

Área: Tecnologia de Alimentos

REMOÇÃO DE POLUENTES DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DA OSMOSE INVERSA

Jaqueline Bonatto, Marcos Pavan, Vandrê Barbosa Brião, Marcelo Hemkemeier*

Laboratório de Operações Unitárias, Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Passo Fundo

**E-mail: jaquebonatto@yahoo.com.br; marcos_pav@hotmail.com; marceloh@upf.br;*

vandre@upf.br

RESUMO

O efluente gerado pelas indústrias de laticínios apresenta um elevado potencial poluidor, visto que compõe um líquido rico em gordura, carboidratos, proteínas e alguns sais. A técnica de Osmose Inversa surge, neste contexto, na indústria de laticínios, como um processo de separação com membranas com grande potencial para o tratamento de efluentes. Na etapa de experimentação dos ensaios no módulo de osmose inversa, os ensaios analíticos foram realizados na corrente do permeado. Os parâmetros para analisados foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Total Kjeldahl (NT), Fósforo Total (PT), Óleos e Graxas (OG), pH, Condutividade Elétrica, Cor, Turbidez, Sódio (Na), Potássio (K), Dureza Total, Coliformes termotolerantes e fecais, Manganês, Cálcio e Sólidos Totais. A pressão transmembrana máxima de operação foi de 2000 kPa e o fluxo do concentrado de 3000 L/h. Os resultados apresentaram que a segunda passagem pela membrana obteve resultados satisfatórios e com uma percentagem de remoção, no geral, acima de 80%. Os parâmetros de coliformes fecais e termotolerantes não apresentaram contaminação. No entanto, a aplicação da Osmose Inversa para remoção de poluentes presentes nos efluentes das indústrias de laticínios é eficiente.

Palavras-chave: tratamento de efluentes, permeado, membranas, matéria orgânica.

1 INTRODUÇÃO

O efluente gerado pelas indústrias de laticínios apresenta um elevado potencial poluidor, visto que compõe um líquido rico em gordura, carboidratos, proteínas e alguns sais.

Na indústria de laticínios, os processos de separação com membranas apresentam um grande potencial para o tratamento de efluentes, visto que seria possível atingir a redução da carga orgânica.

As indústrias de laticínios possuem um grande potencial de poluição, cerca de 400 vezes maior que o esgoto doméstico (COSTA, 2010). Se não devidamente tratado, até mesmo em pequenas quantidades pode rapidamente causar a diminuição do oxigênio de rios e lagos e, em consequência, a morte da fauna aquática. Assim, práticas limpas em processamento de laticínios podem tornar-se uma ferramenta de gerenciamento, não visando somente o aspecto ambiental, mas também o aspecto econômico, dado que as perdas de leite na produção acabam por tornar-se DBO (Demanda Química de Oxigênio) e outros índices de poluição no efluente a ser tratado.

Um dos maiores desafios encontrados na área ambiental é o desenvolvimento de processos de separação, purificação e concentração de impureza encontrado no efluente industrial. Como se pode perceber, os Processos de Separação por Membranas (PSM) surgiram em adição aos processos clássicos de separação como destilação, filtração, absorção, troca iônica, centrifugação, extração por solvente, cristalização, entre outros, sendo que a competição com esses processos clássicos surge a partir de uma série de vantagens apresentadas pelos PSM, mais especificamente, o processo de Osmose Inversa.

Ramos (2008) define Osmose Inversa (OI) como sendo o processo onde o fenômeno da osmose é invertido pela aplicação de pressão superior à pressão osmótica da solução concentrada em contato com uma membrana semipermeável.

Sendo assim, o processo de Osmose Inversa apresenta-se desta forma, como uma alternativa preventiva e promissora para o tratamento de efluentes de laticínios, possibilitando a retirada de poluentes na corrente descartada, com a possibilidade de reuso do efluente dentro do processo produtivo, trazendo benefícios para a empresa e para o meio ambiente.

O concentrado obtido (carga orgânica) pode ser reaproveitado, uma vez que a legislação vigente permite a adição de sólidos de origem láctea como ingrediente do doce de leite.

As principais vantagens da aplicação de processos com membranas é que esse processo geralmente é atérmico, não envolvem mudança de fase, não necessitam de aditivos químicos, são simples em conceito e operação, são modulares e apresentam facilidade para realização de ampliação de escala, necessitam de baixo consumo de energia, apresentam um uso racional de matérias primas e recuperação de subprodutos.

Segundo Brum (2009), as principais limitações da tecnologia de membranas são a fragilidade das membranas e a deposição de substâncias na sua superfície (conhecido como

colmatação). O uso de pressões elevadas, as paradas para limpezas e as limitações práticas do nível máximo de concentração a ser atingido também podem ser citados como desvantagens do processo.

O objetivo do trabalho foi avaliar a remoção dos poluentes de efluente de indústria de laticínios através da análise físico-química e microbiológica do permeado obtido através da técnica de Osmose Inversa.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAL E MÉTODOS

2.1.1 Módulo de osmose inversa

O sistema de osmose inversa utilizado no experimento, Figura 1, é composto por um tanque de alimentação, bomba de alta pressão, tubo trocador de calor, membrana do módulo, controles necessários para regulagem da pressão, vazão e temperatura, by-pass para afinamento das pressões.



Figura 1 Módulo de Osmose Inversa

2.1.2 Efluente

A água de primeiro enxágüe foi um efluente simulado, diluindo-se cerca de 2 g de leite em pó integral em 1 L de água, de modo a se obter uma carga orgânica semelhante a concentração do efluente industrial (BRIÃO, 2007).

2.1.3 Execução dos ensaios

Os experimentos seguiram da seguinte maneira: o efluente simulado foi filtrado no módulo piloto de osmose inversa, separando a corrente de concentrado do permeado, com pressão transmembrana de 2000 kPa e fluxo de concentrado de 3000 L/h. O permeado foi caracterizado quanto às análises físico-químicas descritas nos métodos analíticos. O permeado foi coletado e reservado em um tanque. Este permeado foi submetido a uma nova passagem na membrana de osmose inversa com o objetivo de remover residuais de matéria orgânica e sais dissolvidos com intuito de tornar a água com qualidade para reuso no processo industrial.

Os testes de filtração no sistema piloto de osmose inversa foram realizados sob condições controladas para a separação de sólidos de leite da água de pré-enxágüe de equipamentos da indústria de laticínios. Com isso, obtém-se o permeado e concentrado, efetuando a caracterização físico-química do mesmo.

A utilização de um efluente sintético é justificada pela necessidade de alimentar o processo em condições homogêneas de modo que as variáveis de resposta não sofram outras influências senão o efeito das variáveis independentes. Este efluente simulado foi alimentado ao módulo piloto de OI (Osmose Inversa). Realizou-se a caracterização da corrente do permeado e concentrado.

O efluente sintético foi alimentado em um tanque, impulsionado por uma bomba positiva através da carcaça da membrana de poliamida (PA), separando fluxo em duas correntes: o permeado e o concentrado. A medida do fluxo do permeado, foi feita por um rotâmetro. A corrente de concentrado (rejeito) foi recirculado para o tanque de alimentação, de onde foi novamente impulsionado através da membrana. O controle da temperatura durante este procedimento realizou-se com o auxílio de um banho termostatizado, e por meio de um termopar foi feito o registro da temperatura ao longo do tempo.

2.1.4 Análises físico-químicas e microbiológicas

Na etapa de experimentação dos ensaios no módulo de osmose inversa, os ensaios analíticos foram realizados na corrente do permeado, com parâmetros que definem sua qualidade em relação ao seu potencial para reuso na indústria de laticínios. Os parâmetros para análise foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Total Kjeldahl (NT), Fósforo Total (PT), Óleos e Graxas (OG), pH, Condutividade Elétrica, Cor, Turbidez, Sódio (Na), Potássio (K), Dureza Total, Coliformes termotolerantes e fecais, Manganês, Cálcio e Sólidos Totais.

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação da concentração dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos na corrente do permeado, com FC (Fator de Concentração) que variou de 1 a 128 e pressão transmembrana de 2000 kPa, foi realizada com o objetivo de verificar a rejeição da membrana a estes compostos. A Tabela 1 e 2 mostram a eficiência de remoção dos poluentes no experimento I (primeira passagem pela membrana) e experimento II (segunda passagem pela membrana).

A DQO do efluente da primeira passagem pela membrana foi de 95,5 mg/L, enquanto que na segunda passagem pela membrana a DQO diminuiu para 84 mg/L. A eficiência de remoção de DQO da segunda passagem pela membrana foi consideravelmente baixa em relação a primeira.

A determinação de nitrogênio e fósforo foi realizada na corrente do permeado e do pós-tratamento (segunda passagem pela membrana), obtendo uma considerável redução nos parâmetros de qualidade, a eficiência foi de, respectivamente, 94,2% e 89,9% para a primeira passagem, e para o pós-tratamento foi de, respectivamente, 96,8% e 94,4%. A eficiência de remoção da segunda passagem pela membrana teve uma eficiência alta em comparação com a primeira passagem.

Tabela 1 Percentual de remoção das análises físico-químicas e microbiológicas na primeira passagem do efluente sintético pela membrana.

Parâmetros	Alimentação*	Permeado de Primeira Passagem	Rejeição %
DQO mg/L	6944,8	95,5	98,6
Nitrogênio mg/L	182,6	10,5	94,2
Proteína mg/L	669,2	66,9	90,0
Fósforo mg/L	71,6	0,235	99,7
Lactose mg/L	0,14	0,003	97,9
pH	6,7	6,35	-
Cor µH	7 900,0	N.D.	100,00
Turbidez NTU	7100,0	N.D.	100,00
Condutividade elétrica µS/cm	193,8,0	29,3	84,9
Dureza Total mg/L	1500,0	N.D.	100,00
Sólidos Totais mg/L	238,7	80	66,5
Óleos e Graxas mg/L	572	1,42	99,7
Cálcio mg/L	-	N.D.	-
Magnésio mg/L	-	N.D.	-
Potássio mg/L	-	7,2	-
Sódio mg/L	-	3,3	-
Manganês mg/L	-	N.D.	-
Coliformes totais UFC	-	Ausência	-
<i>Escherichia coli</i> UFC	-	Ausência	-

Tabela 2 Percentual de remoção das análises físico-químicas e microbiológicas na segunda passagem do efluente sintético pela membrana.

Parâmetros	Alimentação*	Permeado de Segunda Passagem	Rejeição %
DQO mg/L	6944,8	84	98,8
Nitrogênio mg/L	182,6	5,83	96,8
Proteína mg/L	669,2	37,21	94,4
Fósforo mg/L	71,6	0,131	99,8
Lactose mg/L	0,14	N.D	100,0
pH	6,7	6,15	-
Cor µH	7 900,0	N.D.	100,0
Turbidez NTU	7100,0	N.D.	100,0
Condutividade elétrica µS/cm	193,8,0	10,09	94,8
Dureza Total mg/L	1500,0	N.D.	100,0
Sólidos Totais mg/L	238,7	54	77,4
Óleos e Graxas mg/L	572	0,2	99,9
Cálcio mg/L	-	N.D.	-
Magnésio mg/L	-	N.D.	-
Potássio mg/L	-	0,7	-
Sódio mg/L	-	1	-
Manganês mg/L	-	N.D.	-
Coliformes totais UFC	-	Ausência	-
<i>Escherichia coli</i> UFC	-	Ausência	-

A condutividade elétrica do permeado mudou de 29,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para 10,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ da primeira para a segunda passagem, isto indica que a quantidade de sais dissolvidos na água teve uma diminuição de 62,7 % de remoção após ter passado pela segunda passagem no módulo de Osmose Inversa.

A corrente de permeado apresentou eficiência de 100 % para cor, turbidez e dureza, para os dois experimentos.

O parâmetro cálcio e magnésio promovem dureza permanente na água e pode ser um indicador de poluição das fases de decomposição da matéria orgânica, no ciclo do enxofre, no entanto, verifica-se que estes parâmetros mostraram-se não detectável nos dois experimentos.

A determinação da concentração de sódio na corrente do permeado e pós-tratamento, variou de 3,3 mg/L a 1 mg/L, respectivamente.

A concentração de potássio no permeado foi de 7,2 mg/L para a primeira passagem e 0,7 mg/L para o pós-tratamento.

A análise microbiológica mostrou que o permeado recolhido não havia contaminação de coliformes totais e fecais.

A rejeição da membrana a estes compostos químicos era esperada, pois, a membrana de poliamida foi projetada para concentração de proteínas do soro de leite, leite integral e desnatado e para tratamento de águas para reuso. Em resumo, macromoléculas de elevado peso molecular apresentaram maiores rejeições pela membrana, enquanto que solutos iônicos (Na, K, Ca) demonstraram maior passagem através da membrana pelo fenômeno de difusão.

Gregori (2009) em seu estudo sobre Osmose Inversa para reuso de efluentes da indústria de laticínios, avaliou a possibilidade de tratamento de águas de primeiro enxágüe da indústria de laticínios por processo de separação por membrana de Osmose Inversa, com a finalidade de tornar a água com qualidade potável. Os experimentos demonstraram que utilizando pressão transmembrana mínima 900 kPa obtiveram resultados semelhantes de remoção de carga orgânica após a segunda passagem pela membrana, com concentração de DQO 65,75 mg/L, e resultados eficientes para remoção e concentração de sólidos presentes na água de primeiro enxágüe da indústria de laticínios. Verifica-se que a membrana utilizada não torna eficiente o processo para remoção de carga orgânica para finalidade para uso em água potável, porém esta água pode ser utilizada para água de pisos e caminhões.

Nascimento (2004) conclui que os valores de rejeição em seu estudo foram obtidos na faixa dos 90%, indicando uma faixa ótima de remoção de poluentes, verificando que a implantação do processo de osmose inversa para o tratamento de água é vantajoso, pois minimiza os impactos ambientais das indústrias.

3 CONCLUSÃO

A aplicação da osmose inversa para remoção de poluentes de efluentes na indústria de laticínios é eficiente, houve remoção de carga orgânica acima de 98 %. O processo de separação por membranas na indústria de laticínios atribui à água de segunda passagem pela membrana, uma água de excelente qualidade.

A implantação desta tecnologia é vantajosa, pois minimiza os impactos ambientais resultantes do tratamento de efluente e da captação de água para este processo, além de produzir uma água de elevada qualidade, para um estudo de possível reuso dentro do processo industrial.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, 1995, 19. ed.

BRIÃO, V. B. Processos de separação por membranas para reuso de efluentes de laticínios. Tese (Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química), Universidade Estadual de Maringá, Maringá 2007, p. 130.

BRUM, L. F. W.; SANTOS JUNIOR, L. C. O.; BENEDETTI, S. Reaproveitamento de Água de Processo e Resíduos da Indústria de Laticínios. In: International Workshop Advances in Cleaner Production. 2009, São Paulo. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/5/L.%20F.%20W.%20B%20rum%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em: 15 ago 2010.

COSTA, L. C. Aplicação do Sistema de Projeção de Poluição Industrial (Modelo IPPS): estudo de caso - bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba. Dissertação (Mestrado apresentado Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca), Rio de Janeiro, 2010, p. 97.

GREGORI, A. Osmose Inversa para reuso de efluentes na industria de laticínios. Monografia (Trabalho de conclusao de curso em Engenharia Ambiental) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009, p. 63.

NASCIMENTO, J. F. D. Avaliação de membranas de osmose inversa no tratamento de águas de purga de torres de refrigeração de indústria petrolífera com finalidade de reuso. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004, p. 101.

RAMOS, G. M. D. Fibras ocas compostas para osmose inversa e nanofiltração baseadas em poli(álcool vinílico) com resistência a agentes oxidantes e incrustações orgânicas. Tese (Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - COPPE). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008, p. 198.