

## DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUAS SALOBRAS E SALINAS ATRAVÉS DE MEMBRANAS POLIMÉRICAS

Bruna Aline Araújo<sup>1\*</sup>; Aline Florindo Salviano<sup>1</sup>; Edson Antônio dos Santos Filho<sup>1</sup>; Keila Machado de Medeiros<sup>1</sup>; Edcleide Maria Araújo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, \*brunaline15@hotmail.com.

### Introdução

A implementação de tecnologias mais limpas e pesquisas em tratamento de águas são os caminhos para minimizar os impactos causados ao meio ambiente e melhoria dos recursos hídricos e, conseqüentemente, econômico e social de uma região. Uma tendência mundial é o desenvolvimento de processos que utilizem com grande eficiência os insumos, maximizem o reuso de água de processo, minimizando o gasto energético e a emissão de efluentes (COSTA, 2011).

Processos que vem recebendo crescente atenção devido à sua eficiência energética são os que utilizam membranas como princípio ativo de seu funcionamento, isso pelo fato de ser uma tecnologia limpa, apresentar simplicidade de operação, ter uma vasta aplicabilidade, além de ser possível combinar com outros processos, entre outras vantagens (ANADÃO, 2010).

As membranas são definidas como sendo barreiras seletivas que atuam como uma espécie de filtro, separando duas fases, podendo restringir total ou parcialmente o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes nas fases. Além disso, são capazes de promover separações onde os filtros comuns não são eficientes (HABERT, BORGES e NÓBREGA, 2006).

As modificações nas membranas de polisulfona são necessárias a fim de melhorar suas propriedades como a sua hidrofiliabilidade. A adição de componentes orgânicos e inorgânicos à solução polimérica da membrana tem se tornado uma técnica bastante utilizada na preparação de membranas, e adição de componentes caracteriza as membranas compósitas (SANTOS, 2012).

O objetivo desse trabalho é dessalinizar águas salobras e salinas através de membranas poliméricas planas por meio de inversão de fases.

### Metodologia

#### Materiais

Os materiais utilizados para a preparação das membranas foram o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) foi o P-25, identificado como Aerioxide® com grau de pureza de 99,5% em forma de pó fino fornecido pela Evonik Degussa, que consiste em 70% da fase anatase e 30% da fase rutilo. A matriz polimérica



empregada foi a polisulfona UDEL P3500 LCD MB7, fabricado pela Solvay, com massa molar entre 77.000 g/mol e 83.000 g/mol e densidade relativa de 1.2, segundo ASTM D 792. O solvente utilizado 1-Metil 2-Pirrolidona (NMP) com 99,5% de pureza, comprado da empresa Synth, foi utilizado como solvente para dissolver a polisulfona e seus híbridos para obtenção das membranas. A Glicerina P.A.(Glicerol  $C_3H_5(OH)_3$ ) com grau de pureza de 99,5%, massa molar 92,09 g/mol, adquirido pela Vetec Química Fina Ltda.

## **Métodos**

### **Preparação das membranas**

Inicialmente, o polímero e o dióxido de titânio foram colocados para secar em uma estufa a 80°C por um período de 24 horas para eliminação de água adsorvida. Depois de retirado da estufa, foi colocado em uma estufa a vácuo na temperatura ambiente para evitar absorção de umidade.

Foram feitos testes para selecionar a composição que melhor se adequassem aos parâmetros (espessura e tempo de exposição) que viabilizassem a aplicação no tratamento de efluentes líquidos. Tais composições com suas diferentes porcentagens de  $TiO_2$  e tempo de exposição foram as seguintes: a) 80% de solvente e 20% de soluto; b) 85% de solvente e 15% de soluto e; c) 90% de solvente e 10% de soluto. Sendo, para cada composição, quatro soluções: PSU pura, 1, 3 e 5% de  $TiO_2$ . Como também o tempo de exposição das membranas antes da precipitação foi de 60 segundos, 30 segundos e sem tempo. O teste que melhor se adequou aos parâmetros foi o da composição 90% de solvente e 10% de soluto sem tempo de exposição.

## **Caracterização dos Materiais**

### **Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

As fotomicrografias das membranas foram realizadas por MEV utilizando o equipamento de marca TESCAN, modelo VEGA3 e tensão de 20 kV. Foram analisadas a superfície de topo e a secção transversal das membranas no Laboratório de Microscopia de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Campina Grande DEM/UFCG.

### **Medidas de Fluxo**

Para os ensaios de medidas de fluxo contínuo da água destilada foi utilizada uma célula de filtração perpendicular com uma área efetiva de aproximadamente 13,0 cm<sup>2</sup>, acoplada a um sistema de filtração, que foi utilizado para medir o permeado. As membranas foram submetidas aos testes de



permeabilidade nas pressões (0,5 e 1,0 bar) para evitar a deformação das membranas. As coletas do permeado foram realizadas num intervalo de 1 em 1 minuto, por um período total de 60 min para cada membrana totalizando 60 coletas. As análises de medidas de fluxo foram realizadas no Laboratório de Desenvolvimento de Membranas da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais UAEMa/UFCG.

### **Permeação a Vapor**

Este ensaio foi realizado segundo a norma ASTM E96 utilizando-se o método gravimétrico. Foi determinado o peso e a espessura das membranas, posteriormente, as mesmas foram recortadas e coladas (com adesivo comercial à base de resina epóxi) em recipientes de vidros (cilíndricos) contendo um determinado volume de água de modo que o sistema estivesse hermeticamente fechado. Os recipientes foram colocados em uma caixa plástica contendo sílica e vedados de maneira que não houvesse contato com o meio externo. A umidade relativa do ar e a temperatura foram acompanhadas mantendo-se em torno de 27% e 24°C, respectivamente. O experimento foi realizado em triplicata, sendo pesadas três vezes ao dia. As análises de permeação a vapor foram realizadas no Laboratório de Desenvolvimento de Membranas da UAEMa/UFCG.

### **Resultados e Discussão**

As Fotomicrografias de MEV das membranas podem ser observadas nas Figuras de 1 a 4. Na Figura 1, a membrana de PSU pura apresentou uma estrutura morfológica com uma camada densa na sua superfície, para o aumento estudado. Além disso, é possível observar uma seção transversal com espessura de 32,8  $\mu\text{m}$ , seguida de uma estrutura com formato de fingers e a presença de aglomerados ao longo da sua seção transversal.

A adição de 1, 3 e 5% em peso de  $\text{TiO}_2$  na membrana de PSU (Figuras 3 a 4) promoveu a formação de uma estrutura com pequenos poros e a presença de aglomerados ao longo de sua camada superficial. Além disso, a adição das nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  promoveu um aumento na espessura destas membranas híbridas quando comparadas com a membrana de PSU pura, que podem ser observadas pelas suas seções transversais. Resultado semelhante foram obtidos por Yang et al. (2006) que estudou o aumento do percentual de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  em membranas de PSU, observando que ocorreu alterações nas suas propriedades reológicas, aumentando de maneira crescente a viscosidade da solução.

As Figuras 5 e 6 ilustram o fluxo aquoso das membranas de PSU pura e das membranas híbridas.



Figura 1: Fotomicrografias de MEV da PSU pura: (a) superfície de topo e (b) seção transversal.

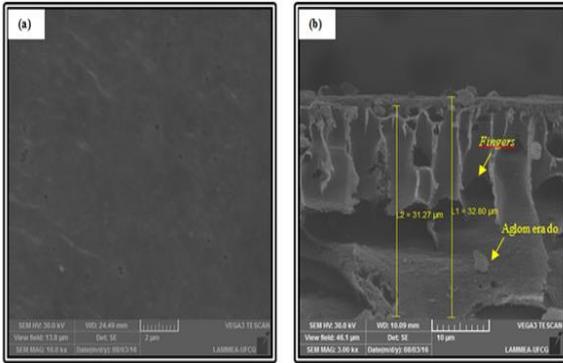


Figura 2: Fotomicrografias de MEV da PSU+1% TiO<sub>2</sub>: (a) superfície de topo e (b) seção transversal.

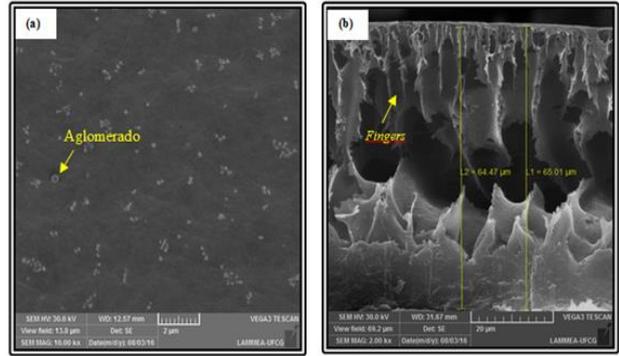


Figura 3: Fotomicrografias de MEV da PSU+3% TiO<sub>2</sub>: (a) superfície de topo e (b) seção transversal.

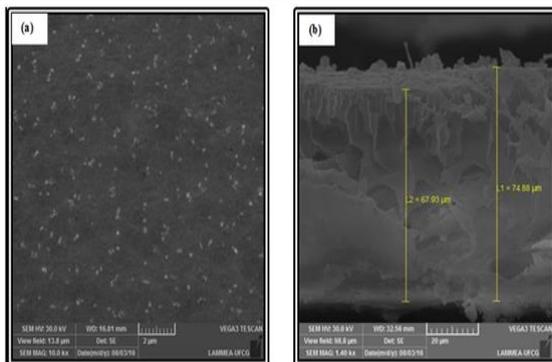


Figura 4: Fotomicrografias de MEV da PSU+5% TiO<sub>2</sub>: (a) superfície de topo e (b) seção transversal.

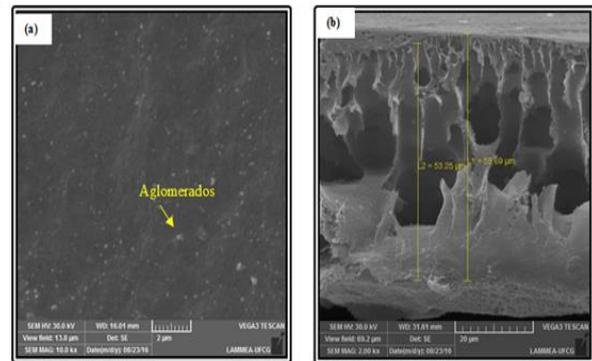


Figura 5: Curvas de fluxo de água para a membrana de PSU pura e seus híbridos com 1, 3 e 5% de TiO<sub>2</sub>, nas pressões de 0,5 bar.

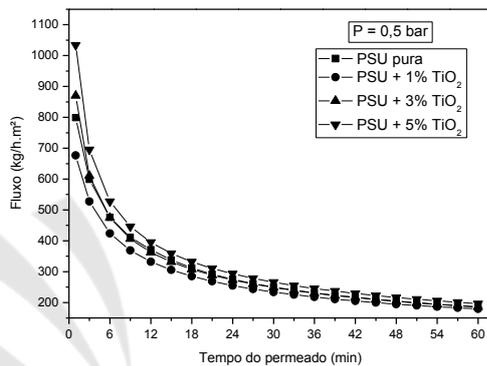
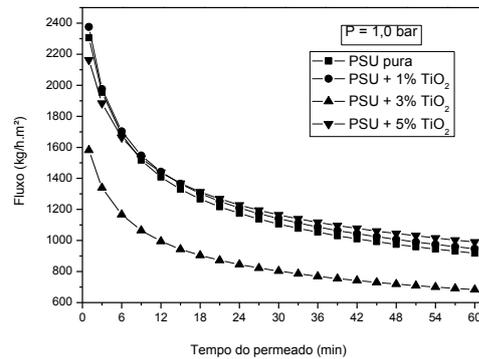


Figura 6: Curvas de fluxo de água para a membrana de PSU pura e seus híbridos com 1, 3 e 5% de TiO<sub>2</sub>, nas pressões de 1,0 bar.



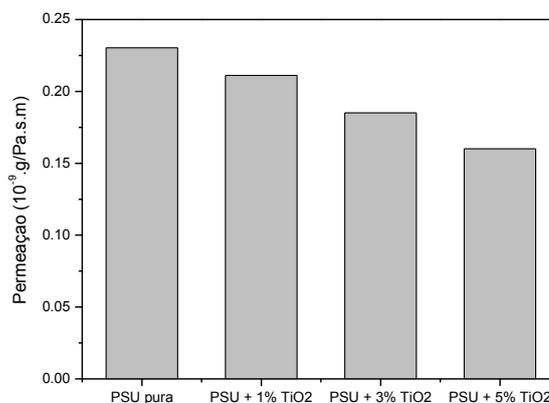
As medidas de fluxo permeado com água destilada para todas as membranas apresentaram inicialmente uma diminuição e, logo em seguida, a aproximadamente 30 minutos ocorreu uma estabilidade deste, possivelmente devido a uma compactação mecânica promovida pela pressão

aplicada ou a um possível inchamento ocorrido nas membranas. Isto porque o polímero é higroscópico e com o passar do tempo a membrana absorve a água, diminuindo também o seu fluxo obtido.

De maneira geral, as membranas de PSU pura e seus respectivos híbridos com 1 e 5% de  $\text{TiO}_2$  ilustraram maiores fluxos permeado nas pressões de 0,5 e 1 bar, devido a existência de uma pele filtrante menos densa. Além disso, apresenta uma interconectividade com a camada porosa pela presença de fingers. Porém, a membrana de PSU com 3% de  $\text{TiO}_2$  apresentou um fluxo mais baixo na pressão de 1 bar se comparado com as demais membranas, provavelmente devido a existência de uma estrutura morfológica mais espessa com pele filtrante mais densa e a ausência de fingers que podem ter dificultado a passagem de água, reduzindo sua permeabilidade.

A Figura 7 apresenta a permeação a vapor d'água das membranas. A membrana de polisulfona pura apresentou o maior valor de permeação, provavelmente pela obtenção de uma estrutura morfológica menos espessa. Enquanto que, as membranas com 1, 3 e 5% de  $\text{TiO}_2$  apresentaram gradativamente os menores valores de permeação a vapor d'água devido à formação de estruturas mais densas.

Figura 7: Permeação a vapor d'água das membranas de polisulfona pura e das membranas com 1, 3 e 5% de  $\text{TiO}_2$ .



Na Figura 7, a membrana de polisulfona pura apresentou o maior valor de permeação, provavelmente pela obtenção de uma estrutura morfológica menos espessa. Enquanto que, as membranas com 1, 3 e 5% de  $\text{TiO}_2$  apresentaram menores valores de permeação a vapor d'água devido à formação de estruturas mais densas. A dispersão do  $\text{TiO}_2$  nas membranas é um dos fatores que influencia a permeabilidade. Em particular, o aumento das propriedades de barreira está associado à redução do coeficiente de difusão, agindo como barreiras físicas para diminuição na passagem do vapor d'água pelas membranas híbridas. Yang et al., (2006) estudaram o aumento do



percentual de  $TiO_2$  em membranas de PSU, observando que ocorreu um declínio da permeabilidade destas membranas.

## Conclusões

As fotomicrografias de MEV ilustraram a obtenção de membranas microporosas assimétricas. A adição de  $TiO_2$  na membrana de PSU promoveu a formação de aglomerados nas suas camadas superficiais, ocorrendo um aumento nas suas espessuras vista pelas seções transversais. As membranas com  $TiO_2$  ilustraram maiores fluxos do permeado independente das pressões, devido à existência de uma pele filtrante menos densa, apresentando uma maior interconectividade com a camada porosa. A membrana de PSU pura apresentou o maior valor de permeação, pela obtenção de uma morfologia menos espessa. As membranas híbridas apresentaram menores valores de permeação devido à formação de estruturas mais densas, resultando no aumento das propriedades de barreira. Estas membranas planas híbridas por serem densas e pela ausência de poros nas suas camadas superficiais apresentam potencial para dessalinizar águas salobras e salinas.

## Fomento

Os autores agradecem à CAPES/PNPD, ao MCTI/CNPq, à PETROBRAS e ao PRH-25/ANP pelo auxílio financeiro.

## Referências Bibliográficas

- ANADÃO, P. **Ciência e tecnologia de membranas**. Artliber Editora Ltda. São Paulo, 2010.
- COSTA, C. M. G. **Remoção de Metais Pesados de Efluentes Sintéticos Aquosos por Nanofiltração**. Dissertação de Mestrado em Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NÓBREGA, R. **Processo de Separação com Membranas**. 1a ed. Rio de Janeiro. E-papers Serviços Editoriais Ltda. 2006.
- SANTOS, T. **Preparação e caracterização de membranas compósitas polisulfona/material celulósico como barreira seletiva**. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) Programa de Mestrado da Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul – RS, 2012.
- YANG, Y.; ZHANG, H.; WANG, P.; ZHENG, Q.; LI, J. The influence of nano-sized  $TiO_2$  fillers on the morphologies and properties of PSU UF membrane. ELSEVIER, **Journal of Membrane Science**. Volume 288. 2006. p. 231-238.