

# MODELAGEM CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE ÓLEO CRU PRESENTE EM EFLUENTES DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO UTILIZANDO CINZA DA CASCA DE ARROZ

*Kilton Renan Alves Pereira<sup>1</sup>, Keila Regina Santana Fagundes<sup>2</sup>.*

**Resumo:** Atualmente as buscas por formas alternativas de tratamento da água produzida (AP) dos campos de petróleo apresenta um dos desafios do setor, por se tratar de um efluente que apresenta diversos contaminantes, como por exemplos metais pesados e óleo cru (hidrocarbonetos). Uma das técnicas aplicada no tratamento da água produzida é pelo processo de adsorção. Em paralelo, diferentes tipos de metodologias e tratamentos são aplicados aos resíduos lignocelulósicos, a fim de melhorar sua performance como adsorvente em processos adsorptivos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a cinética de adsorção do óleo cru utilizando a cinza da casca do arroz (CCA) como material adsorvente. A CCA foi obtida a partir da calcinação sob condições de 500 °C durante 2 horas e caracterizada por FRX. Os ensaios de adsorção foram realizados em batelada em intervalos de tempo pré-estabelecidos. O acompanhamento do sobrenadante após adsorção foi realizado por espectroscopia de absorção UV-VIS. A cinética de adsorção foi acompanhada por intervalo de tempo de 5 a 20 minutos, para concentração inicial de óleo cru de 0,5% e concentração da CCA de 150 g.L<sup>-1</sup>. E para modelagem cinética foram aplicados os modelos de pseudo-primeira-ordem e pseudo-segunda-ordem. A eficiência de remoção do óleo cru foi de 89,56% e modelo de pseudo-segunda ordem foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, se obtendo o capacidade de adsorção do óleo cru na superfície da CCA de de 0,0036 mg.g<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Água Produzida, tratamento de efluentes, adsorção, petróleo, cinzas.

## 1. INTRODUÇÃO

Na cadeia produtiva do petróleo e gás inúmeros resíduos são gerados, como é o caso da Água Produzida (AP), que representa em níveis mundiais cerca de 80% dos resíduos totais [1]. A AP é efluente gerado durante as fases de exploração e produção de poços petróleo e/ou gás, que apresenta composição química complexa, pela presença de diversos contaminantes, como exemplos os compostos orgânicos (BTEX) e metais tóxicos [2]. No estado do Rio Grande do Norte, os campos de petróleo se apresentam em um estágio chamado de declínio de produção, sendo classificado como campos “maduros”. Para estes campos a produção da AP atinge é intensificada, chegando a valores superiores a 39 milhões de metros cúbicos por dia [1], o que gera um desafio para indústria encontrar metodologias alternativas e eficientes para o tratamento da AP e correta destinação final. No Brasil o reuso e descarte da AP são regulados pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) sendo a resolução 430/2011, na qual dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores. Segundo a resolução, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados no corpo receptor desde que seja obedecida a quantidade de até 20 mg.L<sup>-1</sup> para óleos minerais. E a resolução nº 393/2007, dispõe sobre o descarte contínuo de água produzida em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, deverá obedecer à concentração média mensal de óleos e graxas de até 29 mg.L<sup>-1</sup>, com valor máximo diário de 42 mg.L<sup>-1</sup>.

A literatura reporta diversos tipos de tratamentos aplicados para remoção de contaminantes presentes na AP, como processos biológicos, químicos e físicos. Entretanto, o processo de adsorção vem sendo bastante aplicado devido sua alta seletividade, baixo custo e alta eficiência de remoção de diversos contaminantes [3]. A busca por materiais adsorventes e o critério para desenvolvimento dos mesmos envolve fatores de capacidade de adsorção, reciclagem, alta porosidade, superfície do adsorvente e custo [4]. E para se investigar o mecanismo de adsorção e dos potenciais passos limitantes de velocidade, que podem incluir transporte de massa e reações químicas, alguns modelos são reportados na literatura, sendo os mais usais o pseudo-primeira-ordem (PPO) e pseudo-segunda-ordem (PSO) [5]. O modelo cinético pseudo-primeira-ordem assume que a taxa de adsorção é proporcional à diferença entre capacidade de adsorção no equilíbrio ( $q_e$ ) e a capacidade de adsorção um determinado tempo ( $q_t$ ), enquanto pseudo-segunda-ordem considera que o processo de adsorção é controlado a partir de fenômeno químico [6].

Em paralelo, vem se observando que resíduos agroindústrias, como a casca do arroz, os quais não são aproveitados ou não se há aplicação efetiva final, se transformado em rejeito, gerando assim um passivo ambiental. Por outro lado, esse material calcinado (cinzas) apresenta em sua composição altos teores de sílica [7], o que

caracteriza como um potencial adsorvente para remoções de diferentes tipos de contaminantes presentes na AP [2,8]. Diversos estudos avaliam metodologias e tratamentos aplicados a esses resíduos lignocelulósicos, como uso de ácidos, bases, carbonização, com objetivo de modificar a estrutura superficial e textural destas biomassas, melhorando assim sua performance para remoção de diversos contaminantes, como metais tóxicos [9], corantes [10], grupos fenólicos [11] e petróleo bruto [12]

Nesse contexto, o trabalho tem por objetivo avaliar a cinética de adsorção envolvida na remoção de óleo cru (petróleo) em soluções sintéticas utilizando a cinza da casca de arroz (CCA) como material adsorvente, a fim de compreender a mecanismo envolvido no fenômeno de adsorção.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Determinação da massa específica do óleo cru

O óleo cru utilizado foi cedido pela empresa Petrobras-UO/RN-CE, no qual foi determinado sua massa específica utilizando um medidor de densidade DMA 4200 M.

### 2.2. Obtenção e composição química da CCA

As cascas de arroz foram calcinadas a temperatura de 500 °C por 2 horas com bateladas de 10 gramas de insumo em um equipamento MUFLA modelo 305 C da Shimadzu. A composição química das cinzas da casca do arroz foi obtida a partir do ensaio de espectroscopia de fluorescência de raios X por comprimento de onda dispersivo, modelo Axios Max, da Panalytical.

### 2.3. Avaliação da estabilidade do óleo cru em meio orgânico

Com o intuito de avaliar a estabilidade dos sistemas frente à fatores externos, o sistema (óleo cru/benzeno) foi submetido à interação com a luz, ar atmosférico e temperatura, de forma a associar a estabilidade do meio em função da absorbância ao longo do tempo (6 horas). Alíquotas de 10 mL da solução foram removidas da solução inicial e avaliada através da técnica de espectrofotometria na região do UV-visível, utilizando um equipamento de UV-VIS modelo 201 da SHIMADZU.

### 2.4. Curva de calibração do adsorbato

O sistema em estudo foi avaliado em diferentes concentrações de óleo cru em meio orgânico (benzeno) com a construção da curva analítica de calibração, sendo esta obtida a partir de uma solução mãe de 0,5% de óleo cru. Os ensaios foram realizados em um espectrofotômetro UV-visível SHIMADZU UV- 201, onde a partir da absorbância de cada solução nos comprimentos de onda de máxima absorção ( $\lambda_{\text{max}}$ ) foi construída a curva analítica.

O solvente orgânico benzeno foi utilizado com intuito de solubilizar as frações de óleo cru e dessa forma, promover um maior contato entre as moléculas do contaminante e os sítios ativos do suporte. Associado a isso, verificou-se a possibilidade de avaliar a eficiência de adsorção em solventes apolares, tendo em vista que é um processo fortemente dependente do meio.

### 2.5. Ensaios de adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados em batelada e sob as seguintes condições: agitação constante de 300 rpm, pH ( $\approx 6,0$ ) e temperatura a 25 °C, concentração inicial de óleo de 0,5% e concentração da CCA de 150 g.L<sup>-1</sup>. A eficiência de remoção e capacidade adsorvida de óleo cru por grama da CCA ( $q_e$ ) foram determinadas com base nas seguintes **Equações (1) e (2)**, respectivamente [5]:

$$\text{Remoção (\%)} = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} V \quad (2)$$

Onde:  $C_0$  e  $C_e$  são a concentração inicial e de equilíbrio de óleo cru (mg.L<sup>-1</sup>);  $q_e$  é a quantidade adsorvida no equilíbrio por grama do adsorvente (mg.g<sup>-1</sup>);  $V$  é volume total da solução (L);  $m$  é a massa da CCA (g).

### 2.6. Modelagem cinética da adsorção

Para avaliar a cinética de adsorção os ensaios experimentais foram conduzidos a partir da variação do tempo de contato entre o óleo cru e CCA, sendo mantido a massa de adsorvente ideal. Com base nos valores observados foram aplicados os modelos teóricos de pseudo-primeira-ordem (PPO) e pseudo-segundo-ordem (PSO), com

auxílio do software Statistic versão 10.0, sendo a escolha do modelo com base no coeficiente de regressão ( $R^2$ ) e dos parâmetros calculados. As **Equações (3) e (4)** se apresentam na forma não linear para os modelos PPO e PSO, respectivamente [5]:

$$q_t = q_e(1 - e^{-k_1 t}) \quad (3)$$

$$\frac{t}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e^2} + k_2 t \quad (4)$$

Onde:  $q_t$  é a capacidade de adsorção em dado instante de tempo  $t$  ( $\text{mg.g}^{-1}$ );  $K_1$  é a constante de velocidade de PPO ( $\text{min}^{-1}$ ),  $t$  o tempo de contato entre óleo cru e CCA;  $K_2$  é a constante de velocidade de PSO ( $\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Determinação da massa específica do óleo cru

O óleo cru apresenta uma faixa do grau API de 22-23° com massa específica de  $920,97 \text{ kg.m}^{-3}$ , a uma temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , e sendo possível determinar a concentração de óleo em solução em termos de  $\text{mg.L}^{-1}$ .

#### 3.2. Obtenção e composição química da CCA

As propriedades morfológicas da CCA obtida (**Figura 1**) são dependentes do processo de incineração, já que estruturas distintas podem ser formadas, sendo na literatura reportado para faixa de temperatura de  $500$  e  $600^\circ\text{C}$ , com intervalos de tempo de 1 minuto a 2 horas, conforme observado na pesquisa realizada por Pouey (2006) [13]. Esta propriedade é de suma importância para processos de adsorção, pois uma maior área superficial irá promover um maior número de sítios ativos na superfície da CCA, o que provocaram a retenção do óleo cru presente em solução sintética.



Figura 1: Cinzas da casca do arroz (CCA). (Autoria própria)

A **Tabela 1** apresenta a composição química da CCA, onde é possível observar a presença majoritária de sílica, superior a 95%, cujo material adsorvente apresentará grupamentos silanóis em sua estrutura [8], que podem servir de sítios ativos para adsorção dos compostos aromáticos presentes em solução contendo óleo cru.

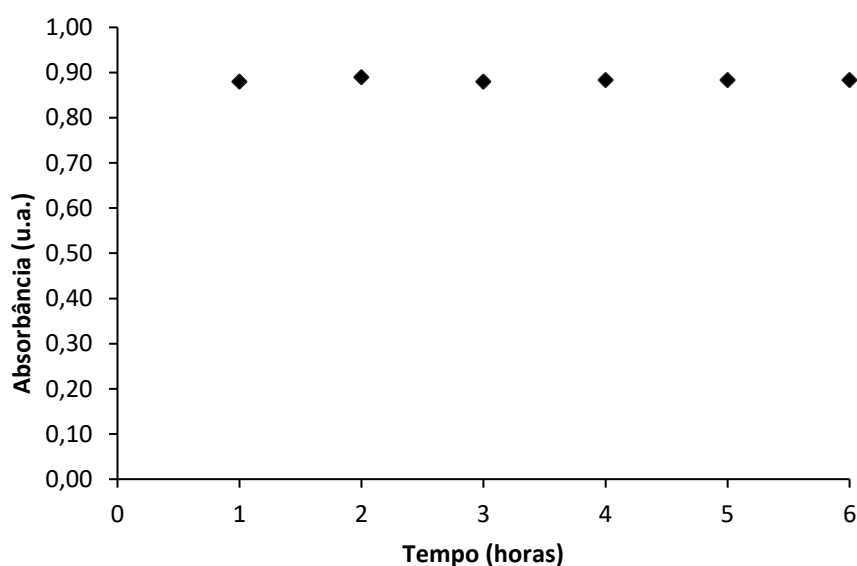
Tabela 1. Composição química da CCA por FRX. (Autoria própria)

| Elemento                       | % massa |
|--------------------------------|---------|
| SiO <sub>2</sub>               | 95,67   |
| CaO                            | 1,17    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,85    |
| K <sub>2</sub> O               | 0,82    |
| MgO                            | 0,32    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,16    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,13    |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,04    |
| SO <sub>3</sub>                | 0,01    |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,01    |

### 3.3. Avaliação da estabilidade do óleo cru em meio orgânico

O **Gráfico 1** mostra a absorbância em função do tempo para solução de óleo cru/benzeno utilizado, frente a fatores externos (ar atmosférico, luz e umidade).

Gráfico 1. Estabilidade do sistema em função de fatores externos. (Autoria própria)



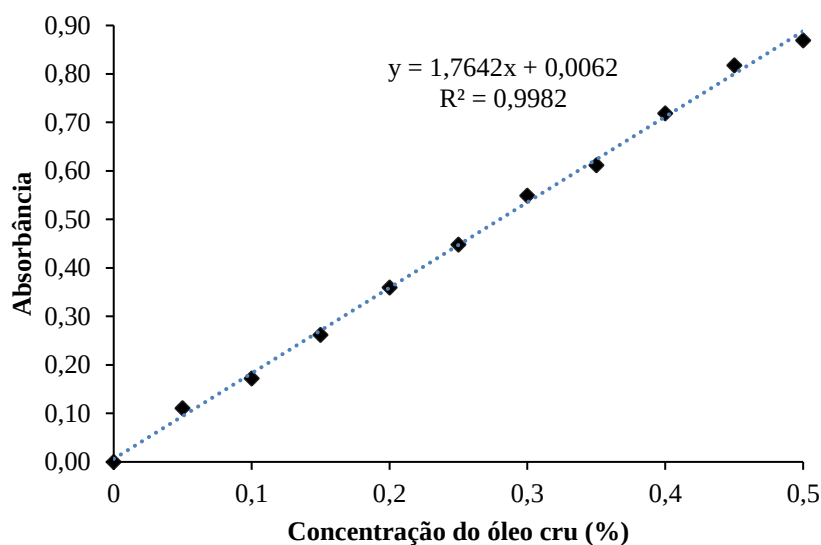
De acordo com Gráfico 1, fica evidenciado que as amostras permaneceram estáveis quanto aos valores de absorbância frente aos fatores externos, o que definitivamente indica que qualquer alteração na absorbância é decorrência da presença do adsorvente utilizado no processo de adsorção.

### 3.4. Curva de calibração do adsorbato

O **Gráfico 2** mostra a curva analítica da solução de óleo cru/benzeno, sendo foi possível a transformação dos valores de absorbância (Abs) em função da concentração de óleo, conforme a equação da reta, a qual demonstra um elevado coeficiente de regressão ( $R^2$ ) superior a 0,99. A partir da equação da reta é possível determinar a concentração de óleo cru ([óleo]) sobrenadante após ensaios de adsorção, conforme **Equação 5**.

$$[\text{óleo}] = \frac{\text{Abs} - 0,0062}{1,7642} \quad (5)$$

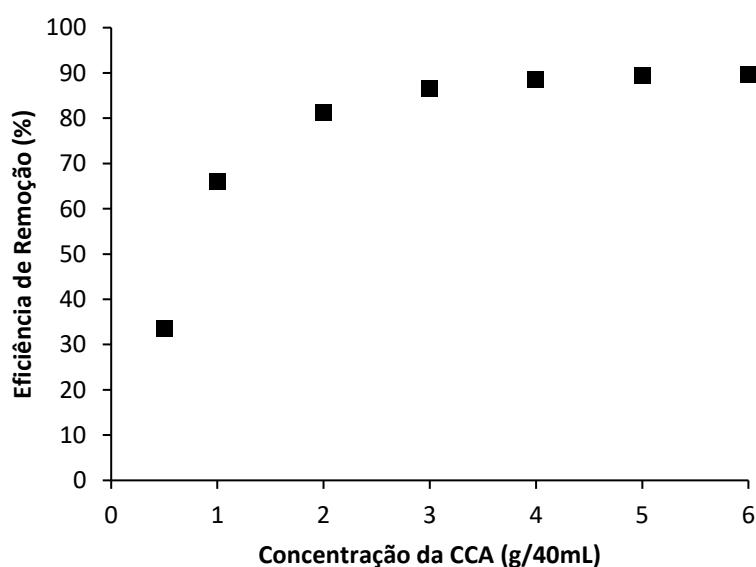
Gráfico 2. Curva analítica da solução de óleo cru/benzeno. (Autoria própria)



### 3.5. Ensaios de adsorção

O Gráfico 3 apresenta a eficiência de remoção do óleo cru em função da concentração da CCA, na qual fica evidenciado que para valores de concentrações da CCA próximos a 6g/40mL, ocorre a estabilização do sistema, atingindo níveis de 90 % de eficiência da remoção do óleo cru presentes no meio. Esse comportamento é indicativo de que há uma razão líquido/sólido ideal entre a concentração do adsorvente e contaminante. O aumento de concentração da CCA não necessariamente é responsável pelo aumento da eficiência de adsorção, tendo em vista que, poderá ocorrer um efeito competitivo entre os sítios ativos do adsorvente, o que poderá gerar uma redução na eficiência de remoção. Por essa razão, foi escolhida a concentração otimizada de 6g/40 mL ( $150 \text{ g.L}^{-1}$ ) para a modelagem da cinética de adsorção.

Gráfico 3. Eficiência de remoção do óleo cru em função da concentração do adsorvente. (Autoria própria)



A Figura 2, ilustra uma alíquota do sistema antes e depois do processo de adsorção, para concentração da CCA de 6g/40 mL.

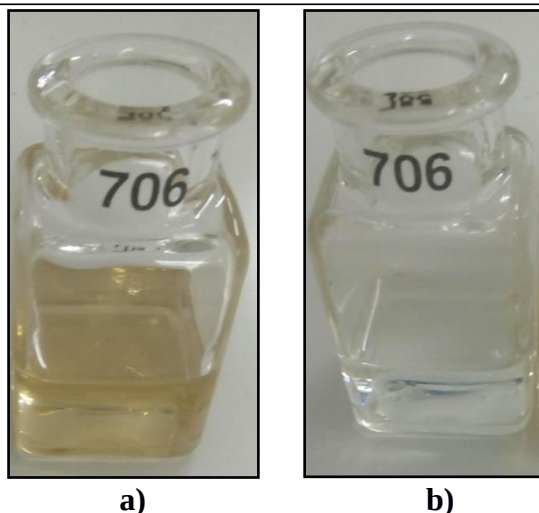
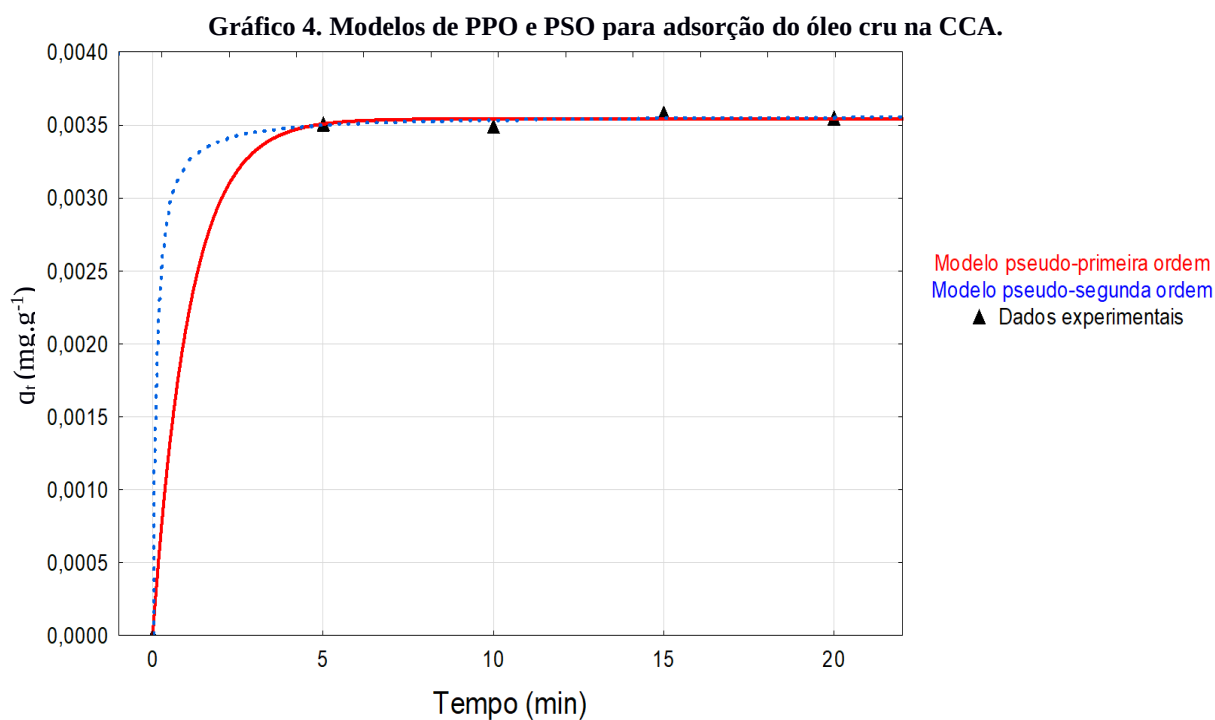


Figura 2. Alíquota da solução– a) antes e b) depois, do processo de adsorção. (Autoria própria)

### 3.6. Modelagem cinética de adsorção

O **Gráfico 4** mostra os modelos cinéticos PPO e PSO aplicados frente aos dados experimentais obtidos para capacidade de adsorção.



A partir do **Gráfico 4** se observa que ambos os modelos se descrevem bem a cinética de adsorção do óleo cru na superfície da CCA, conforme resultado de correlação e respectivos parâmetros cinéticos, conforme apresentados na **Tabela 2**. As **Equações (6)** e **(7)** que descrevem os modelos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem, respectivamente.

$$q_t = 0,00354 \times (1 - e^{-0,926t}) \quad (6)$$

$$q_t = 0,00357 \times \frac{0,00357 \times 2690,95t}{1 + (2690,95t)} \quad (7)$$

Tabela 2. Parâmetros cinéticos obtidos na adsorção do óleo cru. (Autoria própria)

| Modelo | Parâmetros |
|--------|------------|
|--------|------------|

| <b>PPO</b> | $q_e$ (mg.g <sup>-1</sup> ) | $K_1$ (min <sup>-1</sup> )                    | $R^2$ |
|------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|-------|
|            | 0,00354                     | 0,926                                         | 0,999 |
| <b>PSO</b> | $q_e$ (mg.g <sup>-1</sup> ) | $K_2$ (g.mg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> ) | $R^2$ |
|            | 0,00357                     | 2690,95                                       | 0,999 |

O valor experimental da capacidade de adsorção no equilíbrio ( $q_e$ ) de 0,0036 mg.g<sup>-1</sup> foi encontrado nos modelos cinéticos de PPO e PSO, o que é possível que ambos mecanismos de adsorção estejam envolvidos no fenômeno, ou seja, que a taxa de adsorção é proporcional à diferença entre capacidade de adsorção no equilíbrio e dado instante de tempo, e que é um fenômeno de natureza de quimissorção [14,15]. Os níveis de baixa capacidade de adsorção da CCA frente a outros materiais carbonosos para remoção do petróleo, se deve possivelmente ao fato da presença de frações e composição química heterogênea do petróleo analisado em solução, gerando a saturação da superfície da CCA rapidamente, como foi observado pela modelagem cinética.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos quanto a eficiência de remoção do óleo cru na superfície da cinza da casca de arroz (CCA) atingiu níveis próximos a 90%, conferindo-lhe uma superfície com afinidade química com estes contaminantes presentes na água produzida (AP). E o estudo da cinética de adsorção se observou que ambos os modelos descrevem a velocidade de interação entre contaminante e o adsorvente. Com isso, a cinza da casca de arroz (CCA) apresenta um potencial promissor para tratamento de efluentes industriais, especialmente os da indústria do petróleo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M.A. Al-ghouti, M.A. Al-kaabi, M.Y. Ashfaq, D. Adel, Produced water characteristics, treatment and reuse: A review, *J. Water Process Eng.* 28 (2019) 222–239. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.02.001>.
- [2] M.A. Calvalcante, L.M.D.M. Marques, F.D.D.S. Junior, K.R.A. Pereira, K.R.S. Fagundes, F.P. Fagundes, Potential for the application of sugar cane bagasse and rice in the removal of contaminants present in the water produced of petroleum, *J. Eng. Exact Sci.* (2019). <https://doi.org/10.18540/jcecvl5iss2pp0207-0211>.
- [3] Y. Zhou, J. Lu, Y. Zhou, Y. Liu, Recent advances for dyes removal using novel adsorbents: A review, *Environ. Pollut.* 252 (2019) 352–365. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.072>.
- [4] A. Kayvani Fard, G. McKay, Y. Manawi, Z. Malaibari, M.A. Hussien, Outstanding adsorption performance of high aspect ratio and super-hydrophobic carbon nanotubes for oil removal, *Chemosphere.* 164 (2016). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.08.099>.
- [5] T. Van Thuan, B.T.P. Quynh, T.D. Nguyen, V.T.T. Ho, L.G. Bach, Response surface methodology approach for optimization of Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> adsorption using KOH-activated carbon from banana peel, *Surfaces and Interfaces.* 6 (2017) 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2016.10.007>.
- [6] M.T. Yagub, T.K. Sen, M. Ang, Removal of cationic dye methylene blue (MB) from aqueous solution by ground raw and base modified pine cone powder, *Environ. Earth Sci.* 71 (2014) 1507–1519. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2555-0>.
- [7] L. Xu, X. Zheng, H. Cui, Z. Zhu, J. Liang, J. Zhou, Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Studies on the Adsorption of Cadmium from Aqueous Solution by Modified Biomass Ash, *Bioinorg. Chem. Appl.* 2017 (2017). <https://doi.org/10.1155/2017/3695604>.
- [8] V.K. Gupta, D. Mohan, S. Sharma, M. Sharma, Removal of basic dyes (rhodamine B

- 
- and methylene blue) from aqueous solutions using bagasse fly ash, *Sep. Sci. Technol.* 35 (2000) 2097–2113. <https://doi.org/10.1081/SS-100102091>.
- [9] Y. Wang, C. Peng, Cr(VI) adsorption on activated carbon: mechanisms, modeling and limitations in water treatment, *J. OfEnvironmental Chem. Eng.* (2020),. (2020). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104031>.
- [10] M. V. Sureshkumar, C. Namasivayam, Adsorption behavior of Direct Red 12B and Rhodamine B from water onto surfactant-modified coconut coir pith, *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* 317 (2008) 277–283. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2007.10.026>.
- [11] C. Namasivayam, D. Kavitha, IR, XRD and SEM studies on the mechanism of adsorption of dyes and phenols by coir pith carbon from aqueous phase, *Microchem. J.* 82 (2006) 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2005.07.002>.
- [12] R. Hosny, M. Fathy, M. Ramzi, T. Abdel Moghny, S.E.M. Desouky, S.A. Shama, Treatment of the oily produced water (OPW) using coagulant mixtures, *Egypt. J. Pet.* 25 (2016) 391–396. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.09.006>.
- [13] M.T.F. Pouey, Beneficiamentos da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7733/000554896.pdf>.
- [14] P.V. Viotti, W.M. Moreira, O.A.A. dos Santos, R. Bergamasco, A.M.S. Vieira, M.F. Vieira, Diclofenac removal from water by adsorption on Moringa oleifera pods and activated carbon: Mechanism, kinetic and equilibrium study, *J. Clean. Prod.* 219 (2019) 809–817. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.129>.
- [15] M.T. Yagub, T. Kanti Sen, M. Ang, Removal of cationic dye methylene blue ( MB ) from aqueous solution by ground raw and base modified pine cone powder, *Environ. Earth Sci.* 71 (2014) 1507–1519. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2555-0>.
-





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA  
CENTRO DE ENGENHARIAS

**ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Às 14 horas do dia **28 de maio de 2021**, por videoconferência (via Google meet), reuniu-se a Banca Examinadora para a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de autoria de **Kilton Renan Alves Pereira**, aluno do curso bacharelado em Ciência e Tecnologia desta instituição, com o título “**Cinética de adsorção para remoção de óleo cru de elfuentes da indústria do petróleo utilizando a cinza da casca de arroz**”. A Banca Examinadora foi constituída pelos professores, Keila Regina Santana Fagundes, presidente da banca e orientadora do trabalho; Fabio Pereira Fagundes (membro) e Rodrigo César Santiago (membro). Foram registradas as seguintes ocorrências: foi apresentado o trabalho pelo discente, seguido de questionamentos pelos membros da banca; finalizando, foram sugeridas algumas modificações e correções. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido às seguintes notas: 10,0; 10,0; 10,0. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi **APROVADO** com média geral 10,0; cumprindo as exigências para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de curso. E, para constar, eu, **Keila Regina Santana Fagundes**, presidente da banca examinadora e orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso do aluno **Kilton Renan Alves Pereira**, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 28 de maio de 2021.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

KEILA REGINA SANTANA  
FAGUNDES:05101455407

Assinado de forma digital por KEILA REGINA  
SANTANA FAGUNDES:05101455407  
Dados: 2021.05.28 15:27:29 -03'00'

Prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Keila Regina Santana Fagundes  
Presidente

RODRIGO CESAR  
SANTIAGO:05345915407

Assinado de forma digital por RODRIGO  
CESAR SANTIAGO:05345915407  
Dados: 2021.05.28 15:43:24 -03'00'

Prof<sup>o</sup> Dr. Rodrigo César Santiago  
Membro

FABIO PEREIRA  
FAGUNDES:02534180460

Assinado digitalmente por FABIO PEREIRA FAGUNDES:02534180460  
DN: CN=FABIO PEREIRA FAGUNDES:02534180460, OU=UFERSA -  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, C=BR  
Razão: Eu sou o autor deste documento  
Localização: sua localização de assinatura aqui  
Data: 2021.05.31 13:47:55  
Fórmula: PhantomPDF Versão: 10.0.0

Prof<sup>o</sup> Dr. Fabio Pereira Fagundes  
Membro