

Área: Engenharia de Alimentos

NANOFILTRAÇÃO PARA A RECUPERAÇÃO DE SÓLIDOS DO LEITE PRESENTES EM ÁGUA DE PRIMEIRO ENXÁGUE PARA A OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL

**Ana Cláudia Vieira Salla, Caroline Dancin Zanon, Giordana Demaman Arend,
Suelen Muhl Castoldi*, Vandr  Brabosa Brião**

*Laboratório de Opera es Unitárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia e
Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS*

**E-mail: su.castoldi@gmail.com*

RESUMO – O esgotamento dos recursos hídricos   uma preocupa o mundial. As empresas veem-se obrigadas a investir em reuso de  guas. A nanofiltra o pode ser usada para tal fim, uma vez que   um processo de separa o a nível molecular. O objetivo do trabalho foi utilizar a nanofiltra o para recuperar sólidos do leite presentes em águas de primeiro enxágue da indústria de laticínios, concentrando estes sólidos, e obter um permeado com qualidade potável para reuso. Para tal, este efluente foi alimentado a um módulo piloto de filtra o tangencial e nas CE testadas coletou-se amostras da alimenta o, permeado inicial, permeado final, e rejeito, e avaliados os seguintes parâmetros: pH, condutividade, DQO, lactose, fósforo, nitrogênio, proteína, cinzas, sólidos totais, matéria orgânica, óleos e graxas e o fluxo inicial e final da filtra o. Os testes experimentais permitem afirmar que o processo   viável, sendo que todos os parâmetros avaliados apresentaram uma rejei o superior de 70%.

Palavras-chave: Membranas. Reuso de  gua. Nanofiltra o.

1 INTRODU O

A indústria de laticínios atua com grande importância na economia mundial, sendo o Brasil o sétimo maior produtor. A região sul   a segunda maior produtora do país. Rio Grande do Sul e Paraná apresentam a maior parte da produ o. No entanto, além de suprir demandas nutricionais, as agroindústrias devem estar envolvidas em uma nova contribui o, a de colaboradoras para um desenvolvimento sustentável. Este setor tem convivido com o excesso de consumo de água durante seus processos, o que representa mais de 80% da demanda, sendo que no setor industrial esta   tratada através sistema de tratamento de resíduos.

Nas indústrias de laticínios, qualquer etapa do processamento gera grandes volumes de efluentes (“ guas brancas”), devido ao processo de higieniza o. Esta  gua de processo, a qual cont m fra es diluídas de

produtos lácteos, contribuem significativamente para as perdas não acidentais de leite ou de produtos lácteos e para a produção total do efluente.

A recuperação de subprodutos na indústria de alimentos é foco de estudos ao longo de anos, e vários setores tem procurado minimizar os efluentes com a valorização de subprodutos. Em geral, o efluente contém grande quantidade de matéria orgânica, abrindo um espaço para a aplicação de tecnologias, como por exemplo, a utilização de membranas. Uma alternativa para reduzir o potencial poluente dos efluentes em laticínios e recuperar nutrientes é o uso de membranas, como a de osmose inversa e nanofiltração, como parte do processo, buscando recuperar e concentrar sólidos do leite presentes na água de primeiro enxágue.

Os processos de separação com membranas apresentam um grande potencial para o tratamento de efluentes em laticínios, visto que é possível atingir a redução da carga orgânica. Para evitar sobrecarga nos sistemas de tratamento, o reuso e o reciclo de efluentes surge como uma alternativa para a minimização do lançamento de efluentes, servindo como uma ferramenta na redução de custos. O concentrado obtido pode ser reaproveitado, uma vez que a legislação vigente permite a adição de sólidos de origem láctea como ingrediente de vários produtos lácteos com baixa umidade, adicionados de sacarose, como por exemplo, o doce de leite.

A aplicação de processos com membranas tem apresentado algumas vantagens em relação às operações clássicas. As principais vantagens são que esses processos geralmente são atérmicos, não envolvem mudança de fase, não precisam de aditivos químicos, são simples em conceito e operação, são modulares e apresentam facilidade para a realização de ampliação de escala, necessitam de baixo consumo de energia, apresentam um uso racional de matérias primas e recuperação de subprodutos. Em comparação às tecnologias existentes, a tecnologia de membranas permite a melhoria no processamento e produção, reduzindo o tamanho do equipamento em relação à capacidade de produção, o consumo de energia e a geração de resíduos, tornando-se mais barato.

A nanofiltração é um processo para remover solutos de baixa massa molar de um solvente, normalmente água, através de uma membrana semipermeável, onde a água passa preferencialmente em relação ao soluto. O objetivo do presente trabalho foi apresentar algumas sugestões para a diminuição do potencial poluidor do efluente da indústria de laticínios, através da proposta da inclusão de tecnologia utilizando a nanofiltração, como parte integrante do processo, buscando a recuperação de sólidos do leite presentes em águas de primeiro enxágue dos equipamentos, e avaliar a viabilidade técnica e econômica. Determinou a melhor condição de pressão, velocidade tangencial, fluxo de permeado nesse processo e a aplicação desses sólidos na fabricação de derivados lácteos na produção de doce de leite e da água proveniente do permeado como água de retorno do processo industrial.

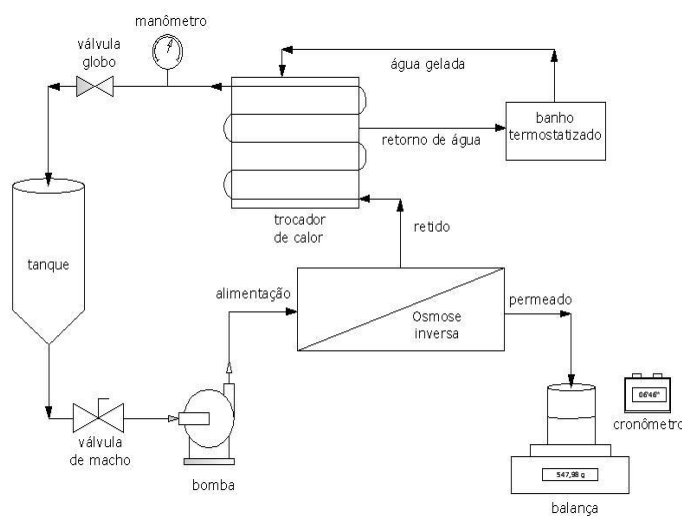
2 MATERIAL E MÉTODOS

Os testes em laboratório foram realizados sob condições controladas. Realizou-se o teste de quatro diferentes Condições Experimentais (CE), que diferiram entre si pela pressão e vazão.

Na CE I foram utilizadas a pressão de 1 MPa e vazão de 3000 L/h; na CE II, pressão de 2 MPa e 1000 L/h; na CE III a pressão foi 1 MPa e 3000L/h e na CE IV, pressão de 2 MPa e 3000 L/h. As condições foram testadas no módulo piloto de filtração com um efluente simulado diluindo de leite em pó em água (relação de 2g/L). Cada condição teve duração de 1 hora, e a temperatura permaneceu em 25°C por meio de um banho termostaticado. O controle da temperatura durante a filtração é um parâmetro importante pois possui efeito sobre o fluxo de permeado. As análises realizadas nas amostras foram de sólidos totais, proteína, DQO, nitrogênio, fósforo, óleos e graxas, cinzas, lactose, pH, condutividade, matéria orgânica. Os testes foram realizados para saber-se qual das condições seria a ideal para a concentração dos sólidos.

Um efluente simulado foi obtido diluindo-se leite em pó integral em água potável na proporção 2,0 g.L-1. Essa relação foi testada de modo que a DQO estivesse próxima de 2000 mg.L-1, considerada como característica média de uma água de primeiro enxágue industrial obtida por Brião (2000). A separação dos sólidos do leite foi realizada em um sistema piloto que permitiu a utilização de membrana de nanofiltração. O efluente simulado foi alimentado ao módulo piloto de NF, conforme a Figura 1.

Figura 1: Módulo piloto de osmose inversa



Os testes no módulo de separação por membranas constituíram basicamente na avaliação dos principais parâmetros que possuem efeito sobre o fluxo permeado (pressão transmembrana, velocidade tangencial de filtração e temperatura da solução a ser filtrada).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização da água de enxágue e a caracterização do permeado final é apresentada respectivamente na Tabela 1 e 2.

A Portaria 2914 (BRASIL 2011) não faz referências quanto aos parâmetros analisados, mas o excesso de DQO no experimento pode acarretar risco para água. A DQO de um efluente de laticínio pode atingir 10000 mg/L, segundo Brião e Tavares (2007), mas um valor típico é da ordem de 2000 mg/L. A utilização de uma água de enxágue simulada minimizou as oscilações na alimentação do equipamento, podendo-se atribuir as variações nas variáveis independentes (tipo de membrana, pressão e velocidade tangencial).

Tabela 1: Média e Desvio padrão do Efluente Simulado

Parâmetro	Sólidos totais (mg/L)	Proteína (mg/L)	Óleos e graxas (mg/L)	Lactose (mg/L)	Cinzas (mg/L)	DQO (mg/L)	Condut. Elétrica (□S/cm)	pH	Fósforo (mg/L)
Média	1880	405	538	1108	159	3453	189	7,2	12
Desvio Padrão	131	42	32	109	16	180	26	0,3	3

Tabela 2: Caracterização do permeado final

Parâmetro	Sólidos totais (mg/L)	Proteína (mg/L)	Óleos e graxas (mg/L)	Lactose (mg/L)	Cinzas (mg/L)	DQO (mg/L)	Condut. Elétrica (□S/cm)	pH	Fósforo (mg/L)
Permeado Final	518,35	11,1	23,5	56,1	46,5	33,11	49,9	7,1	0,155

A Tabela 3 mostra as rejeições da membrana de NF para a filtração de água de enxágue em cada condição experimental. A membrana de NF rejeições semelhantes para proteínas, oscilando na ordem de 97%-99%. Isto mostra a capacidade das membranas em remover este nutriente das águas de lavagens, podendo ser uma excelente alternativa para a recuperação de proteínas destas “águas brancas” e posterior reuso.

Tabela 3: Rejeições da membrana de NF para cada condição

P (MPa)	V (m/s)	Sólidos totais (mg/L)	Proteína (mg/L)	Óleos e graxas (mg/L)	Lactos e (mg/L)	DQO (mg/L)	Condut. Elétrica (□S/cm)	Fósforo (mg/L)	Fluxo (L/h.m ²)
1	0,53	88,7±1,2	97,3±0,2	88,9±0,6	94,7±0,8	98,4±1,2	69,7±3,6	97,1±0,1	23,0±2,1

1	1,61	90,0±2,4	97,9±0,9	89,5±3,3	94,2±1,4	98,3±2,2	74,5±1,1	97,3±1,0	31,6±3,3
2	0,53	79,4±9,2	97,9±0,5	85,7±1,8	95,6±1,9	98,4±1,3	74,8±3,8	97,6±0,8	37,4±0,3
2	1,61	92,1±1,4	98,3±0,7	89,7±2,1	96,6±0,3	98,8±1,6	76,0±7,2	98,0±0,2	53,0±1,9

Do mesmo modo, o processo removeu gorduras com eficiências na ordem de 89%. Brião e Tavares (2012) já haviam demonstrado a capacidade dos processos de separação por membranas para a recuperação de nutrientes, separando gorduras e proteínas de águas de enxágue com membranas de UF.

Relacionado à lactose, a membrana de NF teve uma boa retenção a lactose, isto se deve ao fato da seleção adequada da membrana, a qual permite a passagem dos sais (demonstrado na menor rejeição de condutividade elétrica). Obteve-se uma concentração de lactose no final do permeado de 54mg/l, quase duas vezes a inicial e mais de 32 vezes menor que o retido final. Para uma membrana de NF essas concentrações são consideradas excelentes resultados. A concentração dos açúcares no retido da membrana de nanofiltração e a separação dos açúcares redutores do leite reconstituído foi alta, conforme o esperado. A eficiência da membrana variou entre 96,02% no início e 98,8% no final do processo.

A maior passagem de sais através da membrana de NF atribuiu à corrente deste permeado uma maior concentração de sólidos totais. Se um dos focos de reúso desta água fosse a utilização para reposição de caldeiras e de torres de resfriamento, a presença de sais é indesejada, e portanto, a NF apresenta desvantagens nesse sentido. Quanto à passagem de carga orgânica através das membranas (expressa pela DQO), os resultados foram semelhantes, de modo que a membranas obteve rejeições na faixa de 97% - 99%, resultando em baixíssimas concentrações deste indicador de poluição ambiental no permeado (cerca de 20 mg/L).

Dentre as condições experimentais testadas, a velocidade tangencial demonstrou apresentar pequeno (ou mesmo nenhum) efeito sobre as variáveis de resposta. Quanto à combinação das condições experimentais, a condição que obteve o máximo fluxo permeado foi aquela com 2 MPa de pressão e 1,61 m/s de velocidade tangencial para a membrana.

Embora a NF tenha obtido maior fluxo, a membrana de OI apresentou maior rejeição de óleos e graxas (com 2 MPa e 1,61 m/s), bem como uma maior rejeição de sais, sendo que este fato pode ser desejável se for vislumbrado um reúso como água não potável para este permeado. Logo, esta condição foi eleita como aquela para ser utilizada nos experimentos posteriores.

4 CONCLUSÃO

O processo de filtração tangencial por membrana de NF apresentou ótimos resultados de rejeição, todos os parâmetros avaliados apresentaram valores acima de 69%.

A composição final da corrente de permeado demonstra eficiência do processo como um todo, uma vez que possui valores baixos de proteínas, inclusive de sais minerais.

A composição final da corrente de permeado demonstra eficiência do processo como um todo, uma vez que possui valores baixos de proteínas, inclusive de sais minerais. Com isso o permeado resultante, não necessitará por tratamento de efluentes sendo possível a utilização direta da indústria na lavagem de caminhões e sanitários. Foi possível obter um concentrado de sólidos lácteos utilizando o processo de nanofiltração.

5 AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Vandrê Barbosa Brião, pela oportunidade, pela confiança, por todos os ensinamentos, por me proporcionar e incentivar o desenvolvimento científico.

A FAPERGS pelo auxílio e incentivo a pesquisa, a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para essa experiência de iniciação científica.

6 REFERÊNCIAS

BRIÃO, Vandrê Barbosa. **Processos de separação por membranas para reuso de efluentes de laticínios**. Maringá, 2007. (Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá).

GEA FILTRATION. **Filtração por membranas**. Catálogo de exposição, 2006. Disponível em: <<http://www.geafiltration.com/index.asp>> Acesso em: 29 abril. 2013.

PEIRANO, M.M.F. **Tratamento de efluentes em laticínios**. Revista Leite e Derivados, nº21. São Paulo: Dipemar, 1995.

SKELTON, Robert. **Membranes in food processing. Filtration and Separation**. Amsterdam: Elsevier Science, 2000.