

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS PARA SEPARAÇÃO DE CORANTE REATIVO EM ÁGUAS RESIDUAIS TÊXTEIS POR PERVAPORAÇÃO

Gabriela Simon¹

Miriam Albara²

Rita de Cássia Siqueira Curto Valle³

Ricardo Antonio Francisco Machado⁴

Cintia Marangoni⁵

Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos (sólidos e líquidos)

Resumo

A indústria têxtil está em crescente busca por soluções para a grande geração de águas residuais decorrente de seus processos. Tendo como principal resíduo o corante, tóxico ao meio ambiente e de difícil degradação, processos para reúso de água são uma forma de mitigar o impacto ambiental dos efluentes gerados. Neste sentido, processos com membranas como o de pervaporação são promissores pois são seletivos. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar as condições operacionais do processo de pervaporação para tratamento de resíduos da indústria têxtil, utilizando a membrana plana comercial de poliamida (PA) – DOW Filmtec™, variando-se os parâmetros de temperatura de alimentação (45° C e 60° C) e vazão de alimentação (0,7 L/min e 1,5 L/min), de soluções aquosas com corante reativos. A partir da análise do planejamento fatorial observou-se que o fator mais importante para o fluxo de permeado é a temperatura da alimentação, com efeito positivo sobre a resposta. Foi observado que a concentração do corante no permeado não depende das condições operacionais isoladas, e sim da interação entre estas. Uma vez que seletividade da membrana é dependente da composição de alimentação e das condições operacionais utilizadas, conclui-se que o processo é viável para reúso de água e que valores mais elevados de temperatura e de vazão de alimentação devem ser empregados para incrementar o fluxo de água recuperada com a qualidade desejada (ausência de corante).

Palavras-chave: Corante reativo; Efluente têxtil; Pervaporação; Planejamento fatorial.

¹ Aluno do Curso (Graduação em Engenharia Têxtil), UFSC – Campus Blumenau, Departamento de Engenharia Têxtil, gabrielasimon98@gmail.com.

² Aluno do Curso (Mestrado em Engenharia Têxtil), UFSC – Campus Blumenau, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil, miriam.aalbara@gmail.com.

³ Prof. Dr., UFSC – Departamento de Engenharia Têxtil, rita.valle@ufsc.br.

⁴ Prof. Dr., UFSC – Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, ricardo.machado@ufsc.br.

⁵ Prof. Dr., UFSC – Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, cintia.marangoni@ufsc.br.

INTRODUÇÃO

Há uma crescente preocupação do setor industrial com relação às exigências de processos ecologicamente corretos que promovam um desenvolvimento sustentável (SILVA *et al.*, 2018). Resíduos das atividades industriais causam sérios prejuízos ao meio ambiente, dentre os quais cita-se os efluentes das indústrias têxteis. O beneficiamento têxtil, gera em torno de 50 a 100 L de efluente por quilo de tecido produzido, sendo a etapa de tingimento a mais preocupante devido à variedade e complexidade dos produtos químicos empregados. Entre os compostos químicos, os corantes têm atraído atenção devido ao alto potencial de poluição que apresentam (ALMEIDA *et al.*, 2016).

O setor têxtil vem considerando a água como um insumo relevante em relação aos custos devido ao seu elevado consumo assim como a maior cobrança na utilização racional dos recursos naturais. Alternativas para reutilizar águas residuais têm sido incentivadas e processos de separação com membranas são atrativos, visto que apresentam elevada seletividade (ONG *et al.*, 2016).

Como alternativa promissora, a pervaporação visa separar as misturas líquidas, explorando as diferenças de solução e difusão dos componentes através de uma membrana densa. Um componente da mistura líquida da alimentação passa através da membrana para o lado do permeado, passando para a fase gasosa sob condições de baixa pressão (vácuo). O processo transmembrana não é determinado pela diferença relativa de volatilidade dos componentes da mistura, mas na diferença de sorção e dessorção dos componentes de alimentação na membrana (GUAN *et al.*, 2020).

Pesquisas nesta área são relacionadas a recuperação/produção de biocombustíveis (JYOTHI *et al.*, 2019) e tratamento de efluentes, como a separação de fenol (DING *et al.*, 2016) e amônia (YANG *et al.*, 2018). Aplicações em dessalinização (ZHANG *et al.*, 2018) e efluentes têxteis (RAMLOW *et al.*, 2019) relataram o uso de membranas hidrofílicas para reúso de água. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar as condições operacionais no processo de pervaporação aplicado ao reúso de água de efluentes têxteis.

METODOLOGIA

Ensaio foram realizados com membrana plana comercial de poliamida (DOW Filmtec™ BW30) (Figura 1) e com soluções aquosas de 30 mg/L com corante preto reativo (RB) Tiafix RBL 133% (Aupicor Química Ltda). Os ensaios foram conduzidos com duração de 120 min, com pressão de permeado abaixo de 10 mmHg e a temperatura do banho de condensação a $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. A avaliação das condições operacionais foi realizada a partir de análise estatística (*software* Statistic) de um planejamento fatorial 2^2 . Utilizou-se como variáveis independentes a temperatura e a vazão de alimentação (Tabela 1) e como variáveis dependentes o fluxo de permeado e a concentração do corante no permeado.

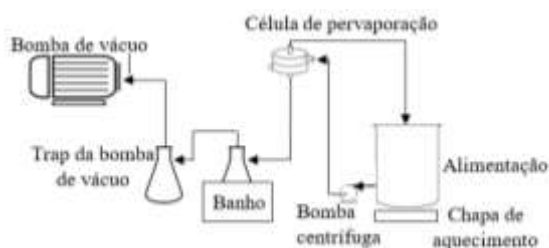


Figura 1: Diagrama esquemático da unidade de pervaporação.

Tabela 1: Planejamento Fatorial 2^2 com as variáveis independentes

Experimentos	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Vazão de alimentação (L/min)
1	45	0,7
2	60	0,7
3	45	1,5
4	60	1,5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2 e a análise de grandeza dos efeitos é ilustrada na Figura 2. Observa-se que os valores de fluxo obtidos estão de acordo com os obtidos com outra membrana comercial de poliamida – NF 90 (RAMLOW *et al.*, 2020) e que os valores de concentração de corante no permeado são baixos, indicando mais

de 98% de rejeição à passagem de corante. Estes aspectos indicam a viabilidade do uso da membrana de poliamida BW 30 para separação de corantes de águas residuais têxteis.

Tabela 2: Resultados experimentais de fluxo e concentração de permeado

Experimento	Fluxo(kg/m ²)	Conc. do permeado (mg/L)
1	0,57	3,27
2	3,40	3,01
3	1,37	3,01
4	3,70	2,89

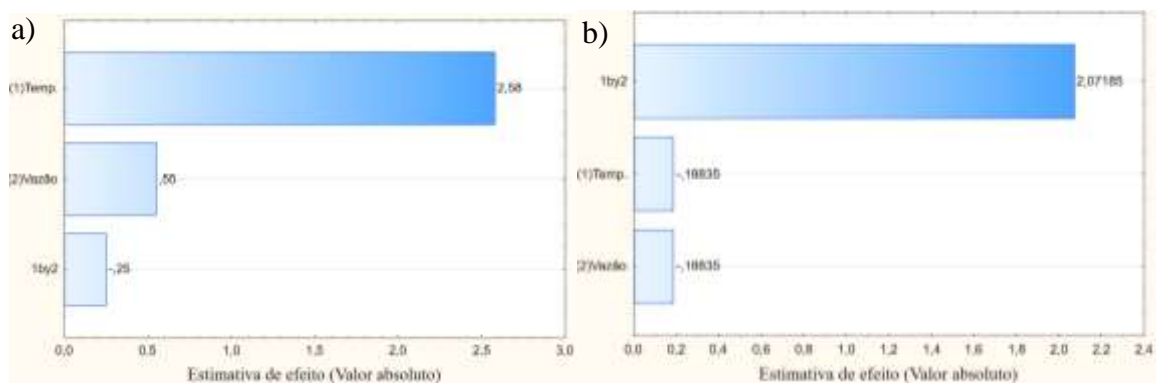


Figura 2: Análise de grandeza dos efeitos: (a) fluxo e (b) concentração de permeado.

A observação da análise da ordem de grandeza dos efeitos demonstra que a temperatura da alimentação é o fator mais importante para o fluxo de permeado (efeito positivo quase 5x maior do que a vazão). Este aspecto era esperado, pois em temperaturas elevadas ocorre maior formação de vapor. Como águas residuais de processos têxteis são descartadas em temperaturas altas, este fator é uma vantagem para o uso da pervaporação. Em relação a concentração de corante no permeado, a interação entre as duas variáveis apresenta-se como fator dominante no processo. Este comportamento é explicado pela importância do regime de escoamento, que determina diretamente a vazão de alimentação.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados demonstram a potencialidade da membrana utilizada (BW30)

para recuperação de água a partir de efluentes têxteis. Indica-se a utilização dos valores mais altos de temperatura e vazão da alimentação visando o incremento do fluxo e a baixa concentração de corante no permeado para garantir a qualidade desejada da água.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao CNPq pelo suporte financeiro na forma de bolsa PIBIC.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. J. R. *et al.* A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. **Ministério Público Federal** - Projeto Qualidade da Água, Brasília, p. 1-18, nov. 2016.
- DING, C. *et al.* ZIF-8 incorporated polyether block amide membrane for phenol permselective pervaporation with high efficiency. **Separation and Purification Technology**, v. 166, p. 252-261, 2016.
- GUAN, K. *et al.* Graphene-based membranes for pervaporation processes. **Chinese Journal of Chemical Engineering**. *In press*, 2020. DOI:10.1016/j.cjche.2020.04.011
- JYOTHI, M.S. *et al.* Membranes for dehydration of alcohols via pervaporation, **Journal of Environmental Management**, v. 242, p. 415-429, 2019.
- ONG, Y.K. *et al.* Recent membrane development for pervaporation processes. **Progress in Polymer Science**, v. 57, p. 1-31, 2016.
- RAMLOW, H. *et al.* Intensification of water reclamation from textile dyeing wastewater using thermal membrane technologies – Performance comparison of vacuum membrane distillation and thermopervaporation. **Chemical Engineering and Processing – Process Intensification**, v. 146, p. 107695, 2019.
- SILVA, L.G.M. *et al.* Chemical and electrochemical advanced oxidation processes as a polishing step for textile wastewater treatment: A study regarding the discharge into the environment and the reuse in the textile industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 198, p. 430-442, 2018.
- YANG, X. *et al.* Inter-layer free cobalt-doped silica membranes for pervaporation of ammonia solutions. **Journal of Membrane Science**, v. 553, p. 111-116, 2018.
- ZHANG, R., *et al.* Fabrication of high-performance PVA/PAN composite pervaporation membranes crosslinked by PMDA for wastewater desalination. **Petroleum Science**, v. 15, p. 146–156, 2018.