

## ESTUDO DA EFICÁCIA DA CASCA DE MARACUJÁ NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTE OLEOSO

Cinthia Silva Almeida<sup>1</sup>  
Antonia Vitória Grangeiro Diógenes<sup>2</sup>  
Daianni Ariane da Costa Ferreira<sup>3</sup>  
Francisco Wilton Miranda da Silva<sup>4</sup>  
Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado<sup>5</sup>

### RESUMO

A água produzida é um efluente gerado em volume elevado em campos maduros de petróleo. O gerenciamento dessa água é um grande desafio para indústria, pois a mesma apresenta alta complexidade na sua composição físico-química e, portanto, necessita ser rigorosamente tratada. Diante disso, o objetivo desse trabalho é avaliar a eficiência de cascas de maracujá (naturais e hidrofobizadas) na remoção de turbidez de efluente oleoso sintético. Inicialmente as cascas foram cuidadosamente lavadas, trituradas e submetidas à separação granulométrica em três faixas (-14+28; -28+48; -48+100 mesh). Parte das cascas foi hidrofobizada com cera de carnaúba, visando verificar a influência da hidrofobização no potencial de adsorção das mesmas. Um efluente oleoso foi preparado com água destilada e óleo diesel S500. Os ensaios de adsorção foram realizados colocando em contato sob agitação, 190 ml de efluente com 5g de cascas (naturais e hidrofobizadas), nas três faixas granulométricas. Em seguida, todas as amostras foram submetidas a análises de turbidez. A turbidez inicial do efluente oleoso foi de 774 NTU e, após o contato com as cascas apresentou redução. Após contato com o material natural a remoção de turbidez variou entre 33,8% e 51,5% e, com o material hidrofobizado os valores obtidos foram mais altos, variando entre 73,5% e 81,9%. O maior percentual de remoção ocorreu utilizando as cascas hidrofobizadas na maior faixa granulométrica (-14+28). Portanto, os resultados apontam a viabilidade do uso de cascas de maracujá hidrofobizadas para o tratamento de água produzida.

**Palavras-chave:** Casca de maracujá, efluente oleoso, adsorção.

### INTRODUÇÃO

Em campos maduros de petróleo também se produz água em volume elevado e, em virtude de sua complexa composição físico-química essa água deve ser rigorosamente tratada

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, [cinthia.almeida@alunos.ufersa.edu.br](mailto:cinthia.almeida@alunos.ufersa.edu.br);

<sup>2</sup> Graduanda do Curso de Engenharia de Petróleo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, [grangeirov03@gmail.com](mailto:grangeirov03@gmail.com);

<sup>3</sup> Química da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, [daianniariane@ufersa.edu.br](mailto:daianniariane@ufersa.edu.br);

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia Química, Professor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, [wilton.miranda@ufersa.edu.br](mailto:wilton.miranda@ufersa.edu.br);

<sup>5</sup> Professora orientadora: Doutora em Química, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, [regina.brasil@ufersa.edu.br](mailto:regina.brasil@ufersa.edu.br).

com a finalidade de atender as exigências ambientais antes de ser encaminhada ao seu destino final. Descarte, injeção e reuso são as alternativas geralmente adotadas para o destino final da água produzida.

As características físicas, químicas e biológicas da água produzida são influenciadas por fatores geológicos e de localização geográfica dos reservatórios (STEWART; ARNOLD, 2011).

Segundo a Resolução CONAMA nº 430, de 2011, efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento.

Diversas são as técnicas utilizadas para o tratamento da água produzida, dentre elas destacam-se os métodos de fóton-catálise, tecnologia de membrana e células microbianas (SILVA *et al.*, 2020). Os métodos de floculação, precipitação e adsorção também são utilizados.

A adsorção é definida como um fenômeno de superfície no qual uma concentração finita de moléculas de um fluido, por afinidade, adere a uma superfície devido a um não balanceamento de forças, possuindo como principais elementos o adsorvivo, o adsorvente e o adsorbato (ARAÚJO *et al.*, 2017). O carvão ativado é geralmente o tipo de adsorvente mais utilizado no processo de adsorção, contudo, apresenta alto custo (QUEIROS *et al.*, 2006). Com isso, a busca por materiais de baixo custo como é o caso dos resíduos agroindustriais se torna importante. Vale ressaltar que esses resíduos quando são descartados de forma incorreta na natureza geram problemas ambientais.

Um exemplo da utilização de resíduos no tratamento de águas contaminadas foi o da casca da tangerina como adsorvente de atrazina e diuron, no qual bons resultados na remoção desses compostos foram apresentados (CUSIOLI *et al.*, 2018). Pereira *et al.*, (2019) utilizaram casca de banana para remoção de turbidez de fluido oleoso sintético e observaram que o material apresentou uma eficiência superior a 96% na remoção de turbidez do fluido. Logo, estudar outros tipos de resíduos se tornou interessante.

O maracujá é uma das frutas típicas do Brasil. Segundo dados do IBGE em 2018 a produção foi de 602.651 toneladas em uma área de 43.248 hectares. A região Nordeste se destacou como a principal produtora, com produção de 375.541 toneladas em uma área 29.953 hectares. Em 2020, a perspectiva foi de aumento da área plantada desse fruto (FONSECA, 2021). Esses dados evidenciam uma grande geração de cascas dessa fruta.

Segundo Cazarin *et al.*, (2014), a farinha obtida da casca do maracujá possui 74% de fibras insolúveis e, o teor de polifenóis indicou a predominância de compostos com características hidrofílicas, quando foram realizados experimentos de extração de fenóis em que o solvente usado foi água. Contudo, torna-se importante citar que inúmeras pesquisas vêm sendo feitas nos últimos tempos sobre materiais que possam atuar como agentes hidrofobizantes.

De acordo com Borba *et al.*, (2013), a cera de carnaúba é composta por uma larga cadeia de hidrocarbonetos e ésteres, ácidos e hidroxiácidos e, essas características lhe proporcionam um alto poder de hidrofobização.

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de cascas de maracujá (naturais e hidrofobizadas com cera de carnaúba) na remoção da turbidez de efluente oleoso sintético.

## **METODOLOGIA**

### **Obtenção e tratamento do material adsorvente**

As cascas do maracujá foram coletadas em um estabelecimento de venda de frutas da cidade de Potiretama-CE. Elas foram lavadas abundantemente com água da torneira e deixadas de molho por um período de 2 h. Depois foram cortadas em pedaços menores e colocadas expostas ao sol por um período de quatro dias consecutivos, quando secas foram trituradas em liquidificador e lavadas novamente com água da torneira e água destilada, até não se obter nenhuma coloração na água de lavagem, em seguida foram secas em estufa a 65 °C. Decorridos esses processos, os grãos foram separados em peneira do tipo Tyler, em três faixas granulométricas (-14+28; -28 + 48; -48+100 mesh).

### **Processo de hidrofobização**

Parte das cascas de maracujá foram hidrofobizadas com cera de carnaúba para verificação da influência da hidrofobização no potencial de adsorção do material.

Foi adicionada uma proporção de 20% de cera em relação à massa do adsorvente (5g) estabelecida para os ensaios de adsorção.

### **Preparação do efluente oleoso**

Para simular a água produzida, foi preparado um efluente oleoso com óleo diesel S500. Foram utilizados 20% de diesel em relação ao volume de água. A mistura água/óleo foi submetida inicialmente a agitação em um agitador Hamilton Beach (30 s) e em seguida foi agitada (50 min) em uma mesa agitadora. Posteriormente, a emulsão foi colocada em um funil de decantação por um período de 24 h para separação das fases (óleo em excesso e fase aquosa). A fase aquosa foi utilizada nos experimentos.

### **Ensaio de adsorção**

Os ensaios de adsorção foram realizados à temperatura ambiente (30°C), onde foram pesados 5g de casca de maracujá (natural e hidrofobizada) e colocadas em contato com 190 ml do efluente produzido sob agitação, em uma mesa agitadora modelo SL-1821A, por um período de 12 h. Ao fim da agitação, as amostras ficaram em repouso por um período de 5 h, com a finalidade de esperar a decantação das cascas. Posteriormente, o fluido sobrenadante foi então coletado para análise da turbidez.

### **Avaliação do potencial de adsorção das cascas de maracujá pela técnica da turbidez**

Os ensaios de turbidez foram realizados no efluente sintético antes e após o contato com as cascas, utilizando um turbidímetro marca AP 2000 W da PoliControl. A turbidez foi medida logo após a coleta das amostras de modo a evitar modificações na temperatura e pH das mesmas, que podem alterar a cor e/ou provocar coagulação das partículas em suspensão. Os valores obtidos foram expressos em NTU (Nephelometric Turbidity Unity).

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

Nas atividades de produção e exploração de óleo e gás são gerados resíduos e efluentes, dentre os quais se destaca a água produzida junto ao petróleo. Ela consiste na água de formação e na água de injeção, que é aquela injetada no reservatório para aumento da produção. Geralmente os campos no início da produção geram pequenas quantidades de águas, que aumentam com o decorrer do tempo e atingem valores próximos a 90% quando o campo se encontra no seu estágio final de produção econômica (RAY; ENGELHARDT, 1992).

A água de produção é composta por uma mistura complexa de compostos orgânicos e inorgânicos, além de resíduos de aditivos químicos utilizados no processo de produção (FIGUEREDO *et al.*, 2014). Devido a essa complexidade necessita de tratamento específico.

A adsorção vem sendo largamente estudada para tratamento da água produzida, apresentando resultados satisfatórios. De acordo Juchen *et al.*, (2013), a técnica consiste em um processo de separação, onde ocorre transferência de massa de uma fase fluida para a superfície de um sólido. Além disso, métodos utilizados para melhorar a eficiência do processo da adsorção dos materiais também vêm sendo estudados. Como por exemplo, a hidrofobização que contribui para que o adsorvente se torne um material com aversão a água aumentando assim a capacidade de adsorção sobre os materiais presentes. Segundo Curbelo (2002) e Borba *et al.*, (2013), a cera de carnaúba apresenta resultados positivos na hidrofobização de materiais e contribui para adsorção.

O alto custo dos materiais adsorventes, incentiva novos estudos em busca de alternativas mais simples e mais acessíveis, como os resíduos naturais. Logo, pesquisas sobre a eficiência de resíduos agroindustriais como adsorventes no tratamento de águas contaminadas vêm sendo realizadas atualmente.

Maracujá é um nome popular dado a várias espécies do gênero Passiflora, do qual há 500 espécies distribuídas por regiões de clima tropical e subtropical do globo, sendo o Brasil seu maior produtor com mais de 79 espécies. O maracujá azedo ou amarelo é o mais produzido e comercializado. Seu cultivo está basicamente voltado para a indústria de sucos e polpas, em especial devido ao seu sabor mais ácido e maior rendimento (ZERAİK *et al.*, 2010).

De acordo com Córdova *et al.*, (2005), a casca de maracujá apresenta em sua composição quantidades de sódio, cálcio e ferro, sendo o sódio o componente majoritário.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O efluente oleoso apresentou turbidez inicial de 774 NTU. A Tabela 1 apresenta os valores de turbidez e o percentual de remoção após os ensaios de adsorção usando cascas de maracujá, onde pode ser observado que ocorreu remoção entre 33,8% e 51,5% após o contato do efluente com as cascas naturais e entre 73,5% e 81,9% após o contato com as cascas hidrofobizadas com cera de carnaúba. Na figura 1 é possível observar que a maior taxa de

remoção (81,9%) ocorreu após contato com cascas hidrofobizadas na maior faixa granulométrica (-14+28). A Figura 2 mostra os valores de turbidez do efluente antes e após contato com as cascas, sendo possível observar uma diminuição desses valores em função da diminuição da granulometria para as cascas naturais do maracujá. Os valores obtidos usando as cascas hidrofobizadas foram mais baixos em comparação com os resultados com cascas naturais, demonstrando uma maior eficiência dos materiais hidrofobizados na adsorção dos hidrocarbonetos do efluente sintético.

Tabela 01. Valores de turbidez e percentual de remoção após os ensaios de adsorção com cascas de maracujá naturais e hidrofobizadas.

<b>Adsorvente:</b> <b>Casca de maracujá</b>	<b>Granulometria (mesh)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Remoção (%)</b>
Natural	(-14+28)	512	33,8
Hidrofobizada	(-14+28)	140	81,9
Natural	(-28+48)	442	42,9
Hidrofobizada	(-28+48)	205	73,5
Natural	(-48+100)	375	51,5
Hidrofobizada	(-48+100)	168	78,3

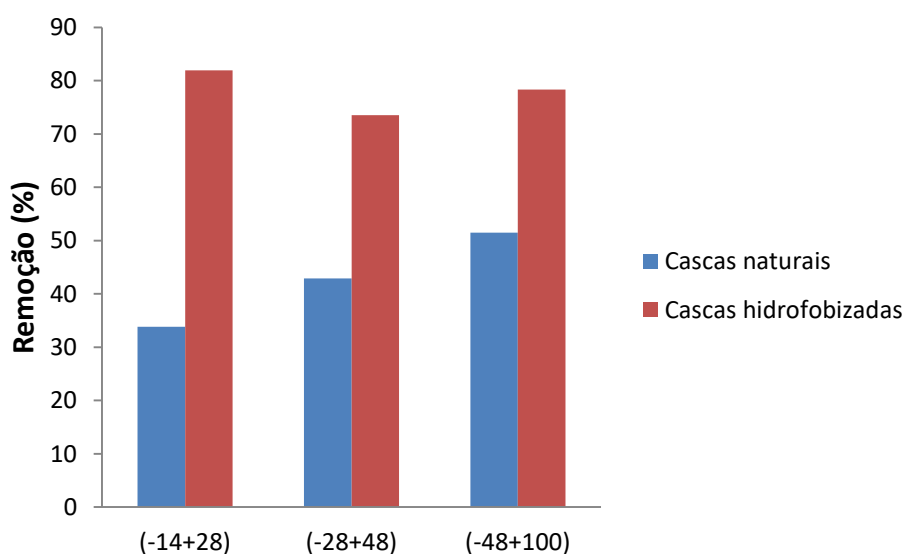


Figura 01. Percentual de remoção de turbidez após contato do efluente com as cascas de maracujá.

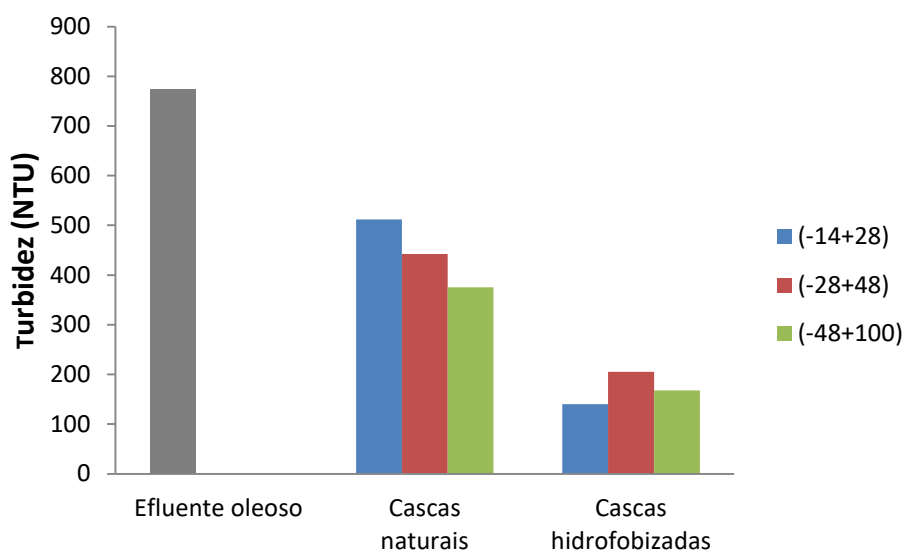


Figura 02. Valores de turbidez do efluente oleoso, antes e após contato com as cascas de maracujá.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados obtidos, as cascas de maracujá apresentaram bons resultados na remoção da turbidez do efluente oleoso sintético. O material hidrofobizado com cera de carnaúba mostrou-se mais eficiente que o natural em todas as faixas granulométricas. O percentual mais alto de remoção ocorreu utilizando as cascas hidrofobizadas na maior faixa granulométrica (-14+28). Portanto, os resultados obtidos apontam para a viabilidade do uso de cascas de maracujá hidrofobizadas como adsorventes de hidrocarbonetos, colaborando para pesquisas que visam à resolução de problemas em relação não só a água produzida, mas também ao destino de resíduos agroindustriais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, D.A.; CURBELO, F.D.S.; BRAGA, R.M.; GARNICA, A.I.C. Remoção do óleo da água produzida utilizando o carvão ativado comercial. HOLOS, v.8, p.12-31, 2017.

BORBA, L. L. S.; OLIVEIRA, M. F. D.; MELO, M. A. F.; MELO, D. M. A.; PERGHER, S. B. C. Preparação de adsorventes à base de materiais naturais hidrofobizados com cera de carnaúba. *Perspectiva*, Erechim. v.37, n.139, p. 37-46, 2013.

CAZARIN, C. B. B.; SILVA, J. K. da; COLOMEU, T. C.; ZOLLNER, R. de L.; MARÓSTICA J. M. R. Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural (SciELO)*., v. 44, n. 9, p. 1699-1704, set. 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução N° 430, de 2011.

CÓRDOVA, K. R. V.; GAMA, T. M.M.T.B.; WINTER, C. M. G.; NETO, G.K.; FREITAS, J. S. Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo (*Passiflora Edulis Flavicarpa Degener*) obtida por secagem. *B.CEPPA*, Curitiba, v. 23, n. 2, 2005.

CURBELO, F. D. da S. Estudo da remoção de óleo em águas produzidas na indústria de petróleo, por adsorção em coluna utilizando a vermiculita expandida e hidrofobizada. 2002. Dissertação (Mestrado Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2002.

CUSIOLI, L.; BEZERRA, C.; QUESADA, H.; BAPTISTA, A.; BERGAMASCO, R. Utilização da casca de tangerina para adsorção de atrazina e diuron de águas contaminadas. *Enciclopédia Biosfera*, v. 15, n. 28, p. 1510-1518, 2018.

FIGUEREDO, K. S. L.; MARTÍNEZHUITLE, C. A.; TEIXEIRA, A. B. R.; PINHO, AL. S.; VIVACQUA, C. A.; SILVA, D. R. Study of produced water using hydrochemistry and multivariate statistics in different productions zones of mature fields in the Potiguar Basin – Brazil. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 116: pp.109-114, 2014.

FONSECA, R. B. Campo & Negócios Online. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/maracuja-nordeste-ainda-domina-cultivo/>. Acesso em: 11/03/2021.



JUCHEN, P.T.; GOBI, F. P.; HONORIO, G. C.; GONÇALVES, G. C.; VEIT, M. T. Aplicação do palito de erva-mate como adsorvente no processo de adsorção do corante azul de metileno. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas. U T F P, Processos Químicos, Anais do V SEQ, Simpósio de Engenharia Química, Maringá – PR, 2013.

PEREIRA, M. V. C; PAULINO, P. D.; BRASIL DELGADO, R. C. O.; SANTIAGO, R. C.; MOTA, A. L. N.; BARBOSA, A, F. F. Uso da Casca de Banana como Adsorvente para a Remoção da Turbidez de Fluido Oleoso Sintético In: 10º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Natal-RN, 2019.

QUEIROS, Y. G. C.; CLARISSE, M. D.; OLIVEIRA, R. S.; REIS, B. D.; LUCAS, E. F.; LOUVISSE, A. M. T.. Materiais poliméricos para tratamento de água oleosa: utilização, saturação e regeneração. Polímeros (SciELO), v. 16, n. 3, p. 224-229, 2006.

RAY, J. P; ENGELHARDT, F. R. Produced Water: Technological Environmental Issues and Solutions .James P. Ray& F.Rainer Engelhardt Eds.,Plenum Press,New York, 616 p,1992.

SILVA, D. C. da; WANDERLEY NETO, A. de O.; PERES, A. E. C.; DANTAS NETO, A. A.; DANTAS, T. N. C. Removal of oil from produced water by ionic flocculation using saponified babassu coconut oil. Journal Of Materials Research And Technology, v. 9, n. 3, p. 4476-4484, Elsevier BV. 2020.

STEWART, M.; ARNOLD, K. Produced Water Treatment Field Manual. Part 1 - Produced Water Treating Systems, p.1-134, 2011.

ZERAIK, M.L; PEREIRA, C. A. M.; ZUIN, V. G.; YARIWAKE, J. H. Maracujá: um alimento funcional? Revista Brasileira de Farmacognosia (SciELO), v.20, p.459-471, 2010.