



## PRODUÇÃO DE MEMBRANAS FILTRANTES, PARA PURIFICAÇÃO DE ÁGUA, A PARTIR DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS

PRODUCTION OF WATER PURIFICATION FILTERING MEMBRANES FROM AGRO-INDUSTRIAL AND URBAN WASTE

PRODUCCIÓN DE MEMBRANAS DE FILTRACIÓN PARA LA PURIFICACIÓN DEL AGUA A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES Y URBANOS

Gledson Ferreira Almeida<sup>1</sup>, André Cardoso da Silva<sup>2</sup>, Dhébora Verginio Wandermurem<sup>3</sup>, Heloisa Zanelato Rodrigues<sup>4</sup>, Iandra Rocha Bernini<sup>5</sup>, Louisy Scamparle dos Santos<sup>6</sup>, Leandro Neres Maciel<sup>7</sup>, & Carla da Silva Meireles<sup>8\*</sup>

<sup>1-8</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

<sup>2 3 4 5 6 7</sup> EEEFM Nestor Gomes

<sup>1</sup> [gledson.almeida@edu.ufes.br](mailto:gledson.almeida@edu.ufes.br) <sup>2</sup> [escano7002@gmail.com](mailto:escano7002@gmail.com) <sup>3</sup> [dheborawandermurem@gmail.com](mailto:dheborawandermurem@gmail.com) <sup>4</sup> [heloisazr18@gmail.com](mailto:heloisazr18@gmail.com)  
<sup>5</sup> [iandrarb2020@gmail.com](mailto:iandrarb2020@gmail.com) <sup>6</sup> [louisyscamparle@gmail.com](mailto:louisyscamparle@gmail.com) <sup>7</sup> [leandroneresmaciel@gmail.com](mailto:leandroneresmaciel@gmail.com) <sup>8</sup> [carla.meireles@ufes.br](mailto:carla.meireles@ufes.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Casca de Café; Celulose; Poliestireno.

**KEYWORDS:** Coffee Husk; Cellulose; Polystyrene.

**PALABRAS CLAVE:** Cáscara de Café; Celulosa; Poliestireno.

\*Autor Correspondente: Meireles, C. S.

### RESUMO

O beneficiamento do café é uma importante atividade econômica de grande geração de resíduos como a casca. Por outro lado, o consumo elevado e descarte indevido de plásticos, como copos descartáveis, também gera grandes problemas de poluição ambiental. O interesse por materiais de importância industrial, oriundos de matéria prima renovável e reutilização de materiais descartados vem crescendo devido à preocupação com danos ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho, desenvolvido com estudantes do 2º ano de uma escola estadual em Projeto de Iniciação Científica Junior (PIC Jr), é a obtenção de membranas filtrantes de acetato de celulose/poliestireno (AC/PS) para purificação de água. O acetato de celulose foi obtido da celulose da casca de café e o poliestireno foi proveniente de copos plásticos descartados. Os resultados mostraram que a metodologia de extração da celulose foi eficiente em reduzir o teor de lignina da fibra de 33% para 11% sendo assim possível obter o derivado acetato de celulose. As membranas obtidas deste derivado apresentaram fluxo de 1,5651 L/m<sup>2</sup>.h para membrana pura e 0,4017 L/m<sup>2</sup>.h para membrana AC/PS. O trabalho mostrou a viabilidade da obtenção de membranas filtrantes a partir casca de café em uma proposta que possibilita a formação crítica de jovens estudantes na educação básica.

### ABSTRACT

Coffee processing is an important economic activity that generates a significant amount of waste, such as the husk. On the other hand, the high consumption and improper disposal of plastics, like disposable cups, also lead to significant environmental pollution problems. The interest in materials of industrial importance derived from renewable raw materials and the reuse of discarded materials is growing due to environmental concerns. The goal of this project, carried out with 2nd-year students at a state school as part of a Junior Scientific Initiation Program

(PIC Jr), is the development of cellulose acetate/polystyrene (CA/PS) filtering membranes for water purification. Cellulose acetate was obtained from coffee husk cellulose, and polystyrene was sourced from discarded plastic cups. The results showed that the cellulose extraction methodology effectively reduced the lignin content of the fiber from 33% to 11%, making it possible to obtain cellulose acetate derivatives. The membranes produced from this derivative exhibited a flux of 1.5651 L/m<sup>2</sup>.h for pure membranes and 0.4017 L/m<sup>2</sup>.h for membrane AC/PS. The work demonstrated the feasibility of obtaining filtering membranes from coffee husks in a proposal that promotes critical thinking among young students in basic education.

### RESUMEN

El procesamiento del café es una importante actividad económica que genera una gran cantidad de residuos, como la cáscara. Por otro lado, el alto consumo y la eliminación inadecuada de plásticos, como vasos desechables, también generan importantes problemas de contaminación ambiental. El interés en materiales de importancia industrial derivados de materias primas renovables y la reutilización de materiales desechados está creciendo debido a las preocupaciones medioambientales. El objetivo de este proyecto, llevado a cabo con estudiantes de segundo año en una escuela estatal como parte de un Programa de Iniciación Científica Junior (PIC Jr), es desarrollar membranas de filtración de acetato de celulosa/poliestireno (AC/PS) para la purificación del agua. El acetato de celulosa se obtuvo a partir de la celulosa de la cáscara de café, y el poliestireno provino de vasos plásticos desechados. Los resultados mostraron que la metodología de extracción de celulosa redujo eficazmente el contenido de lignina de la fibra del 33% al 11%, lo que permitió obtener derivados de acetato de celulosa. Las membranas producidas a partir de este derivado exhibieron un flujo de 1.5651 L/m<sup>2</sup>.h para membranas puras y 0.4017 L/m<sup>2</sup>.h para membrana AC/PS. El trabajo demostró la viabilidad de obtener membranas de filtración a partir de cáscaras de café en una propuesta que fomenta el pensamiento crítico entre los jóvenes estudiantes de educación básica.



## INTRODUÇÃO

O Estado do Espírito Santo é o segundo maior produtor de café do país e a estimativa de produção para 2023 é de cerca de 13,0 mil sacas de café (Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB],2023). Considerando que no beneficiamento do café, 40% do fruto do café compreende a casca (Parra,2008), serão gerados aproximadamente 312 ton. deste resíduo. Assim, busca-se alternativas de uso para o aproveitamento de resíduos agroindustriais como a casca de café que é constituída principalmente por celulose, lignina e as hemiceluloses. O uso da celulose é motivado pela disponibilidade da biomassa e por suas propriedades vantajosas, como possibilidade de modificações para obtenção de novos materiais com importância industrial como o derivado, acetato de celulose. Na literatura encontram-se diferentes metodologias para sua obtenção a partir da celulose de madeira e de resíduos agroindustriais. (Amaral, 2019; Candido, 2017; Cao, 2018).

A utilização de matéria prima renovável, na obtenção de membranas para processos de separação é uma importante aplicação a ser estudada pois além de tratar da reutilização de um resíduo, aborda ainda outro importante tema, purificação de água. Por outro lado, o consumo elevado e descarte indevido de plásticos, como copos e bandejas de alimentos, também gera grandes problemas de poluição ambiental. Estudo recente revelou que até 2025 o consumo de plásticos aumentará em 50%, o que torna a situação ainda mais preocupante a julgar que grande parte destes materiais são de uso único (Zamora,2020). O Brasil está entre os maiores produtores de lixo plástico do mundo e o poliestireno, matéria prima para grande parte dos descartáveis do nosso dia a dia como copos e bandejas de alimentos, é um polímero não biodegradável e que colabora para que a cada dia estejamos mais próximos a uma tragédia ambiental. Estudos apontam que membranas de acetato de celulose/poliestireno tem melhor performance mecânica e de estabilidade quando comparadas às de acetato de celulose puro, além de apresentarem aumento da seletividade em aplicações para remoção de poluentes da água (Firdaus et al.,2019). Neste sentido, o presente trabalho trata questões ambientais de descarte de resíduos da agricultura como a casca de café, pela sua utilização como matéria prima para produção de membranas com adição de resíduo urbano, poliestireno de copos descartados. Este trabalho está sendo realizado juntamente com alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública em São Mateus-ES, em Projeto PIC Jr financiado pela FAPES. Os alunos envolvidos nas atividades do projeto estão tendo a oportunidade de aprender e aprofundar questões pertinentes a problemas relacionados ao meio ambiente, descarte de resíduos, reciclagem e purificação de água.

## METODOLOGIA

**Extração e caracterização da celulose da casca de café:** Inicialmente a casca de café *in natura* foi tratada em hidróxido de sódio (NaOH) 1,0 mol/L por 3 horas. O processo de isolamento da celulose foi realizado em três etapas: a primeira foi um pré-tratamento da casca de café, em meio ácido (HCl 1%) por 1h a 70°C, a segunda foi em meio alcalino (NaOH 1mol/L) por 1h a 90°C, ambas etapas realizadas em sistema sob refluxo. Estas etapas estão de acordo com os procedimentos realizados por Caldas (2011) com adaptações. Na terceira etapa, o



**Citação (APA):** Almeida, G. F. de, Silva, A. C. da, Wandermurem, D. V., Rodrigues, H. Z., Bernini, I. R., Santos, L. S. dos, Maciel, L. N., & Meireles, C. da S. (2023). Produção de membranas filtrantes, para purificação de água, a partir de resíduos industriais e urbanos. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(6), Edição Especial "Semana de Química do Norte do Espírito Santo (SEQUINES)", 30-34.

branqueamento da fibra foi realizado com uma solução 1:1 de clorito de sódio 1,7% m/m e solução tampão de ácido acético e hidróxido de sódio e a reação foi conduzida em banho a 80°C por duas horas e então lavado com água até pH 7. O material resultante foi caracterizado pela determinação do teor de lignina Klason que se baseia na quantificação da lignina insolúvel em ácido. O procedimento foi realizado, segundo Morais et al. 2010, com adaptações.

**Produção e caracterização do acetato de celulose:** O material resultante do branqueamento foi acetilado pelo método descrito por Amaral et al. (2019), com modificações. A reação de acetilação da celulose foi realizada em meio ácido acético utilizado como solvente, anidrido acético como agente acetilante e ácido sulfúrico como catalisador. O tempo de reação foi de 2h à temperatura ambiente. Para caracterização do material resultante foi determinado seu grau de substituição (GS) que se baseia-se na determinação da porcentagem (%m/m) de grupos acetila (GA) que foram substituídos na cadeia celulósica. O procedimento e cálculo da %GA, foram realizados segundo Cerqueira, 2010.

**Produção das membranas de acetato de celulose e poliestireno:** As membranas foram obtidas a partir da solução de acetato de celulose em diclorometano na proporção 8% (m/m). A solução foi agitada por 24 horas e a produção da membrana foi realizada utilizando o método de inversão de fases em que a solução foi espalhada em uma placa de vidro, com o auxílio de um bastão de vidro. O tempo de evaporação do solvente foi de 90 s e então a placa foi imersa em banho de água a 10°C. As membranas também foram produzidas com adição poliestireno (de copo plástico descartado) à formulação na proporção de 30% em relação à massa de acetato de celulose, segundo Firdaus et al. (2019) com modificações. Para caracterização das membranas foi realizado ensaio de fluxo de água em sistema de filtração à vácuo. Elas foram colocadas sobre o funil de placa porosa, e então o sistema foi fechado. Mediu-se a quantidade de água permeada a cada 10 minutos de filtração num total de 1h para cada membrana.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

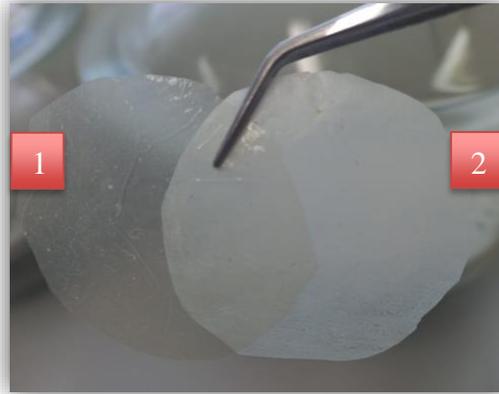
A caracterização da casca de café foi realizada pela determinação da porcentagem de lignina presente no material *in natura* e após etapa de branqueamento. O resultado encontrado para a casca de café *in natura* foi de 33,33%. Este valor pode variar dependendo da espécie e da região de cultivo. Após etapa de branqueamento o teor de lignina diminuiu para 10,94%, mostrando que o método utilizado foi eficiente na retirada deste constituinte e consequente aumento da disponibilidade da celulose para posterior reação de acetilação.

O acetato de celulose (AC) obtido da celulose branqueada, foi caracterizado por determinação do grau de substituição onde o valor da porcentagem de grupos acetila (%GA) foi de  $41,04 \pm 1,54$  % que equivale ao valor de GS de  $2,72 \pm 0,10$ . Este valor caracteriza o material como triacetilado e confere características de solubilidade em solventes como diclorometano.

As membranas produzidas a partir do AC da casca de café e da mistura com poliestireno, mostraram-se resistentes ao manuseio e foram empregadas em ensaios de fluxo de água. A Figura 1 mostra a foto da membrana produzida a partir do AC puro (A) e AC/PS30 (B)



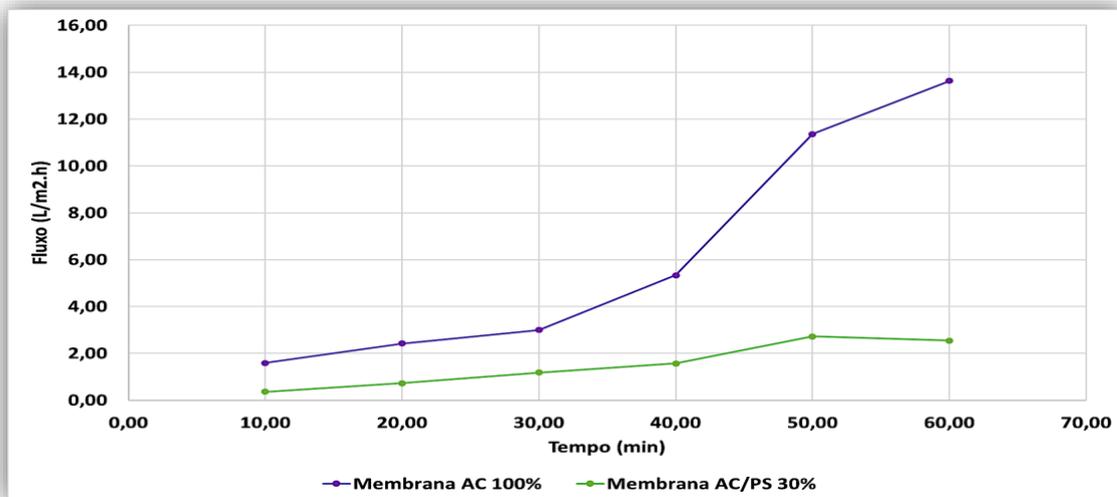
Figura 1. Membranas: 1) AC puro e 2) AC/PS30.



Fonte: Autores.

O resultado do ensaio preliminar de fluxo de água pode ser observado na Figura 1. A membrana AC puro apresentou aumento de fluxo no decorrer do período e uma vazão máxima de 13,64 L/m.h no fim de 1h de operação. A membrana AC/PS30 apresentou menor fluxo que pode ser atribuído à adição do PS que provoca mudança na estrutura do filme, bem como aumento do caráter hidrofóbico. Novos ensaios estão sendo realizados com a finalidade de avaliar a seletividade das membranas para remoção de corantes em água.

Figura 2. Fluxo de água em um sistema de filtração a vácuo da membrana AC 100% e AC/PS 30%.



Fonte: Autores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O procedimento de extração da celulose foi eficiente em torná-la acessível, pela retirada de lignina, para posterior reação de acetilação da fibra. Os resultados mostraram a viabilidade da obtenção de membranas a partir do resíduo casca de café juntamente com poliestireno de copos descartados. A proposta aborda temas como meio ambiente, reciclagem e possibilita a formação crítica e com responsabilidade social de jovens estudantes da educação básica.



**Citação (APA):** Almeida, G. F. de, Silva, A. C. da, Wandermurem, D. V., Rodrigues, H. Z., Bernini, I. R., Santos, L. S. dos, Maciel, L. N., & Meireles, C. da S. (2023). Produção de membranas filtrantes, para purificação de água, a partir de resíduos industriais e urbanos. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(6), Edição Especial "Semana de Química do Norte do Espírito Santo (SEQUINES)", 30-34.

## REFERÊNCIAS

- Amaral, H. R., Cipriano, D. F., Santos, M. S. S., Schettino, M. A., Ferreti, J. V. T., Meireles, C. S., Pereira, V. S., Cunha, A. G., Emmerich, F. G., & Freitas, J. C. C. (2019). Production of high-purity cellulose, cellulose acetate and cellulose-silica composite from babassu coconut shells. *Carbohydrate Polymers*, 210, 127-134.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.01.061>
- Caldas, R. C. R. B. (2011). Biorefino químico do bagaço de cana-de-açúcar em reator deleito de lama com produção de sacarídeos e lignina. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6550>
- Candido, R. G., Godoy, G. G., & Gonçalves, A. R. (2017). Characterization and application of cellulose acetate synthesized from sugarcane bagasse. *Carbohydrate Polymers*, 167, 280-289.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.03.057>
- Cao, L., Luo, G., Tsang, D. C. W, Chen, H., Zhang, S., & Chen, J. (2018). A novel process for obtaining high quality cellulose acetate from green landscaping waste. *Journal of Cleaner Production*, 176, 338-347.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.077>
- Cerqueira, D. A., Rodrigues Filho, G., Carvalho, R. A., & Valente, A. M. J. (2010). Caracterização de acetato de celulose obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar por 1H-RMN. *Polímeros*, 20(2), 85-91.  
<https://doi.org/10.1590/S0104-14282010005000017>
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2023). Acompanhamento da safra brasileira de café, Brasília, DF, v. 10, n. 3 terceiro levantamento. Recuperado de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>
- Firdaus, I. M., Febiyanto, F., Fitriany, T., Zulhidayah, L. Z., Septiarini, D. A., & Wibowo, O. D. (2019). Synthesis of Cellulose Acetate-Polystyrene Membrane Composites from Pineapple Peel Wastes for Methylene Blue Removal. *Al-Kimia*, 7(2),113-125.  
<https://doi.org/10.24252/al-kimia.v7i2.8116>
- Morais, J. P. S., Rosa, M., & Marconcini, J. M. (2010) *Procedimentos para análise lignocelulósica*. EMBRAPA: Algodão, Campina Grande. Recuperado de <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900898/procedimento-para-analise-lignocelulosica>
- Parra-Poveda, A. R., Moreira, I., Furlan, A. C., Paiano D., Scherer C., & Carvalho, P. L. O. (2008). Utilização da casca de café na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(3), 433-442.  
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000300008>
- Zamora, A. M., Caterbow, A., & Nobre, C. R. (2019). *Atlas do Plástico, Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos*. Fundação Heinrich Boll Stiftung. Recuperado de <https://br.boell.org/pt-br/2020/11/29/atlas-do-plastico>

