

REMOÇÃO DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS POR PROCESSOS DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS

Douglas Felipe Galvão (Mestre em Tecnologias Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Medianeira) fgdoug@gmail.com

Eliane Rodrigues dos Santos Gomes (Docente na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira.) elianegomes@utfpr.edu.br

Resumo:

As indústrias de laticínios são responsáveis por elevado consumo de água e elevada geração de efluentes. Com a escassez de recursos hídricos e a cobrança pelo uso da água, a minimização do consumo nas indústrias é de suma importância para manter sua competitividade no mercado. O reúso industrial de efluentes torna-se importante, pois permite a utilização de águas de menor qualidade em processos que não exijam qualidade muito alta, reduzindo, conseqüentemente, o consumo do recurso pelas indústrias. Nesse sentido, os processos de separação por membranas têm ganhado relevância. O presente estudo teve como objetivo estudar a eficiência dos processos de separação por membranas no tratamento de efluente de laticínio. Os resultados demonstraram que, os processos de MF e UF têm considerável eficiência no tratamento do efluente da indústria de laticínio, com eficiências que chegaram a 36,57% para nitrogênio total, 98,39% para óleos e graxas, 92,39% para DQO e 90,53% para DBO₅. A membrana de MF demonstrou eficiência máxima na remoção de DQO, DBO, nitrogênio amoniacal, fósforo, turbidez, óleos e graxas e sólidos totais voláteis de 88,96, 90,53, 73,96, 38,46, 100, 95,89 e 71,44%, respectivamente. A membrana de UF teve eficiência na remoção DQO, DBO, nitrogênio amoniacal, fósforo, turbidez, óleos e graxas, e sólidos totais voláteis de 92,39, 90,29, 70,81, 20,51, 100, 97,26 e 72,14%, respectivamente.

Palavras chave: Água, Microfiltração, Ultrafiltração, Qualidade, Purificação.

REMOVAL OF NUTRIENTS AND RAW ORGANIC WASTEWATER INDUSTRY DAIRY IN MEMBRANE SEPARATION PROCESSES

Abstract

The dairies are responsible for high water consumption and high effluent generation. With the shortage of water resources and charging for water use, minimizing the consumption in industries is of paramount importance to maintain its market competitiveness. The industrial reuse of wastewater becomes important because it allows the use of lower quality water in

processes that do not require very high quality, thereby reducing the resource consumption by industries. In this sense, membrane separation processes have gained relevance. This study aimed to study the efficiency of membrane technology in the treatment of dairy effluent. The results show that the MF and UF processes have considerable effectiveness in the treatment of the effluent from the dairy industry, with efficiencies reached 36.57% for total nitrogen, 98.39% for oils and greases, 92.39% for COD and 90.53% for BOD₅. The membrane MF demonstrated maximum efficiency in the removal of COD, BOD, ammonia nitrogen, phosphorus, turbidity, total volatile oils and greases and solids 88.96, 90.53, 73.96, 38.46, 100, 95.89 and 71.44%, respectively. The UF membrane was efficient COD removal, BOD, ammonia nitrogen, phosphorus, turbidity, oil and grease, and total volatile solids of 92.39, 90.29, 70.81, 20.51, 100, 97.26 and 72.14%, respectively.

Key-words: Water, Microfiltration, Ultrafiltration, Quality, Purification.

1. Introdução

A indústria de laticínios é responsável por consumo de elevado volume de água, sendo o recurso natural mais utilizado no setor. A necessidade de água ocorre, principalmente, pela manutenção de condições de limpeza, sanitárias e de higiene dentro dos setores de produção (MAGANHA, 2008).

Com o objetivo de minimizar o consumo de água neste setor industrial, torna-se importante estudar processos de tratamento de efluentes que busquem atender aos padrões de reúso de água.

Pode-se definir reúso como a utilização do efluente diretamente ou após alguma etapa de tratamento em outros processos, de acordo com a qualidade de água requerida. Nem toda a parcela de efluente gerada, precisa ser tratada para ser reutilizada, porém, em determinados casos, há necessidade de tratamentos específicos para purificação (TELLES; COSTA, 2010).

Alguns processos industriais, mais especificamente os da indústria alimentícia, não permitem a utilização de águas de reúso em seus processos de produção. Entretanto, mesmo nestas indústrias, há a possibilidade de reutilização da água em processos que exigem qualidade de água menos nobres, como para refrigeração, alimentação de caldeiras, limpeza de pisos, descargas sanitárias em banheiros, entre outros.

Os processos de separação por membranas têm ganhado destaque com relação ao tratamento de efluentes e a geração de águas de reúso. Em sistemas de separação por membranas são utilizadas membranas sintéticas, que imitam as características de seletividade das membranas naturais, no sentido de separar, concentrar ou purificar as substâncias presentes na água, tornando-a de melhor qualidade. Deve-se aplicar um gradiente de pressão hidráulica ou campo elétrico para que a separação ocorra (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

A qualidade da água requerida para determinados processos pode ser atendida pelas características físico-químicas e biológicas dos efluentes tratados pelas membranas. Destarte, a criação de sistemas de tratamento e produção de águas de reúso poderá gerar renda, economia de água potável e redução de investimentos para a coleta e tratamento de efluentes líquidos (CONSTANZI, 2007).

O presente estudo consistiu no tratamento de efluente de uma indústria de laticínios da região oeste do Estado do Paraná, por meio de membranas de microfiltração e ultrafiltração, verificando, principalmente, a capacidade das membranas na remoção de matéria orgânica e

nutrientes do efluente e a redução no fluxo de permeado no decorrer dos ensaios.

2. Materiais e métodos

2.1 Coleta de amostras

O efluente utilizado na presente pesquisa foi obtido em uma Unidade de Laticínios situada na região oeste do Estado do Paraná. O efluente foi coletado na Estação de Tratamento de Efluentes, após o tratamento secundário (AATS) e no pós-tratamento, após o Flotador Físico-químico (AAF).

Na tabela 1, tem-se os parâmetros físico-químicos que foram analisados e o método utilizado (APHA, 2012). As análises foram realizadas após a coleta da amostra na Estação de Tratamento de Efluentes e após a realização do tratamento por processos de separação por membranas.

Parâmetro	Unidade	Método (APHA, 2012)
Turbidez	UNT	Nefelométrico 2130 B
Sólidos Totais (ST)	mg L ⁻¹	2540 B – gravimétrico
Sólidos Totais Fixos (STF)	mg L ⁻¹	2540 E – gravimétrico
Sólidos Totais Voláteis (STV)	mg L ⁻¹	2540 E – gravimétrico
Sólidos Sedimentáveis (SS)	mg L ⁻¹ h ⁻¹	2540 F
Ph	-	Potenciométrico 4500 - H+ B
Nitrogênio Total (NT)	mg de N L ⁻¹	4500 (NTK)
Óleos e graxas	mg L ⁻¹	5520 D
Fósforo Total (FT)	mg L ⁻¹	4500 - P E
Condutividade	µS cm ⁻¹	-
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	ppm TDS	-

Tabela 1 - Parâmetros para caracterização dos efluentes agroindustriais

Para a coleta de amostras foram seguidas as normas brasileiras NBR 9897 (planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores) e NBR 9898 (preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores) (ABNT, 1987^a; ABNT, 1987^b). Em cada amostragem, coletou-se, aproximadamente, 30 litros de efluente.

2.2 Processos de separação por membranas

Os processos de separação por membranas foram realizados através de um módulo de bancada existente no Laboratório de Águas e Efluentes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - Câmpus Medianeira).

Os módulos utilizados no estudo foram de Microfiltração e Ultrafiltração (MF 158 e UF 257), adquiridos da Pam-Membranas Seletivas. As duas membranas são de geometria fibra-oca, sendo a de microfiltração com porosidade de 0,4 µm e material de produção polietereimida e a de Ultrafiltração de polietersulfona, com retenção molar de 50 kDa (PAM-MEMBRANAS, 2012).

Com amostra coletada após o tratamento secundário da indústria (AATS), foram realizados dois ensaios com uma pressão diferente para cada membrana (E1 a E2). Com amostra de efluente após o flotador (AAF), foi realizado mais um ensaio para a membrana de MF (E3).

Para a membrana de MF a pressão utilizada foi de 0,75 e para a membrana de UF a pressão de 1,5 bar. As pressões foram as condições ótimas de fluxo permeado e eficiência de processo, para as membranas, e foram estabelecidas por meio de estudos realizados previamente.

As membranas foram avaliadas quanto aos parâmetros de processo:

- a) Efeito da pressão – Pressão Transmembrana (ΔP);
- b) Fluxo em função do tempo. O fluxo permeado (J) foi determinado pela equação:

$$J = V_p / A \times t \quad (1)$$

Na equação 1, V_p é o volume permeado, A é a área de filtração da membrana e t é o tempo.

- c) Coeficiente de retenção ou rejeição que representa a eficiência do processo, o qual será calculado pela equação:

$$\%R = ((X_f - X_i) / X_i) \times 100 \quad (2)$$

Na equação 2, X_i é o valor inicial e X_f o valor final do parâmetro no permeado (por exemplo sólidos totais, sólidos sedimentáveis, etc);

- d) Fator de Concentração (F_c) pela equação:

$$F_c = V_i / (V_i - V_p) \quad (3)$$

Na equação 3, F_c é o Fator de concentração, V_i é o volume inicial de efluente utilizado e V_p corresponde ao volume permeado. Após estudos preliminares, o fator de concentração utilizado para a coleta das amostras foi o de 1,25 para a membrana de MF e de UF.

3. Resultados e discussão

Na Tabela 2 estão dispostas as características das 2 amostras coletadas no sistema de tratamento de efluentes da indústria de laticínio (AATS – Lote 1 e AAF – Lote 2) e utilizadas nos ensaios.

Parâmetro	Efluente AATS (Lote 1)	Efluente AAF (Lote 2)
Data da Coleta	1/12/15	14/12/15
Temperatura de Coleta (°C)	30,60	27
Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	2.438,50	2.661
Sólidos Totais Fixos (mg L ⁻¹)	1.479,50	1.441
Sólidos Totais Voláteis (mg L ⁻¹)	959	1.220
Ph	8,63	8,54
Turbidez (NTU)	533	540
Sólidos Sedimentáveis (mL L ⁻¹ h ⁻¹)	<0,1	<0,1
DBO (mg L ⁻¹)	-	119,53
DQO (mg L ⁻¹)	917	1.169
Nitrogênio Total (mg de N L ⁻¹)	-	111,69
Óleos e Graxas Total (mg L ⁻¹)	-	7,30
Fósforo Total (mg L ⁻¹)	-	39
Condutividade (µS cm ⁻¹)	-	2.458
Sól. Dissol. Totais (ppm TDS)	-	1.213

Tabela 2 – Características qualitativas das amostras de efluente utilizadas nos ensaios.

3.1 Resultados para MF

Durante o ensaio E1, o fluxo inicial da membrana de MF foi acima de 50 L h⁻¹ m⁻², com queda acentuada nos primeiros 5 minutos (próximo de 10 L h⁻¹ m⁻²), finalizando com o fluxo próximo a 5 L h⁻¹ m⁻² no tempo de 90 minutos. O comportamento do fluxo está exposto na Figura 1.

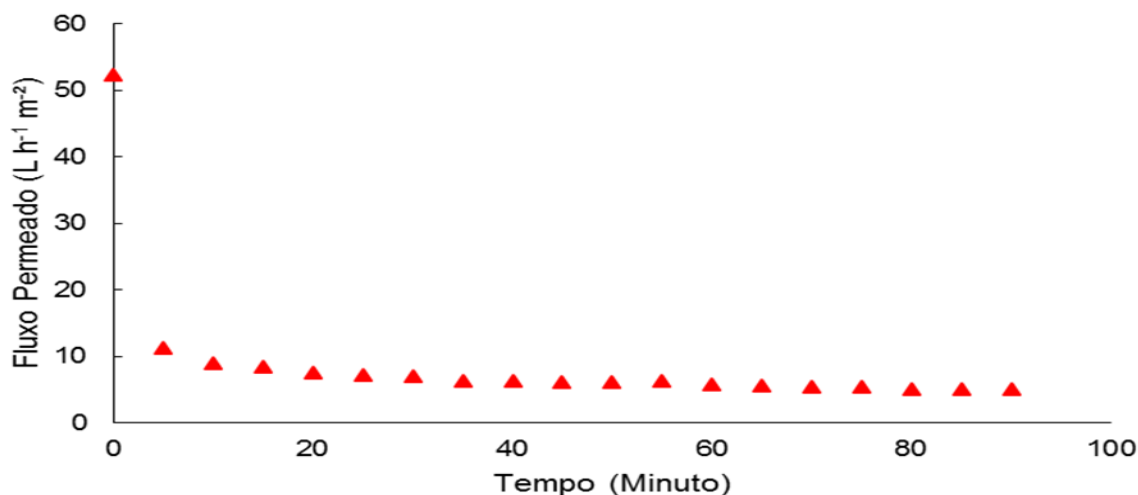


Figura 1: Comportamento do fluxo permeado na membrana de microfiltração (MF 158) na pressão 0,75 bar com efluente de laticínio.

Os resultados das análises da concentração dos diferentes parâmetros presentes no permeado da membrana de MF, para o fator de concentração 1,25, estão dispostos na Tabela 3. A eficiência na retenção foi calculada referente a amostra de efluente utilizada (Lote 1 – Tabela 2). Para todos o ensaio ocorreu remoção de 100% tanto da Turbidez, quanto dos Sólidos Sedimentáveis.

	MF 158 0,75 BAR – AATS		
Parâmetro	Amostra Lote 1	Resultado	E (%)
Ph	8,54	8,98	-
DQO (mg L ⁻¹)	1.169	129	88,96
DBO (mg L ⁻¹)	119,53	18,75	84,31
ST (mg L ⁻¹)	2.661	1.449	45,55
STF (mg L ⁻¹)	1.441	1.037,5	14,96
STV (mg L ⁻¹)	1.220	411,5	71,44
Nitrogênio Total (mg de N L ⁻¹)	111,69	29,08	73,96
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	7,30	0,3	95,89
Fósforo Total (mg L ⁻¹)	39	24	38,46
Condutividade (µS cm ⁻¹)	2.458	2.260	8,06
SDT (ppm TDS)	1.213	1.130	6,84

Tabela 2 – Características qualitativas das amostras de efluente utilizadas nos ensaios.

A remoção dos Sólidos Totais e Sólidos Totais Fixos foram de 45,55 e 14,96%, respectivamente. Para os Sólidos Totais Voláteis a remoção foi mais considerável, estando acima de 70%.

As eficiências de remoção de DQO e DBO₅ neste ensaio foram considerados elevados, pois foram de 88,96 e 84,31%, respectivamente. A diminuição na remoção do parâmetro DQO pode estar associada a qualidade do efluente. No Lote 1, esta concentração foi de 1.169 mg L⁻¹, sendo bastante elevada. Entretanto, o parâmetro DBO₅ teve concentração inferior, no efluente, e a membrana apresentou menor eficiência na remoção deste parâmetro.

A retenção de Nitrogênio Total pela membrana de MF foi elevada, 73,96%, enquanto para o Fósforo Total, a retenção foi inferior, sendo de 38,46%. Comparando-se os dados encontrados para a retenção de nitrogênio e fósforo, Silva et al. (2011), verificaram que as membranas foram mais eficientes na remoção de nitrogênio e fósforo, porém, a capacidade de remoção de nitrogênio amoniacal e fósforo orgânico foi constatada. As eficiências encontradas pelos autores na remoção de N-NH₄⁺ (nitrogênio amoniacal) e P-PO₄³⁻ (fósforo inorgânico) foram de 9% e 49%, respectivamente. A membrana utilizada no estudo foi de microfiltração com 0,4 µm de tamanho de poro e o efluente foi oriundo da lagoa de estabilização da estação de tratamento do abatedouro.

Os autores Giacobbo et al. (2010) ao utilizarem um módulo de membrana de microfiltração de poliamida fibras ocas, e poros de 0,4 µm produzido pela PAM – Membranas seletivas, no tratamento de efluente de curtume oriundo do início de uma planta de tratamento (sem tratamento), obtiveram para o parâmetro Nitrogênio Total, uma eficiência de retenção de 10%, inferior aos valores obtidos neste estudo, para efluente de laticínio.

3.2 Resultados para UF

O comportamento do fluxo permeado da membrana de UF durante o ensaio E2, apresentou rápido decaimento inicial e posterior estabilização do fluxo permeado. O fluxo inicial ficou acima de 27 L h⁻¹ m⁻², com queda acentuada nos primeiros 5 minutos (próximo de 12 L h⁻¹ m⁻²).

²), finalizando com o fluxo próximo a $5,6 \text{ L h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ no tempo de 90 minutos. O comportamento do fluxo está exposto na Figura 2.

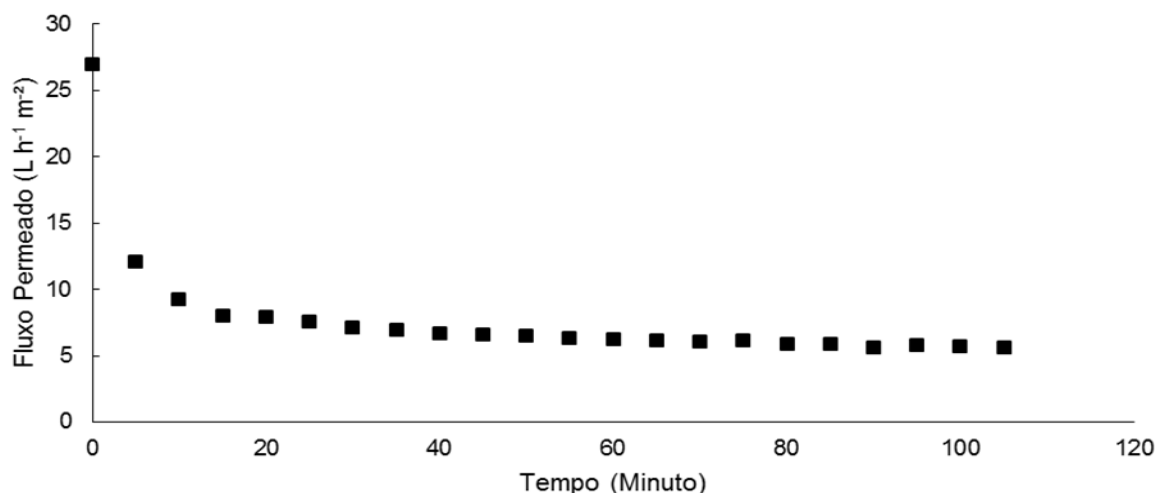


Figura 2: Comportamento do fluxo permeado na membrana de ultrafiltração (UF 257) na pressão 1,5 bar com efluente de laticínio.

Os valores após o tratamento e a eficiência do tratamento por UF, estão dispostos na Tabela 4. A eficiência foi calculada utilizando o valor do parâmetro encontrado no efluente Lote 1 (Tabela 2) e a concentração encontrada no permeado após a UF.

Parâmetro	MF 158 0,75 BAR – AATS		
	Amostra Lote 1	Resultado	E (%)
Ph	8,54	8,66	-
DQO (mg L ⁻¹)	1.169	89	92,39
DBO (mg L ⁻¹)	119,53	11,61	90,29
ST (mg L ⁻¹)	2.661	1.293	51,41
STF (mg L ⁻¹)	1.441	891,5	26,93
STV (mg L ⁻¹)	1.220	401,5	72,14
Nitrogênio Total (mg de N L ⁻¹)	111,69	32,6	70,81
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	7,30	0,2	97,26
Fósforo Total (mg L ⁻¹)	39	31	20,51
Condutividade (µS cm ⁻¹)	2.458	2.103	14,44

A membrana de UF apresentou eficiência de 100% na remoção da Turbidez e dos Sólidos Sedimentáveis, semelhante a membrana de MF.

As eficiências de remoção de DQO e DBO₅ no ensaio E2 ficaram acima de 90%, apresentando eficiência um pouco mais elevada se comparada ao E1 de MF, que foi de 88,96 e 84,31%, respectivamente, para DQO e DBO₅.

Os dados referentes a retenção de Sólidos Totais, Sólidos Totais Fixos e Sólidos Totais Voláteis foram de 51,41, 26,93 e 72,14%, respectivamente.

A retenção de Nitrogênio Total pela membrana de UF também foi elevada, 70,81%, enquanto para o Fósforo Total, a retenção foi inferior, sendo de 20,51%. Ambos os valores de remoção foram inferiores aos encontrados para a membrana de MF.

A eficiência de retenção de óleos e graxas, no entanto, foi elevada para as duas membranas, sendo de 97,26% para a membrana de UF e de 95,89% para a membrana de MF.

3.3 Resultado para membrana de MF 158 com efluente AAF

Com relação ao fluxo permeado da membrana com a amostra AAF, verificou-se decaimento do fluxo no decorrer do experimento, porém não tão elevado quanto para os tratamentos utilizando amostras AATS. O comportamento do fluxo no decorrer do estudo está demonstrado na Figura 3. Com o melhor fluxo, o ensaio foi mais rápido – aproximadamente 45 minutos.

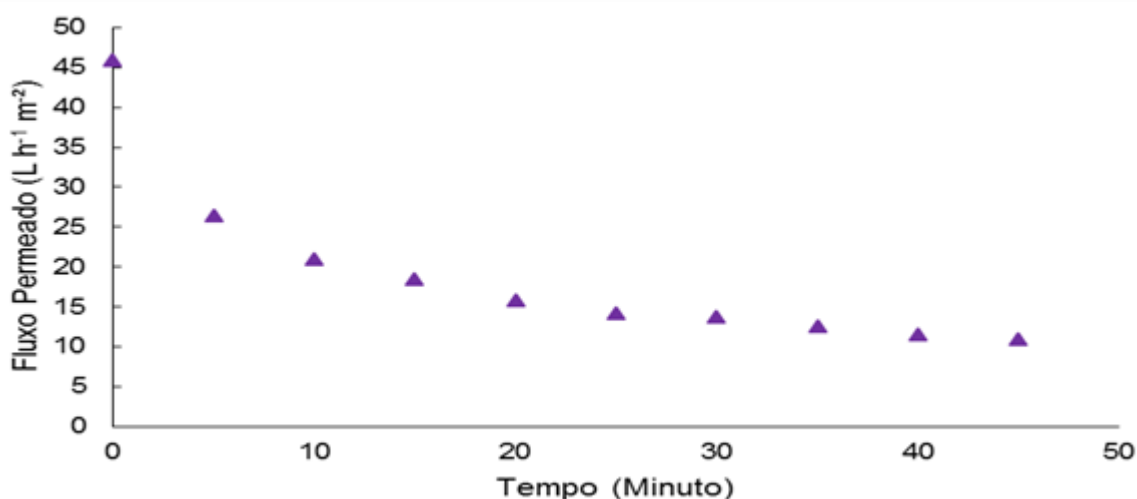


Figura 3: Comportamento do fluxo permeado na membrana de ultrafiltração (UF 257) na pressão 1,5 bar com efluente de laticínio.

Mesmo com o efluente AAF, houve queda significativa do fluxo permeado após os 45 minutos, chegando-se a 76,20% de queda do fluxo permeado. Esse fato pode ser associado a presença de quantidade significativa de sólidos totais no efluente da amostra 2 (AAF) que foi de 1.927,50 mg L⁻¹, o que pode ter contribuído para a formação de incrustação na superfície da membrana e de sua colmatação.

O objetivo do ensaio 3 foi verificar a eficiência da membrana de microfiltração com um efluente com condições melhores que as amostras coletadas após o tratamento secundário (AATS).

Para comparação da eficiência do tratamento por microfiltração como tratamento complementar ao Flotador Físico-químico, a eficiência deste com relação a qualidade da amostra coletada após o tratamento secundário (Lotes 1 e 2) foi comparada aos resultados obtidos após o tratamento por microfiltração da amostra AAF. As eficiências estão dispostas na Tabela 5.

Parâmetro	Flotador		MF 158 0,75 BAR – AAF	
	Resultado	E (%)	Resultado	E (%)
Ph	7,74	-	8,4	-
DQO (mg L ⁻¹)	322	72,46	106	67,08
DBO (mg L ⁻¹)	48,94	59,06	12,12	90,53
ST (mg L ⁻¹)	1927,5	27,56	1466,5	23,92
STF (mg L ⁻¹)	1123	7,95	1079,5	3,87
STV (mg L ⁻¹)	804,5	44,17	387	51,90
Nitrogênio Total (mg de N L ⁻¹)	52,65	52,86	36,57	30,54
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	6,2	15,07	0,1	98,39
Fósforo Total (mg L ⁻¹)	5	87,18	<2	≈ 60,00
Condutividade (µS cm ⁻¹)	2527	-	2230	11,75
SDT (ppm TDS)	1263	-	1115	11,72

Tabela 5 – Resultados e eficiência do processo para a MF 0,75 bar e efluente AAF.

A eficiência de remoção de matéria orgânica do Flotador físico-químico é bastante elevada, chegando a, respectivamente, 72,46% e 59,06 de eficiência de remoção de DBO e DQO. Além destes, há grande eficiência na remoção de nutrientes como fósforo total e nitrogênio total, de 87,18 e 52,86%, respectivamente.

Com a amostra AAF, houve eficiência menor para a retenção de DQO do efluente, a qual foi de 67,08% e para o parâmetro nitrogênio total, que foi de 30,54%, se comparada com a eficiência do tratamento por membranas das amostras AATS. No entanto, para a remoção do fósforo total, no permeado, encontrou-se concentração menor que 2 mg/L, com eficiência do tratamento aproximada de 60%. Deve-se considerar, contudo, que a concentração de fósforo na amostra AFF também era inferior ao efluente AATS.

A microfiltração como tratamento complementar ao efluente do Flotador (amostra AAF) demonstrou eficiências bastante satisfatórias para os diferentes parâmetros. As remoções de Óleos e graxas, DBO5, DQO, fósforo e nitrogênio foram de 98,39, 90,53, 67,08, 60 e 30,54%, respectivamente, havendo melhora considerável das características do efluente final.

Neste experimento, observa-se que com o fluxo permeado mais alto e a melhora na qualidade do efluente após o sistema de separação por membranas de MF, a utilização da MF como um tratamento complementar pode ser interessante para a indústria de laticínios, especialmente visando o reúso de água industrial.

Dacanal e Beal (2010) associando uma membrana de microfiltração a um filtro anaeróbio, no tratamento de lixiviado de aterro sanitário encontraram resultados que permitiram a conclusão de que a associação de uma unidade de microfiltração aumenta consideravelmente a eficiência do processo anaeróbio no tratamento de lixiviado. A remoção de DQO com a associação da membrana foi de 90,4%.

Bezerra e Matsumoto (2011) estudaram a remoção de matéria orgânica carbonácea e nitrogenada em águas residuárias através de biorreator de membranas. O reator apresentou médias de remoção de DQO, NTK e NT de 97, 98 e 92%, respectivamente. O sistema de ultrafiltração foi testado em vários fluxos entre 25 e 37 L h⁻¹ m⁻² e determinou-se o fluxo crítico de 28 L h⁻¹ m⁻², quando operado com 11,4 g L⁻¹ de Sólidos Suspensos Totais (SST) e 35 dias de tempo de retenção celular.

É importante ressaltar que, comparando-se os padrões de lançamento para efluentes de indústrias de laticínios, Resolução CEMA nº 70/2009 – Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos Industriais, mais especificamente o anexo 7 dessa resolução, com os melhores resultados para MF e UF, pode-se verificar que os parâmetros de DQO, DBO e óleos e graxas foram atendidos. Na Resolução, os padrões de lançamento são os seguintes: 200 mg/L para DQO, 50 mg/L para DBO₅ e 50 mg/L para óleos e graxas.

4. Conclusões

Considerando-se os objetivos propostos, a metodologia utilizada e os resultados obtidos através dos processos de separação por membranas como pós-tratamento de efluente de laticínio, pode-se concluir:

A eficiência dos processos de separação por membranas de microfiltração e ultrafiltração como tratamento de efluente de laticínio, após o tratamento secundário (AATS), mostrou-se bastante considerável, tanto na retenção de matéria orgânica, e na remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo. Como tratamento complementar de efluente de laticínio, após o tratamento pelo Flotador físico-químico (AAF), a membrana de MF apresentou melhora considerável na qualidade do efluente tanto na retenção de DQO e DBO₅, quanto na retenção de nutrientes como nitrogênio e fósforo.

O fluxo de permeado, tanto para a membrana de MF quanto para a de UF apresentou queda considerável no decorrer do ensaio. Isso demonstrou a suscetibilidade da membrana aos fenômenos de incrustação e *fouling* (acúmulo de partículas na superfície da membrana, reduzindo o fluxo).

As membranas de MF e UF mostraram eficiência considerável no tratamento de efluente de laticínio, especificamente na remoção turbidez e sólidos, o que é de fundamental importância, pois melhora as condições visuais do efluente gerado.

Além disso, é importante ressaltar que, os padrões da Resolução CEMA nº 70/2009, para os parâmetros de DQO, DBO e óleos e graxas foram atendidos.

O presente estudo poderá servir de fundamento para demais indústrias de laticínios da região, com relação a adoção de processos de separação por membranas no tratamento de efluentes.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Procedimento. NBR 9897. Rio de Janeiro, 1987^a.

_____. Rio de Janeiro: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Procedimento. NBR 9898. Rio de Janeiro: 1987^b.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed., Washington, DC: APHA, 2012.

BEZERRA, L. F. MATSUMOTO, T. Avaliação da remoção da matéria orgânica carbonácea e nitrogenada de águas residuárias em biorreator de membranas. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. V.15, n. 13, p. 253-260, Jul/set 2011.

CONSTANZI, R. N. Tratamento de efluentes domésticos por sistemas integrados de lodos ativados e membranas de ultrafiltração visando o reúso de água. 2007. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2007.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 70, de 1 de outubro de 2009 - Condições e padrões de lançamento de efluentes líquidos industriais.

DACANAL, M. BEAL, L. L. Filtro anaeróbio associado à membrana de microfiltração tratando lixiviado de aterro sanitário. Revista Sanitária e Ambiental. V. 15, n. 1. Jan-Mar 2010, p. 11-18.

GIACOBBO, A. RODRIGUES, M. A. S. BERNARDES, A. M. FERREIRA, J. Z. MENEGUZZI, A. Microfiltração aplicada ao tratamento de efluentes de curtume. In: VII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010.

MAGANHA, M. F. B. (Elab.). Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos – Série P+L. São Paulo: CETESB, 2008.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. Água na indústria: uso racional e reúso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

PAM MEMBRANAS. Manual de instalação, operação e manutenção. Unidade de MF/UF/NF de bancada, 2012.

TELLES, D. D'; COSTA, R. H. P. G. (coord). Reúso da água: conceitos, teorias e práticas. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

SILVA, T. O. da. ROCHA, A. W. S. TERAN, F. J. C. Microfiltração como processo de tratamento avançado para efluente industrial de abatedouro de bovinos. Revista Engenharia Ambiental. V. 8, n. 4, p. 23-30, out/dez, 2011.