entre o adsorvato e o adsorvente.

Para o CAA (Figura 6b), o modelo de isoterma que melhor representou a curva foi o Tipo L-4, especificando que os sítios ativos vão sendo consumidos ao longo do tempo. Ao contrário do CAC, o aumento da massa de carvão foi responsável por um aumento na eficiência na taxa de remoção de carga orgânica, tendo a eficiência máxima em 2,5 g igual a 78%, ao contrário do CAC, onde mesmo sendo a maior massa, a eficiência é de apenas 38%. Como ocorre com o CAC, o soluto prefere a fase líquida ao CAA, fato comprovado pelo R_L ser maior do que 1, porém, com este carvão o valor de n indica que a adsorção é favorável ($1 < n < 10$).

A constante K_F indica a capacidade de adsorção do adsorvente, e quanto maior for seu valor, maior será a capacidade de adsorção. Com isso, é possível comprovar a capacidade de adsorção do CAA ser muito maior do que do CAC.

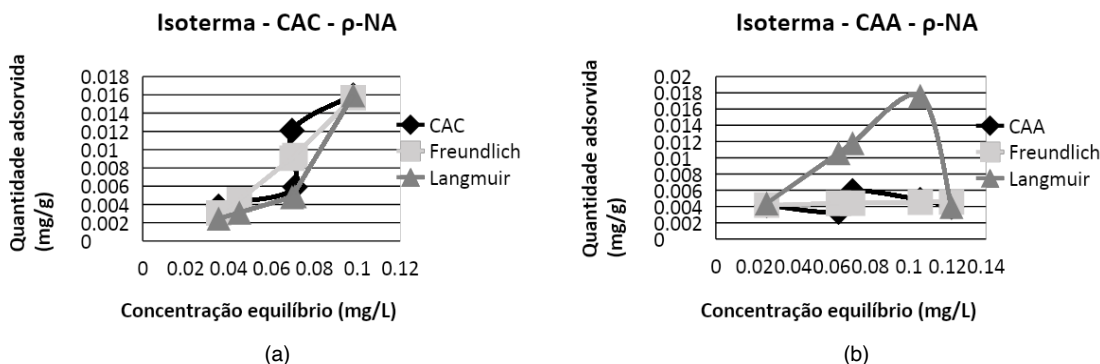


Figura 7- (a) Isotherma de adsorção - CAC - p-NA (b) Isotherma de adsorção - CAA - p-NA

Fonte: Próprio autor.

	Langmuir		Freundlich	
	q_{max}	R_L	n	K_F
CAC	19418	1,00	0,63	2,76
CAA	19418	1,00	16,79	$5,18 \times 10^{-3}$

Tabela 4 - Parâmetros calculados para isoterma de Langmuir e Freundlich.

Fonte: Próprio autor.

Já para isoterma da p-NA (Figura 7), foi observado a alta afinidade entre adsorvente

e adsorvato, e possui alta adsorção no período inicial, atingindo o equilíbrio logo após. Dessa maneira, pode ser caracterizada pela isoterma de curva H-4. É possível reafirmar desta forma o que foi identificado nos ensaios de cinética, a alta afinidade entre a ρ -NA e o CAC, já que mesmo para uma baixa quantidade de carvão a taxa de remoção de ρ -NA foi alta sendo de 73%, um valor mais favorável quando comparado com a taxa de remoção de carga orgânica com valor igual a 38%.

Assim como a curva do CAC, a curva do CAA é representada pela isoterma de curva H-4, apresentando alta afinidade entre adsorvente e adsorvato. Embora o CAA apresente uma boa afinidade com ambos os componentes estudados neste trabalho, é visto que a ρ -NA, embora ligeiramente, possui uma afinidade maior com o carvão do que a carga orgânica, e desta maneira a taxa de remoção deste componente foi maior, sendo igual a 80%, enquanto a taxa de remoção da carga orgânica foi de 78%.

Para a ρ -NA temos ambos os carvões representados pelo parâmetro linear ($R_L = 1$), porém, o parâmetro n para o CAC apresentou maior afinidade com o solvente, enquanto o CAA apresenta um alto valor de n , indicando que a interação entre adsorvente e adsorvato é forte. Já pela constante K_F vê-se que a capacidade de adsorção do CAC é maior do que do a do CAA.

3.5 Rota de descarte

Para obtenção da matéria prima do bagaço da cana-de-açúcar, parcerias com pequenos produtores que não possuem condições de gerar fonte de energia ou fertilizantes a partir dos resíduos, devem ser realizadas. Assim é possível obter esta matéria prima por um custo mais baixo e sendo lucrativa para ambas as partes. Além disso, o carvão ativado alternativo é biologicamente mais adequado quando comparado o carvão ativado comercial. Pelo fato do carvão comercial ser de origem mineral, não é possível ser levado a um processo de incineração, ao contrário do carvão alternativo, que é de fonte orgânica e assim a incineração é uma rota de descarte mais sustentável e barata.

4 | CONCLUSÃO

O presente trabalho realizou o estudo do teste de remoção de carga orgânica e ρ -NA de um efluente industrial, utilizando o carvão ativado comercial e o carvão alternativo que foi sintetizado a partir do bagaço da cana-de-açúcar.

Para implementação do projeto com eficácia, mais estudos devem ser aprofundados sobre condições operacionais, tais como: pH, temperatura, agitação, concentração e tempo de contato, a fim de encontrar condições de operações que permitem o favorecimento do aumento da eficiência de remoção de ambos os compostos. Estudos sobre a produção do carvão também devem ser aprofundados, como a melhoria na obtenção da granulometria e

morfologia do carvão, com o objetivo de aumentar a área de contato, promovendo um maior favorecimento da capacidade de adsorção do carvão por unidade de massa.

Os testes de cinética mostraram que o CAC apresenta maior afinidade com a p-NA do que com a carga orgânica, sendo esta dessorvida ao longo do tempo. O mesmo ocorre para o CAA, embora de maneira mais sutil. Os resultados obtidos na isoterma de CAC apresentam que ocorre uma baixa interação entre carvão e carga orgânica, o que é confirmado pelos parâmetros R_L e n . Já para o CAA, uma maior afinidade foi constatada, porém, observa-se que ocorre a diminuição da disponibilidade dos sítios ativos pela ocupação da p-NA nos mesmos. Os resultados obtidos pela isoterma de p-NA para o CAC demonstrou uma alta afinidade entre adsorvente e adsorvato, assim como o CAA.

Sendo assim, foi determinado, após todos os ensaios apresentados neste trabalho, que o carvão alternativo ativado com H_3PO_4 , desenvolvido para esse estudo apresenta um grande potencial para uso como adsorvente na remoção de ambos os componentes, com taxas de remoção igual a 78% de carga orgânica e 80% de p-NA em condições de operação de 05 minutos e 2,5 gramas de adsorvente.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. C. C.; GONÇALVES JÚNIOR, D. R.; CARDOZO-FILHO, L.; MARQUES, J. J.; SANTOS, E. J. 2018. **Uso de carvão ativado na remoção de CO_2** . Scientia Plena, Sergipe, v. 14, n. 5.

BACILA, D. M. 2019. **Efeito dos tratamentos térmicos convencionais no resíduo da nicarbazina e monitoramento do seu produto de degradação na carne de frango**. Orientadora: Profa. Dra. Luciana Igarashi Mafra. Tese de Doutorado, Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

da SILVA, J.E.; RODRIGUES, F. I.L.; PACÍFICO, S. N.; SANTIAGO, L. F.; MUNIZ, C. R.; SARAIVA, G. D.; NASCIMENTO, R. F.; SOUSA NETO, V. O. 2018. **Estudo de Cinética e Equilíbrio de Adsorção Empregando a Casca do Coco Modificada Quimicamente para a Remoção de Pb(II) de Banho Sintético**. Revista Virtual de Química, v. 10, n. 5, *no prelo*. ISSN 1984-6835.

KEHL, C. C. P. L. 2015. **Remoção de nitrogênio amoniacal por adsorção em carvão ativado**. Orientador: Mariliz Guterres. Trabalho de Diplomação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

LUNAGARIYA, J.; DHAR, A.; VEKARIYA, R. L. 2017. **Efficient esterification of: N -butanol with acetic acid catalyzed by the Brønsted acidic ionic liquids: Influence of acidity**. RSC Adv.. 7. 5412-5420. 10.1039/C6RA26722J.

NASCIMENTO, R. F. D.; LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. 2014. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará (UFC). ISBN 978-85-7485-186-0.

PAZ, J. E. D. M.; GARNICA, A. I. C.; CURBELO, F. D. D. S. 2018. **Estudo da adsorção de chumbo utilizando como adsorvente bagaço de cana de açúcar ativado**. HOLOS, v. 8, p. 3-18, 19 Dezembro 2018. ISSN 1807-1600. Acesso em: 23 abril 2021. Disponível em: doi:<https://doi.org/10.15628/holos.2018.7544>.

SCHLUSAZ, M. 2014. **Avaliação da eficiência da estação de tratamento de efluentes (ETE – ronda, ponta grossa – PR) através da análise de parâmetros físico-químicos**. Orientador: Prof. Dr. Ciro Maurício Zimmermann. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Brasil.

SOARES, L. A. 2014. **Síntese, ativação e caracterização de carvão obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar avaliação da capacidade de adsorção**. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Maria Lima Duarte. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

