



## Área: Engenharia de Alimentos

# MEMBRANAS DE MICROFILTRAÇÃO E ULTRAFILTRAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE LATICÍNIO

**Natália Ambrósio, Airton Campanhola Bortoluzzi, Clarice Steffens, Rogério Marcos Dallago, Juliana Steffens\*, Marcus Vinícius Tres**

*Curso de Engenharia Química, Departamento das Engenharias e Ciência da Computação, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI- Erechim, Erechim, RS*

*\*E-mail: julisteffens@uricer.edu.br*

**Resumo** – Os processos de separação por membranas podem ser utilizados para tratamento de efluentes líquidos. As indústrias de laticínios são geradoras de grandes cargas poluidoras. Neste sentido o presente trabalho visou o emprego de membranas de microfiltração e ultrafiltração no tratamento de efluente de indústria de soro de leite em pó e creme de leite. A membrana de microfiltração apresentava diâmetro de poro de 0,20µm a de ultrafiltração 5kDa e ambas foram operadas a 1 bar. O efluente primeiramente foi passado pela membrana de microfiltração e posteriormente o permeado desta passou para a ultrafiltração. Foram avaliados a eficiência de remoção de cor, turbidez, demanda química de oxigênio e nitrogênio total. Foi observado que após a ultrafiltração, não foi possível atingir os padrões máximos para o lançamento do efluente tratado em corpos receptores.

**Palavras-chave:** remoção, filtração, turbidez, cor, demanda química de oxigênio.

## 1 INTRODUÇÃO

As indústrias de laticínios consomem muita água em seus processos produtivos, principalmente na manutenção de condições de limpeza, sanitárias e de higiene dentro dos setores de produção.

Com a escassez de água e custos elevados para utilização desse recurso, a minimização do consumo nos processos industriais que se torna cada dia mais essencial. Assim o uso consciente, a aplicação de novas tecnologias que utilizam menos água e o uso de formas de reuso se tornam alternativas para a redução do consumo de água pelo setor industrial (MIERZWA; HESPAHOL, 2005).

Devido a este elevado consumo de água estas empresas são grandes geradoras de efluentes. Com padrões de lançamento de efluentes mais restritivos e a necessidade de preservação e conservação de recursos hídricos, torna-se fundamental o tratamento dos efluentes antes de seu lançamento em corpos hídricos.

Os efluentes de laticínio são caracterizados pela elevada carga orgânica, concentração de óleos e graxas (gorduras), teores de nitrogênio e fósforo, sólidos suspensos e nutrientes (ANDRADE, 2011). O lançamento destes sem tratamento gera diversos impactos no meio, como elevação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), alteração da temperatura do meio, aumento da concentração de sólidos solúveis, entre outras (BARBOSA et al., 2009).

Nestes sentido, os processos de separação por membranas têm ganhado destaque com relação ao tratamento de efluentes e a geração de águas de reuso (MIERZWA; HESPAHOL, 2005), os quais utilizam como barreira seletiva membranas sintéticas, nas quais tenta-se utilizar as características desejáveis das membranas naturais (biológicas), principalmente as de permeabilidade e seletividade. Não acontece nenhuma transformação química durante o tratamento por membranas, apenas o material fica retido durante a filtração (SCHNEIDER; TSUTYIA, 2001). Estes sistemas são utilizados para separar sólidos da água, além de moléculas e compostos iônicos, por meio da aplicação de força motriz, como a pressão (HABERT et al., 2006).

O presente estudo consiste no tratamento de efluente de uma indústria de soro de leite em pó e creme de leite por meio de membranas de microfiltração e ultrafiltração, verificando-se a eficiência do processo e o atendimento aos padrões de lançamento para esse tipo de efluente.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O efluente líquido industrial foi fornecido por uma indústria produtora do soro de leite em pó e creme de leite industrial. A coleta do efluente bruto foi realizada na entrada do sistema de tratamento de efluentes, imediatamente após o tanque de equalização, visando maior homogeneização devido à variação da carga poluidora ao longo da jornada de produção em função da descarga das diversas fontes geradoras (resíduos de soro, água de lavagem de pisos, limpeza de equipamentos, entre outros).

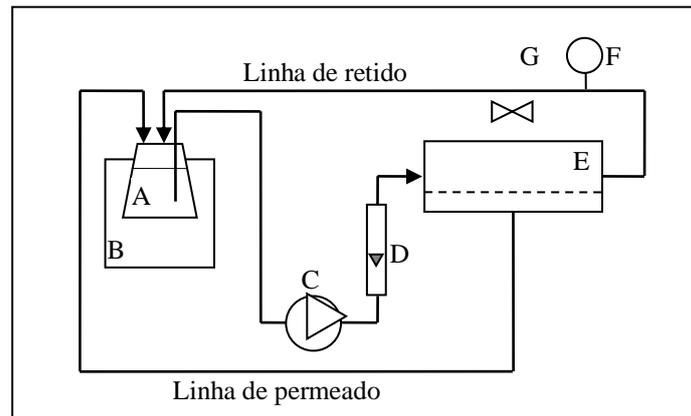
As amostras foram coletadas em galões de 20L previamente higienizados com água e sabão líquido neutro, as quais foram transportadas até o Laboratório de Tratamento de Resíduos da URI Campus de Erechim, onde, após agitação para garantir a homogeneidade, foram fracionadas e armazenadas em frascos de 1,5 L e congeladas a -18°C. A cada



experimento uma unidade amostral de 1,5 L era descongelada a temperatura ambiente, homogeneizada e filtrada em papel filtro quantitativo de 25 $\mu$ m (J Prolab, modelo JP40) para remover sólidos que poderiam danificar as membranas e os demais componentes do sistema hidráulico (bombas, válvulas, entre outros). A unidade amostral era descongelada e filtrada para uso imediato nos sistemas de tratamento em estudo.

Foram utilizadas nos experimentos sequência de membranas, onde primeiramente o efluente filtrado foi passado por uma membrana polimérica do tipo fibra oca de MF (microfiltração) da PAM Membranas Seletivas Ltda., composta por uma mistura de poli(éter sulfona)/poli(vinil pirrolidona) (PES/PVP), com diâmetro de poro de 0,20 $\mu$ m e posteriormente, o permeado da MF era utilizado como alimentação para o processo de UF (ultrafiltração), com membrana de cerâmica e de 5kDa da Pall Corporation. A pressão utilizada em ambas membranas foi de 1 bar. Na Figura 1 mostra-se um esquema do sistema de filtração.

**Figura 1** - Esquema do sistema de filtração por membranas. Componentes: A - alimentação; B - banho termostático; C – (1) de engrenagens (para MF e UF), D – rotâmetro; E – módulo das membranas de MF e UF; F -manômetro; G válvula reguladora de pressão.



Antes da alimentação da amostra do efluente bruto bem como do permeado da MF para o módulo de UF toda água remanescente da limpeza e dos testes de permeabilidade hidráulica foi removida do sistema de filtração por membranas, o que incluía mangueiras e acessórios, bomba, rotâmetro e o módulo de membrana.

A partir do esgotamento do sistema, os experimentos com MF foram alimentados com 500mL de amostra, o qual foi mantido constante até a permeação de volume suficiente para alimentação da UF. Para tanto, foram necessários 250mL de alimentação para fornecer o volume suficiente de permeado para as determinações analíticas, também sendo mantido constante o volume de alimentação.

O efluente filtrado, bem como os permeados da MF e da UF foram analisados em relação a cor, turbidez, nitrogênio total (NT) e demanda química de oxigênio (DQO).

A cor foi obtida utilizando colorímetro (HACH, modelo DR870) a temperatura ambiente ( $25 \pm 1$  °C). A turbidez foi determinada m turbidímetro portátil Hach 2100P (Loveland, CO). Para a determinação do NT a amostra foi injetada em um forno de alta temperatura (720 °C) com atmosfera altamente oxidante e catalisada por micro esferas de platina, onde todo o nitrogênio era convertido em óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Esse procedimento foi realizado no aparelho Shimadzu (modelo TOC-V CSH).

A determinação da DQO foi realizada segundo o método 5220 D. Em tubos de ensaio com tampas de PTFE (politetrafluoretileno) com rosca, alíquotas de 2,0 mL de amostras foram adicionadas em 2,8 mL de solução digestora de dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) e sulfato mercúrio (HgSO<sub>4</sub>) e 1,2 mL de solução de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e sulfato de prata (Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Após forte agitação manual para homogeneização a solução foi mantida a 150 °C por 2 h em digestor (fluxo fechado). Assim que a solução atingiu a temperatura ambiente foram realizadas as leituras com colorímetro (HACH, modelo DR870) para o comprimento de onda de 600 nm e com o espectrofotômetro (Logen Scientific, modelo LS-7052-BIV) para o comprimento de onda de 420 nm. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Os resultados foram avaliados estatisticamente por meio de teste de tukey, com nível de 95 % de confiança, com auxílio do software Statistica versão 5.0.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é possível verificar que a MF apresentou reduções de 99,2% na cor e de 99,6% na turbidez, atingindo o objetivo de remover materiais particulados e, provavelmente, glóbulos de gordura, uma vez que esses são maiores que 0,5 $\mu$ m (JAMES et al., 2003). Já para o permeado da UF houve pequeno aumento na cor em relação ao permeado da MF, podendo ter ocorrido menor retenção de solutos devido à polarização por concentração (MULDER,



2000). A UF foi indiferente para a remoção de turbidez, uma vez que os resultados do permeado da MF e da UF para este parâmetro, ficaram dentro da faixa de variação do valor mensurado.

**Tabela 1**– Resultados de cor, turbidez, DQO e NT para o efluente filtrado, permeado da MF e da UF.

Parâmetro	Efluente filtrado	Permeado da MF	Ef* (%)	Permeado da UF	Ef* (%)
Cor (mg Pt-Co L <sup>-1</sup> )	2508,33 <sup>a</sup> ± 232,29	41,00 <sup>b</sup> ± 0,00	99,16	35,00 <sup>b</sup> ± 4,36	98,72
Turbidez (FAU)	408,33 <sup>a</sup> ± 14,43	1,67 <sup>b</sup> ± 0,58	99,59	2,17 <sup>b</sup> ± 0,58	99,35
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	3095,00 <sup>a</sup> ± 229,13	2791,33 <sup>b</sup> ± 120,55	9,81	2244,67 <sup>c</sup> ± 110,15	27,47
NT (mg L <sup>-1</sup> )	85,11 <sup>a</sup> ± 13,20	48,33 <sup>b</sup> ± 0,57	43,21	42,74 <sup>b</sup> ± 2,11	49,78

No permeado da UF houve redução da DQO, conforme observado por Sarkar et al. (2006). A DQO do efluente bruto e do permeado da MF não diferiram estatisticamente. A DQO de ambos os permeados, ficou acima dos limites previstos na Legislação Estadual para lançamento em corpos hídricos (RIO GRANDE DO SUL, 2006), conforme valores (150 – 400 mg L<sup>-1</sup>).

Os resultados demonstram que através da UF (que foi a última filtração no processo) não é possível atingir a eficiência necessária para lançamento em corpos hídricos ao tratamento do efluente. Esse resultado vai ao encontro do estudo realizado por Brião e Tavares (2012) com uma membrana tubular de UF com peso molecular de corte entre 30 e 80kDa e uma membrana espiral de UF com peso molecular de corte entre 5 e 8kDa, os quais obtiveram, nas melhores condições estudadas, concentrações de DQO no permeado acima de 600mg L<sup>-1</sup> e, portanto, acima dos limites legais para lançamento em corpos hídricos. Por outro lado, estes autores não encontraram problemas relacionados ao fouling irreversível nas membranas de UF testadas. Tendo em vista que eles utilizaram efluente modelo a partir da diluição de leite em pó integral em água potável na concentração de 1,7g L<sup>-1</sup> e que o efluente deste estudo é, basicamente, aquilo que permeou durante a concentração do soro que viraria leite em pó, reforça-se a hipótese de que o efluente real aqui avaliado realmente é constituído por componentes de baixo peso molecular e, por isso, devem ter sido adsorvidos no interior dos poros da membrana de forma irreversível, conforme observado por Wiesmann et al. (2007) e Luo et al. (2012).

## 4 CONCLUSÃO

O efluente de laticínio que passou pela membrana de microfiltração com diâmetro de poro de 0,20µm e posteriormente pela ultrafiltração com 5kDa não atingiu os padrões máximos para o lançamento do efluente tratado em corpos receptores. Portanto, este trabalho serve como base para realização de novos testes com uso de outras membranas.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERGS, URI e a Empresa que forneceu o efluente.

## 6 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. H. **Tratamento de efluente de indústria de laticínios por duas configurações de biorreator com membranas e nanofiltração visando o reúso**, 2011. 214f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2011.
- BARBOSA, C. S.; MENDONÇA, R. C. S.; SANTOS, A. L.; PINTO, M. S. Aspectos e impactos ambientais envolvidos em um laticínio de pequeno porte. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Torres**, v.64, n.366, p. 28-35, 2009.
- BRIÃO, V. B. e TAVARES, C. R. G. Ultrafiltração de efluente da indústria de laticínios para recuperação de nutrientes: efeito da pressão e da velocidade tangencial. **Brazilian Journal of Food Technology**, 15, n. 4, p. 352-362, 2012.
- HABERT, A.C; BORGES, C.P; NOBREGA, R. **Processos de Separação com Membranas**. Escola Piloto de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.
- JAMES, B. J.; JYNG, Y.; CHENG, X. D. Membrane fouling during filtration of milk – a microstructural study. **Journal of Food Engineering**, 60, n. 4, p. 431-437, 2003.
- LUO, J.; CAO, W.; DING, L.; ZHU, Z.; WANB, Y.; JAFFRIN, M. Y. Treatment of dairy effluent by shear-enhanced membrane filtration: The role of foulants. **Separation and Purification Technology**, 96, p. 194-203, 2012.
- MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005
- MULDER, M. **Basic principles of Membrane Technology**. 2.ed. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual de Meio Ambiente – CONSEMA. **Resolução nº 128/2006**. Dispõe sobre a fixação de poluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 24 de novembro de 2006.



- SARKAR, B.; CHAKRABARTI, P. P.; VIJAYKUMAR, A.; VIJAY, K. Wastewater treatment in dairy industries – possibility of reuse. **Desalination**, 195, p. 141-152, 2006.
- SCHNEIDER, R. P.; TSUTYIA, M. T. Membranas Filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso. São Paulo: ABES, 2001.
- WIESMANN, U.; CHOI, I.; DOMBROWSKI, E. **Fundamentals of Biological Wastewater Treatment**. Weinheim: Wiley, 2007.