

Área: Engenharia de Alimentos

PRODUÇÃO DE BEBIDA LÁCTEA COM SÓLIDOS DO LEITE RECUPERADOS DE ÁGUAS DE PRIMEIRO ENXÁGUE POR OSMOSE INVERSA

***Adriana Milani, Vandrê Barbosa Brião**

*Laboratório de Operações Unitárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia e
Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS*

**E-mail: 120283@upf.br*

RESUMO – O cenário atual do meio ambiente em relação aos recursos hídricos e a poluição agravam-se constantemente, exigindo que as empresas se adaptem a esse contexto. A osmose inversa é um processo de filtração com membranas e pode ser uma alternativa. O objetivo do trabalho foi testar a osmose inversa em diferentes condições experimentais com as variáveis pressão e vazão em um planejamento experimental 2^2 para recuperação de sólidos do leite presentes em águas de primeiro enxágue da indústria de laticínios, concentrando estes sólidos para a produção de bebida láctea. Um efluente simulado foi alimentado em um módulo piloto de osmose inversa para separar os sólidos do leite da água. A bebida láctea produzida teve boa aceitabilidade pelos provadores. A osmose inversa demonstrou ser um sistema tecnicamente viável para recuperar sólidos do leite presentes em águas de primeiro enxágue para o posterior uso na fabricação de bebida láctea.

Palavras-chave: osmose inversa, reuso de águas, laticínios, bebida láctea, membranas.

1 INTRODUÇÃO

Um dos setores que vem acompanhando o crescimento econômico do país é a cadeia leiteira, no qual teve um crescimento relevante na última década. O crescimento no setor está associado às inovações tecnológicas e científicas visando à conservação dos recursos naturais (BRIÃO, 2007).

Após o processamento do leite ocorre a sanitização dos laticínios, que inclui várias operações de lavagem. Esta água utilizada no enxágue de equipamentos vem a se tornar efluente, fazendo que esta indústria descarte volumes consideráveis de efluentes com alta carga orgânica (BASKARAN et al., 2003, VOURCH et al., 2005).

A indústria de laticínios gera um efluente rico em matéria orgânica, proteínas, gordura, carboidratos e minerais. Para tanto o objetivo primordial na sanitização é a remoção destes resíduos orgânicos que ficam incrustados nas superfícies. Esta primeira lavagem remove cerca de 90% da carga orgânica, gerando um efluente chamado “água branca”, anteriormente descartada pela indústria. Aplicando o processo de separação por osmose

inversa torna-se possível a concentração dos sólidos presentes na água de enxágue, sendo que o concentrado obtido pode ser utilizado na produção de bebida láctea (BRIÃO, 2007).

Dentro do conceito da sustentabilidade, 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 como uma parte integrada da linha de produção (BRIÃO, 2007).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Determinação da melhor condição experimental

As variáveis dependentes foram a pressão e a vazão de recirculação para obter o maior fluxo de permeado e a maior rejeição da membrana. Utilizou-se um planejamento 2^2 .

Tabela 1: Planejamento experimental

	Pressão (MPa)	Vazão (L/h)
1	1	3000
2	1	1000
3	2	1000
4	2	3000

Os testes de filtração no sistema piloto de osmose inversa foram sob condições controladas para a separação de sólidos lácteos da água de enxágue de equipamentos da indústria de laticínios. Com isso, obteve-se o permeado e o concentrado, sendo efetuada a caracterização destas duas correntes.

A água de primeiro enxágue foi um efluente simulado, diluindo-se cerca de 1 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).

2.2 Concentração da água de enxágue no sistema de osmose inversa

A água de enxágue foi alimentada no sistema, separando o permeado e o retido. O permeado foi descartado e o retido retornava ao tanque, concentrando-se.

O processo foi finalizado quando observada uma proporção de 7% de sólidos solúveis no tanque, medidos pelo refratômetro de Abbé. O valor de 7% de sólidos é a concentração aproximada de sólidos presentes no soro de leite.

Outra variável analisada foi o fluxo de permeado.

2.3 Fabricação de bebida láctea

A elaboração da bebida láctea adicionada do concentrado lácteo recuperado por osmose inversa segundo SCHULZ (2009). O leite foi pasteurizado e enviado a um tanque de 2 L de aço inoxidável. Uma alíquota deste leite foi retirada para a caracterização e avaliação de sua qualidade. A este leite adicionou-se açúcar, polpa, saborizante e cultura láctica. O tanque foi mantido a 45°C por um banho-maria e acompanhou-se o aumento da acidez, ocasionando o decréscimo do pH até 4,8.

A elaboração da bebida láctea com o concentrado foi realizada da mesma forma, porém substituindo-se o soro de leite pelo concentrado obtido por osmose inversa. Quatro formulações foram produzidas conforme a tabela 2.

Tabela 2: Formulações para produção de bebida láctea

Ingredientes	Formulação			
	1	2	3	4
Leite (ml)	1000	1000	1000	1000
Concentrado lácteo (ml)	0	500	750	1000
Soro (ml)	1000	500	250	0
Açúcar (g)	200	200	200	200
Polpa de morango (g)	80	80	80	80
Cultura láctea	conforme indicação do fabricante			

2.4 Ensaios físico-químicos

Os ensaios analíticos foram realizados nas duas correntes (permeado e retido). Os parâmetros físico-químicos analisados foram: sólidos totais, proteínas, gordura, lactose, sólidos solúveis totais (⁰Brix), umidade, cinzas, condutividade elétrica, DQO, fósforo, gordura, nitrogênio. Também foi realizada análise sensorial da bebida láctea.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaios no sistema de OI para obtenção das melhores condições experimentais de separação

A tabela 3 apresenta as características da água de enxágue alimentada no sistema de osmose inversa para a separação dos sólidos do leite.

	Lactose	Proteína	Gor- dura	Sólidos totais	Cinzas	DQO	Nitro- gênio	Fós- foro	pH	Conduti- vidade
Média	1618,51	578,44	440,75	1791,49	222,43	3685,96	187,00	14,21	7,05	189,0
Desvio Padrão	425,27	24,07	25,45	533,52	14,68	605,37	37,01	1,74	0,26	17,3

Unidade	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	-	□S/cm
---------	------	------	------	------	------	------	------	------	---	-------

Os valores mostram que a pressão e velocidade tangencial não demonstram efeito sobre a maioria das variáveis de resposta. Deste modo, os sólidos totais, proteína, lactose DQO, nitrogênio e fósforo podem ser considerada igual para todas as quatro condições experimentais.

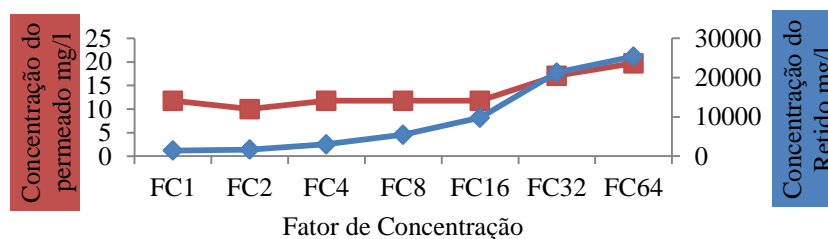
A quarta condição experimental obteve a melhor rejeição de gordura pela membrana, e essa condição igualou-se estatisticamente a terceira condição testada (pressão de 1 Mpa e vazão de 300 L/h). Contudo, na quarta condição experimental obteve-se uma menor rejeição de sais. Em resumo, cerca de 90% dos sólidos do leite seriam recuperados pelo processo de osmose inversa, ou seja, o permeado obtido teria uma carga orgânica de apenas 2%, sendo que o tratamento por osmose inversa das águas de lavagem dos equipamentos seria suficiente para o descarte do permeado.

3.2 Concentração dos sólidos do leite por osmose inversa

A Figura 1 apresenta o comportamento da lactose no permeado e no retido ao longo do processo de concentração por osmose inversa.

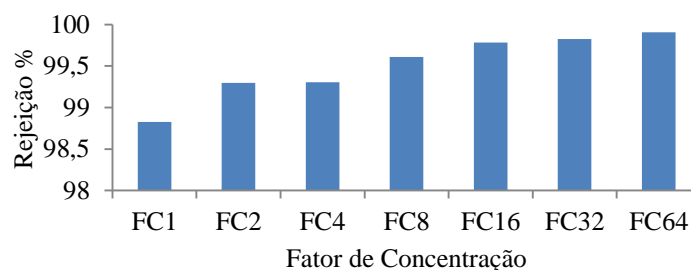
Percebeu-se que, ao final da concentração, (após uma concentração de 64 vezes), a concentração de lactose do permeado foi de 20 mg/L, cerca de 1300 vezes menor que a concentração no retido final. Para uma membrana de OI onde o esperado para o permeado é próximo de zero, essas concentrações podem ser assim consideradas excelentes resultados.

Figura 1: Rejeição da membrana ao longo do processo de concentração por osmose-inversa.



A figura 2 mostra a rejeição da membrana ao longo do processo de concentração por osmose inversa

Figura 2: rejeição de lactose ao longo do processo de concentração dos sólidos do leite por osmose inversa



A figura 3 apresenta o comportamento da concentração de proteína no permeado e no retido.

Já a figura 4 apresenta a rejeição da membrana ao longo do processo de concentração por osmose inversa

Figura 3: Rejeição da membrana ao longo do processo de concentração por osmose inversa.

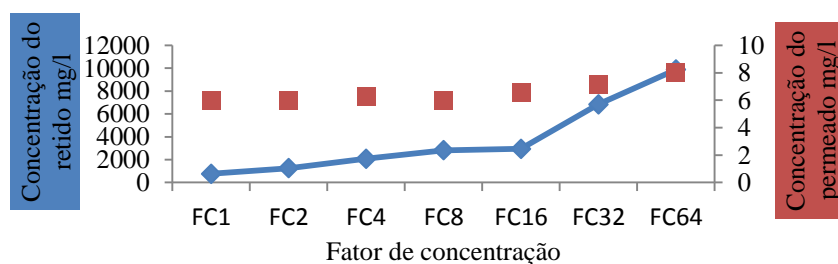
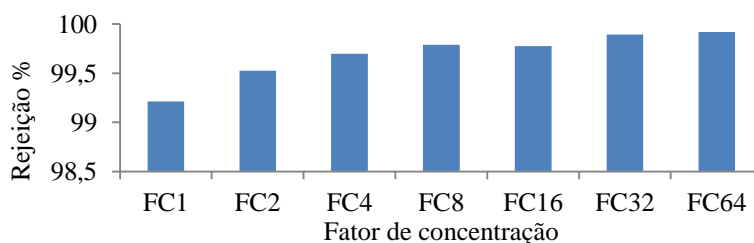
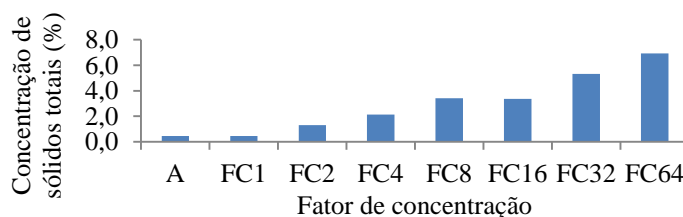


Figura 4: Rejeição de proteínas pela membrana ao longo do processo de concentração dos sólidos do leite por osmose inversa



A figura 5 apresenta a concentração de sólidos totais no retido ao longo da concentração. A água de enxágue inicial possuía 0,2% deste parâmetro, e ao final do processo atingiu-se a concentração de 7%.

Figura 5: Concentração de sólidos totais no retido ao longo do processo de concentração por osmose inversa.



3.2 Produção da bebida láctea adicionada de sólidos do leite recuperados por osmose inversa

A tabela 4 apresenta os resultados da análise sensorial das bebidas lácteas produzidas adicionadas de 50% (2), 75% (3) e 100% (4) do concentrado lácteo em substituição ao soro de leite em relação a bebida láctea padrão.

Tabela 4: Resultados do teste sensorial de diferença do controle para as bebidas lácteas produzidas

Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F calculado	F tabelado
--------------------	--------------------	----------------	-------------	------------

Aparência	4,11	3	1,37	0,57	2,73
Textura	4,69	3	1,56	1,57	2,73
Sabor	8,38	3	2,79	1,24	2,73
Aroma	3,04	3	1,01	2,59	2,73

Os testes sensoriais demonstraram que não houve diferença do produto adicionado de concentrado lácteo com a bebida láctea padrão, mostrando que não houve alteração nas características sensoriais de sabor, aroma, textura e aparência.

4 CONCLUSÃO

A condição experimental que melhor otimizou o sistema de osmose inversa para a maximização do fluxo e rejeição da membrana em termos de proteínas, lactose e gordura foi a pressão de 2 MPa (20 bar) e 3000 L/h de vazão de recirculação. Nessa condição, obteve um fluxo permeado de 28 L/m².h e uma rejeição de proteínas de 98%, de gordura de 93% e de lactose de 97%. Essa condição reduziu a carga orgânica da água de enxágue em 98%, produzindo um permeado com apenas 70 mg/L de DQO.

A osmose inversa demonstrou ser um processo eficiente para a concentração da água de enxágue de laticínios.

A bebida láctea produzida com a adição do concentrado lácteo obtido por osmose inversa apresentou características físico-químicas que não diferiram da bebida láctea padrão.

5 AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Vandrê B. Brião pela bolsa de iniciação científica PIBIC-UPF.

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).

BASKARAN, K.; PALMOWSKI, L.M.; WATSON, B.M. **Wastewater reuse and treatment options for the dairy industry**. Water Science & Technology: Water Supply. Mumbair: IWA Publishing, 2003, v. 3, n. 3, p. 85 – 91

VOURCH, Mickael; BALANNEC, Beatrice; CHAUFER, Bernard; DORANGE, Gérard. **Nanofiltration and reverse osmosis of model process waters from the dairy industry to produce water for reuse**. Desalination. Amsterdam: Elsevier Science, 2005, v.172, p. 245 – 256.