SÍNTESE DE MEMBRANA FUNCIONALIZADA COM CARVÃO DE PINHÃO

Ana Carolina Manfré Custódio (PIBIC/CNPq), Débora Federici dos Santos (Co-orientador), Marcela Martins Barbosa (Co-autor), Wardleison Martins Moreira (Co-autor), Maria Angélica Simões Dornellas de Barros (Orientador).
E-mail: masdbarros@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharia Química/ Tecnologia Química.

Palavras-chave: Membranas; Permeabilidade; Retenção.

RESUMO

Na produção de pinhão, a casca gerada é um resíduo carbonáceo, sem valor agregado, que pode servir de matéria-prima para a produção de hidrocarvão ativado por hidrocarbonização. O hidrocarvão obtido pode ser incorporado às membranas, aumentando sua resistência mecânica e aplicabilidade adsortiva. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a permeabilidade e retenção das membranas sintetizadas utilizando, como aditivo, o hidrocarvão obtido a partir da hidrocarbonização da casca de pinhão. O bloco experimental foi composto por membranas contendo 1, 5,5 e 10 % de hidrocarvão, sendo uma membrana de cada concentração impregnada com extrato de alho e a outra sem impregnação. Os resultados indicaram que a presença de alicina aumentou a permeabilidade das membranas, porém ocasionou uma redução na retenção. Além disso, observou-se que o aumento da quantidade de hidrocarvão também favoreceu a permeabilidade das membranas.

INTRODUÇÃO

A casca de pinhão é um resíduo sólido proveniente da *Araucaria argustifolia*, cuja semente, conhecida como pinhão, é consumida, enquanto a casca não é comestível, evidenciando a necessidade de uma destinação adequada para esse resíduo. Uma alternativa é a sua utilização na síntese de carvões ativados (MIZOBATA, 2022). A hidrocarbonização consiste na conversão da matéria orgânica em carbono sólido enriquecido, realizada em temperaturas de 150 a 300 °C, com a biomassa imersa em água sob pressão (FALCO *et al.*, 2011). A alicina é um composto organossulfurado sintetizado pelo alho quando ocorre dano tecidual, apresentando propriedades antibacterianas (SAVAIRAM *et al.*, 2023).
Por outro lado, a filtração é um processo de separação no qual sólidos são removidos de um fluido, sendo as membranas um método eficiente por combinarem seletividade e produtividade, além de não necessitarem de mudança ou regeneração de solventes. Neste trabalho, empregou-se a técnica de inversão de fases por

precipitação por imersão, na qual a solução polimérica é formada por polímero, solvente e um aditivo (GUILLEN *et al.*, 2011).

MATERIAIS E MÉTODOS

Síntese de membranas pelo método de inversão de fases

Para a síntese das membranas, preparou-se a solução contendo PVDF, DMA e carvão ativado, mantida sob agitação e aquecimento. Após a preparação, a solução foi despejada em uma placa de vidro e submetida à imersão em água. Em seguida, as membranas obtidas foram transferidas para uma estufa e secas por 25 horas, a 50 °C, no caso das membranas com hidrocarvão ativado impregnado com extrato de alho, e a 70 °C, para aquelas com hidrocarvão ativado sem impregnação.

Caracterização das membranas sintetizadas

Para a caracterização das membranas quanto à permeabilidade hidráulica, foi realizada em um módulo de filtração conectado à um compressor, utilizando água como fluido. A massa do permeado foi registrada a cada minuto durante 30 minutos para cada pressão, sendo aplicadas três pressões distintas.
Para a caracterização das membranas quanto à porcentagem de retenção, foi utilizado como fluido o efluente hospitalar sintético (EHS), contendo dipirona sódica na concentração de 50 mg. L^{-1}. Foi realizada a varredura da alimentação, do permeado e do concentrado em um espectofotômetro, para o cálculo da retenção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da permeabilidade hidráulica das membranas sintetizadas

Para a caracterização das membranas quanto à permeabilidade hidráulica, foi determinado o fluxo estabilizado de água em diferentes pressões de operação. Com esses dados, foi construído para cada membrana o gráfico de dependência do fluxo estabilizado com a pressão, sendo que o coeficiente angular da curva corresponde à permeabilidade hidráulica da membrana. Dessa forma, a Tabela 1 apresenta os valores de permeabilidade obtidos para cada membrana analisada.

A partir dos resultados de permeabilidade obtidos para cada membrana, observa-se que os maiores valores de permeabilidade correspondem às membranas contendo 10 % de hidrocarvão ativado em sua composição. Já as membranas com apenas 1 % de hidrocarvão ativado, apresentaram permeabilidades menores que a membrana sem adição de hidrocarvão ativado, indicando que em baixas quantidade, a presença do hidrocarvão não influenciou significativamente a permeabilidade. Além disso, as membranas contendo hidrocarvão ativado impregnado com extrato de alho apresentaram maiores permeabilidades em relação às membranas com as mesmas

quantidades de hidrocarvão sem impregnação. Tal fato indica que a presença da alicina contribuiu para aumentar a permeabilidade das membranas.
A análise dos dados de fluxo também evidenciou a ocorrência de compactação das membranas. Sob a pressão aplicada, a membrana sofre um rearranjo em sua estrutura polimérica, resultando na redução do fluxo até que este se estabilize (GHIGGI, 2011). O valor do fluxo estabilizado na filtração do EHS está representado na Tabela 1. As membranas contendo 10 % de hidrocarvão ativado apresentaram maiores fluxos estabilizados, seguidas pelas membranas contendo 5,5%. Porém, as membranas contendo 1 % de hidrocarvão apresentaram fluxo estabilizado ligeiramente superior ao da membrana branco sem hidrocarvão. Esse comportamento indica que o aumento da quantidade de hidrocarvão favorece a passagem do fluido.

Tabela 1 – Permeabilidade hidráulica e porcentagens de retenção das membranas sintetizadas.

Membrana	Permeabilidade (kg/h.m^2.bar)	Fluxo Estabilizado a 3 bar (kg/h.m^2)	% retenção
PVDF + 0%HCA	1,87	0,2222	5,42
PVDF +10%HCA sem Alicina	21,23	1,0137	9,41
PVDF +5,5%HCA com Alicina	7,35	0,9518	1,22
PVDF +5,5%HCA sem Alicina	1,54	0,7407	7,49
PVDF +1%HCA sem Alicina	0,82	0,2328	5,30
PVDF +1%HCA com Alicina	1,14	0,4600	7,46
PVDF +10%HCA com Alicina	84,78	1,0534	4,90

Análise da capacidade de retenção das membranas sintetizadas

A análise de retenção das membranas foi realizada por meio do software Origin. A absorbância das amostras de permeado e da solução inicial foi medida utilizando um espectofotômetro e, posteriormente, por meio do software, foi calculada a área de cada curva espectral, bem como realizado o cálculo da retenção. A Tabela 1 apresenta os valores de porcentagem de retenção para as membranas sintetizadas.

Pela análise, é possível observar que as maiores porcentagens de retenção foram obtidas pelas membranas que possuem hidrocarvão sem impregnação com extrato de alho, indicando que a presença de alicina na membrana reduz sua propriedade de retenção. A alicina presente no extrato de alho pode ter aumentado a hidrofilicidade da membrana e, consequentemente, favorecido a passagem do fluido, resultando em uma menor retenção.

CONCLUSÕES

A partir das análises do fluxo ao longo do tempo, observou-se a ocorrência de compactação das membranas, evidenciada pela redução do fluxo com o decorrer do tempo. Esse comportamento pode estar relacionado ao rearranjo da estrutura da membrana sob a ação da pressão aplicada, aumentando a resistência à passagem do fluido. Observou-se também que o aumento da quantidade de hidrocarvão ativado esteve associado ao aumento da permeabilidade das membranas. Além disso, a impregnação com extrato de alho promoveu um aumento na permeabilidade. Entretanto, a presença da alicina esteve associada à redução da capacidade de retenção das membranas, indicando que, apesar de favorecer a permeabilidade, a impregnação com extrato de alho pode comprometer a retenção das membranas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq, pelo financiamento da bolsa durante o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

FALCO, Camillo et al. Hydrothermal carbon from biomass: Structural differences Between hydrothermal and pyrolyzed carbons via 13C solid state NMR. Langmuir, v. 27, p. 14460–14471, 2011.Disponível em: https://doi.org/10.1021/la202361p. Acesso em: 25 de agosto de 2026.

GUILLEN, G. R. et al. Preparation and Characterization of Membranes Formed by Nonsolvent Induced Phase Separation: A Review. 2011. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ie101928r. Acesso em: 25 de agosto de 2026.

GHIGGI, F.F. Tratamento de águas para Consumo Doméstico com Membranas de ultrafiltração. 2011. 39 f. Trabalho de diplomação (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MIZOBATA, A. A. Caracterização e estudo termogravimétrico da pirólise e da Combustão da casca de pinhão visando seu aproveitamento energético. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2022. Disponível Em:https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30832/1/pirolisecombustaocascapinhao.pdf. Acesso em: 25 de agosto de 2026.

SAVAIRAM, V. D. et al. Allicin: a review of its important pharmacological Activities.2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667142523000696. Acesso em: 25 de agosto de 2026.