

## Produção e caracterização de membranas de micro e ultrafiltração utilizando poliestireno reciclado

## Production and characterization of micro and ultrafiltration membranes using recycled polystyrene

### RESUMO

**Leandra Karpinski**  
[leandrakarpinski@alunos.utfpr.edu.br](mailto:leandrakarpinski@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

**Gilberto da Cunha Gonçalves**  
[cunha@utfpr.edu.br](mailto:cunha@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

No presente trabalho foi proposta a produção e caracterização de membranas de micro e ultrafiltração utilizando poliestireno, um polímero cujo reaproveitamento ainda é deficiente. A metodologia se deu através do método de inversão de fases, onde variou-se as composições de seis soluções, constituídas de 0 a 15% de poliestireno (PES) e polissulfona (PSU), 3 a 5% de polivinilpirrolidona (PVP); e 80 a 85% do solvente 1-metil-2-pirrolidona (NMP). Cada uma foi então espalhada em placa de vidro e submetida a um banho de água destilada, a fim de promover a transferência dos polímeros do estado líquido ao sólido. As membranas foram caracterizadas segundo sua capacidade de adsorção de água, a qual obteve valores entre 54,1 e 75,7%; espessura, cuja média foi de 0,3638mm e fluxo permeado de água, intenso para quase todas as membranas, com exceção das intituladas como M-01.1 e M-03.2 - composta por 5% de PVP; 7,5% de PES e PSU e 40% de NMP. Os resultados demonstraram um perfil de alta porosidade e fragilidade das membranas. É proposto então, que sejam realizados novos ensaios de caracterização, bem como sintetizadas mais membranas, de forma a alcançar a composição ideal deste elemento filtrante, reaproveitando ao máximo o polímero poliestireno.

**PALAVRAS-CHAVE:** Membranas poliméricas. Inversão de fases. Poliestireno.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



### ABSTRACT

In the present work it was proposed the production and characterization of micro and ultrafiltration membranes using polystyrene, a polymer whose reuse is still deficient. The methodology was carried out by the phase inversion method, where the compositions of six solutions, consisting of 0 to 15% polystyrene (PES) and polysulfone (PSU), 3 to 5% polyvinylpyrrolidone (PVP) were varied; and 80 to 85% of the 1-methyl-2-pyrrolidone (NMP) solvent. Each solution was then spread on a glass plate and subjected to a distilled water bath to promote the transfer of the liquid to solid polymers. The membranes were characterized according to their water adsorption capacity, which obtained values between 54.1 and 75.7%; thickness, which averaged 0.3638mm and permeated flow of water, intense for almost all membranes, except the one entitled M-03.2 - composed of 5% PVP; 7.5% PES and PSU and 40% MPN. The results demonstrated a profile of high porosity and fragility of the membranes. It is therefore proposed that new characterization tests be

performed, as well as more membranes synthesized, in order to achieve the ideal composition of this filter element, making maximum use of the polystyrene polymer.

**KEYWORDS:** Polymeric membranes. Phase inversion. Polystyrene.

## INTRODUÇÃO

Os polímeros podem ser classificados como termoplásticos (plásticos), termofixos, borrachas e fibras. Os termoplásticos são moldáveis a quente e possuem baixa densidade, boa aparência, são isolantes térmico e elétrico, são resistentes ao impacto e possuem baixo custo, portanto, apresentam uma larga faixa de aplicações. Devido a estas propriedades o consumo dos polímeros vem crescendo no Brasil e no mundo. No Brasil em 1998 o consumo de termoplásticos era de cerca de  $3 \times 10^6$  t, em 2000 foram produzidos cerca de 850 e 660 mil t de polipropileno (PP) e de policloreto de vinila (PVC); em 2002 a produção de polietileno tereftalato (PET), de polietileno de alta densidade (PEAD) e de poliestireno (PS) foi cerca de 350, 800 e 314 mil t, respectivamente (SPINACÉ; PAOLI, 2004).

Dentre muitos outros, os números de produção de poliestireno no Brasil por si justificam o interesse em pesquisas no sentido de aprimorar os processos produtivos convencionais e de desenvolver novos processos e produtos utilizando este material (SOLDI, 2006). Ele se caracteriza por ser um polímero versátil, o qual tem sido usado para vários propósitos como embalagem, bens de consumo etc. No entanto, a disposição desses produtos gera poluição do meio ambiente em função de sua natureza não biodegradável. Assim sendo, crescente atenção tem sido dada ao reaproveitamento e reciclagem desse material através de diferentes meios (MAHARANA; NEGI; MOHANTY, 2007).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo geral o preparo e a caracterização de membranas poliméricas usando poliestireno proveniente de copos plásticos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O polímero de interesse, o poliestireno, foi adquirido através de copos plásticos (Figura 1a), os quais foram todos cortados em pedaços menores e retiradas as partes superior e inferior do objeto, onde a concentração do polímero era mais elevada (Figura 1b).

Figura 1 – Fonte de poliestireno

(a) Copo plástico

(b) Copo plástico cortado



Fonte: Autoria própria (2019).

O método de inversão de fases foi o realizado para a síntese das membranas. Nesta técnica, uma solução polimérica constituída principalmente de polímero e do solvente é submetida a um processo controlado de transferência do polímero do estado líquido ao estado sólido (PUCCA, 2010).

Foram empregados os polímeros poliestireno (PES), polisulfona (PSU) e polivinilpirrolidona (PVP) e o solvente 1-metil-2-pirrolidona (NMP) para a síntese das membranas. Na Tabela 1 são apresentadas as proporções de polímeros e solvente para as seis membranas produzidas usando diferentes composições.

Tabela 1 – Composição de membranas de acordo com a porcentagem de cada componente

Membrana	Composição (%)			
	NMP	PES	PSU	PVP
M-01.1	80	0	15	5
M-02.1	80	5	10	5
M-03.1	80	7,5	7,5	5
M-03.2	80	7,5	7,5	5
M-03.4	85	6	6	3
M-05.1	80	15	0	5

Fonte: Autoria própria (2019).

O preparo da solução polimérica consistiu na adição do solvente NMP em um Erlenmeyer de 125mL, seguido dos polímeros PSU, PES e PVP, respectivamente. A solução foi mantida sob agitação em temperatura ambiente por 24h até dissolução completa de todos os componentes. Após tal período, foi realizado o espalhamento da solução em placa de vidro, previamente limpa com NMP, fazendo uso de uma barra de inox e fios de nylon de 0,47mm. Aguardou-se cerca de 1 minuto para evaporação do solvente e inseriu-se a placa no banho de água destilada para obtenção da precipitação do polímero. Por fim, removeu-se a membrana da placa deixando a secar em temperatura ambiente.

Os ensaios de caracterização consistiram na determinação da espessura média de cada membrana com auxílio de um micrômetro; na capacidade de adsorção de água, determinada através da medição do peso seco ( $W_d$ ) e molhado ( $W_w$ ) das membranas, como pode ser observado na Equação 1, proposta por Chakrabarty, Ghoshal e Purkait (2010); e no fluxo permeado de água, medido através de aparato constituído de um módulo de filtração, agitador magnético e balança. Ainda, contou-se com auxílio de gás nitrogênio para fornecer a pressão desejada no interior do módulo ( $0,5 \text{ kgf/cm}^2$ ).

Calculou-se o fluxo de água ( $J$ ) através da Equação 2, apresentada por Bellicanta et al (2010), onde  $V$  é o volume permeado (L),  $A$  é a área de filtração da membrana ( $\text{m}^2$ ) e  $t$  o tempo de permeação (s).

$$\text{água (\%)} = \frac{W_d - W_w}{W_w} \quad (1)$$

$$J = \frac{V}{A \Delta t} \quad (2)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é apresentada uma membrana após retirada do banho de água destilada.

Figura 2 – Membrana logo após retirada de banho em água destilada



Fonte: Autoria própria (2019).

Os resultados referentes à mensuração da espessura das membranas, determinação de capacidade de adsorção e fluxo permeado de água são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Espessura, conteúdo percentual de água e fluxo de água das membranas

Membrana	Espessura (mm)	Percentual de água (%)	J (L/m <sup>2</sup> .s)
M-01.1	0,3500±0,007	74,9	0,0000
M-02.1	0,4100±0,007	60,9	0,1277
M-03.1	0,3238±0,011	54,1	0,3429
M-03.2	0,3688±0,021	65,8	0,0105
M-03.4	0,3663±0,007	75,7	0,1208
M-05.1	0,3638±0,012	56,9	0,2331

Fonte: Autoria própria (2019).

Os valores obtidos relativos à espessura das membranas revelaram-se próximos a 0,36 mm. Estes foram menores que a espessura de espalhamento inicial (0,47mm) devido ao encolhimento sofrido pela remoção do solvente durante o processo de inversão de fases.

A medida da adsorção de água pelas membranas é um indicativo da porosidade das membranas, visto que os poros são responsáveis por acomodar moléculas de água (BELLINCANTA et al., 2010). As membranas sintetizadas apresentaram altos índices de adsorção de água, no entanto, não pôde ser observado um padrão relacionado com a proporção de cada polímero, demonstrado pelo perfil aleatório dos resultados.

O fluxo de água da membrana M-01.1 (PSU) não pôde ser realizado, pois esta continha características muito densas, não permitindo a passagem da água diante da pressão utilizada. Todas as membranas, exceto a identificada como M-03.2, apresentaram fluxos de água bastante intensos. Essa característica pode ter sido ocasionada pela fragilidade de algumas membranas, bem como pela ocorrência de fissuras nas membranas durante o ensaio de filtração. Ainda, os fluxos acentuados são consoantes às capacidades de adsorção elevadas das membranas, indicando alta porosidade delas.

## CONCLUSÃO

Nesta pesquisa, foi possível sintetizar membranas a partir de PES proveniente de copos descartáveis adicionando-se outros polímeros como polissulfona e polivinilpirrolidona. As características morfológicas apontam para um caráter poroso da maioria das membranas, porém com certa fragilidade apresentada por elas.

É proposto então, que sejam sintetizadas mais membranas, variando ainda mais as proporções dos polímeros e solventes utilizados, de forma a alcançar a composição ideal deste elemento filtrante, reaproveitando ao máximo o polímero poliestireno. Ademais, é também interessante sugerir mais ensaios de caracterização das membranas.

Por fim, vale ressaltar a importância da pesquisa científica voltada ao reaproveitamento de materiais que são muitas vezes descartados de forma inadequada ou recebem um destino indevido, sem uma aplicação apropriada, como é o caso do poliestireno.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro da Fundação Araucária e a instituição de ensino Universidade Tecnológica Federal do Paraná por disponibilizar a estrutura onde foram realizados os ensaios.

## REFERÊNCIAS

SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva; PAOLI, Marco Aurelio de. A TECNOLOGIA DA RECICLAGEM DE POLÍMEROS. *Química Nova*, Campinas, v. 28, n. 1, p.65-72, nov. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n1/23041>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

SOLDI, Rafael Augusto. **Síntese e caracterização de catalisadores poliméricos ácidos, a partir da reciclagem química de poliestireno, e avaliação na síntese de biodiesel em fase heterogênea.** 2006. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <[https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/7542/Dissetacao\\_mestrado\\_Rafael\\_Soldi.pdf?sequence=1](https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/7542/Dissetacao_mestrado_Rafael_Soldi.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 12 ago. 2019.

T. MAHARANA , Y. S. NEGI & B. MOHANTY (2007) **Review Article: Recycling of Polystyrene**, Polymer-Plastics Technology and Engineering, 46:7, 729-736, DOI: 10.1080/03602550701273963. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03602550701273963>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

PUCCA, Paulo Tadeu Pimentel. **Produção e caracterização de membranas de microfiltração e ultrafiltração pelo método de inversão de fases, utilizando polisulfona como matéria-prima.** 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Usp, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-15022011-110433/pt-br.php>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

CHAKRABARTY, B.; GHOSHAL, A.k.; PURKAIT, M.k.. Effect of molecular weight of PEG on membrane morphology and transport properties. *Journal Of Membrane Science*, [s.l.], v. 309, n. 1-2, p.209-221, fev. 2008. Elsevier BV. Disponível em: <[https://www.academia.edu/15682270/Effect\\_of\\_molecular\\_weight\\_of\\_PEG\\_on\\_membrane\\_morphology\\_and\\_transport\\_properties](https://www.academia.edu/15682270/Effect_of_molecular_weight_of_PEG_on_membrane_morphology_and_transport_properties)>. Acesso em: 12 ago. 2019.

BELLINCANTA, Tatiane et al. Preparação e Caracterização de Membranas Poliméricas a partir da Blenda Polisulfona/Poliuretano. *Polímeros*, Caxias do Sul, v. 21, n. 3, p.229-232, out. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282011000300012&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282011000300012&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 12 ago. 2019.